

Betreff:**Fortschreibung des Zukunftskonzepts "Kläranlage 2030"**

Organisationseinheit: Dezernat III 0660 Referat Stadtentwässerung und Abfallwirtschaft	Datum: 30.09.2025
--	----------------------

Beratungsfolge	Sitzungstermin	Status
Ausschuss für Mobilität, Tiefbau und Auftragsvergaben (zur Kenntnis)	10.10.2025	Ö

Sachverhalt:**1. Veranlassung**

Der Abwasserverband Braunschweig (AVB) hat unter dem Titel „Kläranlage 2030“ umfassende Voruntersuchungen zur Modernisierung der bestehenden Kläranlage (KA) Steinhof durchführen lassen. Wesentliches Ergebnis ist der geplante Neubau einer Membranbiologie sowie der geplante Neubau einer vierten Reinigungsstufe, die teilweise in die Membranbiologie integriert wird, auf dem Betriebsgelände der KA. Das Ergebnis der Untersuchung ist dem städtischen Ausschuss für Mobilität, Tiefbau und Auftragsvergaben am 04.07.2023 (DS-Nr. 23-21595) präsentiert worden. Im Zuge dieser Untersuchungen ist eine Vielzahl an Varianten betrachtet worden, wobei drei Varianten vertieft analysiert wurden. Als Vorzugsvariante wurde seiner Zeit in der Machbarkeitsstudie eine Vollstrommembran-Anlage (Variante 3) identifiziert und festgelegt, deren Kosten mit rund 35 Mio. Euro abgeschätzt wurden.

Die derzeitige biologische Reinigungsstufe entspricht hinsichtlich ihrer Auslegung nicht den aktuellen Anforderungen, ist also bezogen auf die angeschlossenen Einwohnerwerte zu klein und kann aktuell die Einhaltung der Überwachungs- oder Grenzwerte nur durch die Kombination aus technischer Kläranlage und Rieselfeldern sicherstellen. Die zukünftigen gesetzlich festgelegten Anforderungen an die Nährstoffelimination (N, P) basierend auf der neuen EU-Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) können damit nicht erfüllt werden. Darüber hinaus hat die biologische Reinigungsstufe ihre betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer fast erreicht und teilweise bereits sogar deutlich überschritten. Die zentrale Verfahrenstechnik der biologischen Reinigungsstufe (Sauerstoffeintrag über Oberflächenbelüfter) entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Die Reinigungsleistung der biologischen Stufe muss deutlich ausgebaut werden, um die aktuellen und die künftigen Anforderungen an die Abwasserbeseitigung zu erfüllen, eine Sanierung der bestehenden Becken allein reicht nicht aus. Darüber hinaus kann die bestehende Anlage auch die zukünftigen Anforderungen der KARL an die Spurenstoffelimination nicht erfüllen. Daher ist der Implementierung einer vierten Reinigungsstufe zwingend erforderlich.

Nach europaweiter Ausschreibung der Planungsleistung hat der Vorstand des AVB in seiner Sitzung am 17.04.2024 beschlossen, die Leistungen an die Bietergemeinschaft *Wasser ist Zukunft! GbR* zu vergeben. Die Projektorganisation sieht den Austausch der beteiligten Parteien in regelmäßigen Workshops vor. Dabei hat sich herauskristallisiert, dass die festgelegte Vorzugsvariante mit neuen Rahmenbedingungen und neuen Erkenntnissen umgehen muss und dadurch erheblich teurer werden würde, als in dem nicht veröffentlichten Ergänzungsbericht zur Machbarkeitsstudie angesetzt. Die Ergebnisse sind in der anliegenden Fortschreibung dieses Ergänzungsberichts, die von der Bietergemeinschaft erstellt wurde, dargelegt.

Im Zuge der Grundlagenermittlung gemäß LPH 1 (Leistungsphase) wurde eine umfangreiche Datenauswertung der Zulaufdaten auf der KA Steinhof durchgeführt, da die Zulaufmengen eine der essentiellen Größen für die Dimensionierung der Anlage darstellen. Grundlage hierfür waren die Betriebsdatenaufzeichnungen der KA der Jahre 2018 bis 2023, bei den Zulaufdaten bis Mitte 2024. Die auf der Grundlagenermittlung beruhenden Ergebnisse sind in der beigefügten Fortschreibung des Ergänzungsberichts dargestellt. Die durchgeführte Auswertung geht deutlich über die Datengrundlage der Studie hinaus. Der Studie lagen die Betriebsdaten der Jahre 2019 und 2020 zugrunde.

In der Grundlagenermittlung wurde der theoretische Mischwasserzufluss Q_M der KA Steinhof auf Grundlage der Datenauswertung nach Arbeitsblatt DWA ATV DVWK-A 198 bestimmt. Es ergab sich ein maßgeblicher Mischwasserzufluss zwischen 5.000 m³/h und 9.500 m³/h. Der tatsächlich maßgebende Mischwasserzufluss ist abhängig vom Verfahrenskonzept und wird im späteren Planungsverlauf mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt.

Das Rieselfeld soll soweit möglich als Bestandteil des Braunschweiger Modells optimal in das Gesamtkonzept der KA 2030 eingebunden werden. Gegenüber der Unteren Wasserbehörde als Genehmigungsbehörde ist noch der Nachweis zu führen, dass durch den Fortbetrieb des Rieselfeldes keine Gefährdung des Grundwassers durch den Eintrag von Nährstoffen oder Spurenstoffen erfolgt. Grundsätzlich erscheint es möglich, die hygienische Belastung infolge der Bodenpassage und des Mäandersystems soweit zu reduzieren, dass der Ablauf aus dem Aue-Oker-Kanal zur Verregnung geeignet ist. Eine Datenauswertung der vorhandenen Betriebsdaten ist hierzu erfolgt. Die detaillierte Methodik sowie Auswertung der einzelnen Parameter ist in einem zusätzlichen Bericht zur Datenauswertung des Rieselfeldes dargestellt.

Die bereits im erstellten Ergänzungsbericht zur Machbarkeitsstudie antizipierte Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie ist am 01.01.2025 in Kraft getreten und muss bis spätestens zum 31.07.2027 in nationales Recht überführt werden. Damit sind konkrete Anforderungen an die KA Steinhof verbindlich geworden. Die Grenzwerte für die Nährstoffkonzentrationen im Ablauf werden verschärft und werden zu Überwachungswerten, deren Überschreitung mit drastischen Konsequenzen verbunden wären. Aufgrund der Verschärfungen der Ablauf-Grenzwerte infolge der KARL können die zukünftigen Anforderungen mit dem jetzigen Zustand bezogen auf die Nährstoffelimination sowie auf die Spurenstoffelimination nicht erfüllt werden. Ab dem Jahr 2036 wird die 4. Reinigungsstufe bei KA größer 150.000 Einwohnerwerten zur Elimination von Mikroschadstoffen gesetzlich gefordert.

Kostenentwicklung

Vor dem Hintergrund der veränderten Randbedingungen und gewonnenen Erkenntnisse aus den vertieften Betrachtungen im Zuge der vorangegangenen Planung wurden die im Ergänzungsbericht angesetzten Kosten für die festgelegte Vorzugsvariante geprüft und fortgeschrieben. Insgesamt ergibt sich im Rahmen der Fortschreibung eine sehr hohe Kostensteigerung gegenüber den in der Machbarkeitsstudie und deren Ergänzungsbericht genannten Kosten von rd. 35 Mio. Euro, netto auf rd. 129 Mio. Euro, netto.

Die damalige Grobkostenschätzung der Investitionskosten basiert dabei auf ersten planerischen Überlegungen und diente als ungefähre Kostenabschätzung, welche die Kostengenauigkeit einer Vorplanung noch nicht erreicht. Dabei wurden die Ergebnisse vergangener Ausschreibungen vergleichbarer Projekte berücksichtigt.

Die Kostensteigerungen ergeben sich auf der einen Seite durch die Erkenntnisse aus der Erhöhung des Detailierungsgrades der Planung. Sie sind in der Fortschreibung ausführlich dokumentiert. Die massive Preissteigerung ergibt sich zu ca. 2/3 durch die Membrananlage, zu rd. 20 % aufgrund von zusätzlichen Bauwerken bzw. verfahrenstechnischen Stufen (Siebanlage, übergeordnete Stromversorgung, zu ca. 10 % durch eine vergrößerte Behandlungskapazität und den Bodenfilter) und zu 2 % durch geänderte Anlagentechnik bei der Pulver-Aktivkohle-Stufe (PAK). Auf der anderen Seite haben die seit 2021 erfolgten

Preissteigerungen einen wesentlichen Einfluss auf die Kostensteigerungen insgesamt.

Anpassung der Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung wurde anhand der aktuellen Ergebnisse der Grundlagenbetrachtung angepasst bzw. konkretisiert. Durch den AVB wurden die folgenden Vorgaben für die weitere Bearbeitung festgelegt:

- alle sechs Bestands-Belebungsbecken werden zukünftig als Speicherbecken genutzt
- die Membranstufe wird auf die Wassermenge ausgelegt, die der Verband über die Gefälleleitung für die Verregnung abnehmen kann ($Q_{\text{Membran}} = 2.200 \text{ m}^3/\text{h}$)
- höhere Biomassekonzentration in der Belebung vor der Membranstufe als auf der konventionellen Straße mit Nachklärung
- die Einbindung der Bestands-Nachklärbecken soll geprüft werden;
- der finanzielle Rahmen des Projektes soll zum aktuellen Planungsstand bei rd. 100 Mio. Euro brutto (inkl. Nebenkosten) liegen und
- die Bauausführung soll in Bauabschnitten erfolgen. Der Bodenfilter soll als erstes umgesetzt werden.

Auf Grundlage der konkretisierten Aufgabenstellung werden die im Ergänzungsbericht vorgestellten Varianten dahingehend überprüft, ob und wie sie die neuen Anforderungen erfüllen. Anschließend wurde auf Grundlage dieser Überprüfung eine Variante 4 weiterentwickelt.

2. Entwicklung einer Hybrid-Anlage

Aufgrund der massiv gestiegenen Kosten wurden im Zuge der LPH 1 des Projektes KA2030 weitere Varianten zur Kostenoptimierung entwickelt und miteinander verglichen. Ziel war die Ableitung einer kostenoptimierten Vorzugsvariante.

Die im Prozess entwickelte sogenannte Variante 4 sieht den Neubau einer Hybrid-Anlage vor. Diese ist eine Kombination aus zwei langjährig technisch etablierten Verfahren. Auch die Kombination beider Verfahren ist in der Praxis einige Male bereits umgesetzt worden. Eine biologische Reinigungsstufe als Hybrid-Anlage bezeichnet den Betrieb von zwei parallelen Belebungsstraßen, eine mit konventioneller Nachklärung und eine mit Membran-Anlage zur Schlammabtrennung. Die Belebungsbecken der parallel betriebenen Straßen sind baulich voneinander getrennt. Die 4. Reinigungsstufe wird durch eine PAK-Dosierung in der Membranstufe und die Integration eines mit Aktivkohle bestückten Bodenfilters in den Rieselfeldern sichergestellt. Durch eine interne Rezirkulation im Trockenwetterfall kann der Ablauf der Nachklärbecken (NKB) ebenfalls durch das Durchlaufen der Membrananlage einer 4. Reinigungsstufe unterzogen werden. Die Nutzung der Rieselfelder mit aktiviertem Bodenfilter zur Spurenstoffelimination ermöglicht eine Reduzierung der Betriebskosten für die 4. Reinigungsstufe.

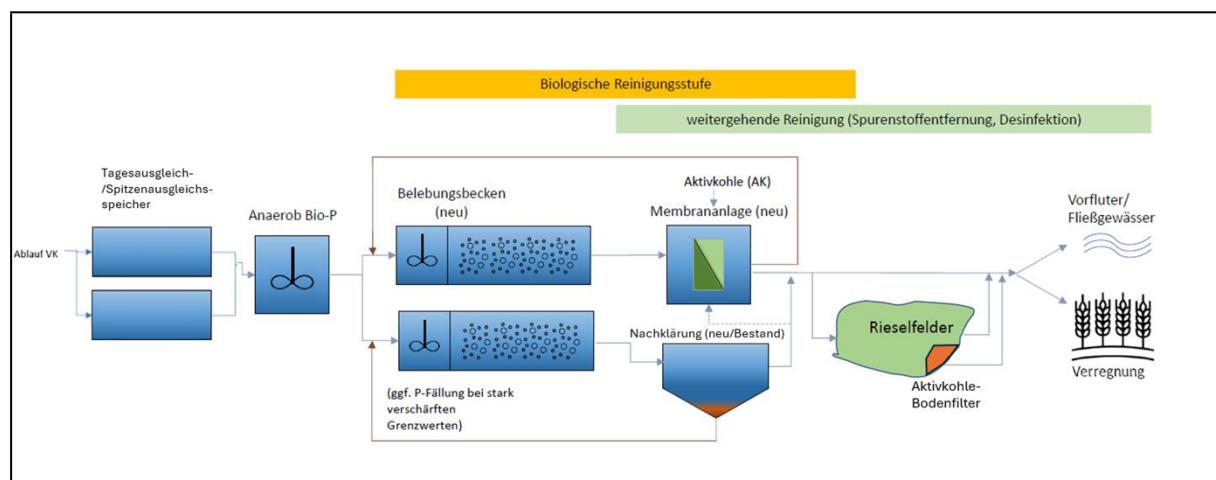


Abbildung 1: Variante 4 – Neubau einer Hybrid-Membrananlage - Verfahrenskonzept

Durch die Hybrid-Anlage ergeben sich folgende Vorteile im Vergleich zu einer Vollstrommembran:

- optimierte Abwasserbehandlung durch hohe Reinigungsleistung der Membrananlage sowie Betrieb von NKBs bei erhöhtem Abwasserzufluss, dadurch ist eine kleinere, effizienter betreibbare Membranstufe möglich;
- ein wirtschaftlicher Betrieb ist auch bei stark schwankenden Wassermengen möglich;
- erhöhte Flexibilität, insbesondere bei Betrieb in Verbindung mit Rieselfeldern und Bodenfilter, sowie der Nutzung des Ablaufs in der Verregnung;
- die Treibhausgasemissionen (Lachgas) sind bei tiefen Becken geringer.

Für die Hybrid-Anlage (Variante 4) werden die Netto-Baukosten inklusive Baunebenkosten mit rund 85,8 Mio. Euro berechnet. Damit wurde eine erhebliche Optimierung der Kosten gegenüber der ursprünglichen Vorzugsvariante, Vollstrom-Membrananlage, umgesetzt.

Zur weiteren Kostenoptimierung wird zudem eine Verkleinerung der Membrananlage sowie der Erhalt der Bestands-Nachklärbecken in die Planung einbezogen. Für diese **optimierte Variante 4** liegen die Netto-Baukosten bei 79,8 Mio. Euro. In der nachfolgenden Tabelle sind die Investitionskosten sowie die Investitionskostenbarwerte für die Vollstrom-Membran, die Hybrid-Anlage sowie die optimierte Variante dargestellt. Für eine Kostenschätzung auf Vorplanungsniveau ist gemäß Fachgutachtern/Fachgutachterinnen und Gerichten eine Kostengenauigkeit von ± 30 – 40 % anzusetzen.

