

Kläranlage Oelde

Zukunftsorientierte Modernisierung und Erweiterung der kommunalen Abwasserreinigung



Erläuterungsbericht Machbarkeitsstudie

Düsseldorf, im November 2022

Auftraggeber:

Stadt Oelde
Ratstiege 1
59302 Oelde

Stadt Oelde-Herr René Bushuven

Aufgestellt durch:

Hydro-Ingenieure Planungsgesellschaft für Siedlungswasserwirtschaft mbH
Beratende Ingenieure
Stockkampstraße 10
40477 Düsseldorf

Düsseldorf, 11. November 2022

4459_00/MB/PJ

20221122_Studie_Oelde_Arbeitsversion_nh_Version2

Projektleiter: Herr Dipl.-Ing. Martin Beckhoff

Projektingenieur: Herr M. Sc. Pascal John

Geschäftsführer: Herr Dipl.-Ing. Klaus Alt

Projektingenieur: Herr B. Eng. Nicolai Husemann

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Projektkurzbeschreibung	1
1.2	Aufgabenstellung	2
2	PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN	3
2.1	Randbedingungen	3
2.1.1	Einzugsgebiet	3
2.1.2	Mischwasserentlastung und Einleitstelle	4
2.1.3	Aufbau Kläranlage	5
2.2	Betriebsdatenauswertung	9
2.2.1	Zuflussmengen	9
2.2.2	Auswertung Zuflussfrachten	12
2.3	Ausbaugröße KA Oelde	12
2.4	Bemessungsgrundlagen Ausbauzustand	13
3	BESTANDSBEWERTUNG	17
3.1	Bestandsbewertung Bautechnik	19
3.2	Bestandsbewertung Maschinentchnik	20
3.3	Bestandsbewertung Verfahrenstechnik	22
4	BEMESSUNGEN AUSBAUZUSTAND	28
4.1	Ausgangsdaten	28
4.2	Einlaufhebewerk	29
4.3	Rechen	29
4.4	Sand- und Fettfang	30
4.5	Vorklärbecken	31
4.6	Biologische Reinigungsstufe	32
4.7	Schlammbehandlung	35
4.8	Betriebsgebäude	36
5	VARIANTENBETRACHTUNG UND LAGEPLANKONZEPTION	37
5.1	Erweiterungsflächen und Bestandsnutzung	37
5.2	Lageplankonzeption Bestandsgelände	39
5.2.1	Variante 1.1 und 1.2: Konventionelle Belegung Bestandsgelände	43
5.2.2	Variante 2: SBR-Verfahren Bestandsgelände	46
5.2.3	Variante 3: MBR-Verfahren Bestandsgelände	47
5.3	Lageplankonzeption Erweiterungsfläche	49
5.3.1	Variante 4: Konventionelle Belegung Erweiterungsfläche	51
5.3.2	Variante 5: SBR-Verfahren Erweiterungsfläche	52
5.3.3	Variante 6/7: MBR-Verfahren Erweiterungsfläche	53
6	4. REINIGUNGSSTUFE	55
6.1	Grundlagen Spurenstoffelimination	55
6.1.1	Pulveraktivkohle	57
6.1.2	Granulierte Aktivkohle	59

6.1.3	Ozonung	60
6.1.4	Kombinationsverfahren	61
6.2	Grundlagen KA Oelde	62
6.3	Dimensionierung 4. Reinigungsstufe	62
6.3.1	GAK-Filtration	63
6.3.2	Ozonung mit Wirbelbett	64
6.3.3	Ozonung + GAK-Filtration	66
6.3.4	MBR + PAK	67
6.4	Kosten 4. Reinigungsstufe	68
6.4.1	Investitionskosten	68
6.4.2	Betriebskosten	68
6.4.3	Jahreskosten	69
6.5	Wertungsmatrix	70
6.6	Zusammenfassung und Vorzugsvarianten	73
7	KOSTENSCHÄTZUNG	74
7.1	Investitionskosten Randbedingungen	74
7.2	Investitionskosten Zusammenfassung	76
7.3	Betriebskosten Zusammenfassung	79
7.4	Dynamische Jahreskosten	80
8	CO₂-BILANZIERUNG	83
9	WERTUNGSMATRIX LAGEPLANVARIANTEN	85
9.1	Hauptkriterium „Anlagenbetrieb“	87
9.2	Hauptkriterium „Ressourceneffizienz“	90
9.3	Hauptkriterium „Risiken“	92
9.4	Hauptkriterium „Kosten“	93
9.5	Ergebnisse Variantenvergleich	94
10	ZUSAMMENFASSUNG	96

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Lage der KA Oelde sowie der Ortsteile	4
Abbildung 2:	Lage der Mischwasserentlastung und der Einleitstelle in den Axtbach	5
Abbildung 3:	Aufbau der Kläranlage Oelde mit nummerierten Anlagenenteilen	6
Abbildung 4:	Ganglinie der Tagesabflüsse 2016 bis 2021	9
Abbildung 5:	Summenlinie der Tageswassermengen	10
Abbildung 6:	Ganglinie des Trockenwetterabflusses	11
Abbildung 7:	Summenlinie der Trockenwetterabflüsse	11
Abbildung 10:	Herleitung Anschlussgröße KA Oelde (Auszug aus der Präsentation zur Ratssitzung Stadt Oelde 17.10.2022)	13
Abbildung 11:	Bemessungswassermenge für den Ausbauzustand im vgl. zur Auswertung des GEPs	14
Abbildung 12:	Im Rahmen der Bestandsaufnahme am 27.10.2021 besichtigte Anlagenteile	18
Abbildung 13:	Grafische Lageplandarstellung der Bestandsbewertung Bautechnik	20
Abbildung 14:	Grafische Lageplandarstellung der Bestandsbewertung Maschinentchnik	21
Abbildung 15:	Auszug aus der klärtechnischen Nachberechnung der Rechenanlage im Ist-Zustand	23
Abbildung 16:	Auszug aus der klärtechnischen Nachberechnung des Sandfanges	23
Abbildung 17:	Auszug aus der Nachbemessung der Vorklärung	24
Abbildung 18:	Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ist-Zustand	26
Abbildung 19:	Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ausbauzustand 70.000 EW	27
Abbildung 20:	Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ausbauzustand 70.000 EW	38

Abbildung 21:	Lageplan der KA Oelde mit Kennzeichnung des Zu- und Ablaufkanals	40
Abbildung 22:	Lageplan der KA Oelde mit Kennzeichnung des Zu- und Ablaufkanals	41
Abbildung 23:	Lageplankonzeption Rohwasserpumpwerk und mechanische Reinigung Bauphase I	42
Abbildung 24:	Lageplankonzeption Rohwasserpumpwerk und mechanische Reinigung Bauphase I	43
Abbildung 25:	Variante 1.2 - Bauphasen I (grau) und II (grün) Lageplankonzeption konventionelle Biologie	44
Abbildung 26:	Variante 2 - Bauphasen I (grau) und II (grün) Lageplankonzeption SBR-Verfahren	47
Abbildung 27:	Variante 3 - Lageplankonzeption MBR-Verfahren	48
Abbildung 28:	Lageplan des Kläranlagengeländes Kennzeichnung des verlängerten Zulaufkanals, dem Ablaufkanal zum Axbach und der Erweiterungsfläche	50
Abbildung 29:	Lageplankonzeption der konventionellen Biologie unter Verwendung der Erweiterungsfläche	51
Abbildung 30:	Lageplankonzeption der konventionellen Biologie unter Verwendung der Erweiterungsfläche	53
Abbildung 31:	Lageplankonzeption des MBR-Verfahrens unter Verwendung der Erweiterungsfläche	54
Abbildung 32:	Übersicht der Hauptverfahren zur Spurenstoffelimination mit Nachbehandlungsverfahren ([1], leicht verändert)	56
Abbildung 33:	Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit „Ulmer Verfahren“	57
Abbildung 34:	Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit PAK-Dosierung unmittelbar vor einen Raumfilter	58
Abbildung 35:	Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit GAK-Filtration	59
Abbildung 36:	Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit Ozonung	60

Abbildung 37:	Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit Ozonung und BAK-Filtration	61
Abbildung 38:	Bauwerkskonzeption GAK-Filtration	64
Abbildung 39:	Bauwerkskonzeption Ozonung + Wirbelbett	66
Abbildung 40:	Bauwerkskonzeption Ozonung + GAK-Filtration	67
Abbildung 41:	Bewertungsmatrix 4. Reinigungsstufe	71
Abbildung 42:	CO ₂ -Bilanz betrachteter Verfahrensvarianten	84
Abbildung 43:	Bewertungsmatrix Lageplanvarianten	86

KONZEPT

TABELLENVRZEICHNIS

Tabelle 2:	Basisdaten zur Bestimmung der Wassermengen	13
Tabelle 3:	Für die Bemessung angesetzte Abflüsse	14
Tabelle 4:	Einwohnerspezifische Frachten (ATV-DVWK-A 131, 2000)	15
Tabelle 5:	Eingangswerte der klärtechnischen Berechnung für den Ausbauzustand	16
Tabelle 6:	Bemessungsdaten für den Ausbauzustand	28
Tabelle 7:	Annahmen für die Rückbelastung aus Schlammwasser	29
Tabelle 8:	Auszug aus der klärtechnischen Berechnung des Sandfanges	30
Tabelle 9:	Auszug aus der klärtechnischen Berechnung der Vorklärbecken	31
Tabelle 10:	Abscheideleistung der Vorklärung bei einer Aufenthaltszeit bei Trockenwetter von 0,75 h – 1 h (DWA-A 131, 2016)	32
Tabelle 11:	Auszug Klärtechnik GAK-Filtration	63
Tabelle 12:	Auszug Klärtechnik Ozonung	65
Tabelle 13:	Investitionskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde	68
Tabelle 14:	Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde	69
Tabelle 15:	Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde – Sensivität Energiekosten	69
Tabelle 16:	Jahreskosten 4. Reinigungsstufe	70
Tabelle 17:	Einheitspreise der Bautechnik	75
Tabelle 18:	Investitionskosten der Gewerke Bau- Maschinen- und EMSR-Technik	77
Tabelle 19:	Investitionskosten inkl. 4. Reiniungsstufe, Rückbaukosten und Nebenkosten	78
Tabelle 20:	Investitionskosten inkl. Kostenrisiko	78
Tabelle 21:	Ansätze Betriebskosten	79
Tabelle 22:	Betriebskosten	80
Tabelle 23:	Abschreibungszeiträume und Zinsätze nach LAWA-Richtlinie	81

Tabelle 24: Jahreskosten KA Oelde (nur notwendige Rückbaukosten)

82

KONZEPT

ANLAGENVERZEICHNIS

ANLAGE 1: XXX

Anlage 1.1	XXX
Anlage 1.2	XXX
Anlage 1.3	XXX
Anlage 1.4	XXX
Anlage 1.5	XXX
Anlage 1.6	XXX

ANLAGE 2: XXX

Anlage 2.1	XXX
Anlage 2.2	XXX

ANLAGE 3: XXX

Anlage 3.1	XXX
Anlage 3.2	XXX

ANLAGE 4: XXX

Anlage 4.1	XXX
Anlage 4.2	XXX

ANLAGE 5: XXX

Anlage 5.1	XXX
Anlage 5.2	XXX

1 EINLEITUNG

Die Stadt Oelde betreibt im nordöstlichen Teil von Oelde eine mechanisch-biologische-chemische Kläranlage mit anaerober Schlammfäulung zur Reinigung von kommunalem und gewerblichem Abwasser, aus Oelde und den Ortsteilen Lette, Stromberg und Sünninghausen. Die Kläranlage wurde zuletzt im Jahr 1992 durch umfangreiche Baumaßnahmen für die weitergehende Abwasserreinigung umgebaut und erweitert.

Die derzeit gültige Einleiterlaubnis ist bis zum 31.12.2029 befristet. Verschärfte Anforderungen an die Einleitbedingungen sind aufgrund der Wasserqualität des Axtbaches (Vorfluter) und des geringen Wasserstandes dauerhaft zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass diese zukünftigen Anforderungen mit der bisherigen Verfahrenstechnik nicht sicher einzuhalten sind. Vor diesem Hintergrund wurden bereits Voruntersuchungen zur Anpassung und Optimierung der Kläranlage sowie eine Beurteilung des baulichen Zustands durchgeführt (Gutachten Dr. Julia Kopp).

Die Kläranlage der Stadt Oelde ist aktuell mit ca. 51.000 bis 59.000 EW (lt. Betriebsdatenauswertung Dr. Julia Kopp) belastet. Die Nennkapazität des bisherigen Kläranlagenausbaues beträgt 47.000 EW und ist somit bereits erschöpft. Aufgrund der positiven wirtschaftlichen Entwicklung der Stadt Oelde ist in den folgenden Jahren mit einer Mehrbelastung von kommunalem und gewerblichem Schmutzwasser im Bereich von 8.000 bis 10.000 EW zu rechnen. Es wird eine prognostizierte Ausbaugröße ca. 70.000 EW angestrebt.

Um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, beabsichtigt die Stadt Oelde eine zukunftsorientierte Modernisierung und Erweiterung der kommunalen Abwasserreinigung und beauftragte die Hydro-Ingenieure GmbH mit Schreiben vom 08.10.2021 mit der Erstellung einer Machbarkeitsstudie.

1.1 Projektkurzbeschreibung

Die vorliegende Studie dient der Identifikation von Modernisierungs- und Optimierungsmaßnahmen auf der gesamten Kläranlage Oelde. Aufgrund des fortgeschrittenen Alters insbesondere der Maschinen- und EMSR-Technik sind sowohl die mechanische und die biologische Reinigungsstufe wie auch die komplette Schlammbehandlung und eine neue 4. Reinigungsstufe ins Gesamtkonzept einzubeziehen.

Möglichkeiten zur Weiternutzung des Bestands vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung sind bis zum teilweisen/kompletten Neubau der Kläranlage zu untersuchen und verschiedene Lösungskonzepte miteinander zu vergleichen. Eine ganzheitliche Vorgehensweise zur Optimierung der Lösungsfindung unter Berücksichtigung aktuellster Erkenntnisse wird angestrebt, um eine langfristige und nachhaltige Investitionsstrategie für die Stadt Oelde zu erzielen.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel der Studie ist die Ermittlung und Darstellung der Modernisierungs- und Optimierungspotenziale, zur Gewährleistung einer funktionsfähigen, dem Stand der Technik entsprechenden und die Einleitvorschriften einhaltenden Kläranlage.