	Vorzugsvariante der Machbarkeitsstudie Planungsstand März 2025 (LPH 1)	Hybrid-Anlage (Variante 4)	Variante 4, optimiert
Investitionskosten, netto	129.000.000 €	85.800.000 €	79.800.000 €
Investitionskostenbarwert	1.522.986.680 €	874.052.564 €	820.083.888 €

Tabelle 1: Investitionskosten und Investitionskostenbarwert

Die aktualisierte Bewertung erfolgt anhand der gleichen Kriterien und Wichtungen wie in der Machbarkeitsstudie. Die Auswertung der Bewertungsmatrix zeigt, dass die neu entwickelte Variante 4 (Hybrid-Anlage) die beste Zielerfüllung erreicht. Dabei schneidet diese Variante bei den meisten Kriterien am besten ab und hat vor allem bei den höher gewichteten Kriterien Vorteile gegenüber den anderen Varianten. Die Analyse zeigt im Rahmen des derzeitigen Planungsstands eine annähernd gleichwertige Zielerfüllung der Variante 4 (100 %) und Variante 4-optimiert (97,8 %). Bei zusätzlicher Betrachtung des Investitionskostenbarwertes ist die optimierte Variante 4, trotz der leicht höheren Betriebskosten, im gesamten Betrachtungszeitraum die wirtschaftlichste Variante und somit unter Einbezug der hohen Zielerfüllung von 97,8 % in der Gesamtbetrachtung die neue festgelegte Vorzugsvariante.

Kriterium	Wichtung	Variante 3		Variante 4		Variante 4 optimiert	
Beschreibung Grundvariante		Vollstrom MBR + Neubau Belebung		Hybrid-Anlage		Hybrid-Anlage	
A) 1 Investitionskosten 1 - Barwert Herstellung/Reinvest	12%	2,79	0,33	1,14	0,14	1,00	0,12
B) Betrieb							
2 - Betriebskosten	12,0%	1,6	0,19	1,00	0,12	1,35	0,16
3 - Betriebsstabilität	12,0%	1,0	0,12	1,0	0,12	1,0	0,12
4 - Flexibilität	6,0%	2,0	0,12	1,0	0,06	1,0	0,06
5 - Komplexität des Verfahrens/Wartungsbedarf	4,0%	1,0	0,04	2,0	0,08	2,0	0,08
Störanfälligkeit							
6 - Erweiterbarkeit, zuk. Entwicklung	12,0%	2,0	0,24	1,0	0,12	1,0	0,12
7 - THG-Emissionen	12,0%	1,0	0,12	1,0	0,12	1,0	0,12
8 - Energiekonzept	6,0%	2,0	0,12	1,0	0,06	1,0	0,06
9 - Reduzierung der Belastung der Wasserkörper	6,0%	1,0	0,08	2,0	0,12	2,0	0,12
10 - Nachhaltige Nährstoffnutzung	6,0%	1,0	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06
11 - Betrieb mit Verbund Kläranlage - Verregnung - Verrieselung	12,0%	2,0	0,24	1,0	0,12	1,0	0,12
Summe TN	100%	1,65		1,12		1,14	
Zielerfüllung	%	67,8%		100,0%		97,8%	

Tabelle 2: Auszug aus der Bewertungsmatrix zur Gegenüberstellung der Varianten Vollstromanlage (Variante 3), Variante 4 und Variante 4, optimiert

Durch die Kombination einer Membran-Anlage mit einer konventionellen Belebung und Nachklärung ergeben sich folgende Vorteile:

- hohe Flexibilität hinsichtlich der zu behandelnden Wassermengen für Trockenwetter und Mischwasserzufluss und somit einer sicheren Einhaltung von Grenzwerten bei großer Spreizung zwischen maximalem und minimalem Zulauf;
- die gewählte platzsparende Verfahrenskombination ermöglicht einen niedrigen Flächenbedarf im Verhältnis zur Flexibilität. Somit steht zukünftig Raum für Erweiterungen zur Verfügung. Dies kann für die Erfüllung zukünftiger Anforderungen in Bezug auf Kapazität und an die mögliche weitere Reinigung (z.B. PFAS (Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)-Reduktion) relevant werden;
- durch die Integration der Rieselfelder in Kombination mit einem aktivierte Bodenfilter wird eine naturnahe ressourceneffiziente Spurenstoffelimination ermöglicht;
- die Potenziale aus Rieselfeld und der Verregnung werden durch die neue Belebung genutzt und führen zu einem optimierten Betrieb im Verbund der drei Komponenten;
- durch die Nutzung des freiwerdenden Belebungsbeckenvolumens als Speicherbecken kann durch Verringerung von Mischwasserabschlägen die Belastung der Oker reduziert werden.

Die Investitionen und die daraus resultierenden Folgekosten wirken sich auf die von der Stadt an den AVB zu zahlenden Mitgliedsbeiträge und damit auch auf die Gebühren im Bereich der Stadtentwässerung aus. Die prozentualen Auswirkungen auf die Gebühren hängen dabei auch davon ab, wie sich die anderen Aufwendungen im Bereich der Stadtentwässerung in den kommenden Jahren entwickeln, was angesichts der unsicheren Kosten- und Mengenentwicklungen (u. a. Bauindex-Entwicklung) und der zu erwartenden größeren Investitionen im Bereich des Kanalnetzes (Pumpwerk Ölper und Abwassertransportleitung) schwer einzuschätzen ist. Wenn man die nach aktueller Planung gebührenfähigen Aufwendungen für 2026 zugrunde legt, würden bei isolierter Betrachtung der Auswirkungen der Zukunftsstrategie Kläranlage 2030 die derzeit (bei Annahme eines Zinssatzes von 3,5 %) eingeschätzten zusätzlichen Kosten zu einer Gebührensteigerung im Bereich Schmutzwasser um rd. 4 % für 2029, rd. 6 % für 2030 und rd. 2 % für 2031 (in der Endausbaustufe 2031 also insgesamt rd. 12 %) und im Bereich Niederschlagswasser rd. 1 %

für 2029, rd. 2 % für 2030 und rd. 0,5 % für 2031 (in der Endausbaustufe 2031 also insgesamt rd. 3,5 %) führen.

3. Vorschlag und weiteres Vorgehen

Die Investitionskostenfortschreibung der Vorzugsvariante aus der Studie weist aufgrund diverser Aktualisierungen, Konkretisierungen und Detaillierungen eine erhebliche Kostensteigerung (rd. 129 Mio. Euro) auf. Mit der neu entwickelten sowie optimierten Variante 4 als Hybrid-Membrananlage können diese Netto-Baukosten erheblich gesenkt werden (79,8 Mio. Euro). Mit verschiedenen Vorversuchen und der Einbeziehung von weiteren Praxiserfahrungen sollen noch weitere Kostenoptimierungspotentiale gehoben werden. Angesichts der dargelegten Vorteile der optimierten Variante 4, die als Hybrid-Anlage den Anforderungen gerecht wird, technisch bereits bekannt ist und eine deutliche Kostenoptimierung im Vergleich zur Vollstrom-Membrananlage ermöglicht, wird die **Weiterverfolgung der Planung KA2030 als Hybridanlage** empfohlen.

Vor dem Hintergrund der aktuellen rechtlichen Situation ist der Ausbau der KA zwingend erforderlich. Für den Ausbau eines Teils der 4. Reinigungsstufe liegt ein Förderbescheid des Landes Niedersachsen in Höhe von fünf Millionen Euro vor.

Nach der abgeschlossenen Vorplanung (LPH 2) schließt sich die Entwurfsplanung an, die in einer Genehmigungsplanung mündet. Diese Planung ist die Grundlage u.a. für die wasserrechtliche Genehmigung. Die Untere Wasserbehörde hat ein förmliches Verwaltungsverfahren durchzuführen, in dem unter anderem der Gewässerkundliche Landesdienst eingebunden werden muss. Die Untere Wasserbehörde wurde daher in den Planungsprozess mit eingebunden und wird den Fortgang begleiten. Im Zuge der weiteren Planung und des ausstehenden Genehmigungsverfahrens werden die wasserrechtlichen Anforderungen noch spezifiziert werden. Sollten sich hieraus wesentliche Änderungen ergeben, wird erneut berichtet.

Die spätere Umsetzung der Maßnahme soll in drei Bauabschnitten erfolgen, um eine gebührenverträgliche Verteilung der Investitionskosten zu ermöglichen. Als erstes soll der Bodenfilter errichtet werden. Damit wird auch das Ziel verfolgt, die geförderte Maßnahme annähernd fristgerecht zu beginnen. Im Anschluss bzw. zeitlich versetzt erfolgt die Errichtung der Membranbiologie und als dritter Bauabschnitt soll die konventionelle Biologie errichtet werden. Die KA Steinhof muss auch während der Bauzeit die Abwässer der Stadt reinigen können, d.h. neuen Anlagenteile werden parallel zum Bestand errichtet und schrittweise in Betrieb genommen. Die genaue Zeitplanung und Umsetzungsstrategie werden zurzeit entwickelt. Die Stadt ist weiterhin bei dem gesamten Projekt umfassend involviert.

Das weitere Vorgehen ergibt sich aus dem folgenden Zeitplan.

Oktober 2025	Vorstandssitzung AVB Beschluss zur Weiterführung der Planung
2027	Voraussichtlicher Baubeginn
Ende 2028	Voraussichtliche Inbetriebnahme Bauabschnitt 1
Ende 2029	Voraussichtliche Inbetriebnahme Bauabschnitt 2
Ende 2030	Voraussichtliche Inbetriebnahme Bauabschnitt 3

Leuer

Anlage/n:

Kläranlage 2030 - Fortschreibung Ergänzungsbericht „Zukunftsstrategie für den Abwasserverband Braunschweig“



Abwasserverband Braunschweig



Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht „Zukunftsstrategie für den Abwasserverband Braunschweig“

01.08.2025

WIZ - Wasser ist Zukunft! GbR

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite I

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung der Fortschreibung Ergänzungsbericht	1
2	Zukünftige Anforderungen an die Abwasserreinigung im KW Steinhof	2
2.1	Gesetzliche Anforderungen	2
2.2	Aktualisierung der Zulaufbelastung	4
2.2.1	Auswertung der stündlichen Zulaufwassermengen.....	4
2.2.2	Auswertung der Anlagenbelastung.....	5
2.3	Datenauswertung der Rieselfelder	6
2.4	Konkretisierung der Aufgabenstellung	8
3	Betrachtete Varianten.....	10
3.1	Variante 1: Sanierung und Erweiterung der Belebungsbecken.....	10
3.1.1	Technische Machbarkeit	10
3.1.2	Kostenbetrachtung	11
3.1.3	Fazit	11
3.2	Variante 2: Umbau Bestand zur Membranbelebung	11
3.2.1	Technische Machbarkeit	11
3.2.2	Kostenbetrachtung	12
3.2.3	Fazit	13
3.3	Variante 3: Neubau einer Membrananlage	13
3.3.1	Technische Machbarkeit	13
3.3.2	Kostenbetrachtung	13
3.3.2.1	Kostenvergleich Variante 2 und 3	17
3.3.3	Fazit	20
3.4	Zusatzbetrachtungen.....	20
3.4.1	Neubau konventionelle Belebungsanlage mit nachgeschalteter 4. Reinigungsstufe	20
3.4.2	Weitere Verfahren	20
4	Entwicklung der Vorzugsvariante zur Kostenoptimierung	22
4.1	Variante 4: Neubau einer Hybrid-Anlage	22
4.2	Variante 4-optimiert.....	24
5	Fortschreibung Wirtschaftlichkeitsvergleich	26
5.1	Fortschreibung Investitionskostenbarwert (IKBW)	26

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite II

5.2 Fortschreibung der Projektkostenbarwertbetrachtung	26
5.2.1.1 Investitionskosten	27
5.2.1.2 Betriebskosten.....	28
5.2.1.3 Ergebnis Projektkostenbarwertbetrachtung	29
5.2.1.4 Zeitliche Entwicklung Projektkostenbarwert	30
6 Aktualisierung der Bewertungsmatrix	31
7 Ausblick.....	33
8 Zusammenfassung.....	34
Literaturverzeichnis	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Stündlicher Zufluss KW: Januar2018 - Juni 2024.....	4
Abbildung 2-2: Belastung Zulauf Belebungsbecken – 85 % - Perzentil	6
Abbildung 3-1: Verfahrenskonzept Variante 1 - Sanierung und Erweiterung der Belebungsbecken	10
Abbildung 3-2: Verfahrenskonzept Variante 2 – Umbau Bestand zur Membranbelebung .	12
Abbildung 3-3: Verfahrenskonzept Variante 3 – Neubau einer Membrananlage	13
Abbildung 4-1: Variante 4 – Neubau einer Hybrid-Membrananlage.....	23
Abbildung 5-1: Zeitliche Entwicklung des Projektkostenbarwertes für die Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert	30
Abbildung 6-1: Bewertungsmatrix zur Gegenüberstellung der Varianten 2 - 4 inklusive der optimierten Variante 4	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Kostenfortschreibung Variante 2	12
Tabelle 3-2: Kostenfortschreibung Variante 3	15
Tabelle 3-3: Investitionskostenanpassung der Variante 2 und 3	18
Tabelle 4-1: Grobkostenschätzung Variante 4 und Variante 4 optimiert – Hybrid-Anlage.....	25
Tabelle 5-1: Barwerte (IKBW) der Alternativen	26
Tabelle 5-2: Investitionskosten Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert	27
Tabelle 5-3: Strom und Betriebsmittelkosten der Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert	28
Tabelle 5-4: Projektkostenbarwerte der Varianten 2, 3, 4 und 4 opti. mit Betriebskosten	29

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite III

Anlagen

keine

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 1

1 Veranlassung der Fortschreibung Ergänzungsbericht

In den Jahren 2021 – 2023 wurde eine Studie [1] zur Zukunftssicherung des Braunschweiger Modells im Rahmen einer anstehenden Erneuerung der Belebungsstufe auf dem KW Steinhof erarbeitet. Auf der Basis der Studie [1] „Zukunftsstrategie für den Abwasserverband Braunschweig“ (Februar 2023 und einem Ergänzungsbericht [2] mit gleichem Titel aus dem Oktober 2023) wurde ein Planungsauftrag zur Umsetzung der in der Studie ermittelten Vorzugsvariante vergeben. Der Ergänzungsbericht [2] wurde erforderlich, da in der Zwischenzeit eine Konkretisierung der Kommunalabwasserrichtlinie [3] erfolgte, woraus sich erste Vorschläge für konkrete Anforderungen, u. a. vorläufige Ablaufwerte ergaben. Zudem erfolgte die Monetarisierung des Zusatznutzens, die in der Studie [1] nur qualitativ betrachtet wurde. Die drei in der Studie [1] herausgearbeiteten Varianten blieben auch nach teils signifikanten Änderungen in Bezug auf die Anforderungen und Kriterien in dem Ergänzungsbericht [2] bestehen. Seit Fertigstellung des Ergänzungsberichts [2] haben sich weitere Änderungen, z.T. bereits in der Studie [1] antizipierte, und Konkretisierungen der Anforderungen an die Abwasserreinigung ergeben. Im Rahmen der laufenden Planung war daher eine Überprüfung und in der Konsequenz eine Überarbeitung des Grundkonzeptes zur Abwassereinigung und Fortführung des Braunschweiger Modells notwendig. Dabei wird ebenfalls berücksichtigt, dass das Land Niedersachsen die Integration einer 4. Reinigungsstufe in Form eines aktivierten Bodenfilters fördert. Als Ergebnis der bisher erfolgten Planungsbetrachtungen ergibt sich sowohl aus Kostengründen als auch aufgrund der verfügbaren Bauflächen eine neu herausgearbeitete Variante, die sogenannte Hybrid-Variante als deutliche Vorzugsvariante.