Von der Stadt Oelde wurden die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie zu bearbeitenden Punkte wie folgt vorgegeben:

- Erarbeitung eines für die vorliegenden Rahmenbedingungen geeigneten Konzeptes für eine stabile mechanische, biologische und chemische Abwasserreinigung
- Neubau einer 4. Reinigungsstufe
- Reduzierung des Energiebedarfs
- Prüfung zur Umlegung der Einleitstelle
- Einschätzung der Immissionen (Geruch und Lärm) zum eingereichten Konzept
- Anfertigen eines Kosten-Nutzen-Konzeptes

Die Standortüberlegungen sowie die Vor- und Nachteile der betrachteten Ansätze werden einer Bewertungsmatrix unterzogen. Im Anschluss werden bei den identifizierten Vorzugsvarianten die Investitions- und Betriebskosten ermittelt und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Diese Ergebnisse dienen, zusammen mit den Lageplankonzepten, der Stadt Oelde als Entscheidungsgrundlage zur Identifikation einer Vorzugsvariante zur Modernisierung des Klärwerkes der Stadt Oelde.

Zur Erreichung dieser Aufgabenstellung erfolgte die Projektabwicklung in eng mit der Stadt Oelde abgestimmten Planungsstufen. Die Ergebnisse der einzelnen Projektphasen wurden jeweils von der Hydro-Ingenieure GmbH zusammengefasst und der Stadt Oelde in Form von Präsentation (vor Ort/online) vorgestellt.

2 PLANUNGS- UND BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Randbedingungen

2.1.1 Einzugsgebiet

Die Stadt Oelde ist eine mittlere kreisangehörige Stadt im Kreis Warendorf im südöstlichen Münsterland und umfasst, inklusive der Ortsteile Lette, Stromberg und Sünninghausen, ca. 30.000 Einwohner. Die Kläranlage besitzt eine aktuelle Ausbaugröße von 47.000 EW.

Das zu behandelnde Abwasser setzt sich aus häuslichem und gewerblichem Schmutzwasser zusammen. Neben einer Brauerei sind noch weitere kleine Industrieunternehmen aus dem Anlagen- und Maschinenbau, sowie eine größere Verzinkerei in Oelde angesiedelt. Ferner ist das interkommunale Industriegebiet AUREA an die Kläranlage Oelde angeschlossen. Die Entwässerung der Stadt Oelde erfolgt durch eine Kombination aus Trenn- und Mischentwässerung. Dabei beläuft sich der im Mischsystem entwässerte Anteil des Einzugsgebietes auf ca. 60 %. Die Ortsteile Lette, Stromberg und Sünninghausen werden ausschließlich im Trennsystem entwässert und das so gefasste Abwasser über Druckrohrleitungen der Kläranlage Oelde zugeführt. Abbildung 1 zeigt die Lage der Kläranlage im nordöstlichen Teil des Stadtgebietes, sowie die der drei Ortsteile.

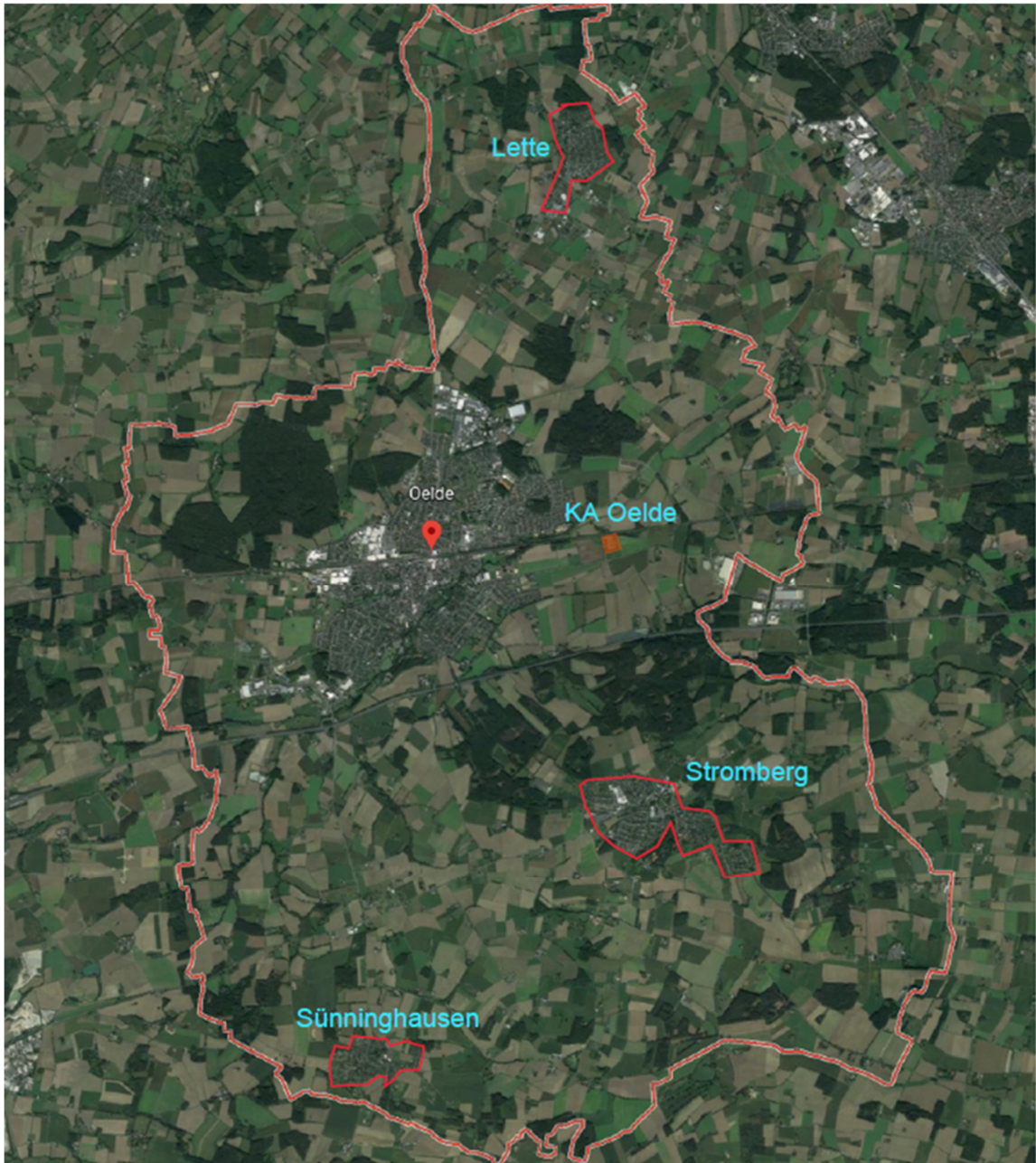


Abbildung 1: Lage der KA Oelde sowie der Ortsteile

2.1.2 Mischwasserentlastung und Einleitstelle

Bedingt durch die anteilige Mischentwässerung im Einzugsgebiet der Kläranlage Oelde, führen entsprechend starke Regenereignisse zu Mischwasserabflüssen, welche die hydraulische Kapazität der Kläranlage überschreiten würden. Um den Zufluss zur Kläranlage auf den in der Einleiterlaubnis festgelegten maximalen Zufluss von $700 \text{ m}^3/0,5 \text{ h}$ zu begrenzen, ist ca. 1000 m vor der Kläranlage ein Mischwasserabschlag angeordnet. Das abgeschlagene Mischwasser wird zunächst in

ein Regenüberlaufbecken geleitet und im Anschluss in nachgeschaltete Ausgleichsteiche, um das Gewässer weitestgehend vor Frachtspitzen und hydraulischen Stoßbelastungen zu schützen. Das Volumen des Regenüberlaufbeckens beläuft sich nach Hartwig und Schmidlein (2014) auf 4.000 m³.

Das in der Kläranlage behandelte Abwasser wird in ca. 350 m Entfernung in den Axtbach eingeleitet. Die Einleitstelle liegt nördlich der Kläranlage und ist mit dieser über ein geschlossenes Kreisprofil (DN 1600) verbunden. Auf dem Gelände der Anlage verläuft eine verrohrte Grabenumflut, welche im nördlichen Bereich der Anlage mit dem Kläranlagenablauf gebündelt und ebenfalls zur Einleitstelle geführt wird.

Die Lage der Mischwasserentlastung und die der Einleitstelle in den Axtbach sind auf der nachfolgenden Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Lage der Mischwasserentlastung und der Einleitstelle in den Axtbach

2.1.3 Aufbau Kläranlage

Die Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über alle relevanten Bauwerke der Kläranlage Oelde. Die Anlagenteile sind nummeriert und in der nebenstehenden Legende aufgeführt.



Abbildung 3: Aufbau der Kläranlage Oelde mit nummerierten Anlagenenteilen

Der Kläranlagenzulauf wird in der nordwestlichen Ecke des Kläranlagengeländes durch drei Schneckenpumpen gehoben und in den Zulaufkanal des Rechengebäudes geleitet. Die Schneckenpumpen können dabei jeweils in zwei Stufen betrieben werden:

- Schnecke 1 (DN 1200): 133 / 215 l/s
- Schnecke 2 und 3 (DN 1500) 278 / 400 l/s

Um den Trockenwetterzufluss in die Kläranlage einzuspeisen, wird Schnecke 2 in Stufe 1 betrieben (278 l/s). Im Regenwetterfall unterstützt Schnecke 1 in Stufe 2 (215 l/s), sodass eine Gesamtförderleistung von 493 l/s erreicht werden kann. Schnecke 3 ist als redundante Ersatzpumpe konzipiert. Zwischen dem Rohwasserpumpwerk und dem Rechengebäude, wird der Abwasserstrom noch durch das Abwasser aus zwei Druckrohrleitungen ergänzt.

Die mechanische Abwasserreinigung erfolgt im Anschluss zunächst in Form von maschinell räumenden Rechen, mit einem Stababstand von 6 mm. Der Zulaufstrom wird auf zwei Rechenstraßen aufgeteilt und im Anschluss wieder gebündelt. Die Rechen sind eingehaust und entnommenes Rechengut wird im Anschluss durch eine Rechengutwaschpresse behandelt, um den Anteil der entnommenen Organik, sowie das Volumen der Störstoffe zu reduzieren.

Im Anschluss an die Grobstoffentnahme durchläuft das Abwasser den belüfteten Sandfang. Dort wird durch das Einblasen von Luft eine Verwirbelung des Wassers erzeugt, durch welche die Abscheideleistung von Sand und Fett verbessert wird. Es werden unabhängig der Zulaufsituation beide Sandfangstraßen parallel betrieben. Die Gebläse zur Sandfangbelüftung sind im Untergeschoss des Einlaufhebewerkes aufgestellt.

Der Sandfang besteht aus zwei Kammern, wobei jede dieser Kammern über folgende Flächen und Volumen verfügt:

- Querschnittsfläche: 6,83 m²
- Oberfläche: 62,50 m²
- Volumen: 170 m³

Den nächsten Behandlungsschritt bildet die Vorklärung. Um für den Prozess der Denitrifikation in der nachfolgenden Belebung, ausreichend leicht abbaubaren Kohlenstoff im Abwasser zu gewährleisten, wird nur ein Teil des Abwasserstroms in die Vorklärung geleitet. Etwa 1/3 des Abwassers werden, an der Vorklärung vorbei, direkt in das Selektorbecken geleitet. Die Vorklärung besteht aus zwei Straßen, von denen allerdings nur die nördliche betrieben wird. Das sich daneben befindliche Zwischklärbecken ist ebenfalls nicht in Betrieb. Die Bemessungsrelevanten Daten der beiden Vorklärbecken lauten wie folgt:

- Volumen: 1.350,0 m³
- Oberfläche: 463,0 m²
- Querschnittsfläche: 35,8 m²

Die beiden Teilströme aus der Vorklärung und dem Bypass zur Umfahrung der Vorklärung fließen mit dem Rücklaufschlamm in einem sogenannten Selektorbecken zusammen. Ursprünglich diente das Selektorbecken als Vorstufe der nachfolgenden vermehrten biologischen Phosphorelimination. Heute wird das Selektorbecken nur noch zur Zusammenführung der beiden Zulaufströme, sowie der Vermischung mit dem Rücklaufschlamm genutzt. Um den pH-Wert in der Belebung stabil zu halten und um eine kompaktere Schlammflockenzusammensetzung zu erzielen, wird Kreide in das Selektorbecken dosiert. Die Kreide wird in einem Silo mit einer Lagerkapazität von 50 m³ vorgehalten und halbautomatisch zudosiert. An den Selektor schließen sich zwei Dephosphatierungsbecken an. Das erste bietet ein Volumen von 480 m³ und das zweite, größere Becken, besitzt ein Volumen von 1.250 m³. Die vermehrte biologische Phosphorelimination wird allerdings bewusst nicht mehr betrieben. Da das Dephosphatierungsbecken I nicht umfahren werden

kann, wird es von dem gesamten Zulaufstrom durchflossen. Das zweite Dephosphatierungsbecken ist gänzlich außer Betrieb.

Im Anschluss wird der Abwasserstrom, durch den Abwassermengenregler, in drei Teilströme aufgeteilt und zu den Belebungsbecken geleitet. Die Belebungsbecken der KA Oelde setzen sich aus vier Becken zusammen. Zwei Umlaufbecken zur simultanen Denitrifikation, mit den Bezeichnungen Belebungsbecken I und II, sowie die zwei höher errichteten Belebungsbecken III und IV. Die Belebungsbecken III und IV denitrifizieren intermittierend und sind als Kombibecken ausgeführt. Dabei bilden die Belebungsbecken einen Ring um die, sich in der Mitte befindlichen, Nachklärbecken. Die Volumina der einzelnen Belebungsbecken lauten wie folgt:

• Belebungsbecken I:	2.645 m ³
• Belebungsbecken II:	2.480 m ³
• Belebungsbecken III:	2.953 m ³
• Belebungsbecken IV:	2.953 m ³

Aufsummiert ergibt sich so ein Belebungsbeckenvolumen von 11.031 m³. Um den für die Abwasserreinigung benötigten Sauerstoff in die Belebungsbecken einzubringen, verfügt die Kläranlage über fünf Gebläse, welche in der Gebläsestation unter der maschinellen Schlammentwässerung, angrenzend an das Betriebsgebäude, untergebracht sind. Dabei ist jedem Belebungsbecken ein Gebläse zugeordnet und das fünfte dient als Reserve.

Die Nachklärung erfolgt im inneren Teil der Kombibecken III und IV. Die Räumung der Nachklärbecken wird durch Saugräumer gewährleistet. Die zwei Rundbecken bieten jeweils ein Nachklärvolumen von 3.050 m³ und eine Oberfläche von 659 m². Um Phosphor zu eliminieren, wird in den Zulauf der Nachklärung Fällmittel in Form von Eisen-III Chlorid oder Aluminiumsalzen zugesetzt.

Das Zwischenpumpwerk östlich der Kombibecken, erfüllt auf der Kläranlage eine zentrale Rolle. Neben der Beschickung der höher gegründeten Belebungsbecken III und IV, fördert das Pumpwerk auch das Abwasser-Schlamm-Gemisch der Belebungsbecken I und II in die, in Belebungsbecken III und IV integrierten, runden Nachklärbecken. Im Zwischenpumpwerk sind auch die Pumpen für die Rezirkulation des Rücklauf-, sowie zur Entnahme des Überschussschlammes untergebracht.

Der Rücklaufschlamm wird zurück in das Selektorbecken gepumpt und von dort aus wieder, über den Abwassermengenregler, auf die Belebungsbecken verteilt.

Der Überschussschlamm wird mittels einer Dekantierzentrifuge eingedickt und dann zusammen mit dem Primärschlamm und dem Fett in den Frischschlamm-speicher eingeleitet. Nachdem der Schlamm anaerob mesophil stabilisiert wurde, gelangt er über den Nacheindicker zur maschinellen Schlammentwässerung, die durch eine zweite Zentrifuge erfolgt. Das bei Eindickung und Entwässerung des stabilisierten Schlammes, sowie das bei der maschinellen Überschussschlamm-eindickung anfallende Trübwasser, wird nördlich des Betriebsgebäudes in einem Trübwasserspeicher gesammelt, und von dort aus in den Kläranlagenzulauf eingespeist.

2.2 Betriebsdatenauswertung

2.2.1 Zuflussmengen

Die Basis der Betriebsdatenauswertung bilden die von der Stadt Oelde zu Verfügung gestellten Betriebstagebücher über den Zeitraum vom Januar 2016 bis zum Juli 2021.

Um die Wassermenge, welche die Kläranlage durchläuft, zu erfassen, wird der Durchfluss mittels induktivem Durchflussmesser am Ablauf der Nachklärung gemessen. Dabei sind in den Betriebstagebüchern die täglichen Gesamtwassermengen aufgeführt. Abbildung 4 zeigt die täglich behandelten Abwassermengen der Jahre 2016 bis 2021.

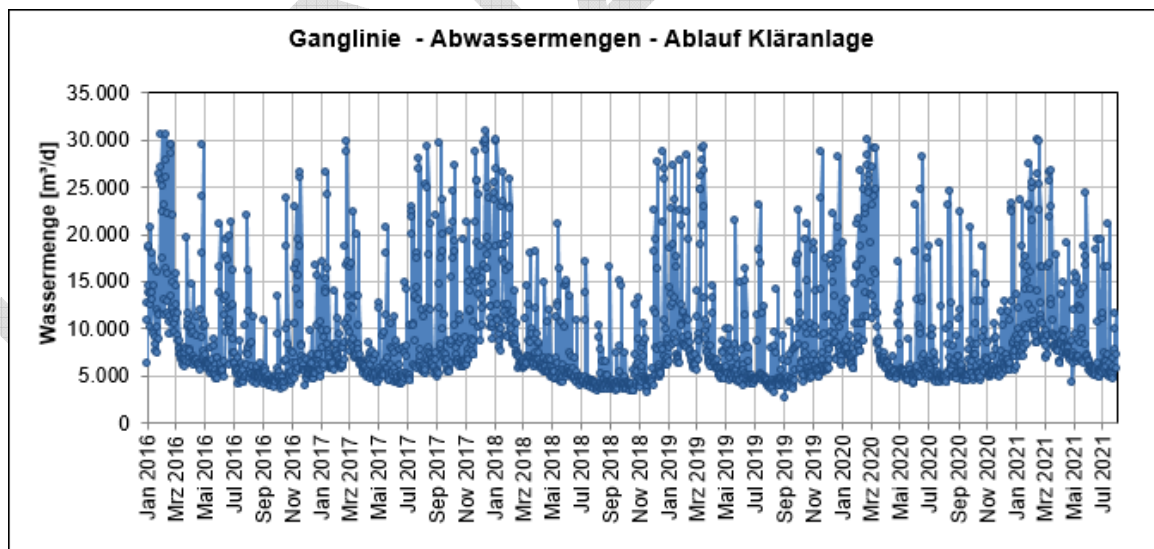


Abbildung 4: Ganglinie der Tagesabflüsse 2016 bis 2021

Aus den Zulaufwassermengen ergibt sich ein Mittelwert von $9.064 \text{ m}^3/\text{d}$. Insgesamt wurden dabei Tageswassermengen von 2.038 Tagen betrachtet. Der Minimalwert der ausgewerteten Tageswassermengen liegt bei $2.512 \text{ m}^3/\text{d}$ und der Maximalwert

bei 30.961 m³/d. In 85 % aller Fälle wurde dabei der Wert von 14.731 m³/d unterschritten. Für die Nachbemessung der Bestandskläranlage wird auf Grund der Zuflusswassermengen, ein Bemessungsabfluss (QM) von 30.961 m³/d bzw. 358 l/s gewählt. Die Unterschreitungshäufigkeiten können der nachfolgenden Abbildung 5 entnommen werden.

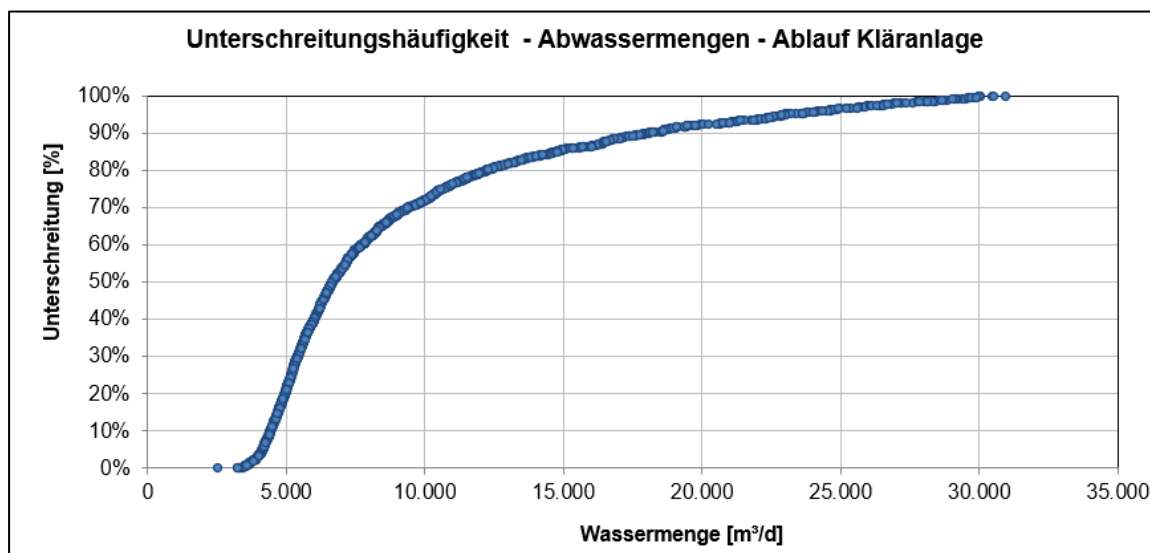


Abbildung 5: Summenlinie der Tageswassermengen

Für die Nachbemessung und Bewertung der bestehenden Anlage sind neben den Tageswassermengen aller Tage, besonders die der Trockenwettertage relevant. Hierzu wurde Ansatz des gleitenden 21-Tage-Minimums gewählt. Aus den ursprünglich 2.038 Tageswerten ergeben sich 718 Werte, welche als Trockenwettertage definiert werden. Die zugehörigen Tagesabwassermengen sind in der folgenden Abbildung 6 als Ganglinie dargestellt.

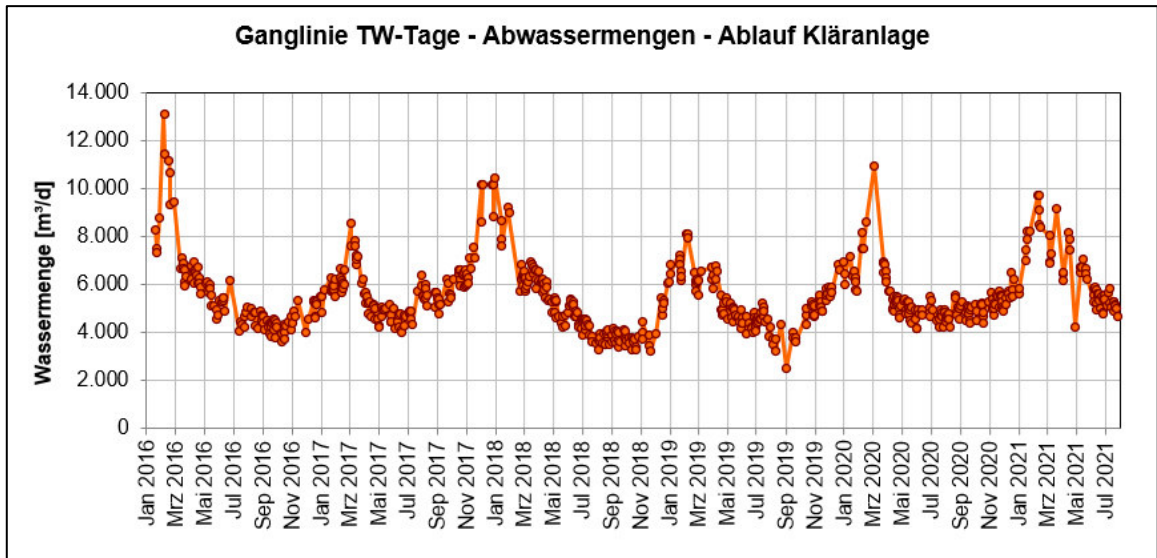


Abbildung 6: Ganglinie des Trockenwetterabflusses

Die mittlere Tagesabwassermenge beläuft sich an Trockenwettertagen auf 5.420 m³/d. Das Minimum der erfassten Werte liegt bei 2.512 m³/d und das Maximum beträgt 13.079 m³/d. Der nachfolgenden Abbildung 7 sind die Unterschreitungshäufigkeiten des Trockenwetterabflusses dargestellt. In 85 % aller Trockenwettertage wird ein Abfluss von 6.517 m³/d unterschritten.

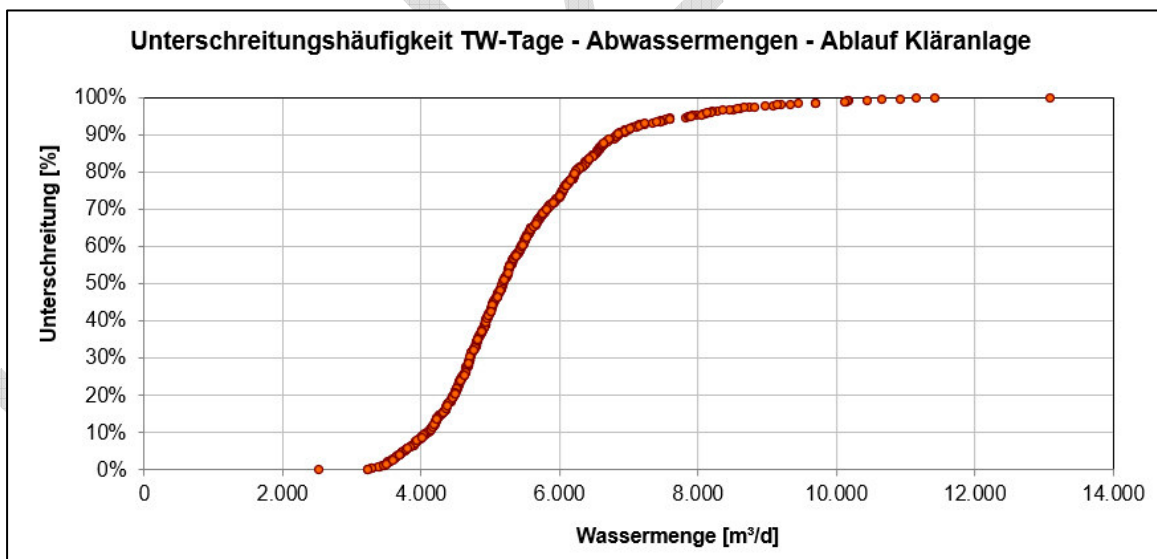


Abbildung 7: Summenlinie der Trockenwetterabflüsse

2.2.2 Auswertung Zuflussfrachten

Die Auslastung der Kläranlage Oelde wurde im Rahmen einer Bilanzierung durch Dr. Julia Kopp im Jahr 2021 untersucht. Hierzu wurde eine dreiwöchige Intensivmesskampagne durchgeführt, sodass eine dezidierte Bilanzierung der Abwasser- und Schlammbehandlung möglich war. Auf Basis der Auswertungsergebnisse wird deutlich, dass die Nennkapazität der Kläranlage Oelde von 47.000 EW bereits überschritten ist. Bezogen auf den CSB bzw. auf den Stickstoff liegt die derzeitige Anschlussbelastung der Kläranlage bei 51.000 bzw. 59.000 EW (im Mittel ca. 54.000 EW).