Mit der hiermit vorliegenden Fortschreibung werden:

- Die drei Varianten aus dem Ergänzungsbericht [2] gemäß den geänderten Rahmenbedingungen (gesetzliche Vorgaben, hydraulische und stoffliche Belastung) überprüft.
- Eine Weiterentwicklung der Varianten auf Grundlage der vom AVBS festgelegten Kriterien und der konkretisierten Randbedingungen durchgeführt.
- Eine neue Variante als Vorzugsvariante und die dazugehörige Grobkostenschätzung abgeleitet und erarbeitet.
- Die zielführende und wirtschaftliche Einbindung des Rieselfeld-Betriebes dargelegt.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 2

2 Zukünftige Anforderungen an die Abwasserreinigung im KW Steinhof

Zukünftig werden an die Abwasserreinigung im Klärwerk Steinhof durch neue gesetzliche Vorgaben und verschärfte Umweltauflagen erhöhte Anforderungen gestellt. Diese betreffen sowohl rechtliche Rahmenbedingungen als auch die betriebliche Auslegung der Anlage. Um eine wirtschaftliche und zukunftssichere Lösung zu gewährleisten, wurden diese Anforderungen in den weitergehenden Planungen berücksichtigt. Die im Folgenden dargestellten Anforderungen beziehen sich schwerpunktmäßig auf die Einleitung in den Vorfluter (Aue-Oker-Kanal). Für die Wasserwiederverwendung im Rahmen der landwirtschaftlichen Verregnung gelten seit 2023 unmittelbar die Mindestanforderungen der EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung [4], weitere nationale Anpassungen sind hier zukünftig nicht auszuschließen.

2.1 Gesetzliche Anforderungen

Neue gesetzliche Vorgaben, wie die Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) fordern eine weitere Reduktion von Nährstoffeinträgen in den Vorfluter sowie eine energie- und treibhausgasneutrale Betriebsweise. Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) enthält zudem Regelungen zum Schutz der Oberflächengewässer wie Verbesserung der Wasserqualität sowie Einhaltung von Umweltqualitätsnormen.

Novellierung der Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) EU-Richtlinie 2024/3019 2024 [3]

Die Novellierung der Kommunalabwasserrichtlinie ist am 01.01.2025 in Kraft getreten und muss bis spätestens zum 31. Juli 2027 in nationales Recht überführt werden. Wenn eine Umsetzung in deutsches Recht nicht innerhalb dieser Frist erfolgt, gilt die EU-Richtlinie und damit die verschärften Anforderungen unmittelbar. Die folgenden Regelungen sind für Kläranlagen der Größenklasse 5, wie das Klärwerk Steinhof, relevant:

- **Reduktion von Nährstoffeinträgen:**
 - Für das Einleiten in den Vorfluter werden die Mindestanforderungen für den Parameter Stickstoff von $\text{N}_{\text{ges}} < 12 \text{ mg/l}$ auf $\text{N}_{\text{ges}} < 8 \text{ mg/l}$ und für den Parameter Gesamtphosphor von $\text{P}_{\text{ges}} < 1,0 \text{ mg/l}$ auf $\text{P}_{\text{ges}} < 0,5 \text{ mg/l}$ verschärft, eine weitere Verschärfung der Überwachungswerte ist theoretisch möglich
 - Spätestens nach Anpassung der derzeitigen Erlaubnis (31.07.27) zur Einleitung des Abwassers aus dem Klärwerk Steinhof vom 15.4.2003 einzuhalten
 - Voraussichtlich bleibt die 2h-Mischproben-Regelung der Ablaufwerte bestehen, so dass eine kontinuierliche Einhaltung der Überwachungswerte auch zukünftig essenziell ist und auch kurzzeitige Überschreitungen der Überwachungswerte ggf. harte Konsequenzen zur Folge haben

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 3

- **Energie- und Treibhausgasneutrale Betriebsweise:**

- Kläranlagen ab einer Größe von 10.000 Einwohnerwerten (EW) müssen bis zum Jahr 2045 Energie- und THG-neutral sein. Dies bedeutet, dass sie nicht mehr Energie verbrauchen dürfen, als sie selbst erzeugen, und keine Netto-Treibhausgasemissionen verursachen dürfen. Der Weg zur vollständigen Energie- und THG-Neutralität ist schrittweise zu erreichen und durch regelmäßige Energieaudits beginnend ab 2028 nachzuweisen.

- **Entfernung von Mikroschadstoffen durch vierte Reinigungsstufe:**

Ab dem Jahr 2036 wird schrittweise die vierte Reinigungsstufe bei Kläranlagen größer 150.000 Einwohnerwerten zur Elimination von Mikroschadstoffen gesetzlich gefordert. Diese Stufe soll schwer abbaubare Schadstoffe wie Arzneimittelrückstände und andere chemische Spurenstoffe entfernen. Von der Behörde werden mindestens 6 Referenzstoffe (Arzneimittel, Industriechemikalien) festgelegt, die im Mittel zu mindestens 80 % zu eliminieren sind.

- **Erweiterte Herstellerverantwortung:**

Hersteller, Importeure und Vertriebspartner von Produkten, die chemische Spurenstoffe freisetzen, müssen mindestens 80 % der Kosten für die Einführung der vierten Reinigungsstufe tragen

Oberflächengewässerverordnung (OgewV) [5]

- Bei der Oberflächengewässerverordnung wird ein Immissionsbezogener Ansatz verfolgt. Gewässerspezifisch erfolgt dadurch die Berechnung und Festlegung der Überwachungsparameter.
- Der Vorfluter für die Kläranlage ist der Aue-Oker Kanal, der, obwohl ausschließlich geprägt durch den Kläranlagenablauf, derzeit per Definition ein Gewässer ist. Hierdurch kann es zu einer weiteren Verschärfung der Nährstoffüberwachungsparameter Stickstoff und Phosphor kommen.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 4

2.2 Aktualisierung der Zulaufbelastung

Im Zuge der Grundlagenermittlung gemäß LP 1 der HOAI wurde eine umfangreiche Datenauswertung der Zulaufdaten auf dem KW Steinhof durchgeführt. Grundlage hierfür waren die Betriebsdatenaufzeichnungen des KW Steinhof der Jahre 2018 bis 2023, bei den Zulaufdaten bis Mitte 2024. Die detaillierte Datenauswertung kann der Grundlagenermittlung [6] entnommen werden. Diese Auswertung geht deutlich über die Datengrundlage der Studie [1] hinaus. Der Studie [1] lagen die Betriebsdaten der Jahre 2019 und 2020 zugrunde.

2.2.1 Auswertung der stündlichen Zulaufwassermengen

Die Auswertung des stündlichen Zuflusses des KW ist in Abbildung 2-1 dargestellt. Der mittlere stündliche Zufluss im Zeitraum zwischen 2018 und Mitte 2024 liegt bei rund 2.200 m³/h. 90 % der stündlichen Zuflüsse in diesem Zeitraum liegen zwischen 900 m³/h und 3.730 m³/h. Es werden maximale Zuflussmengen von über 9.000 m³/h verzeichnet. Diese hohen Zuflussmengen treten bei starken Regenereignissen auf. Die Datenauswertung verdeutlicht, dass auf dem KW starke Zuflussschwankungen auftreten.

In der Grundlagenermittlung [6] wurde der theoretische Mischwasserzufluss Q_M des KW Steinhof auf Grundlage der Datenauswertung nach DWA ATV DVWK-A 198 [7] bestimmt. Es ergab sich ein maßgeblicher Mischwasserzufluss zwischen 5.000 m³/h und 9.500 m³/h. Diese Wassermengen müssen aktuell und auch zukünftig vom KW aufgenommen und behandelt werden. Der tatsächlich maßgebende Mischwasserzufluss ist abhängig vom Verfahrenskonzept (und den darin ggf. enthaltenen Speicherkomponenten, vgl. Abschnitt 2.4 und folgende) und wird im späteren Planungsverlauf mit der Genehmigungsbehörde abgestimmt.

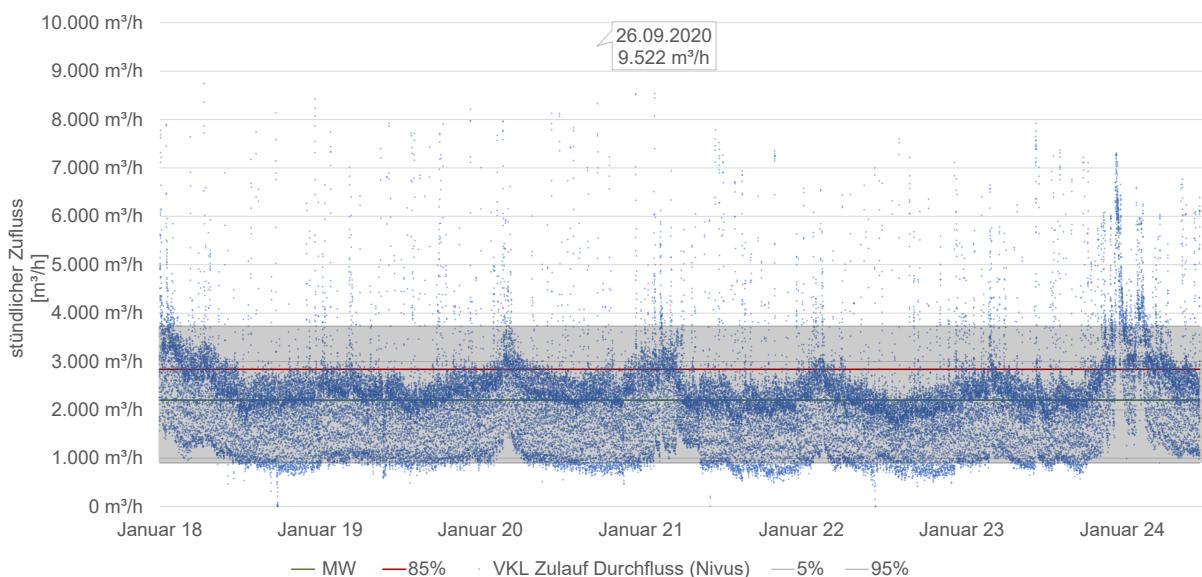


Abbildung 2-1: Stündlicher Zufluss KW: Januar2018 - Juni 2024

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 5

2.2.2 Auswertung der Anlagenbelastung

Im Zuge der Grundlagenermittlung [6] wurden unter anderem die Konzentrationen des homogenisierten CSB, des filtrierten CSB, von NH₄-N und TNb sowie von PO₄-P- und AFS ausgewertet, auf Plausibilität geprüft und Ausreißer eliminiert. Zur Ermittlung der Belastung durch angeschlossene Einwohnerwerte wurden die Zulaufparameter CSB, NH₄-N, P_{ges} und AFS betrachtet.

Der maßgebende Parameter für die Bemessung einer biologischen Reinigungsstufe nach DWA-A 198 [7] ist die CSB-Fracht. Die Auslegungsgröße ergibt sich auf Basis der CSB-Fracht im 85 % - Perzentil.¹ Das 85% - Perzentil berücksichtigt die typischerweise auftretenden Belastungsschwankungen, ohne Extremereignisse einzubeziehen. Die mittlere Belastung stellt lediglich die durchschnittliche Belastung dar, welche somit niedriger ist. Durch die Auslegung auf das 85 % - Perzentil wird gewährleistet, dass die Anlage auch bei schwankenden Belastungen zuverlässig und effizient arbeitet und die Ablaufwerte einhält.

In Abbildung 2-1 ist die CSB-Zulaufbelastung im 85 % - Perzentil des Zulaufes der -Belebungsbecken für die Jahre 2018 bis 2023 dargestellt. Derzeit ist die biologische Reinigungsstufe des KW mit einer Auslegungsgröße von 275.000 EW ausgelegt. Im Zuge der Studie [1] wurde eine Belastung von rund 400.000 EW_{CSB} ermittelt. Die detaillierte und umfangreiche Datenauswertung in der Grundlagenermittlung [6] zeigte eine um gut 10% höhere Bemessungsfracht als in der Studie [1] ermittelt, sodass sich für die neue biologische Reinigungsstufe eine Auslegungsgröße von rd. 445.000 EW_{CSB} bezogen auf den CSB ergibt. Gegenüber der ebenfalls bestimmten mittleren Belastung von 360.000 EW_{CSB} liegt die relevante Bemessungsbelastung rund 25% höher.

Wird die aktuelle Auslegungsgröße mit der in der Grundlagenermittlung [6] ermittelten Auslegungsgröße verglichen, geht eindeutig hervor, dass die biologische Reinigungsstufe deutlich überlastet ist. Die Einhaltung der im Moment geltenden Ablaufwerte kann aktuell nur mit Hilfe der Rieselfelder sichergestellt werden. Zukünftige verschärfte Anforderungen an die Nährstoffelimination können auch unter Einbeziehung der Rieselfelder nicht mehr gewährleistet werden.

Bei Vergleich der derzeitigen Auslegungsgröße von 275.000 EW und der neu ermittelten Auslegungsgröße von 445.000 EW ist die seitdem stetige Weiterentwicklung des Regelwerkes zur

¹ Die Methode zur Ermittlung der maßgebenden Frachten nach DWA-A 198 [5] unterscheidet sich, in Abhängigkeit der Anzahl der wöchentlichen Probenahme. Auf dem KW Steinhof sind in der Regel fünf Messungen pro Woche vorhanden, sodass die Ermittlung der maßgebenden Fracht auf Basis von gleitenden 2-Wochenmitteln berechnet wird. Sind weniger wöchentliche Probenahmen vorhanden, wird die maßgebende Fracht über das 85 % - Perzentil bestimmt.

Die Plausibilitätsprüfung in der Grundlagenermittlung ergab, dass auf dem KW Steinhof die Auswertung des gleitenden 2-Wochenmittels sehr gut mit der Auswertung des 85 % - Perzentilwertes übereinstimmt, weshalb in diesem Bericht zur Vereinfachung die 85 % - Perzentile der untersuchten Abwasserparameter dargestellt sind. Die detaillierte Auswertung der gleitenden 2-Wochenmittelwerte und die Plausibilitätsprüfungen sind der Grundlagenermittlung [3] zu entnehmen.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 6

Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen (DWA-A 131 [9]) zu berücksichtigen. Dies umfasst zum Beispiel die Umstellung vom Leitparameter BSB_5 auf den Parameter CSB für die organische Belastung.