Für eine weitere Auswertung der Betriebsdaten liegen von Seiten der Stadt Oelde lediglich Ergebnisse aus Stichproben vor. In Bezug auf die vorliegende Datengrundlage ist eine Auswertung der Betriebsdaten zur Ermittlung der Belastung der Kläranlage Oelde, über die von Dr. Julia Kopp erhobenen Ergebnisse, nicht zuführend. Von daher wird die von Dr. Julia Kopp ermittelte Ist-Belastung der Kläranlage Oelde als weitere Grundlage genutzt

2.3 Ausbaugröße KA Oelde

Basierend auf der Betriebsdatenauswertung von Dr. Julia Kopp wurde bezogen auf den CSB/N eine derzeitige mittlere Anschlussbelastung der KA von ca. 54.000 EW + EWG ermittelt. Die Stadt Oelde verzeichnet derzeit 30.800 gemeldete Einwohner, woraus sich eine derzeitige industrielle/gewerbliche Anschlussleistung von 23.200 EGW ergibt. Die Stadt Oelde schätzt das Bevölkerungswachstum bis 2040 auf ca. 5 %, was einem Zuwachs von 1.540 EW entspricht. Das gewerbliche Wachstum wird auf Basis des bereits neuen und ausgewiesenen Gewerbeflächen sowie der erwarteten weiteren positiven industriellen Entwicklung kalkuliert. Dies entspricht weiteren 8.120 EGW. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Anschlussgröße, dem geschätzten Bevölkerungswachstum sowie der weiteren positiven gewerblichen Entwicklung der Stadt Oelde ergibt sich eine erwartbare Anschlussgröße von 63.660 EW + EGW. Unter Berücksichtigung einer weiteren Reserve von 10 % (6.366 EW + EGW) ergibt sich somit für die Kläranlage Oelde eine zukünftige Anschlussgröße von etwa 70.000 EW + EGW. Die Herleitung der zukünftigen Anschlussgröße der KA Oelde ist in Abbildung 8 nochmals übersichtlich dargestellt.

Herleitung der Anschlussgröße			
Ist-Zustand gemäß Gutachten Dr. Kopp:		= 54.000 EW+EGW	(CSB/N bezogen)
Zuwächse kommunal	5,0% x 30.800	= 1.540 EW	
Zuwächse Industriell	35,0% x 23.200	= 8.120 EGW	
		= 63.660 EW+EGW	
Reserve bis 2040	10,0% x 63.660	= 6.366 EW+EGW	
		Gewählt: = 70.000 EW+EGW	

Abbildung 8: Herleitung Anschlussgröße KA Oelde (Auszug aus der Präsentation zur Ratssitzung Stadt Oelde 17.10.2022)

2.4 Bemessungsgrundlagen Ausbauzustand

Für die hydraulische Dimensionierung der Verfahrensstufen der KA Oelde im Ausbauzustand mit einer Ausbaugröße von 70.000 EW, wurde aufgrund der Abweichungen des GEPs zum IST-Zustand, ein anderer Ansatz gewählt. Die Bemessungsansätze wurden im Rahmen des Projektgespräches 7 festgelegt und basieren auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten. Die Basis zur Bestimmung der Wassermengen bildet dabei ein angenommener einwohnerspezifischer Trockenwetterabfluss von 125 l/EW·d). Der Bemessungsabfluss bei Regenwetter (Q_M) sowie der maximale stündliche Trockenwetterabfluss ($Q_{T,h,max}$) werden durch die in der Tabelle 1 dargestellten Verhältniszerte gebildet.

Parameter	Ansatz	Einheit
$Q_{d,konz}$	125	l/(EW*d)
$Q_M/Q_{d,konz}$	3,5	[-]
$Q_{T,h,max}/Q_{d,konz}$	1,5	[-]

Tabelle 1: Basisdaten zur Bestimmung der Wassermengen

Werden diese Bemessungsansätze auf eine Ausbaugröße von 70.000 EW übertragen ergeben sich die in der Tabelle 2 aufgeführten Abflüsse.

Parameter	m ³ /d	m ³ /h	l/s
$Q_{d,konz}$	8.750	365	101
Q_M	30.625	1.276	354
$Q_{T,h,max}$	17.500	548	152

Tabelle 2: Für die Bemessung angesetzte Abflüsse

Die max. Mischwasserzufluss wurde auf Basis des Jahresabwasserganglinie und dem max. Zufluss zur KA Oelde ermittelt.

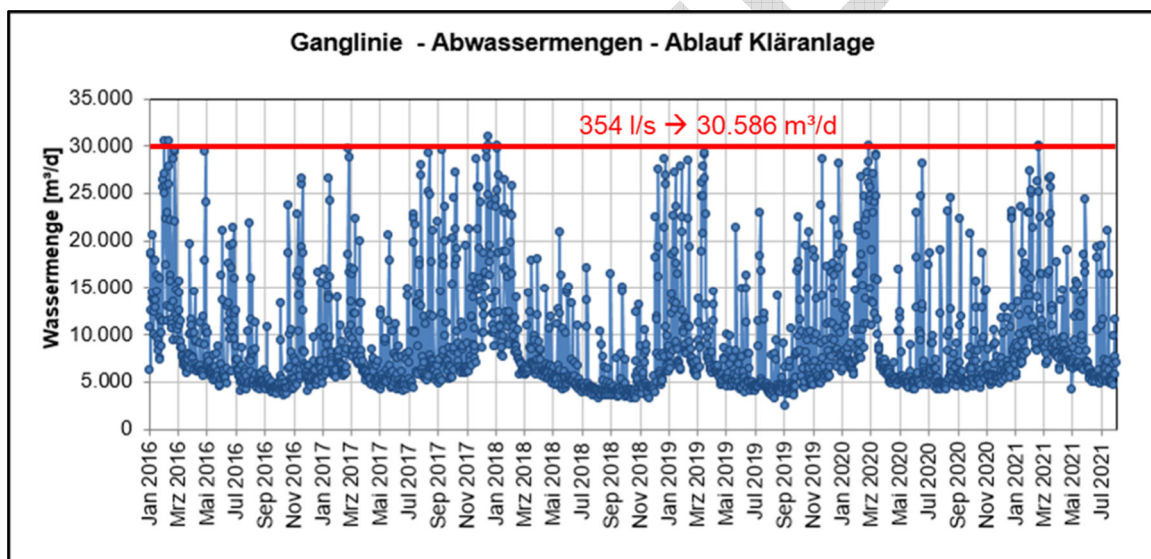


Abbildung 9: Bemessungswassermenge für den Ausbauzustand im vgl. zur Auswertung des GEPs

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass vonseiten der Hydro-Ingenieure GmbH dringend dazu empfohlen wird, für die weitergehende Planung der KA Oelde die Bemessungswassermengen zu verifizieren und in gesamtheitlicher Abstimmung mit der Kanalnetzplanung abzustimmen.

Die klärtechnische Berechnung erfolgt neben der Varianten der konventionellen Belebungsanlage mit intermittierender und vorgeschalteter Denitrifikation auch für das SBR- und das MBR-Verfahren. Die Dimensionen weiterer Verfahrensstufen und Gebäuden werden auf Grundlage von Referenzprojekten mit ähnlichen Anschlussgrößen gewählt.

Für die Bemessung der biologischen Behandlungsstufe werden die einwohnerspezifischen Frachten nach ATV-DVWK-A 131 (2000) verwendet. In Tabelle 3 sind die einwohnerspezifischen Frachten aufgeführt. Multipliziert mit der, für den Prognosezustand angenommene, Anschlussgröße von 70.000 EW ergeben sich die in Tabelle 4 dargestellten Bemessungsfrachten.

Parameter	Wert	Einheit
BSB₅	60	g/(E·d)
CSB	120	g/(E·d)
TS	70	g/(E·d)
TKN	11	g/(E·d)
P	1,8	g/(E·d)

Tabelle 3: Einwohnerspezifische Frachten (ATV-DVWK-A 131, 2000)

KONVERT

Einwohnerwerte			
Einwohnerwerte			
Angeschlossene Einwohner	EW	=	70.000 EW
Überwachungswerte und Reinigungsziele			
Überwachungswert CSB	$C_{CSB,0W}$	=	48,0 mg/l
Überwachungswert N_{ges}	$S_{anorgN,0W}$	=	15,0 mg/l
Überwachungswert NH_4-N	$S_{NH_4,0W}$	=	4,0 mg/l
Überwachungswert P_{ges}	$C_{P,0W}$	=	0,8 mg/l
Überwachungswert Chlorid	Cl'_{0W}	=	300,0 mg/l
Bemessungsdaten			
Bemessungsfrachten			
CSB	$B_{d,CSB,Zul.}$	=	8.400 kg/d
BSB ₅	$B_{d,BSB_5,Zul.}$	=	4.200 kg/d
N_{org}	$B_{d,Norg,Zul.}$	=	277 kg/d
NH_4-N	$B_{d,NH_4-N,Zul.}$	=	493 kg/d
TKN	$B_{d,TKN,Zul.}$	=	770 kg/d
P_{ges}	$B_{d,Pges,Zul.}$	=	126 kg/d
AFS	$B_{d,TS,Zul.}$	=	4.900 kg/d
Abflussdaten			
Trockenwetterabfluss	$Q_{T,\phi}$	=	7.863 m ³ /d
	$Q_{T,\phi}$	=	91 l/s
Maximaler Trockenwetterabfluss	$Q_{T,\phi,max}$	=	147 l/s
Mischwasserzufluss	$Q_{M,\phi}$	=	33.600 m ³ /d
Abflussdaten			
Trockenwetterabfluss	$Q_{T,\phi}$	=	7.863 m ³ /d
Mischwasserzufluss	$Q_{M,\phi}$	=	33.600 m ³ /d
	$Q_{M,\phi}$	=	1400 m ³ /h
	$Q_{M,\phi}$	=	389 l/s

Tabelle 4: Eingangswerte der klärtechnischen Berechnung für den Ausbauzustand

3 BESTANDSBEWERTUNG

Die Grundlage für die Bewertung des Anlagenbestandes, hinsichtlich des bautechnischen, maschinentechnischen und verfahrenstechnischen Zustandes, bildet eine Anlagenbegehung, welche am 27.10.2021 durch die Hydro-Ingenieure Planungsgesellschaft mbH durchgeführt wurde. Unter der Führung des Betriebspersonals, wurden alle relevanten Verfahrensstufen begutachtet und der Zustand schriftlich sowie fotografisch dokumentiert. Eine Außerbetriebnahme einzelner Verfahrensstufen war nicht erforderlich.

Die nachfolgende Anlagenteile der KA Oelde, wurden im Rahmen der Bestandsaufnahme begutachtet und sind in Abbildung 10 farblich markiert:

1. Rohwasserpumpwerk
2. Antriebsraum Rohwasserpumpwerk
3. Gebläsestation Sandfang
4. Rechenhaus
5. Sand- und Fettfang
6. Vorklär- und Zwischenklärbecken
7. Primärschlammumpwerk
8. Selektor- und Dephosphatierungsbecken
9. Abwassermengenregler
10. Zwischenpumpwerk
11. Kombibecken 1 und 2
12. Biologie 1 und 2
13. Fällmitteltanks
14. Trübwasserspeicher
15. Schlammfaulbehälter
16. Vorlagebehälter MSE + Vor- und Nacheindicker
17. Maschinelle Schlammeindickung
18. Gasbehälter
19. Gebläsestation Biologie
20. Betriebsgebäude

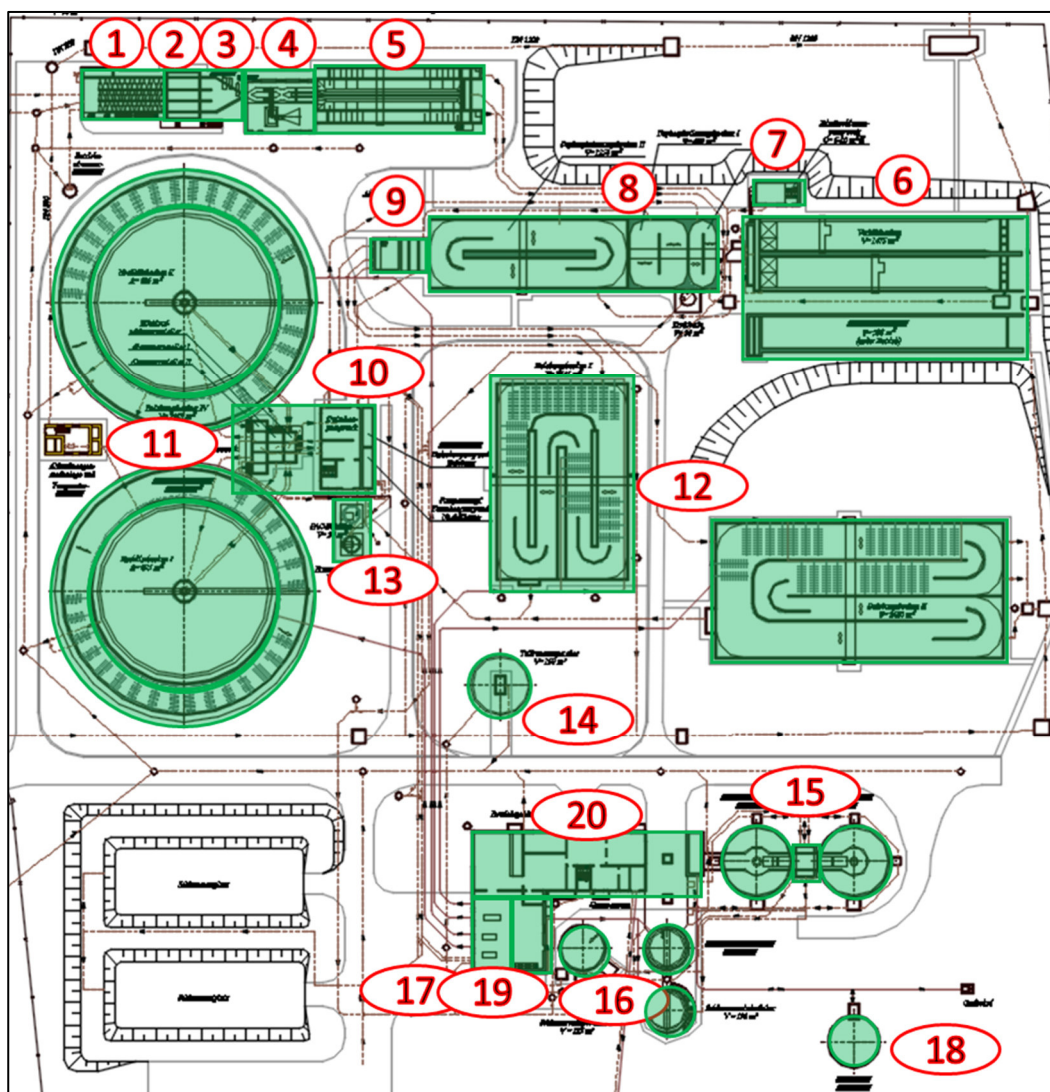


Abbildung 10: Im Rahmen der Bestandsaufnahme am 27.10.2021 besichtigte Anlagenteile

Eine detaillierte Dokumentation zur Bestandsaufnahme liegt dem Erläuterungsbericht als Anlage X bei.

Die Bestandsbewertung erfolgt, in Chronologie zur Bestandsaufnahme, aufgeteilt für die drei Bereiche Bautechnik, Maschinentechnik und Verfahrenstechnik. Bewertet wurden die während der Bestandserfassung begutachteten Anlagenteile.

Jeder definierte Anlagenteil wurde in Bezug auf den bau- und maschinentechnischen Zustand sowie auf die Verfahrenstechnik bewertet. Die übergeordnete und zusammenfassende Bewertung bzgl. der einzelnen Bereiche Bau-, Verfahrens-

und Maschinenteknik erfolgte für die verschiedenen Anlagenteile anhand Bewertungstabellen welche dem Erläuterungsbericht als Anlage X beigefügt sind.

3.1 Bestandsbewertung Bautechnik

Als übergeordnetes Ergebnis der bautechnischen Bestandsbewertung lässt sich festhalten, dass die Konstruktion der Becken sowie der Großteil der Hochbauteile aus Stahlbeton, dem Stand der Technik entspricht. Der Betonzustand der Becken und Bauwerke wird zum größten Teil als „gut“ eingestuft und weist nur geringe bis mittlere Korrosionserscheinungen und vereinzelt eine freiliegende Bewehrung auf. Lediglich der bauliche Zustand der Schlammschiene (Vorlagebehälter MSE + Vor- und Nacheindicker + Schlammfaulbehälter) weist, bezogen auf den Beton, einen nicht ausreichenden Zustand auf. Die Bewertung deckt sich mit dem 2019 durchgeführten Betongutachten der Fa. Roxeler Ingenieurgesellschaft mBh. Es ist zudem anzumerken, dass viele Anlagenteile über eine mangelnde Ausstattung an Krananlagen verfügen, was sich negativ auf die Bewertung in Bezug auf den Stand der Technik auswirkt, da dies als besondere Erschwernis für das Betriebspersonal angesehen werden kann.

Die übergeordnete zusammenfassende farbliche Bewertung des bautechnischen Zustands der verschiedenen Anlagenteile ist zudem in Abbildung 11 als Lageplan dargestellt:

KOMMUNIKATION

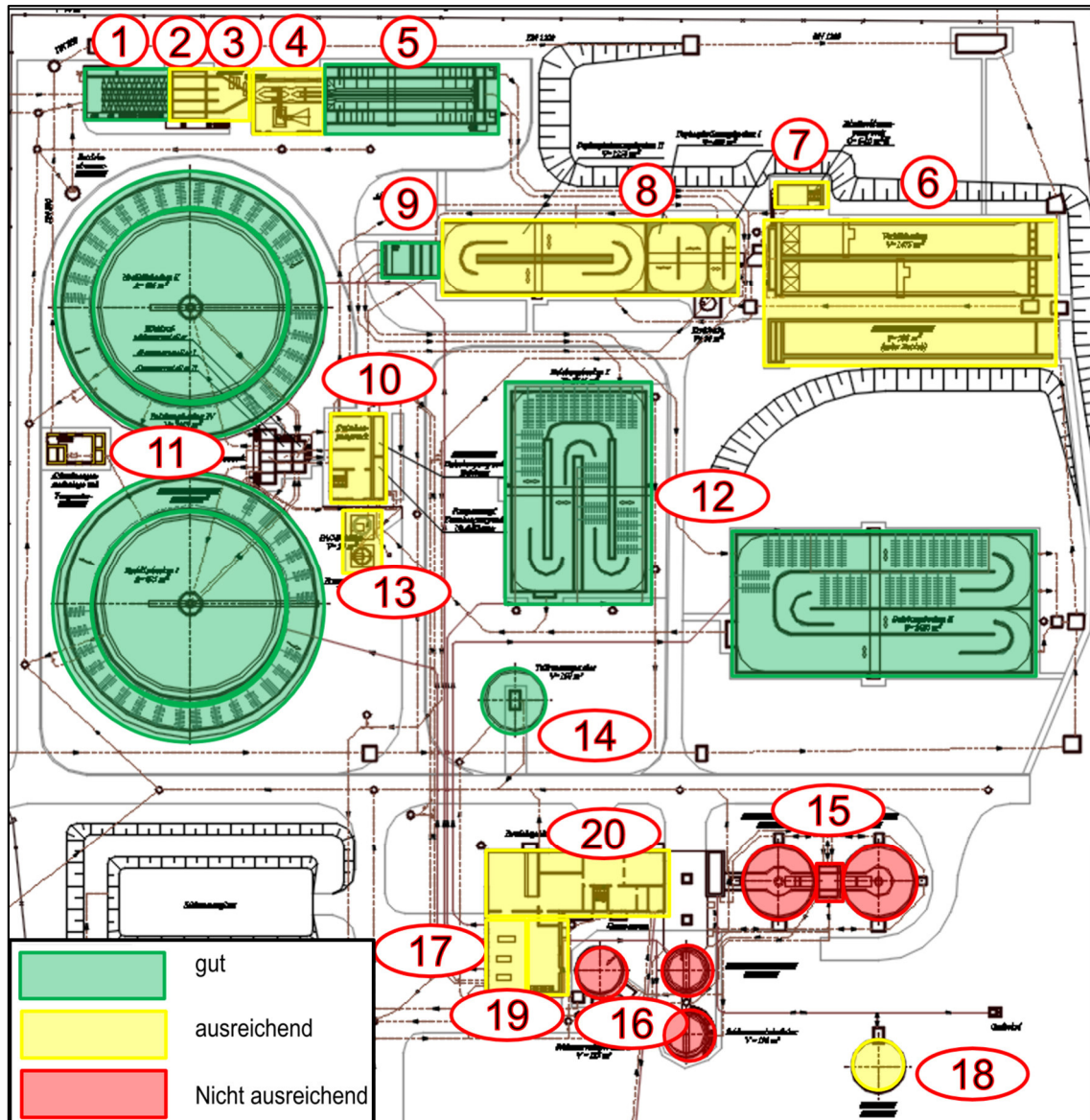


Abbildung 11: Grafische Lageplandarstellung der Bestandsbewertung Bautechnik

3.2 Bestandsbewertung Maschinenteknik

Im Allgemeinen fällt die maschinentechnische Bewertung der verschiedenen Anlagenteile, im Vergleich zu der Bautechnik, schlechter aus. Zurückzuführen ist dies auf das Alter des Großteiles der maschinentechnischen Ausrüstung. In der Regel wird ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren für die Maschinenteknik angesetzt. Mit Ausnahme vereinzelter Aggregate ist der Großteil der maschinentechnischen Ausrüstung bereits älter als 30 Jahre und liegt somit deutlich über der angesetzten Abschreibungsdauer. Wenn auch durch gute Wartung durch das Betriebspersonal viele der maschinentechnischen Aggregate über den Abschreibungszeitraum hinaus weiter zufriedenstellend betrieben werden können, kann

eine weitere langfristige Nutzungsdauer nicht garantiert werden, woraus eine Bewertung als „ausreichend“ oder „nicht ausreichend“ resultiert.

Die übergeordnete zusammenfassende farbliche Bewertung des maschinentechnischen Zustands der verschiedenen Anlagenteile ist zudem in Abbildung 12 als Lageplan dargestellt:

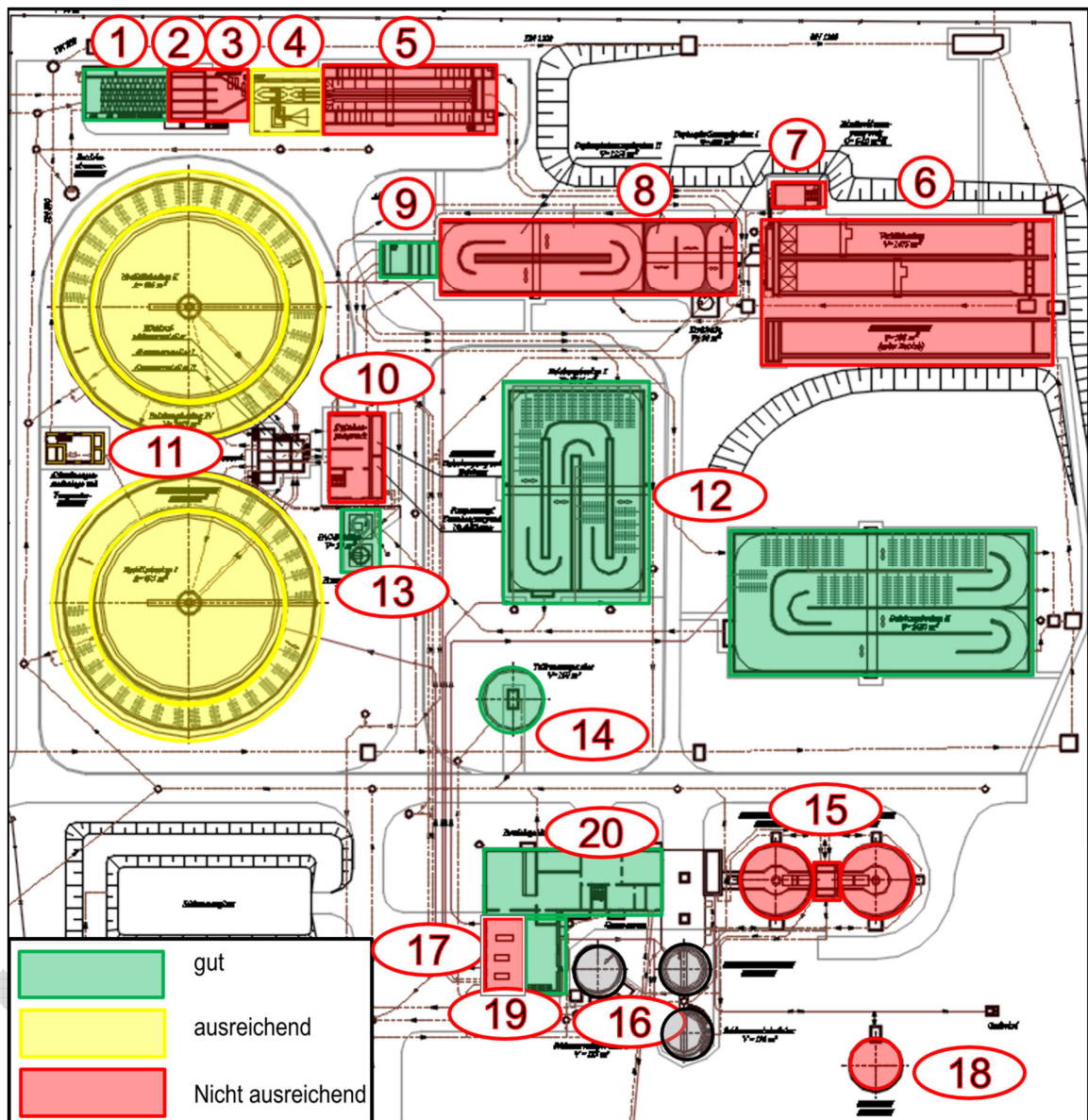


Abbildung 12: Grafische Lageplandarstellung der Bestandsbewertung Maschinenteknik

3.3 Bestandsbewertung Verfahrenstechnik

Die Verfahrenstechnik wird in Bezug auf den Ist-Zustand (51.000 EW - 59.000 EW) und auf die angestrebte Ausbaugröße von 70.000 EW bewertet. Zur Abschätzung der verfahrenstechnischen Leistungsfähigkeit, werden falls notwendig, einige Anlagenteile der Bestandskläranlage klärtechnisch nachbemessen und geprüft ob die allgemeinen Bemessungsgrößen eingehalten werden. Zusätzlich bilden die Erfahrungen des Betriebspersonals ein wichtiges Fundament zur Bewertung der bestehenden Verfahrenstechnik und zur Abschätzung der Situation bei einem Zuwachs der Anschlussgröße auf 70.000 EW Die Leistungsfähigkeit der biologischen Reinigungsstufe wird auf Basis der, im Jahr 2021 von Dr. Julia Kopp durchgeführten, Bilanzierung der Kläranlage Oelde beurteilt. In der Abbildung 16 sind die Ergebnisse der Bewertung der aktuellen verfahrenstechnischen Situation, in Form des, aus den zwei vorherigen Kapiteln bekannten, Lageplandarstellungen zusammengefasst. Die Abbildung 17 zeigt ebenfalls die verfahrenstechnische Bewertung. Doch in diesem Fall für die angestrebte Ausbaugröße von 70.000 EW

Die Förderleistung des **Einlaufhebewerkes** reicht aus, die aktuell anfallenden Wassermengen zu heben. Auch im Ausbauzustand wird die Förderleistung als ausreichend erachtet und das Einlaufhebewerk als verfahrenstechnisch gut bewertet

Die Nachberechnung der vorhandenen **Rechenanlage** führt zu dem Ergebnis, dass bereits im Ist-Zustand die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit zwischen den Rechenstäben von 1,2 m/s überschritten wird. Eine Überschreitung dieser Fließgeschwindigkeit hat zur Folge, dass sich Rechengut zwischen den Rechenstäben durchdrückt und die Reinigungsleistung gemindert wird. Des Weiteren bietet die 2-straßige Rechenanlage keine Redundanzen in einem möglichen Ausfallszenario. Zusätzlich ruft die vorhandene Rechengutbehandlung betriebliche Probleme hervor. Zusammenfassend wird die Verfahrenstechnik der Rechenanlage für den Ist- und Ausbauzustand als nicht ausreichend bewertet. Die nachfolgende Abbildung 13 zeigt einen Ausschnitt aus der klärtechnischen Nachbemessung der Rechenanlage.