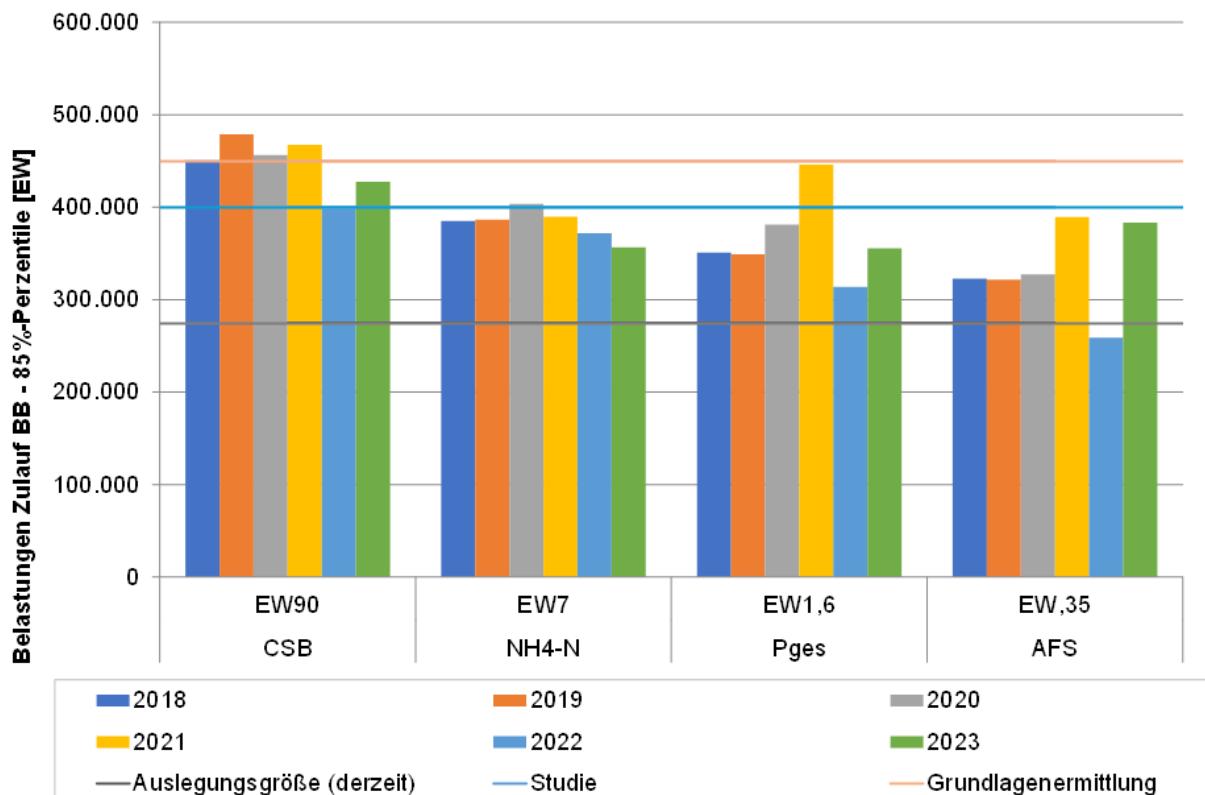


Abbildung 2-2: Belastung Zulauf Belebungsbecken – 85 % - Perzentil

2.3 Datenauswertung der Rieselfelder

Zur optimalen Einbindung des Rieselfeldes in das Gesamtkonzept als Bestandteil des Braunschweiger Modells erfolgte eine Datenauswertung der bestehenden Betriebsdaten.

Die Eliminationsleistung des Rieselfeldes wurde gesondert für das Mäandersystem mit langem Fließweg und für die Bodenpassage ermittelt.

Die detaillierte Methodik sowie Auswertung der einzelnen Parameter ist im vorliegenden Bericht zur Datenauswertung des Rieselfeldes zu finden [10].

Durch das Mäander und die Bodenpassage konnten im Durchschnitt Abbauleistungen für Stickstoff- CSB und Feststoffe erreicht werden.

Auftretende Ammonium-Ablaufspitzen konnten vor allem von der Bodenpassage häufig abgefangen bzw. vergleichmäßigt werden. Einzig der Parameter Phosphor konnte durch das Rieselfeld nicht reduziert werden. Durch die lange Historie der Rieselfeldbeschickung mit Restphosphor

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 7

enthalteten Abwasser wurde ein Teil des Phosphors im Rieselfeld akkumuliert, so dass es unter bestimmten (jahreszeitlich auftretenden) Bedingungen in beiden Bereichen des Rieselfelds zu teilweisen Rücklösungen kommt.

Mithilfe der Reinigungsleistung des Rieselfeldes können die aktuell geltenden Grenzwerte für die Einleitung in den Aue-Oker-Kanal in Kombination mit einem intelligenten, aber sehr aufwändigen Wassermanagement, bestehend aus Rieselfeldern und Speichervolumen (Rieselfeldspeicher und Flutmulde) eingehalten werden. Aufgrund der zu erwartenden Verschärfungen der Ablauf-Grenzwerte (siehe Kapitel 2.1) werden die zukünftigen Anforderungen mit dem jetzigen Zustand bezogen auf die Nährstoffelimination sowie auf die Spurenstoffelimination ohne weiteres nicht verlässlich erfüllt werden können.

Basierend auf den Ergebnissen der Datenauswertung werden die Rieselfelder in das Konzept der KA2030 wie folgt sinnvoll eingebunden:

- Die Rieselfelder dienen als naturräumliche Nachbehandlung für die Parameter CSB und N sowie zur Glättung von Konzentrationsspitzen der relevanten Überwachungsparameter.
- Dadurch kann die Auslegung der Belebungsstufe bis an die Grenzen des technischen Regelwerks erfolgen (womit ggf. eine geringere Behandlungskapazität erforderlich ist). Ohne die Rieselfelder wäre die Vergrößerung des notwendigen BB- und NKB-Volumens notwendig.
- Die Eliminationsleistung der Rieselfelder kann zur Reduzierung des elektrischen Energieverbrauchs für die N-Elimination genutzt werden (bedarfsweise Verringerung der Belüftungsintensität)
- In Kombination mit einem aktivierten Bodenfilter wird die Reinigungsleistung der Rieselfelder im Hinblick auf Spurenstoffe genutzt. Es konnte gezeigt werden, dass durch die Bodenpassage im Rieselfeld diverse Spurenstoffe mit einem Eliminationsgrad von 50 bis 80 % entfernt werden können [6]. Die Reinigungsleistung des Mäanders in Bezug auf Spurenstoffe wird im Rahmen der Bodenfilter-Versuche ermittelt.

Die Einbindung der Rieselfelder über die Bodenpassage und das Mäandersystem reduziert die hygienische Belastung soweit, dass der Ablauf aus dem Aue-Oker-Kanal zur Verregnung geeignet ist. Dadurch kann das Braunschweiger Modell in seiner Gesamtheit erhalten bleiben.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 8

2.4 Konkretisierung der Aufgabenstellung

Die derzeitige biologische Reinigungsstufe kann aktuell nur durch die Kombination aus technischer Kläranlage und Rieselfeldern die Einhaltung der Überwachungs- oder Grenzwerte sicherstellen. Die zukünftigen Anforderungen an die Nährstoffelimination (N, P) können nicht erfüllt werden. Darüber hinaus hat die biologische Reinigungsstufe ihre betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer fast erreicht und teilweise sogar bereits deutlich überschritten. Die zentrale Verfahrenstechnik der biologischen Reinigungsstufe (Sauerstoffeintrag über Oberflächenbelüfter) entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Die Reinigungsleistung der biologischen Stufe muss deutlich ausgebaut werden, eine Sanierung der bestehenden Becken allein reicht nicht aus. Darüber hinaus kann die bestehende Anlage auch die zukünftigen Anforderungen an die Spurenstoffelimination nicht erfüllen. Daher ist der Implementierung einer vierten Reinigungsstufe zwingend erforderlich.

Aufgrund der festgestellten großen Spreizung der Zuflüsse auf dem KW Steinhof wurde im Zuge der Grundlagenermittlung [6] festgelegt, dass Teile der bestehenden Belebungsbecken auf den KW-Gelände im Verfahrenskonzept der Kläranlage 2030 zur Vergleichmäßigung des Zulaufs (Tagesausgleich) als Tagesausgleichsspeicher integriert werden sollen, um die Anlage wirtschaftlicher konzipieren und betreiben zu können. Durch eine Vergleichmäßigung werden Zulaufspitzen abgepuffert, sodass die Membran ggf. kleiner ausgelegt und durch eine kontinuierliche und gleichmäßige Beschickung effizienter betrieben werden kann. Im Zuge der ersten Stufe der Vorplanung [8] wurde auf Grundlage der stündlichen Zulaufdaten des KW der letzten ca. 6 Jahre (01/2018 bis 02/2024) eine Speicherberechnung durchgeführt. Es wurde so eine erste Abschätzung der Auslegung der biologischen Reinigungsstufe mit einer Kapazität von 6.400 m³/h unter Einbeziehung eines Speichervolumens von 13.500 m³ Speicherbecken (entsprechend den vorhandenen BB5+6) ermittelt. Bei einer weiteren Reduzierung der hydraulischen Kapazität der biologischen Reinigungsstufe ist mit einer hydraulischen Überlastung der Kläranlage zu rechnen.

Auf der Basis der aktuellen Planungsbetrachtungen wurde die Aufgabenstellung angepasst und durch den AVBS zunächst folgende Vorgaben für die weitere Bearbeitung gemacht. Diese können durch Simulationsrechnungen konkretisiert werden:

- Alle 6 Bestands-Belebungsbecken werden zukünftig als Speicherbecken genutzt:
 - BB 5+6: Tagesausgleichsspeicher (um eine betrieblich vorteilhafte, gleichmäßige Auslastung insbesondere der Membranstraße zu ermöglichen und die Anforderungen von KARL an die über eine vierte Reinigungsstufe zu behandelnde Wassermenge zu erfüllen)
 - BB 3+4: Spitzenausgleichsspeicher (um die bei stärkeren Regenereignissen maximal zu behandelnden Mischwassermengen zu reduzieren)
 - BB 1+2: Mischwasserausgleichsspeicher (um Mischwasserabschläge am Pumpwerk Ölper zu reduzieren)

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 9

- Die Membranstufe wird auf die Wassermenge ausgelegt, die der Verband über die Gefälleleitung für die Verregnung abnehmen kann ($Q_{\text{Membran}} = 2.200 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Ein gleicher Aufbau der beiden Belebungsstraßen der Hybrid-Anlage wird nicht angestrebt, die Hybridanlage soll so kompakt wie möglich konzipiert werden, um die Vorteile einer Membran voll auszunutzen:
 - Höhere Biomassekonzentration (TS_{BB}) in der Belebung vor der Membranstufe als auf der konventionellen Straße mit Nachklärung, dadurch
 - Asymmetrische Abwasserverteilung (und Reinigungskapazitäten)
 - Unterschiedliche Beckengrößen inkl. der dazugehörigen verfahrenstechnischen Ausstattung (Belüftung, Gebläse)
- Die Einbindung der Bestands-Nachklärbecken soll geprüft werden
- Das zur Verfügung stehende Budget beträgt rund 102 Mio. € brutto (inkl. Nebenkosten)
- Die Bauausführung soll in Bauabschnitten erfolgen. Der Bodenfilter soll als erstes umgesetzt werden

Auf Grundlage der konkretisierten Aufgabenstellung werden die im Ergänzungsbericht [2] vorgestellten Varianten 1 bis 3 dahingehend überprüft, wie sie die neuen Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus wird eine Variante 4 weiterentwickelt. In diesem Zusammenhang werden folgende Varianten betrachtet:

- Variante 1: Sanierung und Erweiterung der Belebungsbecken
- Variante 2: Umbau Bestand zur Membranbiologie
- Variante 3: Neubau einer Membranbiologie
- Variante 4: Neubau einer Hybrid-Anlage

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 10

3 Betrachtete Varianten

3.1 Variante 1: Sanierung und Erweiterung der Belebungsbecken

3.1.1 Technische Machbarkeit

Die Variante 1 aus dem Ergänzungsbericht [2] sieht die Sanierung und Erweiterung der vorhandenen biologischen Reinigungsstufe vor. Das Verfahrenskonzept der Variante 1 ist schematisch in Abbildung 3-1 dargestellt.

Um die verschärften Anforderungen an die biologische Reinigung sicherzustellen, ist für die Variante 1 die Erweiterung der Anlage um ein Belebungsbeckenvolumen von mindestens 18.000 m³ sowie der zusätzliche Neubau von ca. vier Nachklärbecken notwendig. Darüber hinaus muss die Anlage um eine vierte Reinigungsstufe erweitert werden, um auch den zukünftigen Anforderungen an die Spurenstoffelimination zu entsprechen.

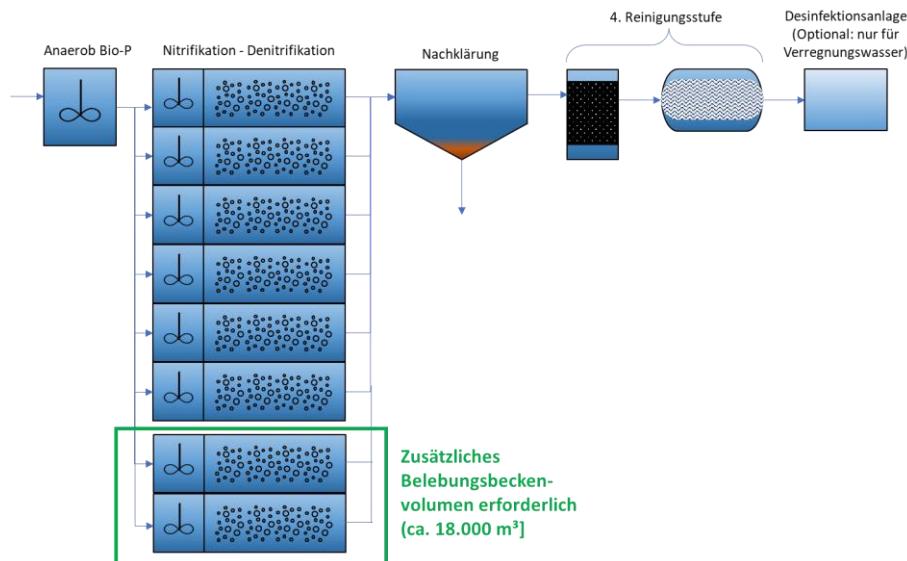


Abbildung 3-1: Verfahrenskonzept Variante 1 - Sanierung und Erweiterung der Belebungsbecken

Der Neubau dieser Anlagenteile (Belebungsbeckenvolumen, zusätzliche Nachklärbecken, vierte Reinigungsstufe) kann auf dem in der Grundlagenermittlung [6] festgelegten Baufeld und dem zur Verfügung stehenden Baufeld nicht realisiert werden. Die hydraulische Einbindung der neuen Nachklärbecken bei gleichzeitigem Weiterbetrieb der Altanlage wird als technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll umsetzbar eingeschätzt, da nicht ausreichend Bauräume für die erforderlichen rohrleitungstechnischen Anbindungen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus steht bei dieser Variante kein zusätzliches Speichervolumen zur Reduzierung der Mischwasserabschläge aus dem Kanalnetz auf dem Anlagengelände zur Verfügung. Diese Variante ist unter den festgelegten

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 11

Bedingungen nicht umsetzbar, sodass Variante 1 vorzeitig ausgeschlossen und im weiteren Vergleich vernachlässigt wird.

3.1.2 Kostenbetrachtung

In Variante 1 bleiben alle sechs Bestand-Belebungsbecken weiterhin in Betrieb. In der Konkretisierung der Aufgabenstellung wurde festgelegt, dass sechs Bestands-Belebungsbecken als Speicherbecken umfunktioniert werden sollen. Somit entspricht Variante 1 nicht den Festlegungen, sodass keine Kostenbetrachtung durchgeführt wird.

3.1.3 Fazit

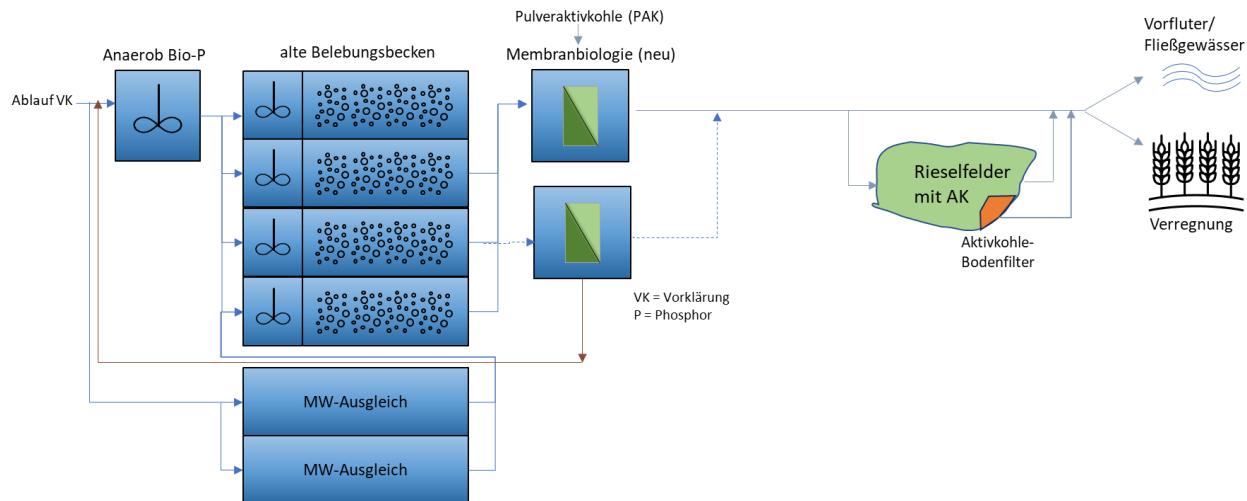
Da bei Variante 1 eine Umnutzung der bestehenden Belebungsbecken in Speicherbecken nicht möglich ist, entspricht diese Option nicht den Anforderungen des Konzepts KA2030 und wird daher im weiteren Verlauf nicht berücksichtigt.