Feinrechenanlage Ist-Zustand			
Bemessungswassermenge			
Mischwasserabfluss zur Kläranlage	$Q_{M, EHW}$	=	359 l/s
Bemessung des Rechens			
Anzahl Rechen	n	=	2
gewählte Spaltbreite	a	=	6 mm
gewählte Stabdicke	d	=	3,0 mm
Belegungsgrad (Annahme)	ζ	=	50 %
gewählter Aufstellwinkel	α	=	70 °
Länge des Rechens	h	=	0,69 m
wirksame Querschnittsfläche je Rechen	A_B	=	0,14 m ²
wirksame Querschnittsfläche gesamt	$A_{B, ges}$	=	0,28 m ²
Fließgeschwindigkeit zwischen den Lamellen	v	=	1,30 m/s ~ v_{max} = 1,2 m/s

Abbildung 13: Auszug aus der klärtechnischen Nachberechnung der Rechenanlage im Ist-Zustand

Die auf der Abbildung 14 dargestellten Ergebnisse der klärtechnischen Nachberechnung, zeigen erhöhte Aufenthaltszeiten des bestehenden **Sandfanges**. Der verfahrenstechnische Zustand des Sandfanges wird zusammenfassend dennoch sowohl für den Ist- als auch für den Ausbauzustand als ausreichend bewertet.

Belüfteter Sandfang			
Beckenabmessungen			
erf. Aufenthaltszeit (Abscheidung Kornfraktion 0,16 - 0,2 mm zu 95%)	$t_{R, erf}$	=	500 s
erforderliches Volumen	$V_{ges, erf}$	=	180 m ³
Anzahl aktive Straßen bei Regenwetter	n	=	2
Anzahl aktive Straßen bei Trockenwetter	n	=	2
erforderliches Volumen je Straße	$V_{SF, erf}$	=	90 m ³
Nachweis der erforderlichen Aufenthaltszeit und Fließgeschwindigkeit			
Aufenthaltszeit bei Regenwetter	$t_{R, RW}$	=	1023 s > $t_{R, erf}$
Aufenthaltszeit bei Trockenwetter	$t_{R, TW}$	=	4.184 s > $t_{R, erf}$
horizontale Fließgeschwindigkeit bei Regenwetter	$v_{h, RW}$	=	0,03 m/s < $v_{h, max} = 0,2$ m/s
horizontale Fließgeschwindigkeit bei Trockenwetter	$v_{h, TW}$	=	0,01 m/s < $v_{h, max} = 0,2$ m/s

Abbildung 14: Auszug aus der klärtechnischen Nachberechnung des Sandfanges

Von den zwei vorhandenen **Vorklärbecken** wird aktuell ein Becken betrieben. Für diesen Betriebszustand wird die Nachbemessung der Vorklärung durchgeführt. Die Ergebnisse der Nachberechnung sind in Form von Aufenthaltszeiten auf der nachfolgenden Abbildung 15 zusammengefasst. Bei der Betrachtung der Ergebnisse bildet die vorhandene Durchflusszeit bei mittlerem Trockenwetterzufluss eine ausschlaggebende Kenngröße. Diese Durchflusszeit liegt bei ca. 3,7 Stunden. Durch den Betrieb eines Bypasses um die Vorklärung kann diese Aufenthaltszeit reell noch größer sein. Die ermittelte Aufenthaltszeit weicht somit deutlich von den aktuell angepeilten Aufenthaltszeiten von ≤ 1 Stunde ab. Durch zu große Aufenthaltszeiten in der Vorklärung wird ein großer Teil des Kohlenstoffes in der Vorklärung abgeschieden. Der abgeschiedene Kohlenstoff steht dann nicht mehr in der nachfolgenden Biologie für den Denitrifikationsprozess zur Verfügung. Somit wird die vorhandene Vorklärung als deutlich zu groß und somit auch als nicht ausreichend in der Bestandsbewertung aufgeführt.

Nachberechnung Vorklärbecken			
Bemessungswassermengen			
Mischwasserabfluss im Zulauf VK (inkl. Schlammwässer)	$Q_{M,VKB}$	=	359 l/s
Bemessungsparameter			
max. zulässige Oberflächenbeschickung bei TW-Zufluss	$q_{A,max}$	=	4,0 m/h
min. zulässige Oberflächenbeschickung bei TW-Zufluss	$q_{A,min}$	=	2,5 m/h
Richtwert Durchflusszeit bei Trockenwetter	$t_{R,TW}$	=	1,0 h
erforderliches Volumen	$V_{erf,ges}$	=	316 m ³
mind. erforderliche Beckentiefe	$h_{erf,min}$	=	2,50 m
max. erforderliche Beckentiefe	$h_{erf,max}$	=	4,00 m
gewählte Abmessungen			
Anzahl Straßen	n	=	1
gewählte Beckenbreite (je Straße)	b	=	6,0 m
gewählte Beckenlänge	l	=	40,0 m
konstruktive Beckentiefe	h	=	3,5 m
vorh. Volumen gesamt	$V_{vorh,ges}$	=	833 m ³
vorh. Volumen je Straße	V_{vorh}	=	833 m ³
Resultierende Prozessparameter			
Durchflusszeit			
vorh. Durchflusszeit bei max. TW-Abfluss	$t_{R,TW}$	=	2,63 h
vorh. Durchflusszeit bei max. Mischwasserabfluss	$t_{R,RW}$	=	0,64 h
vorh. Durchflusszeit bei mittlerem TW-Abfluss	$t_{R,TW,aM}$	=	3,69 h

Abbildung 15: Auszug aus der Nachbemessung der Vorklärung

Die verfahrenstechnische Bewertung der **biologischen Reinigungsstufe** basiert auf der, 2021 von Dr. Julia Kopp durchgeführten Studie zur Bilanzierung der Kläranlage Oelde. Zusammengefasst kommt Dr. Julia Kopp zu dem Ergebnis, dass die Kläranlage aktuell in einem Bereich von 51.000 – 59.000 EW (Bezogen auf CSB und Stickstoff) belastet wird und somit ihre Nenngroße von 47.000 EW erreicht und teilweise sogar überschritten. Die Belebungsbeckenkapazität der Kläranlage Oelde ist zwar mit dem derzeitigen Beckenvolumen noch ausreichend um die Ablaufwerte einzuhalten, jedoch wird von Dr. Kopp empfohlen, diese Kapazität nicht dauerhaft zu überschreiten. Insbesondere in Bezug auf die zu erwartenden Anschlusszuwachs der Kläranlage Oelde reicht die derzeitige Kapazität der biologischen Reinigungsstufe nicht aus.

Die **Faulbehälter** sind für die derzeitige Belastung der Kläranlage Oelde ausreichend groß dimensioniert. Auch ein leicht erhöhter Schlammanfall könnte aus verfahrenstechnischen Gesichtspunkten noch toleriert werden. Der **Gasspeicher** ist mit seiner derzeitigen Kapazität zu klein. Eine zielführende Bewirtschaftung des anfallenden Faulgases ist derzeit aufgrund der geringen Speicherkapazität nicht möglich, sodass dieses häufig abgefackelt werden muss. Der vorhandene Gasbehälter ist daher zwingend durch einen neuen mit größerem Speichervolumen zu ersetzen.

KONVULSION

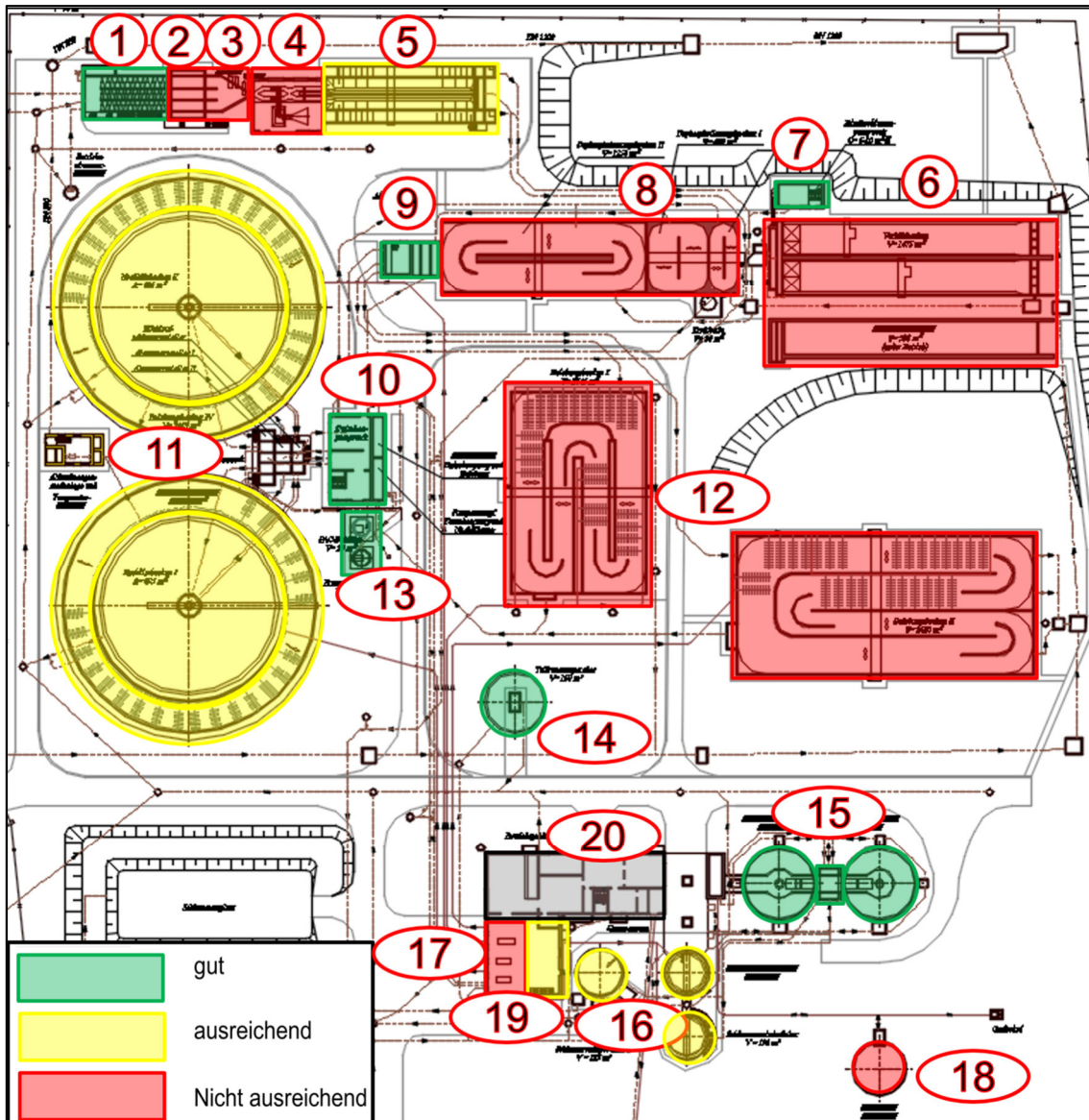


Abbildung 16: Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ist-Zustand

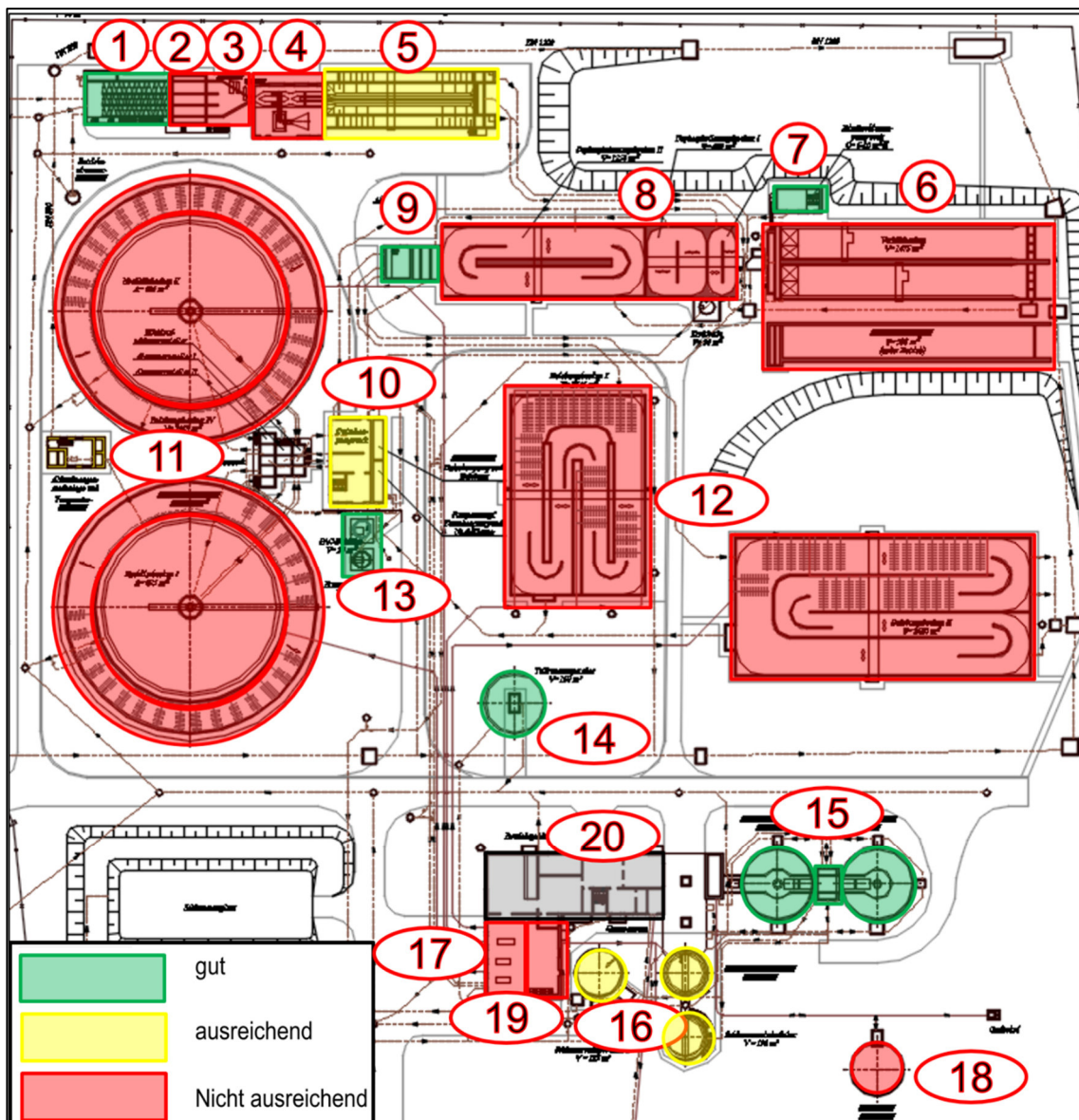


Abbildung 17: Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ausbautzustand 70.000 EW

4 BEMESSUNGEN AUSBAUZUSTAND

4.1 Ausgangsdaten

Die Grundlage der Bemessung des Ausbauzustandes bilden die in Kapitel 2.4 festgelegten Abflüsse und Frachten. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind diese Eingangsdaten zusammen mit den aktuellen Überwachungswerten dargestellt.