3.2 Variante 2: Umbau Bestand zur Membranbelebung

3.2.1 Technische Machbarkeit

Die Variante 2 aus dem Ergänzungsbericht [2] sieht die Sanierung und den Umbau der vorhandenen biologischen Reinigungsstufe sowie die Umstellung der vorhandenen Oberflächenbelüftung auf eine effizientere Druckbelüftung vor. Die Bestands-Nachklärbecken werden außer Betrieb genommen. Anstelle dessen wird eine Membrananlage als Schlammabtrennungsverfahren in Kombination mit einer PAK-Dosierung als vierte Reinigungsstufe errichtet. Die vierte Reinigungsstufe wird durch die Rieselfelder und einen mit Aktivkohle versetzten Bodenfilter ergänzt. Das Verfahrenskonzept der Variante 2 ist schematisch in Abbildung 3-2 dargestellt.

Die Membrananlage kann mit einem deutlich erhöhten TS-Gehalt betrieben werden, sodass dadurch ein Bestands-Belebungsdoublebecken außer Betrieb genommen und für die Speicherung von Mischwasserabschlägen aus dem Kanalnetz genutzt werden kann. Die Membrananlage muss als Vollstrombehandlung konzipiert werden, um sicherzustellen, dass in allen hydraulischen Lastfällen kein unbehandeltes Abwasser an der hydraulisch limitierten Membran vorbei in den Kläranlagenablauf gelangt. Aufgrund der in der Grundlagenermittlung [6] ausgewerteten Zuflussmengen, ergibt sich im Vergleich zur Studie [1] eine Vergrößerung der erforderlichen Membranfläche auf das Zweieinhalfache.


Abbildung 3-2: Verfahrenskonzept Variante 2 – Umbau Bestand zur Membranbelebung

3.2.2 Kostenbetrachtung

In Tabelle 3-1 ist die Kostenfortschreibung der Variante 2 aufgezeigt. Im Vergleich zur Studie [1] ergeben sich erhebliche Kostensteigerungen, welche in Kapitel 3.3.2 detailliert beschrieben werden.

Tabelle 3-1: Kostenfortschreibung Variante 2

	Variante 2:Vollstrom + Sanierung Belebung
Membran	66.500.000 €
BB	20.000.000 €
Energieversorgung + Notstrom	4.500.000 €
Siebanlage	5.000.000 €
PAK	1.500.000 €
Bodenfilter	5.000.000 €
Baukosten netto	102.500.000
Baunebenkosten (20 %)	20.500.000 €
Investitionskosten netto	123.000.000 €
MwSt. (19%)	23.370.000 €
Investitionskosten (brutto)	rd. 146,4 Mio. €

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 13

3.2.3 Fazit

Da bei Variante 2 nicht alle vorhandenen Belebungsbecken in Speicherbecken umgewandelt werden können, ist Variante 2 im Rahmen des Konzepts KA2030 nicht realisierbar.

3.3 Variante 3: Neubau einer Membrananlage

3.3.1 Technische Machbarkeit

Variante 3 aus dem Ergänzungsbericht [2] sieht den kompletten Neubau der biologischen Reinigungsstufe, bestehend aus Belebungsbecken, Membrananlage und PAK-Dosierung vor.

Das Verfahrenskonzept der Variante 3 ist schematisch in Abbildung 3-3 dargestellt und unterscheidet sich im Verfahrenskonzept nur geringfügig von Variante 2. Der Unterschied liegt im Neubau der Belebungsbecken als bau- und verfahrenstechnisch optimal konzipierte kompakte, druckbelüftete Einheiten. Aufgrund der in der Grundlagenermittlung [6] ausgewerteten Zuflussmengen, ergibt sich im Vergleich zur Studie [1], wie bereits bei Variante 2, eine deutliche Vergrößerung der erforderlichen Membranfläche auf das Zweieinhalbache.

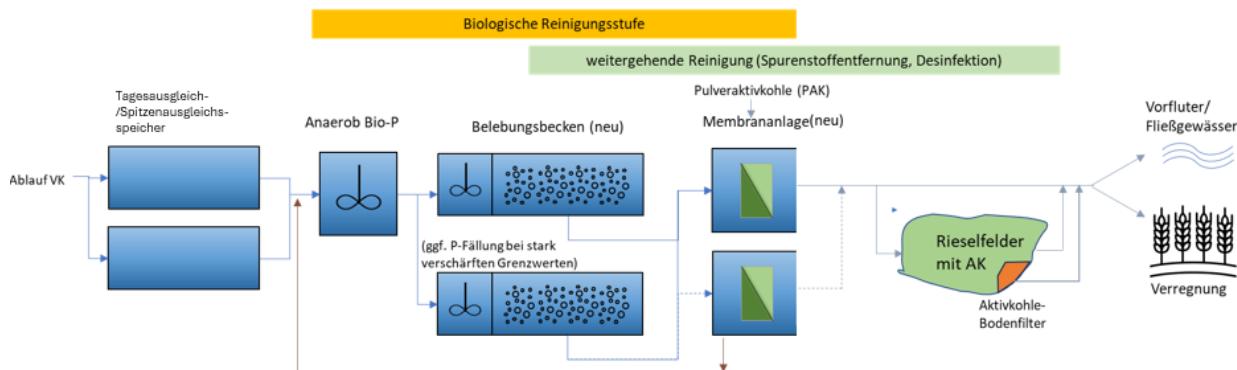


Abbildung 3-3: Verfahrenskonzept Variante 3 – Neubau einer Membrananlage

3.3.2 Kostenbetrachtung

Vor dem Hintergrund der veränderten Randbedingungen und gewonnenen Erkenntnissen aus den vertieften Betrachtungen im Zuge der vorangeschrittenen Planung wurden die im Ergänzungsbericht [2] angesetzten Kosten für die verbleibenden Varianten geprüft und fortgeschrieben.

Insgesamt zeigt sich im Rahmen dieser Fortschreibung eine sehr hohe Kostensteigerung gegenüber den in der Studie [1] und Ergänzungsbericht [2] genannten Kosten.

Die Kostensteigerungen ergeben sich im Wesentlichen durch

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 14

- die Erhöhung des Detailierungsgrades der Planung:

Eine umfassende Prüfung der Betriebsdaten und Datenbasis führte zu einer Anpassung der Auslegungsdaten und damit verbunden zu einer Modifikation verschiedener Anlagenkomponenten. Wesentliche Punkte stellen hierbei der Ansatz der zu behandelnden Wassermengen, bzw. der notwendigen hydraulischen Leistungsfähigkeit des Konzeptes und der notwendigen erhöhten Behandlungskapazität (stofflich) dar. Unter erhöhter stofflicher Behandlungskapazität ist zu verstehen, dass aufgrund höherer zufließender Abwasserfracht eine größere Behandlungskapazität (Beckenvolumen, Lufteintragskapazität) bereit zu stellen ist. Durch die im aktuellen Planungsstand vorliegende Bearbeitungstiefe wurden in verschiedenen technischen Bereichen Aspekte deutlich, welche Anpassungen an den technischen Anlagen oder Verfahrenstechnik und Erweiterungen notwendig gemacht haben. In der vertieften Bearbeitung wurden darüber hinaus notwendige, verfahrenstechnische Komponenten ergänzt, welche vor dem Hintergrund der Betriebssicherheit und Zukunftsfähigkeit erforderlich sind und in den bisherigen Betrachtungen nicht enthalten waren. Zudem wurden Kostenansätze an verschiedenen Stellen in der Studie [1] und im Ergänzungsbericht [2] zu gering getroffen, welche im Rahmen der nun vertieften Betrachtung deutlich nach oben korrigiert werden mussten. Insgesamt entfallen ca. 2/3 der Kostensteigerung auf den Bereich „Membran“.

- Preissteigerungen:

Ein weiterer wesentlicher Grund für die Kostensteigerungen stellt die allgemeine und teilweise dramatische Preisentwicklung dar. Der Kostenstand der Studie zur KA2030 [1] ist das Jahr 2021. In den vergangenen Jahren ist es durch den Ukraine-Krieg, Nachwirkungen der Corona-Pandemie und dem Fachkräftemangel bei ausführenden Firmen zu einem deutlichen Preisanstieg im Baugewerbe gekommen. Dies gilt in selbem Maße für den Anlagenbau und die Elektroausstattung. Gemäß dem statistischen Bundesamt sind die Kosten für Bauleistungen am Bauwerk (Tiefbau) von 2021 bis 2024 von 100 % auf 133 % gestiegen. Dies spiegelt sich auch in den Kostenansätzen der derzeitigen Planung wider, welche auf aktuellen Kosten aus vergleichbaren Projekten beruhen.

Die folgende Tabelle zeigt die Kostenanpassung für die im Ergänzungsbericht [2] identifizierte Vorzugslösung Variante 3. Dabei zeigt die Spalte 2 die ursprünglich im Ergänzungsbericht [2] angesetzten Kosten. Die Spalte 3 berücksichtigt die Preissteigerungen unabhängig von Änderungen am Verfahrenskonzept. Die Spalte 4 listet die Kosten für die Variante 3 vor dem Hintergrund der Erkenntnisse und Randbedingungen des aktuellen Planungsstandes auf.

Die Grobkostenschätzung der Investitionskosten basiert dabei auf ersten planerischen Überlegungen (1. Stufe der Vorplanung) und dient als ungefähre Kostenabschätzung, welche die Kostengenauigkeit einer Vorplanung noch nicht erreicht. Dabei wurden die Ergebnisse vergangener Ausschreibungen vergleichbarer Projekte berücksichtigt. Für eine Kostenschätzung auf Vorplanungsniveau ist gemäß Fachgutachtern/Fachgutachterinnen und Gerichten eine Kostengenauigkeit von ± 30 – 40 % anzusetzen.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 15

Tabelle 3-2: Kostenfortschreibung Variante 3

	Variante 3 Ergänzungsbericht [2] Preisbasis 2021	Variante 3 Ergänzungsbericht [2] mit Preissteigerung über Index 133 %	Variante 3 Fortschreibung gem. Planungsstand 03/25
Membranstufe	12.100.000 €	16.093.000 €	66.500.000 €
Belebung	13.100.000 €	17.423.000 €	25.000.000 €
Energieversorgung + Notstrom	nicht berücksichtigt	-/-	4.500.000 €
Siebanlage	nicht berücksichtigt	-/-	5.000.000 €
PAK -Stufe	115.000 €	152.950 €	1.500.000 €
Bodenfilter	nicht berücksichtigt	-/-	5.000.000 €
Baukosten netto	25.315.000 €	33.668.950 €	107.500.000 €
Unvorhergesehenes	5.063.000 €	6.733.790 €	*
Baunebenkosten	15 %	15 %	20 %
Baunebenkosten	4.557.000 €	6.060.411 €	21.500.000 €
Investitionskosten netto	34.935.000 €	46.463.151 €	129.000.000 €
MwSt. (19%)	6.637.650 €	8.827.998,69 €	24.510.000 €
Investitionskosten (brutto)	rd. 41,6 Mio. €	rd. 55,3 Mio. €	rd. 153,5 Mio. €

* Hinweis: Die Baunebenkosten wurden im Ergänzungsbericht [2] mit 15% angenommen. Weiterhin wurde eine Position für Unvorhergesehenes in Höhe von 20% angesetzt. Mit fortgeschriebenem Konzept wird die Position des Unvorhergesehenen reduziert und in die Baunebenkosten integriert, welche in Summe mit 20% angesetzt werden.

Es zeigt sich eine massive Kostensteigerung im Vergleich der Kosten des Ergänzungsberichtes [2] unter Berücksichtigung von Preissteigerungen von 55,3 Mio. € Brutto mit den auf Basis des aktuellen Kenntnis- und Planungsstandes geschätzten Kosten von 153,5 Mio. € brutto inkl. Baunebenkosten.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 16

Die wesentlichen Kostenerhöhungen begründen sich wie folgt:

Membrananlage:

Basis für die Grobdimensionierung der Filtrationseinheit (Membranmodule) in der Studie [1] und dem Ergänzungsbericht [2] war eine Wassermenge, die unterhalb der jetzigen Planungswasser mengen lag und die insbesondere die sehr hohen Schwankungen der Mischwasserzuflüsse bzw. die extreme Spreizung in Bezug auf den Trockenwetterzufluss nicht in Gänze berücksichtigte. Während in der Studie [1] vereinfachend für die Dimensionierung der Membranstufe von einer üblichen Spreizung zwischen Trockenwetter und Mischwasserzufluss im Bereich von 2 ausgegangen wurde, ergibt sich nach der detaillierteren Datenauswertung eine deutlich höhere Spreizung bis ca. 4,75. Eine Membranfiltration ist aufgrund des physikalischen Filtrationsvorganges immer hydraulisch limitiert, so dass eine Vollstrom-Membrananlage entsprechend auf den maximalen Zulauf ausgelegt sein muss. Durch die höhere Spreizung führt dies zu einer entsprechend größeren notwendigen Filtrationsfläche gegenüber den Ansätzen der vorausgegangenen Studie [1] und damit zu proportional höheren Kosten für die gesamte Membrananlage. Dies begründet eine Kostensteigerung von rd. dem 2,75-fachen einschließlich der 33 % Preissteigerung. Darüber hinaus ist festzustellen, dass zudem zu geringe Kostenansätze für Anlagenperipherie und Bau technik gewählt wurden, woraus sich die darüberhinausgehende Kostensteigerung begründet.

Belebungsbecken:

Die Kostensteigerungen im Bereich „Belebung“ ergeben sich im Wesentlichen aus den gestiegenen Zulauffrachten beim Parameter CSB im Vergleich zur Studie (vgl. Kap. 2.2.2). Aufgrund der höheren Zulauffrachten ist eine vergrößerte Behandlungskapazität erforderlich (u.a. Beckenvolumen, Belüftungseinrichtung, Gebläsestation). Darüber hinaus wurden Kostenansätze geprüft und aufgrund aktueller Projekterfahrungen erhöht.

Energieversorgung/Notstrom, Siebanlage, Bodenfilter

Bei den Kostensteigerungen im Bereich Siebanlage und Bodenfilter handelt es sich um Steigerungen, die darin begründet sind, dass die entsprechenden Verfahrenskomponenten in der bisherigen Studie [1] bzw. dem Ergänzungsbericht [2] konzeptionell diskutiert wurden, jedoch nicht als fester Bestandteil in das Konzept aufgenommen waren und somit kostenmäßig nicht erfasst worden sind.

Bei dem aktivierten Bodenfilter handelt es sich um ein innovatives Vorhaben zur Realisierung der 4. Reinigungsstufe in den Rieselfeldern. Dabei werden die adsorptiven Eigenschaften der Aktivkohle mit der filtrierenden und biologischen Reinigungsleistung herkömmlicher Boden- und Sand filter kombiniert. Diese Systeme sind weitgehend entkoppelt von rein technischen Anlagen. Durch die Integration eines naturnahen Verfahrens zur 4. Reinigungsstufe sollen die Betriebsaufwendungen der PAK-Spurenstoffelimination reduziert werden. Idealerweise wird die bisher dokumentierte Reinigungsleistung der Rieselfelder genutzt und in das Bodenfilterkonzept eingebunden. Die Ausführung ist als Horizontal- sowie Vertikal durchflossener Bodenfilter denkbar. Im März 2025 wurden halbtechnische Bodenfilter-Versuche in vertikal durchflossener Ausführung

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 17

gestartet, die mit einem umfassenden Spurenstoff-Messprogramm einhergehen und neben der Reinigungsleistung der Bodenfilter die Vorreinigungsleistung der Rieselfelder weiter quantifizieren.

Aufgrund des innovativen Ansatzes wurde zwischenzeitlich der Förderantrag durch das Land Niedersachsen positiv beschieden. Die Fördersumme beträgt max. 5.000.000 €

Die Notwendigkeit der Erneuerung der Energieversorgung bzw. die Notstromversorgung wurden erst im Zuge der weitergehenden Planungen deutlich und waren kostenmäßig in der Studie [1] bzw. in dem Ergänzungsbericht [2] folglich noch nicht erfasst.

PAK-Stufe

Im Rahmen der Studie [1] wurde aufgrund der Dosierung in den Belebtschlamm mit mehrtägigen Verweilzeiten eine chargenweise Zugabe von Pulveraktivkohle (PAK) vorgesehen, was aus Sicht der Spurenstoffelimination möglich ist. Der Kostenansatz für diese einfache Art der Dosierung war sehr gering. Im aktuellem Kostenansatz wurde eine gravimetrische automatisierte Dosieranlage berücksichtigt, um die Pulveraktivkohle durchflussproportional zu dosieren. Diese Anlage ist bezüglich der Baukosten zwar erheblich teurer, durch die deutlich sparsame Dosierung können die Dosiermenge und die damit verbundenen Betriebskosten deutlich reduziert werden. Mittelfristig ergibt sich dadurch ein Kostenvorteil.

Zusammenfassend ergibt sich die massive Preissteigerung zu ca. 2/3 durch die Membrananlage, zu rd. 20 % aufgrund von zusätzlichen Bauwerken bzw. verfahrenstechnischen Stufen (Siebanlage, übergeordnete Stromversorgung, zu ca. 10 % durch eine vergrößerte Behandlungskapazität und den Bodenfilter) und zu 2% durch geänderte Anlagentechnik bei der PAK-Stufe.

3.3.2.1 Kostenvergleich Variante 2 und 3

Analog zur Variante 3 aus dem Ergänzungsbericht [2] wurde auch für die grundsätzlich in Frage kommende Variante 2 eine Kostenfortschreibung der **Investitionskosten** durchgeführt. In der Bewertung der Kosten ist Variante 2 vor dem Hintergrund des aktuellen Planungsstandes in ähnlicher Größenordnung wie Variante 3 zu sehen. Es ergeben sich im Vergleich zu Variante 3 lediglich im Bereich „Belebung“ geringere Investitionskosten. Die fortgeschriebenen Investitionskosten für die Varianten 2 und 3 finden sich zusammengestellt in folgender Tabelle.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 18

Tabelle 3-3: Investitionskostenanpassung der Variante 2 und 3

	Variante 2: Vollstrom + Sanierung Belebung	Variante 3: Vollstrom + Neubau Belebung
Membran	66.500.000 €	66.500.000 €
BB	20.000.000 €	25.000.000 €
Energieversorgung + Notstrom	4.500.000 €	4.500.000 €
Siebanlage	5.000.000 €	5.000.000 €
PAK	1.500.000 €	1.500.000 €
Bodenfilter	5.000.000 €	5.000.000 €
Baukosten netto	102.500.000	107.500.000 €
Baunebenkosten (20 %)	20.500.000 €	21.500.000 €
Investitionskosten netto	123.000.000 €	129.000.000 €
MwSt. (19%)	23.370.000 €	24.510.000 €
Investitionskosten (brutto)	rd. 146,4 Mio. €	rd. 153,5 Mio. €

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 19

Auf Basis des aktuellen Planungsstandes wurden die **Betriebskosten** (Strom und Betriebsmittel) für die Varianten 2 und 3 fortgeschrieben. Die Betriebskosten sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3-4: Fortschreibung Betriebskosten Variante 2 und 3

		Variante 2 [5] (Vollstrom + san. BB)	Variante 3 [5] (Vollstrom + neue BB)
Verbrauch Siebanlage	kWh/a	43.800	43.800
Verbrauch Beschickungspumpwerk	kWh/a	1.312.000	1.312.000
Verbrauch Membran-Recycle	kWh/a	-	-
Verbrauch RLS-Pumpwerk Membran	kWh/a	-	-
Verbrauch Rücklaufschlamm Biologie	kWh/a	-	-
Verbrauch Biologie	kWh/a	4.704.000	3.920.000
Verbrauch Aktivkohlekreislauf	kWh/a	13.300	13.300
Verbrauch Cross-Flow-Belüftung Membran	kWh/a	1.620.000	1.620.000
Verbrauch Permeatpumpen Membran	kWh/a	553.000	553.000
Verbrauch Sonstiges	kWh/a	215.000	215.000
Summe	kWh/a	8.461.100	7.677.100
Energiekosten mit 0,21 €/kWh	€/a	1.776.831	1.612.191
Siebanlage		9.198	9.198
Beschickungspumpwerk		275.520	275.520
Membran-Recycle			
RLS-Pumpwerk Membran			
Rücklaufschlamm Biologie			
Biologie		987.840	823.200
Aktivkohlekreislauf		2.793	2.793
Cross-Flow-Belüftung Membran		340.200	340.200
Permeatpumpen Membran		116.130	116.130
Sonstiges		45.150	45.150
Chemikalienkosten	€/a	714.360	714.360
Betriebswasser Siebanlage		7.860	7.860
Bezug Aktivkohle		534.000	534.000
chemische Reinigung in situ		55.200	55.200
chemische Reinigung		117.300	117.300
Betriebskosten gesamt	€/a	2.491.191	2.326.551

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 20

3.3.3 Fazit

Die Variante 3 ist unter Berücksichtigung des neuen Speicherkonzeptes für die KA2030 umsetzbar, sprengt jedoch den in der Konkretisierung der Aufgabenstellung festgelegten Kostenrahmen. Im folgenden Kapitel 4 wird die Variante zur betriebs- und kostenoptimierten Variante der Hybrid-Anlage weiterentwickelt.

3.4 Zusatzbetrachtungen

3.4.1 Neubau konventionelle Belebungsanlage mit nachgeschalteter 4. Reinigungsstufe

Im Zuge der Kostenoptimierung wurde ebenfalls der Neubau einer konventionellen Belebungsanlage einschließlich einer nachgeschalteten 4. Reinigungsstufe betrachtet.

Ein Neubau der kompletten konventionellen Belebungsanlage, bestehend aus Belebungs- und Nachklärbecken sowie einer vierten Reinigungsstufe, lässt sich aufgrund des hohen Flächenbedarfs auf den vorhandenen Bauflächen der Kläranlage nicht umsetzen. Es werden im Vergleich zur Hybrid-Anlage (Variante 4) ca. 30 % höhere Investitionskosten abgeschätzt. Darüber hinaus entstehen durch den Betrieb einer konventionelle Belebungsanlage keine weiteren verfahrenstechnischen Vorteile.

Aus diesen Gründen wird der Neubau einer konventionellen Belebungsanlage vorzeitig ausgeschlossen und im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

3.4.2 Weitere Verfahren

Zu den etablierten Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung zählen neben der konventionellen Belebungsanlage und einer Membranbiologie noch das SBR-Verfahren (sequencing batch reactor). Das SBR-Verfahren ist im Gegensatz zu den anderen beiden Verfahren ein nicht kontinuierliches Verfahren, welches für Anlagen mit einer hohen Mischwasserspreizung nicht geeignet ist. Die Umsetzung eines SBR-Verfahrens ist aktuell für die Randbedingungen des KW Steinhof nicht wirtschaftlich umsetzbar (hoher Flächenbedarf notwendig, zusätzliches Speichervolumen notwendig, maximale Flexibilität der Anlage gewünscht), sodass dieses Verfahren nicht detailliert betrachtet wird. Das schon in der Zukunftsstudie erwähnte Indense-Verfahren zur Verbesserung der Belebtschlamm-eigenschaften wird in die zukünftige Neuanlage integriert. Um wichtige Auslegungsgrundlagen für den Neubau der biologischen Stufe zu gewinnen, wurde beschlossen, das Indense-Verfahren schon in der vorhandenen Anlage umzusetzen. Eine Inbetriebnahme ist noch im Jahr 2025 geplant. Bis zur Erlangung belastbarer großtechnischer Ergebnisse wird bei der Berechnung / Nachrechnung der Belebung / Nachklärung von einem zukünftigen sehr guten Schlammindex von 100 l/kg ausgegangen.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 21

Die beiden anderen grundsätzlichen Verfahren, konventionelle Biologie sowie Membranbiologie, wurden in der Studie [1], im Ergänzungsbericht [2] und in der ersten Stufe der Vorplanung der KA2030 [8] vollumfänglich betrachtet.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 22

4 Entwicklung der Vorzugsvariante zur Kostenoptimierung

4.1 Variante 4: Neubau einer Hybrid-Anlage

Aufgrund der massiv gestiegenen Kosten wurden im Zuge der ersten Stufe der Vorplanung des Projektes Kläranlage 2030 [8] weitere Varianten zur Kostenoptimierung entwickelt und miteinander verglichen, um eine kostenoptimierte Vorzugsvariante abzuleiten. Diese wird im Folgenden als Variante 4 bezeichnet.

Die Variante 4 sieht den Neubau einer Hybrid-Anlage vor. Eine biologische Reinigungsstufe als Hybrid-Anlage bezeichnet den Betrieb von zwei parallelen Belebungsstraßen, eine Straße mit konventioneller Nachklärung und eine mit einer Membran-Anlage zur Schlammabtrennung. Die Belebungsbecken der parallel betriebenen Straßen sind baulich voneinander getrennt. Die vierte Reinigungsstufe wird, wie bereits bei den Varianten 2 und 3, durch eine PAK-Dosierung in der Membranstufe und die Integration eines mit Aktivkohle bestückten Bodenfilters in die Rieselfelder sichergestellt. Durch eine Überführung des Ablaufs der Nachklärung im Trockenwetterfall kann auch für diesen Teilstrom eine Spurenstoffentfernung durch die in dieser Straße dosierte Pulveraktivkohle und zugleich eine erhöhte Ablaufqualität erreicht werden, so dass in der Summe die Anforderungen von KARL an die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe erfüllt werden. Die Nutzung der Rieselfelder mit aktiviertem Bodenfilter zur Spurenstoffelimination ermöglicht eine Reduzierung der Betriebskosten für die 4. Reinigungsstufe (PAK-Dosierung und Rezirkulation). Das Verfahrenskonzept ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

Durch die Ausführung der biologischen Reinigungsstufe als Hybrid-Anlage, erfolgt die Schlammabtrennung zum einen durch konventionelle Nachklärbecken und zum anderen durch eine Membrananlage. Im Gegensatz zur Membrananlage sind die Nachklärbecken nicht streng hydraulisch limitiert, sodass diese auch bei erhöhter hydraulischer Belastung effektiv betrieben werden können.

Bei einer Hybrid-Anlage können erhöhte Zuflussmengen durch die Nachklärbecken abgefangen werden, sodass die Membrananlage deutlich kleiner dimensioniert werden kann. Durch die strenge Limitierung einer Vollstrommembran (Varianten 2 und 3) müssen hier für dieselbe hydraulische Leistung eine deutlich erhöhte Membranfläche vorgehalten werden, was sich negativ auf die Investitions- und Betriebskosten auswirkt.

Eine Hybrid-Anlage ist eine Kombination aus zwei langjährig technisch etablierten Verfahren. Auch die Kombination beider Verfahren ist in der Praxis einige Male bereits umgesetzt worden wie beispielweise in Deutschland auf der KA Hünxe (17.000 EW) und der KA Weißenfels (125.000 EW).

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 23

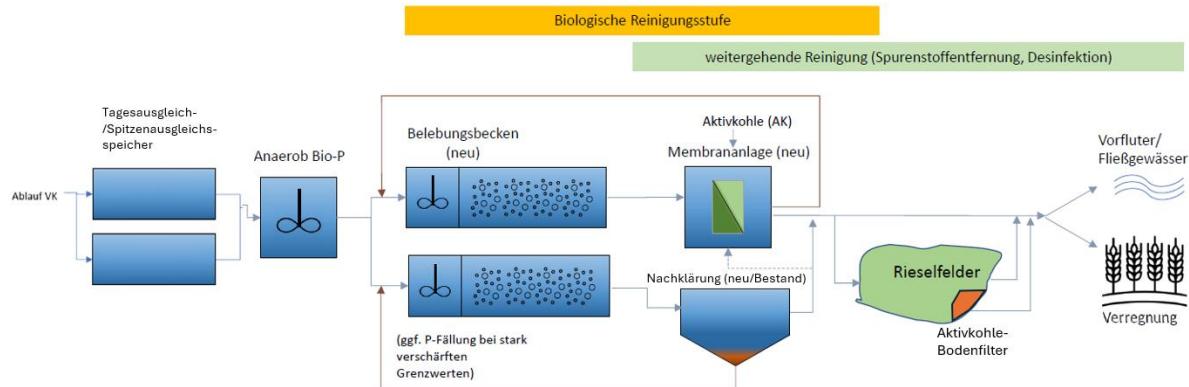


Abbildung 4-1: Variante 4 – Neubau einer Hybrid-Membranlage

Durch die Hybrid-Anlage ergeben sich folgende Vorteile im Vergleich zu einer Vollstrommembran in den Varianten 2 und 3:

- Nutzung der Vorteile beider Verfahren
 - hohe Reinigungsleistung der Membranlage
 - Betrieb von NKBs auch bei erhöhtem Abwasserzufluss, dadurch kleinere, effizienter betreibbare Membranstufe möglich
- Wirtschaftlicher Betrieb auch bei stark schwankenden Wassermengen möglich
- Erhöhte Flexibilität, insbesondere bei Betrieb in Verbindung mit Rieselfeldern und Bodenfiltern, sowie der Nutzung des Ablaufs in der Verregnung.
- Durch Flexibilität und die Nutzung der Potentiale Verrieselung und Verregnung wird das Braunschweiger-Modell gestärkt

Durch die Hybrid-Anlage ergeben sich folgende Nachteile im Vergleich zu einer Vollstrommembran in den Varianten 2 und 3:

- Bei der Hybrid-Anlage wird nicht zu jedem Zeitpunkt der gesamte Abwasserstrom durch die Membranlage gereinigt. Vor allem im Regenwetterfall, wenn die Membranstraße ausgelastet ist, ist die Reinigungsleistung im Vergleich zu einer Vollstrommembran herabgesetzt, dabei können weiterhin alle Reinigungsziele (Nährstoffelimination sowie Entfernung von Mikroschadstoffen) sicher eingehalten werden
- Der Ablauf der konventionellen Straße erfüllt noch nicht die Anforderungen nach KARL bezüglich Spurenstoffentfernung. Durch die Zugabe von Pulveraktivkohle und flexible Rückführung des Ablaufs der konventionellen Straße direkt vor die Membranfiltration können die Anforderungen jedoch sichergestellt werden.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 24

Der Betriebsaufwand alle betrachteten Varianten wird aufgrund des hohen Automatisierungsgrades als gleichwertig eingeschätzt, dies wird auch durch die DWA-M 227 [11] gestützt, die keinen erhöhten Personalbedarf für eine Membrananlage ansetzt.