Einwohnerwerte			
Einwohnerwerte			
Angeschlossene Einwohner	EW_{komm}	=	70.000 EW
Überwachungswerte und Reinigungsziele			
Überwachungswert CSB	$C_{CSB,ÜW}$	=	48,0 mg/l
Überwachungswert BSB ₅	$C_{BSB5,ÜW}$	=	4,0 mg/l
Überwachungswert N _{ges}	$S_{anorgN,ÜW}$	=	15,0 mg/l
Überwachungswert NH ₄ -N	$S_{NH4,ÜW}$	=	4,0 mg/l
Überwachungswert P _{ges}	$C_{P,ÜW}$	=	0,8 mg/l
Überwachungswert Chlorid	$Cl_{ÜW}$	=	300,0 mg/l
Bemessungsdaten			
Bemessungsfrachten			
CSB	$B_{d,CSB,Zul.}$	=	8.400 kg/d
BSB ₅	$B_{d,BSB5,Zul.}$	=	4.200 kg/d
N _{org}	$B_{d,Norg,Zul.}$	=	277 kg/d
NH ₄ -N	$B_{d,NH4-N,Zul.}$	=	493 kg/d
TKN	$B_{d,TKN,Zul.}$	=	770 kg/d
P _{ges}	$B_{d,Pges,Zul.}$	=	126 kg/d
AFS	$B_{d,TS,Zul.}$	=	4.900 kg/d
Abflussdaten - Prognose für Endausbau			
Trockenwetterabfluss	$Q_{T,Ø}$	=	8.750 m ³ /d
Mischwasserzufluss	$Q_{M,Ø}$	=	30.625 m ³ /d
	$Q_{T,h,Ø}$	=	101 l/s
	SF	=	16 -
	$Q_{T,h,max}$	=	152 l/s
	$Q_{M,Ø}$	=	1276 m ³ /h
	$Q_{M,Ø}$	=	354 l/s

Tabelle 5: Bemessungsdaten für den Ausbauzustand

Die Rückbelastung durch Schlammwasser wird durch die, in der Tabelle 6 dargestellten, Wassermenge und Frachten in der Berechnung abgebildet. Da eine Prozesswasserbehandlungsanlage weiterhin als optional betrachtet wird, findet deren Auswirkung auf die Rückbelastung durch Prozesswässer, keine Berücksichtigung. Im Rahmen der Lageplankonzeption und in der Kostenschätzung, wird die Behandlung von Prozesswässern mitberücksichtigt.

Rückbelastung durch Schlammwasser		
Abwassermenge Rückbelastung		
Q_{SW}	=	135 m ³ /d
Frachten Rückbelastung 85%til (ohne Prozesswasserbehandlung)		
CSB	1% von $B_{d,CSB,Z}$ =	84,0 kg/d
TS	0% von $B_{d,TS,Z}$ =	0,0 kg/d
TKN	13% von $B_{d,TKN,Z}$ =	103,8 kg/d
N_{org}	87% von Rückbe =	89,8 kg/d
NH_4-N	13% von Rückbe =	14,0 kg/d
NO_3-N	0% von Rückbe =	0,0 kg/d
P_{ges}	0% von $B_{d,P,Z}$ =	0,0 kg/d

Tabelle 6: Annahmen für die Rückbelastung aus Schlammwasser

4.2 Einlaufhebwerk

Das aktuelle Schneckenpumpwerk besitzt ausreichende Kapazitäten um die im Ausbauzustand erforderliche Wassermenge zu fördern. Im Falle einer Sanierung werden daher die aktuellen Abmessungen beibehalten. Wird ein neues Einlaufhebwerk errichtet, werden die Abmessungen des Pumpwerkes auf Grundlage eines Projektes mit einer vergleichbaren Förderleistung gewählt.

4.3 Rechen

Nach Abstimmung mit der Stadt Oelde werden einstufige Feinrechen für die zukünftige Kläranlage vorgesehen. Um ausreichende Redundanzen zu gewährleisten wird die Rechenanlage 3-straßig ausgelegt. Der maximale Zufluss kann bereits von zwei Straßen behandelt werden. So bildet die dritte Rechenstraße eine Sicherheit für den Ausfall einer gesamten Rechenstraße. Die Abmessungen des Rechengebäudes und der Rechengutcontainerhalle, werden ebenfalls auf Basis von Referenzprojekten und Erfahrungswerten getroffen.

4.4 Sand- und Fettfang

Die Bemessung des belüfteten Sand- und Fettfanges erfolgt nach den Empfehlungen des DWA-Fachausschusses KA-5 (2008). Die in die Bemessung eingehenden Ausgangswerte sowie die maßgeblichen Ergebnisse der klärtechnischen Berechnung, zeigt die Tabelle 7. Im Gegensatz zum bestehen Sandfang, werden nur bei Mischwasserzufluss, beide Sandfangstraßen betrieben. Sollte eine Sandfangstraße ausfallen, bietet eine Straße genug Kapazitäten, um eine Aufenthaltszeit von über 300 Sekunden bei Mischwasserzufluss, zu gewährleisten. Für die Breite des Fettfangerinnes wurde 1 m gewählt.

Belüfteter Sandfang			
Bemessungswassermengen			
Regenwasserabfluss	Q_M	=	354 l/s
Max. stündlicher TW-Abfluss	Q_T	=	101 l/s
Beckenabmessungen			
erf. Aufenthaltszeit (Abscheidung Kornfraktion 0,16 - 0,2 mm zu 95%)	$t_{R,erf}$	=	500 s
erforderliches Volumen	$V_{ges,erf}$	=	177 m ³
Anzahl aktive Straßen bei Regenwetter	n	=	2
Anzahl aktive Straßen bei Trockenwetter	n	=	1
erforderliches Volumen je Straße	$V_{SF,erf}$	=	89 m ³
Breite je Straße (gewählt)	b_{SF}	=	2,0 m
Breite Mittelwand	b_{MW}	=	0,25 m
Breite Gesamt	b_{ges}	=	3,15 m
erforderliche Tiefe	$h_{SF,erf}$	=	2,5 m
Sandfangtiefe, konstruktiv	h_{SF}	=	2,5 m
Querschnitt Sandfang	A_{SF}	=	4,18 m ²
erforderliche Länge	$l_{SF,erf}$	=	21,2 m
gewählte Länge	l_{SF}	=	28,0 m
vorhandenes Volumen je Straße	V_{SF}	=	117 m ³
Nachweis der erforderlichen Aufenthaltszeit und Fließgeschwindigkeit			
Aufenthaltszeit bei Regenwetter	$t_{R,RW}$	=	660 s
Aufenthaltszeit bei Trockenwetter	$t_{R,TW}$	=	1.155 s
Aufenthaltszeit bei Regenwetter und n-1	$t_{R,RW}$	=	330 s

Tabelle 7: Auszug aus der klärtechnischen Berechnung des Sandfanges

4.5 Vorklärbecken

Die Tabelle 8 zeigt einen Auszug aus der klärtechnischen Berechnung der Vorklärbecken. Für die Berechnung wird von einem Parallelbetrieb der drei Vorklärbecken ausgegangen. Die angesetzten Verhältnisswerte, sowie die angestrebten Aufenthaltszeiten, wurden nach den Vorgaben des DWA-Fachausschusses KA-5 (2008) gewählt.

Dimensionierung Vorklärbecken			
Bemessungswassermengen			
Mischwasserabfluss im Zulauf VK (inkl. Schlammwässer)	$Q_{M,VKB}$	=	356 l/s
Max. TW-Abfluss im Zulauf VK (inkl. Schlammwässer)	Q_T	=	153 l/s
Tägl. TW-Abfluss im Zulauf VK	Q_T	=	8.750 m ³ /d
Bemessungsparameter			
max. zulässige Oberflächenbeschickung bei TW-Zufluss	$q_{A,max}$	=	4,0 m/h
min. zulässige Oberflächenbeschickung bei TW-Zufluss	$q_{A,min}$	=	2,5 m/h
Richtwert Durchflusszeit bei Trockenwetter	$t_{R,TW}$	=	1,0 h
erforderliches Volumen	$V_{erf,ges}$	=	552 m ³
mind. erforderliche Beckentiefe	$h_{erf,min}$	=	2,50 m
max. erforderliche Beckentiefe	$h_{erf,max}$	=	4,00 m
gewählte Abmessungen			
Anzahl Straßen	n	=	3
aktive Straßen bei Regenwetter	n	=	3
aktive Straßen bei Trockenwetter	n	=	1
gewählte Beckenbreite (je Straße)	b	=	6,0 m
gewählte Beckenlänge	l	=	23,0 m
konstruktive Beckentiefe	h	=	2,5 m
vorh. Oberfläche gesamt	$A_{vorh,ges}$	=	414 m ²
vorh. Oberfläche je Straße	A_{vorh}	=	138 m ²
vorh. Volumen gesamt	$V_{vorh,ges}$	=	1.035 m ³
vorh. Volumen je Straße	V_{vorh}	=	345 m ³
Resultierende Prozessparameter			
Durchflusszeit			
vorh. Durchflusszeit bei max. TW-Abfluss	$t_{R,TW}$	=	0,62 h
vorh. Durchflusszeit bei max. Mischwasserabfluss	$t_{R,MW}$	=	0,81 h
vorh. Durchflusszeit bei mittlerem TW-Abfluss	$t_{R,TW,aM}$	=	0,95 h

Tabelle 8: Auszug aus der klärtechnischen Berechnung der Vorklärbecken

Durch die Aufenthaltszeit bei einem mittleren Trockenwetterzufluss, von ca. einer Stunde, ergeben sich nach DWA-A 131 (2016) die in Tabelle 9 aufgelisteten Abscheideleistungen. Die ermittelten Abscheideleistungen fließen in die Berechnung der biologischen Stufe aller Belebungsvarianten ein

Parameter	Abscheideleistung in %
C_{CSB}	30
X_{CSB}	45
X_{TS}	50
C_{KN}	10
C_P	10

Tabelle 9: Abscheideleistung der Vorklärung bei einer Aufenthaltszeit bei Trockenwetter von 0,75 h – 1 h (DWA-A 131, 2016)

4.6 Biologische Reinigungsstufe

Für die zukünftige biologische Reinigungsstufe der Kläranlage Oelde werden die folgenden Verfahrensvarianten betrachtet:

- Konventionelles Belebtschlammverfahren
- Sequencing Batch Reactor (SBR)
- Membranbioreaktor (MBR)

Die Bemessungen der drei Verfahrensvarianten werden im nachfolgenden, kompakt in Textform dargestellt. Ausführlich klärtechnische Berechnungen der biologischen Reinigungsstufen, sind den Bericht als Anlage XX beigefügt. Eine monetäre sowie nicht-monetäre Bewertung dieser Verfahren, erfolgt in Kapitel 9.

Konventionelles Belebtschlammverfahren

Die konventionelle Biologie kann nach verschiedenen Verfahrensweisen betrieben und ausgelegt werden. Für die weitere Betrachtung wird die Verfahrensweise einer intermittierenden Denitrifikation berücksichtigt. Dies bedeutet, dass das Belebungsbecken phasenweise bzw. nur in bestimmten Zonen belüftet wird und in Teilen des Beckens kein gelöster Sauerstoff vorhanden ist. Das entspricht auch

der derzeitigen Betriebsweise der biologischen Reinigungsstufe auf der Kläranlage Oelde.

Als Ausgangsdaten der klärtechnischen Berechnung der biologischen Reinigungsstufe dienen die in Kapitel 2.4 aufgeführten Frachten und Zuflüsse. Die genannten Frachten werden vor der Berechnung noch um den jeweiligen Wirkungsgrad der Vorklärung reduziert. Die Bemessung erfolgt nach DWA-A 131 (2016)

Die klärtechnische Berechnung ergibt für die Variante der konventionellen intermittierenden Denitrifikation, ein erforderliches Belebungsbeckenvolumen von ca. 18.500 m³. Die Belebungsbecken werden als 3-straßige Rechteckbecken geplant. Vor dem Hintergrund der anschließenden Lageplankonzeption werden für die Belebungsbecken folgende Abmessungen gewählt:

• Anzahl:	3
• Erforderliches Gesamtvolumen:	18.500 m ³
• Breite:	16,0 m
• Länge:	63,0 m
• Beckentiefe:	6,5 m

Auf Grundlage dieser Abmessungen wird der Flächenbedarf für die Lageplankonzeption bestimmt, sowie die Kosten geschätzt.