Die Grobkostenschätzung der Variante 4 ist in Tabelle 4-1 dargestellt. Die Brutto-Baukosten inklusive Baunebenkosten werden mit rund 102 Mio. € geschätzt.

4.2 Variante 4-optimiert

Das Hybrid-Anlagenkonzept (Variante 4) wurde im Rahmen der Konkretisierung der Aufgabenstellung weiter optimiert.

Als Standort für neue Nachklärbecken war ursprünglich der Bereich der Belebungsbecken 5+6 vorgesehen, durch die im Zuge der Konkretisierung der Aufgabenstellung (Kapitel 2.4) getroffene Festlegung, alle vorhandenen Belebungsbecken künftig als Speicherbecken zu nutzen, entfällt diese Möglichkeit, sodass eine Errichtung neuer Nachklärbecken nur im Bereich der vorhandenen Nachklärbecken 1-4 möglich ist. Das gesamte Baufeld ist in diesem Bereich sehr stark verdichtet, u.a. ein Grund, weshalb die Anbindung und Weiternutzung der vorhandenen Nachklärbecken zunächst nicht die Vorzugsvariante ergaben. Eine erneute Bewertung der baulichen Situation führte zu dem Schluss, dass eine Einbindung der Bestandsnachklärbecken zwar sehr komplex aber generell machbar ist.

Neben der Weiterverwendung der Nachklärbecken wurde als weitere Optimierung die Aufteilung die Verteilung der Abwasserströme auf die beiden Straßen der Hybridanlage angepasst, was im Ergebnis zu einer Verkleinerung der Membrananlage führt.

Das Verfahrenskonzept der neuen Variante 4-optimiert bleibt dabei unverändert zur Variante 4 (Vgl. Abbildung 4-1). Die Grobkostenschätzung der Variante 4 ist in Tabelle 4-1 dargestellt. Die Netto-Baukosten inklusive Baunebenkosten werden mit rund 80 Mio. € berechnet, auch wenn im derzeitigen Planungsstadium der Aufwand für die Sanierung und die Anbindung der Bestands-Nachklärbecken noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Kosten unterhalb der Kosten eines Neubaus der Nachklärbecken liegen werden.

Durch die optimierte Hybrid-Anlage ergeben sich folgende Vorteile im Vergleich zu Variante 4:

- Durch den Weiterbetrieb der Bestands-Nachklärbecken werden die Platzverhältnisse auf dem Anlagengelände deutlich entzerrt, sodass alle neuen Anlagenteile platziert werden können.
- Durch den Weiterbetrieb und die Verkleinerung der Membran verringern sich darüber hinaus die Investitionskosten.

Der Neubau der Nachklärbecken in Variante 4 war, wie auch für den Neubau der Belebungsbecken und der Membrananlage, in erhöhter Bauweise vorgesehen. Ein Nachteil der Weiternutzung der vorhandenen Nachklärbecken gegenüber einem Neubau ist, dass durch den tieferliegenden Wasserspiegel der vorhandenen Becken erhöhte Energiekosten für die Förderung des

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 25

Rücklaufschlamms in die neuen, höheren Belebungsbecken und die Rückführung des Ablaufs der Nachklärung in die Membranstufe verbunden sind (vgl. auch Tabelle 5-3 Betriebskosten im folgenden Kapitel).

Tabelle 4-1: Grobkostenschätzung Variante 4 und Variante 4 optimiert – Hybrid-Anlage

	Variante 4	Variante 4-optimiert
Membran	20.300.000 €	15.400.000 €
BB	25.000.000 €	29.900.000 €
Speicher	2.700.000 €	2.700.000 €
Energieversorgung + Notstrom	3.000.000 €	3.000.000 €
Siebanlage	5.000.000 €	5.000.000 €
NKB	9.000.000 €	4.000.000 €
PAK	1.500.000 €	1.500.000 €
Bodenfilter	5.000.000 €	5.000.000 €
Baukosten netto	71.500.000 €	66.500.000 €
Nebenkosten	14.300.000 €	13.300.000 €
Herstellkosten netto	85.800.000 €	79.800.000 €
MwSt.	16.302.000 €	15.162.000 €
Herstellkosten brutto	rund 102 Mio. €	rund 95 Mio. €

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 26

5 Fortschreibung Wirtschaftlichkeitsvergleich

5.1 Fortschreibung Investitionskostenbarwert (IKBW)

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde der Investitionskostenbarwert anhand der fortgeschriebenen Kostenschätzungen für die Varianten 2 und 3 sowie für die neu entwickelte Variante 4 (Hybrid-Membran) sowie deren Optimierung (Hybrid-Membran optimiert) ermittelt. Abschreibungszeiten und Zinssätze wurde analog dem Ergänzungsbericht gewählt [2].

Tabelle 5-1: Barwerte (IKBW) der Alternativen

	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 4 optimiert
Beschreibung Grundvariante	Vollstrom + Sanierung Belebung	Vollstrom + Neubau Belebung	Hybrid-Membran	Hybrid-Membran optimiert
IKBW gesamt [€]	1.606.616.325	1.522.986.680	874.052.564	820.083.888
Rangfolge RF [-]	4	3	2	1

Es zeigt sich, dass die optimierte Variante 4 (Hybrid-Membran optimiert) den geringsten Investitionskostenbarwert aufweist.

5.2 Fortschreibung der Projektkostenbarwertbetrachtung

Die Projektkostenbarwertbetrachtung wurde vor dem Hintergrund der identifizierten Kostenveränderungen für die Varianten 2 und 3 des Ergänzungsberichtes [2] fortgeschrieben. Die neu entwickelte (Variante 4: Hybrid-Membran) und die zur Kostenoptimierung entwickelte Variante 4 optimiert (vgl. Kap. 4.1) wurden in die Betrachtungen miteinbezogen, um die wirtschaftlichste Lösung zu identifizieren. Abschreibungszeiten, Kostenansätze für Betriebsmittel und Strom sowie für Wartung- und Instandhaltung wurden analog der bisherigen Studie [1] bzw. des Ergänzungsberichtes [2] gewählt. Beim Variantenvergleich wurden keine Personalkosten berücksichtigt, da gemäß Merkblatt DWA-M227 sich der Personalbedarf zwischen einer konventionellen Anlage und einer Membrananlage bei einem hohen Automatisierungsgrad nicht unterscheidet.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 27

5.2.1.1 Investitionskosten

Die folgende Tabelle zeigt die in die Projektkostenbarwertbetrachtung einfließenden Investitionskosten der Varianten 2, 3 und der neu entwickelten Variante 4 (Hybrid-Membran) sowie deren optimierter Variante (Variante 4: Hybrid-Membran optimiert).

Tabelle 5-2: Investitionskosten Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert

	Variante 2: Vollstrom + Sanierung Belebung	Variante 3: Vollstrom + Neubau Belebung	Variante 4: Hybrid- Membran	Variante 4: Hybrid- Membran (optimiert)
Baukosten netto	102.500.000	107.500.000 €	71.500.000 €	66.500.000 €
Baunebenkosten (20 %)	20.500.000 €	21.500.000 €	14.300.000 €	13.300.000 €
Investitionskosten netto	123.000.000 €	129.000.000 €	85.800.000 €	79.800.000 €
MwSt. (19%)	23.370.000 €	24.510.000 €	16.302.000 €	15.162.000 €
Investitionskosten (brutto)	rd. 146,4 Mio. €	rd. 153,5 Mio. €	rd. 102,1 Mio. €	rd. 95,0 Mio. €

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 28

5.2.1.2 Betriebskosten

Die folgende Tabelle zeigt die in die Projektkostenbarwertbetrachtung einfließenden Betriebskosten (Strom und Betriebsmittel) der Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert.

Tabelle 5-3: Strom und Betriebsmittelkosten der Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert

		Variante 2 Studie (Vollstrom + san. BB)	Variante 3 Studie (Vollstrom + neue BB)	Variante 4: Hybrid	Variante 4 Hybrid optimiert
Verbrauch Siebanlage	kWh/a	43.800	43.800	43.800	43.800
Verbrauch Beschickungspumpwerk	kWh/a			461.000	461.000
Verbrauch Membran-Recycle	kWh/a			121.000	287.000
Verbrauch RLS-Pumpwerk Membran	kWh/a			201.000	201.000
Verbrauch Rücklaufschlamm Biologie	kWh/a			110.000	215.000
Verbrauch Biologie (Belüftung)	kWh/a	4.704.000	3.920.000	3.920.000	3.920.000
Verbrauch Aktivkohlekreislauf	kWh/a	13.300	13.300	13.300	13.300
Verbrauch Cross-Flow-Belüftung Membran	kWh/a	1.620.000	1.620.000	1.260.000	1.260.000
Verbrauch Permeatpumpen Membran	kWh/a	553.000	553.000	553.000	553.000
Verbrauch Sonstiges	kWh/a	215.000	215.000	215.000	215.000
Summe	kWh/a	8.461.100	7.365.100	6.898.100	7.169.100
Energiekosten	€/a	1.776.831	1.546.671	1.448.601	1.505.511
Siebanlage		9.198	9.198	9.198	9.198
Beschickungspumpwerk				96.810	96.810
Membran-Recycle				25.410	60.270
RLS-Pumpwerk Membran				42.210	42.210
Rücklaufschlamm Biologie				23.100	45.150
Biologie		987.840	823.200	823.200	823.200
Aktivkohlekreislauf		2.793	2.793	2.793	2.793
Cross-Flow-Belüftung Membran		340.200	340.200	264.600	264.600
Permeatpumpen Membran		116.130	116.130	116.130	116.130
Sonstiges		45.150	45.150	45.150	45.150
Chemikalienkosten	€/a	714.360	714.360	691.860	691.860
Betriebswasser Siebanlage		7.860	7.860	7.860	7.860
Bezug Aktivkohle		534.000	534.000	534.000	534.000
chemische Reinigung in situ		55.200	55.200	48.000	48.000
chemische Reinigung		117.300	117.300	102.000	102.000
Betriebskosten gesamt	€/a	2.491.191	2.261.031	2.140.461	2.197.371

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 29

5.2.1.3 Ergebnis Projektkostenbarwertbetrachtung

Die folgende Tabelle stellt die Projektkostenbarwerte der vier betrachteten Varianten zusammen. Dabei stellt sich die zur Kostenoptimierung entwickelte Variante 4 optimiert (Hybrid-Membran optimiert) als die Variante mit dem geringsten Projektkostenbarwert dar.

Tabelle 5-4: Projektkostenbarwerte der Varianten 2, 3, 4 und 4 opti. mit Betriebskosten

	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 4 optimiert
Beschreibung Grundvariante	Vollstrom + Sanierung Belebung	Vollstrom + Neubau Belebung	Hybrid-Membran	Hybrid-Membran optimiert
PKBW gesamt mit BK [€] gerundet	1.829.700.000	1.740.000.000	1.051.000.000	995.000.000
Normierter PKWB [%] (Basis = günstigster Wert)	184 %	175 %	106 %	100 %

5.2.1.4 Zeitliche Entwicklung Projektkostenbarwert

Die folgende Abbildung stellt die Entwicklung des Projektkostenbarwertes innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 150 Jahren dar. Dabei wird deutlich, dass zu jedem Zeitpunkt innerhalb des kompletten Betrachtungszeitraumes der Projektkostenbarwert der Variante 4 optimiert (Hybrid-Membran optimiert) im Vergleich der vier Varianten den geringsten Wert erreicht und somit zu jedem Zeitpunkt die wirtschaftlichste Variante darstellt.

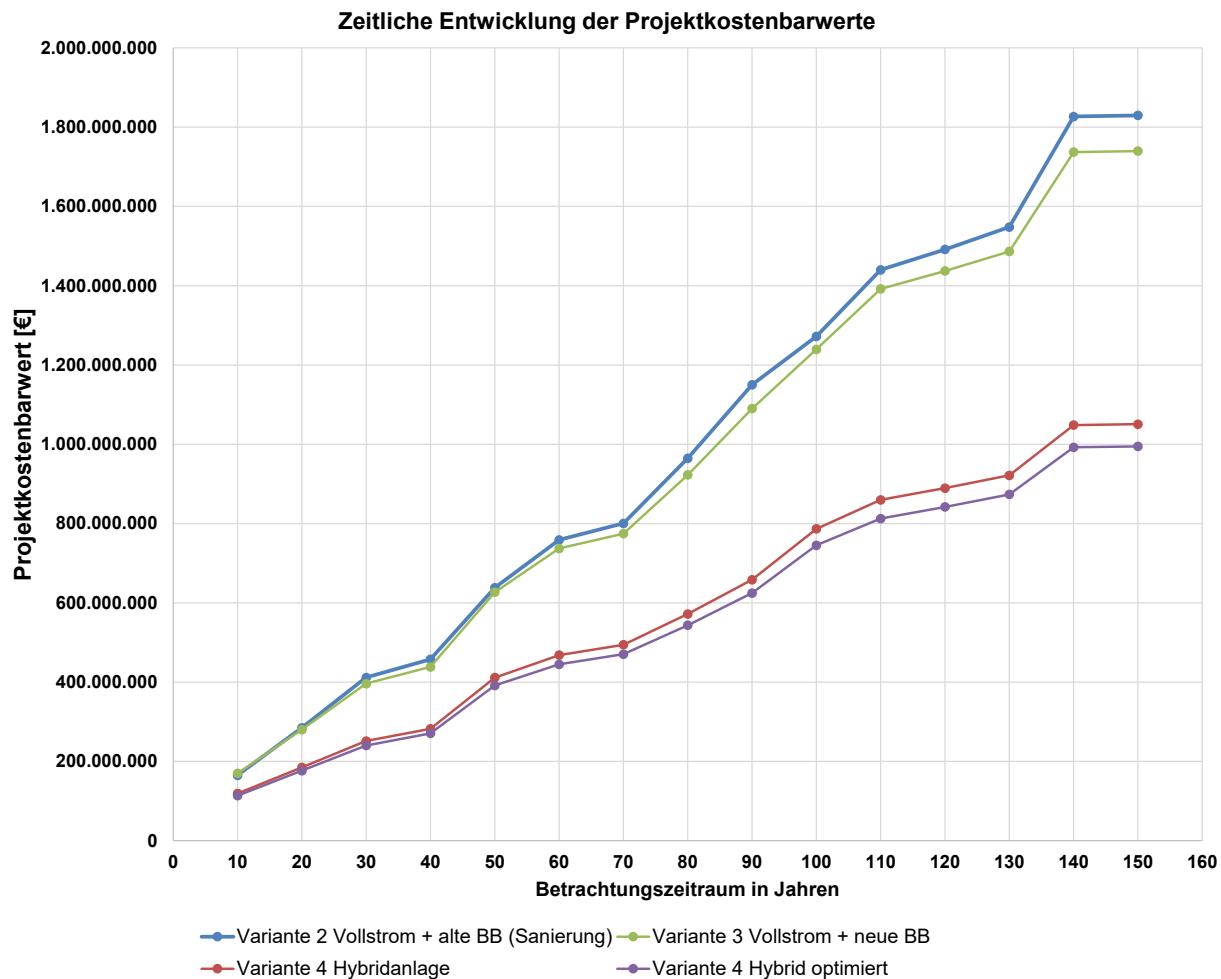


Abbildung 5-1: Zeitliche Entwicklung des Projektkostenbarwertes für die Varianten 2, 3, 4 und 4 optimiert

6 Aktualisierung der Bewertungsmatrix

Zur Ableitung einer Vorzugsvariante wurden in der Studie [1] elf Kriterien durch den Vorstand des AVBS (Sitzung vom 19.11.2021) zusammen mit einer jeweiligen Wichtung festgelegt. Die Kriterien haben auch vor dem Hintergrund der sich geänderten Randbedingungen (gesetzliche Anforderungen, Bemessungsmengen) ihre Relevanz in der Bewertung der Varianten nicht verloren. Die Weiterentwicklung der Varianten macht eine Fortschreibung der Bewertung notwendig. Die aktualisierte Bewertung erfolgt anhand der gleichen Kriterien und Wichtungen wie in der Zukunftsstudie.

Kriterium	Wichtung	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 4 optimiert			
Beschreibung Grundvariante								
A) 1 Investitionskosten 1 - Barwert Herstellung/Reinvest	12%	3,0 3,0 1,0 3,0 1,0 3,0 2,0 3,0 1,0 1,0 2,0 Summe TN	0,36 0,36 0,12 0,18 0,04 0,36 0,24 0,18 0,06 0,06 0,24 2,20	2,79 1,6 1,0 2,0 1,0 2,0 2,0 2,0 1,0 1,0 2,0 1,65	0,33 0,19 0,12 0,12 0,04 0,24 0,12 0,12 0,06 0,06 0,24 1,12	1,14 1,00 1,0 1,0 2,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 100,0%	0,14 0,12 0,12 0,06 0,08 0,12 0,12 0,06 0,12 0,12 1,14	1,00 1,00 1,0 1,0 2,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 97,8%
B) Betrieb 2 - Betriebskosten 3 - Betriebsstabilität 4 - Flexibilität 5 - Komplexität des Verfahrens/Wartungsbedarf Störfälligkeit 6 - Erweiterbarkeit, zuk. Entwicklung 7 - THG-Emissionen 8 - Energiekonzept 9 - Reduzierung der Belastung der Wasserkörper 10 - Nachhaltige Nährstoffnutzung 11 - Betrieb mit Verbund Kläranlage - Verregnung - Verrieselung								
Zielerfüllung	%		50,7%					

Abbildung 6-1: Bewertungsmatrix zur Gegenüberstellung der Varianten 2 - 4 inklusive der optimierten Variante 4

Die Nutzwertanalyse in Abbildung 6-1 zeigt, dass die neu entwickelte Variante 4 gegenüber den Varianten 2 und 3 eine deutlich bessere Zielerfüllung erreicht. Dabei schneidet diese Variante bei den meisten Kriterien am besten ab und hat vor allem bei den höher gewichteten Kriterien Vorteile gegenüber den anderen beiden Varianten.

Im Allgemeinen ergeben sich durch die Kombination einer Membran-Anlage mit einer konventionellen Belebung und Nachklärung (Variante 4 und Variante 4 optimiert) im Vergleich zu Variante 2 und Variante 3 folgende Vorteile:

- Hohe Flexibilität hinsichtlich der zu behandelnden Wassermengen für Trockenwetter und Mischwasserzufluss und somit einer sicheren Einhaltung von Grenzwerten bei großer Spreizung zwischen maximalem und minimalem Zulauf

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 32

- Die gewählte platzsparende Verfahrenskombination ermöglicht einen niedrigen Flächenbedarf im Verhältnis zur Flexibilität. Somit steht zukünftig Raum für Erweiterungen zur Verfügung. Dies kann für die Erfüllung zukünftiger Anforderungen in Bezug auf Kapazität und an die mögliche weitere Reinigung (z.B. PFAS-Reduktion) relevant werden.
- Durch die Integration der Reinigungsleistung der Rieselfelder in Kombination mit einem aktivierten Bodenfilter wird eine naturnahe ressourceneffiziente Spurenstoffelimination ermöglicht.
- Die Potenziale aus Rieselfeld und der Verregnung (Braunschweiger Modell) werden durch die neue Belebung genutzt und führen zu einem optimierten Betrieb im Verbund der drei Komponenten.
- Durch die Nutzung des freiwerdenden Belebungsbeckenvolumens als Speicherbecken kann durch Verringerung von Mischwasserabschlägen die Belastung der Oker reduziert werden.

Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, erfolgte im Rahmen der Konkretisierung der Aufgabenstellung eine weitere Optimierung der Hybrid-Anlage (Variante 4) die eine Verkleinerung der Membranenlange bei gleichzeitigem Weiterbetrieb der bestehenden Nachklärbecken beinhaltet (Variante 4 optimiert). Aufgrund dieser Optimierungen können im direkten Vergleich die Investitionskosten nochmals reduziert werden, wobei die Betriebskosten zur Variante 4 geringfügig steigen. Die beiden Kostenpunkte gehen als quantitative Kriterien in die Nutzwertanalyse mit ein. In den übrigen, qualitativen Kriterien weisen die beiden Varianten nahezu gleichwertige Ergebnisse auf.

Die Nutzwertanalyse in Abbildung 6-1 zeigt im Rahmen des derzeitigen Planungsstands (Vorstufe der Vorplanung) eine annähernd gleichwertige Zielerfüllung der Variante 4 (100%) und Variante 4-optimiert (97,8%). Bei zusätzlicher Betrachtung des Projektkostenbarwertes aus Abschnitt 5.2 ist die optimierte Variante 4, trotz der leicht höheren Betriebskosten, im gesamten Betrachtungszeitraum die wirtschaftlichste Variante und somit unter Einbezug der hohen Zielerfüllung von 97,8 % in der Gesamtbetrachtung die Vorzugsvariante

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 33

7 Ausblick

Aktuell finden bereits verschiedene Maßnahmen statt, um das entwickelte Hybridanlagenkonzept weiter zu optimieren und die Planungsgrundlagen zu präzisieren.

Hierzu zählen dynamische Simulationsberechnungen, mit Hilfe derer verschiedene Konzeptvarianten und Betriebsszenarien hydraulisch und stofflich modelliert werden.

Parallel dazu werden derzeit Membranversuche auf dem Klärwerk Steinhof durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Membrantechnologie unter den realen Bedingungen auf dem Klärwerk Steinhof zu erproben und theoretische Auslegungsannahmen zu überprüfen.

Ebenfalls laufen im Moment Versuche mit Retentionsbodenfiltern im Rieselfeld (Ablauf Mäander), um die bisher z.B. im Soil4Pure-Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen und weitere wichtige Daten für die konkrete Dimensionierung des zu planenden aktivierten Bodenfilters in den Rieselfeldern zu gewinnen.

Darüber hinaus wurde die Umsetzung des InDense-Verfahrens auf dem Klärwerk Steinhof veranlasst, dass noch 2025 in Betrieb gehen soll. Ziel ist die Verbesserung der Absetzeigenschaften des Belebtschlammes, so dass dieselbe Reinigungsleistung mit weniger Belebungsbeckenvolumen erreicht werden kann.

Die Umsetzung der entwickelten Vorzugsalternative der KA 2030 wird bauabschnittsweise erfolgen, beginnend mit dem Bodenfilter, gefolgt vom Neubau der Membranstraße inkl. der dazugehörigen Belebung und wird abgeschlossen mit dem Neubau der Biologie der konventionellen Straße und der schrittweisen Einbindung und Sanierung der vorhandenen Nachklärbecken.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 34

8 Zusammenfassung

Die geänderten Rahmenbedingungen für die Planung haben eine Fortschreibung des Ergänzungsberichts [2] zur „Zukunftsstrategie für den Abwasserverband Braunschweig“ notwendig gemacht. Der nun vorliegende Fortschreibungsbericht analysiert und aktualisiert die Planungen für das Klärwerk Steinhof im Hinblick auf neue gesetzliche Anforderungen, veränderte Belastungsdaten und wirtschaftliche Aspekte. Hierzu wurden zunächst die gesetzlichen Anforderungen aufgeführt, welche sich vor allem aus der mittlerweile verabschiedeten EU-Kommunalabwasserrichtlinie [3] und der Oberflächengewässerverordnung [5] ergeben (siehe Abschnitt 2.1). Weiterhin hat eine vertiefte Datenauswertung im Rahmen der Grundlagenermittlung [6] zu einer notwendigen Anhebung der Bemessungsfrachten geführt (siehe Abschnitt 2.2). Dabei zeigt die Datenauswertung der Zuflussmengen, dass für die bereits jetzt überlastete Kläranlage eine Erhöhung der Bemessungsgröße von 275.000 EW auf 445.000 EW bezogen auf den CSB erforderlich wird. Auf Basis der neuen Erkenntnisse wurden die im Ergänzungsbericht [2] zur weiteren Betrachtung ausgewählten Varianten an die neuen Anforderungen angepasst und neu bewertet. Die Variante 1 (Sanierung des Bestands) kann nur mit einer Beckenerweiterung und einer zusätzlichen Stufe zur Spurenstoffelimination die neuen Anforderungen einhalten. Die Platzsituation für den Erweiterungsbau, sowie für die hydraulische Einbindung der Neubauten in den Bestand steht der Umsetzung dieser Variante entgegen. Weiterhin werden durch die komplexe Einbindung spätere Erweiterungen erschwert. Diese Variante wird daher ausgeschlossen. Aus diesem Grund wurden im Weiteren Variante 2 und 3 betrachtet und geprüft.

In der Grobkostenschätzung hat sich gezeigt, dass die für die Variante 2 und 3 bisher veranschlagten Investitionskosten deutlich überschritten werden (siehe Abschnitt 3.2 und Abschnitt 3.3). Die Kostensteigerungen resultieren aus einem höheren Detailgrad der Planung sowie deutlichen Preissteigerungen, vor allem im Bereich der Membrananlagentechnik. Es erfolgten daher Überlegungen, wie den Anforderungen begegnet werden kann und das Verfahrenskonzept so angepasst werden kann, dass Bau- und ggf. Betriebskosten optimiert werden können.

Besonders in Hinblick auf die große Spanne zwischen Trockenwetter- und Spitzenzulauf wurde ein Hybrid-Anlagen-Konzept als Neubau (Variante 4) entwickelt. Das Konzept beinhaltet den Betrieb von zwei parallelen Belebungsstraßen, wobei eine Straße mit konventioneller Nachklärung und eine mit einer Membran zur Schlammabtrennung ausgestattet ist. Die vierte Reinigungsstufe wird durch eine PAK-Dosierung in der Membranstufe in Kombination mit einem aktivierten Bodenfilter im Rieselfeld, welcher durch das Ministerium gefördert wird, realisiert. Im Vergleich zu Vollstrommembrananlagen können durch die hydraulische Entlastung über die Nachklärung kleinere Membrankapazitäten vorgesehen werden, was Investitions- und Betriebskosten senkt. Der Ablauf der Nachklärung kann im Trockenwetterfall in die Membranstufe überführt werden, um die Anforderungen der KARL sicherzustellen. Die Membran kann durch den Umbau alter Belebungsbecken zu Mischwasserspeicher- und ausgleichsbecken nahezu durchgehend energetisch optimal betrieben werden. Hohe Wassermengen im Regenwetterfall können durch die konventionelle Belebung mit Nachklärung, aufgrund der höheren hydraulischen Kapazität, behandelt werden.

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 35

So wird eine maximale Flexibilität bei hoher Ablaufqualität erreicht. In der Auslegung des konventionellen Teils der Belebung können die Bandbreiten, welche das technische Regelwerk für Bemessungsparameter vorgibt, ausgereizt werden, da die Rieselfelder als naturräumliche Nachbehandlung die Parameter CSB und N weiter reduzieren, zur Glättung von Konzentrationsspitzen beitragen und somit zusätzliche Sicherheit geben. Neben der Nachreinigung konventioneller Parameter findet im Rieselfeld bereits eine Spurenstoffelimination statt, welche in Kombination mit dem aktivierten Bodenfilter zur naturnahen 4. Reinigungsstufe genutzt wird, um eine optimierte Auslegung des Bodenfilters zu erreichen und Betriebskosten der PAK-Stufe zu senken.

Die Einbindung der Rieselfelder über die Bodenpassage und das Mäandersystem reduziert die hygienische Belastung so weit, dass der Ablauf aus dem Aue-Oker-Kanal zur Verregnung geeignet ist. Dadurch bleibt das Braunschweiger Modell als Konzept erhalten und sorgt als Ganzes für eine effiziente Abwasserreinigung.

Durch die Kombination aller Komponenten des Braunschweiger Modells (Belebung, Rieselfelder, Verregnung) ermöglicht das Hybridanlagenkonzept eine Senkung der Investitionskosten im Vergleich zu den aktualisierten Kosten der bisherigen Vorzugsvariante.

Das Hybrid-Anlagenkonzept (Variante 4) wurde im Rahmen der Konkretisierung der Aufgabenstellung weiter optimiert. Die Optimierung beinhaltet eine Verkleinerung der Membrananlage bei gleichzeitigem Weiterbetrieb der bestehenden Nachklärbecken (Variante 4 optimiert). Aufgrund dieser Optimierungen können im Vergleich zur Variante 4 die Investitionskosten weiter reduziert werden, wobei die Betriebskosten geringfügig steigen.

Auf Basis der vier betrachteten Varianten sowie dessen Kostenschätzungen wurde abschließend zur Ermittlung der Vorzugsvariante eine Nutzwertanalyse in Form einer Bewertungsmatrix durchgeführt, die die Varianten in elf qualitativen und quantitativen Kriterien miteinander vergleicht

Die Nutzwertanalyse zeigte, dass die beiden Hybrid-Konzepte im Vergleich zu den Vollstrom-Varianten 2 und 3 deutlich höhere und annähernd gleichwertige Zielerfüllungen aufweisen (100 % Zielerfüllung Variante 4 bzw. 97,8% Zielerfüllung Variante 4 optimiert). Unter Einbezug des Projektkostenbarwertes ist die Variante 4 optimiert, trotz der leicht höheren Betriebskosten, im gesamten Betrachtungszeitraum die wirtschaftlichste und somit in der Gesamtbetrachtung die Vorzugsvariante.

Aufgestellt:

WIZ - Wasser ist Zukunft! GbR

Hannover, 01.08.2025

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 36



ppa. Dipl.-Ing. Oliver Hermanussen
Projektleitung WIZ

Dipl.-Ing. (FH) Henning Nölle
Geschäftsführung WIZ

Abwasserverband Braunschweig

Kläranlage 2030

Fortschreibung Ergänzungsbericht KA2030 - 01.08.2025

Seite 37

Literaturverzeichnis

- [1] aqua consult Ingenieur GmbH, aqua & waste international GmbH, „Ausarbeitung einer Zukunftsstrategie für den Abwasserverband Braunschweig,“ Abwasserverband Braunschweig, Februar 2023.
- [2] aqua consult Ingenieur GmbH, aqua & waste International GmbH, „Ergänzungsbericht zur angefertigten Studie vom Februar 2023,“ Abwasserverband Braunschweig, Oktober 2023.
- [3] Europäisches Parlament und Rat, „Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) / Richtlinie (EU) 2024/3019,“ 2024.
- [4] Umweltbundesamt, „EU-Verordnung zu Wasserwiederverwendung,“ 09 09 2027. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasserbewirtschaften/wasserwiederverwendung/eu-verordnung-zu-wasserwiederverwendung#undefined>. [Zugriff am 20 09 2024].
- [5] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer, „Oberflächengewässerverordnung (OGewV),“ 20.06.2016.
- [6] Arge WIZ, „Grundlagenermittlung - KA2030,“ 2024.
- [7] ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V, *ATV-DVWK-A 198*, Hennef: ATV-DVWK, 2003.
- [8] ARGE WIZ, „Kläranlage 2030 - 1. Stufe der Vorplanung (2. Vorabzug),“ Dezember 2024.
- [9] DWA-A 131, „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen,“ 2016.
- [10] Arge WIZ, „Datenauswertung der Rieselfelder,“ 2025.
- [11] DWA-M 227, „Membran-Bioreaktor-Verfahren (MBR-Verfahren),“ 2014.