Die Berechnung der Nachklärbecken erfolgt ebenfalls nach DWA-A 131 (2016). Die Nachklärbecken werden, wie die Belebungsbecken, 3-straßig ausgeführt. Für die Räumung der Becken werden Schildräumer vorgesehen und deren Einfluss auf die Konzentration des Rücklaufschlammes berücksichtigt. Die Berechnung führt zu einer erforderlichen Nachklärbeckenoberfläche von ca. 1000 m². Für eine flächenoptimierte Lageplananordnung werden die Nachklärbecken als Rechteckbecken mit den folgenden Abmessungen konzeptioniert:

• Anzahl:	3
• Erforderliches Gesamtvolumen:	4.400 m ³
• Breite:	10,0 m
• Länge:	34,0 m
• Tiefe:	4,55 m

SBR-Verfahren

Als Ausgangswerte der Bemessung dienen dieselben Frachten und Abflüsse wie zur Berechnung des konventionellen Belebungsverfahrens. Die Berechnung erfolgt unter der Annahme von sechs SBR-Reaktoren und der Beschickung aus einem Vorspeicher.

Die Dauer eines SBR-Zyklus wird im Trockenwetterfall mit 8 Stunden gewählt. Bei Mischwasserzufluss wird der Gesamtzyklus auf 6 Stunden reduziert. Die verwendete Zyklusstrategie beinhaltet, aus dem Grund der Vergleichbarkeit mit den anderen Varianten, keine unbelüftete Phase zur biologischen Phosphorelimination. Die Dauer der Denitrifikationsphase errechnet sich aus dem Verhältnis aus V_D/V_{BB} . Die Berechnung dieses Verhältnisses geschieht iterativ nach DWA-A 131 (2016). Laut DWA-M 210 (2009) werden SBR-Anlagen mit Beschickung aus einem Vorspeicher oder mit alternierender Beschickung von mehreren Reaktoren, in der Berechnung wie Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation betrachtet.

Die Berechnung liefert ein maximal erforderliches Gesamtvolumen vom 22.083 m³. Die gewählten Abmessungen der sechs SBR-Reaktoren betragen:

- Anzahl: 6
- Erforderliches Gesamtvolumen: 19.300 m³
- Beckentiefe: 6,5 m
- Breite: 23 m
- Länge: 23 m

MBR-Verfahren

Die Bemessung der MBR-Reaktoren erfolgt, analog zur Bemessung der konventionellen Belebung mit intermittierender Denitrifikation. Nach DWA-M 227 (2014), erfolgt die Berechnung des erforderlichen Belebungsbeckenvolumens analog zur Berechnung von konventionellen einstufigen Belebungsanlagen nach DWA-A 131. Für den TR-Gehalt im Belebungsbecken, wird ein konservativer Ansatz von 7,5 mg/l gewählt. Die klärtechnische Berechnung liefert für die Variante mit intermittierender Denitrifikation ein erforderliches Belebungsbeckenvolumen von ca 7.800 m³.

Für die Bestimmung der erforderlichen Membranfläche wurden in erster Abschätzung verschiedene Lastfallszenarien gerechnet, die in Abhängigkeit der Abwassermenge bzw. der Dauer des Regenwetterereignisses und der Abwassertemperatur zu bewerten sind. Diese Betrachtungen, wie z.B. die alternative Untersuchung von 3/4 Straßen statt wie bisher angenommenen $n=6$ Straßen sind im Rahmen der weiteren Planung nochmals zu verifizieren. Auf der sicheren Seite wurde eine Membranfläche von 52.000 m^2 (5/6 Straßen) bzw. 62.300 m^2 (6/6 Straßen) für den n-1 Lastfall gewählt, die sich für einen Nettoflux von $24,5$ bzw. $20,4 \text{ l}/(\text{m}^2/\text{h})$ bei einer Abwassertemperatur von 7° Grad und einer max. hydraulischen Belastung von $Q_{\text{max}}=1.274 \text{ m}^3/\text{h}$ ermitteln lässt. Zurzeit in der Fachwelt diskutierte größere Ansätze von Fluxraten von bis zu $30\text{-}35 \text{ l}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ zur Minimierung der Membranfläche und damit der Investitionskosten werden in Einklang mit den Zielen der zukünftigen Abwasserreinigung in Oelde nicht angesetzt. Im Fall der Wahl des MBR-Verfahrens, wird eine Pilotierung empfohlen, um neben den für die Abwassermatrix in Oelde geeigneten Dimensionierungsparametern insbesondere die Leistungsfähigkeit der P-Elimination und die Spurenstoffelimination mit PAK-Zugabe zu untersuchen.

Zusammengefasst führen die Berechnungen zu den nachfolgend aufgeführten Designparametern der Membranbioreaktoren.

• Anzahl:	6
• Erforderliches Gesamtvolumen:	9.500 m^3
• Beckentiefe:	6,5 m
• Breite:	6,5 m
• Länge:	40 m
• Membranfläche:	62.300 m^2

4.7 Schlammbehandlung

Grundsätzlich ist die Schlammbehandlung ausreichend groß dimensioniert. Aufgrund des baulichen Zustands ist diese dennoch als Neubau einzuplanen. Im Gegensatz zum Ist-Zustand werden die Schlammbehandlung und das Betriebsgebäude entflochten um eine saubere Trennung der unterschiedlichen Arbeitsbereiche zu gewährleisten.

Geplant werden je zwei Vor- und Nacheindicker von insgesamt ca. 100 bzw. 350 m³ nutzbarem Volumen. Es werden zudem zwei Faulbehälter mit einem Gesamtvolumen von 2.500 m³ eingeplant. Ebenso ist die Schlammmentwässerung zu erneuern. Diese wird in einem separaten Gebäude in direkter Nähe zu den Faulbehältern vorgesehen. Darüber hinaus ist der vorhandene Gasbehälter zu ersetzen. Das bisherige Volumen ist für eine zweckmäßige Bewirtschaftung nicht ausreichend. Entsprechend wurde ein größeres Volumen für den Gasspeicher berücksichtigt.

4.8 Betriebsgebäude

Das vorhandene Betriebsgebäude ist eng mit der Schlammbehandlung verflochten. So ist über das Treppenhaus die untere Ebene der Faulbehälter zu erreichen. Ebenso sind im Untergeschoss des Betriebsgebäudes die Gebläse der biologischen Reinigungsstufe aufgestellt. Darüber hinaus grenzt das Büro des Klärmeisters direkt an die Schlammmentwässerung. Im Erdgeschoss sind zudem die Werkstatt sowie die Trafos angeordnet.

Da ein Umbau des Betriebsgebäudes nur durch eine kostenintensive Kernsanierung möglich wäre, wird es als zielführend eingestuft, das zukünftige Betriebsgebäude als Neubau einzuplanen. Im Rahmen des Umbaus/Neubaus der Kläranlage Oelde bietet dies die Möglichkeit, die neuen Prozessleitsysteme der Warte unabhängig vom Bestand zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Brandschutzrichtlinien können direkt in der Planung berücksichtigt werden und müssen nicht aufwendig in das Bestandskonzept integriert werden. Hinzu kommt, dass die bisherigen unterirdischen Verbindungen zu der Schlammbehandlung entfallen

5 VARIANTENBETRACHTUNG UND LAGEPLANKONZEPTION

Für die in Kapitel 4 auf den Ausbauzustand von 70.000 EW bemessenen Verfahrensstufen und Verfahrensvarianten der biologischen Reinigungsstufe wurden im folgenden Lageplankonzeptionen entworfen. Es wurden sowohl Lageplanvarianten in Betracht gezogen, bei welchen vorhandene Bausubstanz weitergenutzt/umfunktioniert wird sowie auch Varianten, welche einen kompletten Neubau der Kläranlage Oelde berücksichtigen.

5.1 Erweiterungsflächen und Bestandsnutzung

In Abbildung 18 sind die vorhandenen Bauwerke der Kläranlage Oelde nach der möglichen der Weiternutzung für einen Ausbauzustand von 70.000 EW sowie die freien Erweiterungsflächen dargestellt. In grün werden die Bauwerke dargestellt, welche für eine weitere Nutzung auf Basis der Bestandsbewertung in Betracht gezogen werden und in Rot ebenjene, welche obsolet sind und nicht weiter genutzt werden können. Die in Gelb gekennzeichneten Flächen gehören bereits der Stadt Oelde und können als Erweiterungsfläche für die zukunftsorientierte Modernisierung der Kläranlage in Anspruch genommen werden.

KONVULSION

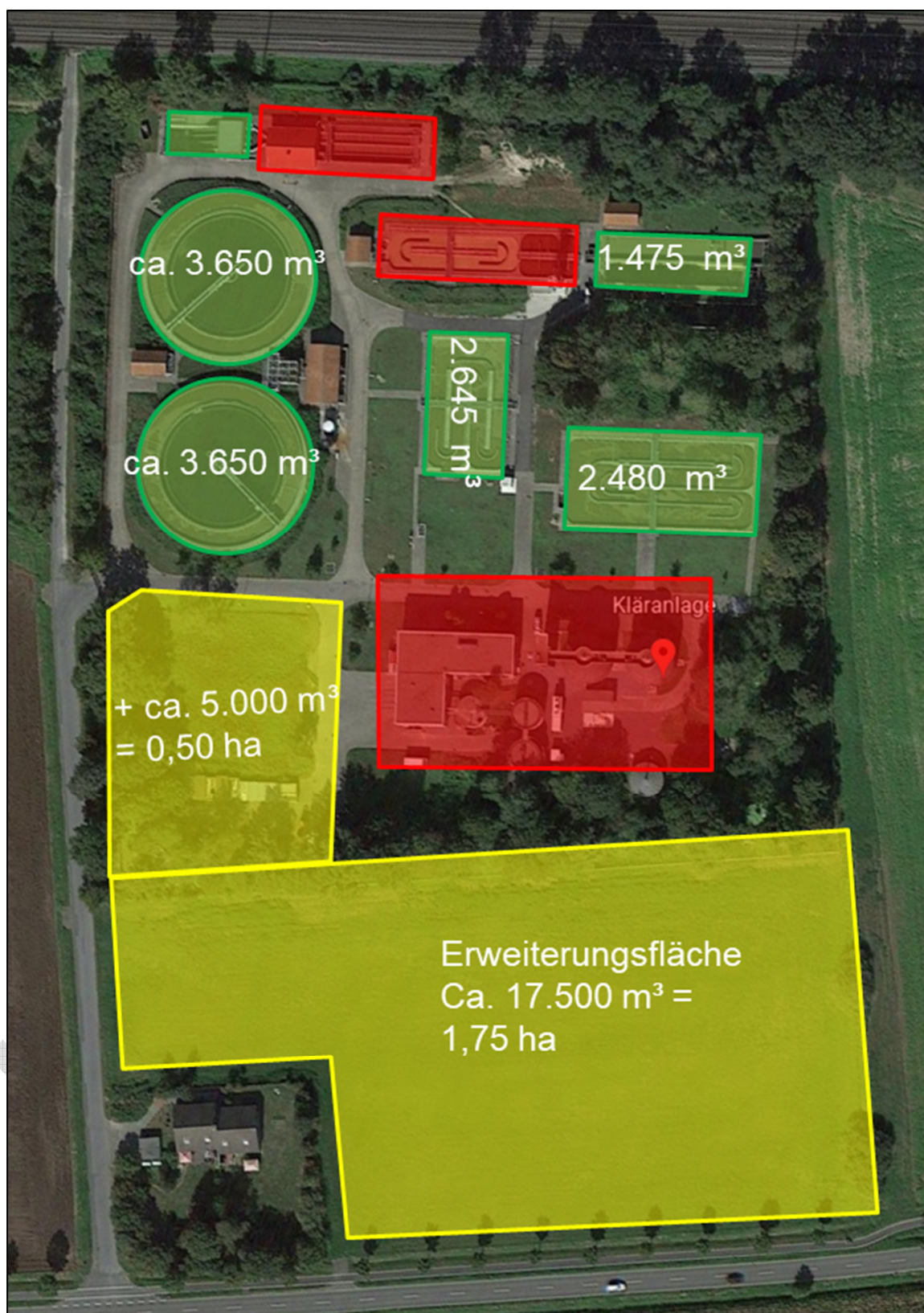


Abbildung 18: Grafische Lagaplandarstellung der Bestandsbewertung Verfahrenstechnik im Ausbaurzustand 70.000 EW

Auf Basis der Bestandsbewertung und im Hinblick auf die den bautechnischen Zustand sowie der zukünftigen verfahrenstechnischen Auslegung, sind das vorhandene Rechengebäude, das ehemalige Dephosphatierungsbecken sowie die Schlamm-schiene zukünftig nicht weiter nutzbar. Ebenso bietet sich eine Nutzung des vorhandenen Sandfangs in Bezug auf die verfahrenstechnische Anordnung der Verfahrens-stufen im Modernisierungskonzept für die KA Oelde nicht weiter an. Konzeptionell können die Rundbecken der derzeitigen Biologie auch für ein zukünftiges Konzept weiter berücksichtigt werden. Die rechteckigen Belebungsbecken weisen mit einer Tiefe von 3,0 m hingegen keine ausreichende Höhe für eine weitere Nutzung im Rahmen der biologischen Reinigungsstufe auf. Diese könnten ggf. für anderweitige Zwecke umfunktioniert werden.

Südlich der Bestandskläranlage steht eine weitere ca. 17.500 m² große Erweiterungsfläche zur Nutzung zur Verfügung. Zudem können die ehemaligen Schlamm-lagerplätze westlich des Betriebsgebäudes ebenso als Freifläche genutzt werden.

Für die Lageplankonzeption wurde zwischen Varianten auf dem Bestandsgelände inkl. Teilnutzung vorhandener Baustruktur und zwischen Varianten auf der zur Verfügung stehenden Erweiterungsfläche unterschieden. Hierbei wurden für alle Varianten der biologischen Reinigungsstufe (konventionelle Biologie, SBR, MBR) wurden Lageplankonzepte sowohl für auf dem Bestandsgelände sowie auf der Erweiterungsfläche erstellt. Die Konzepte wurden der Stadt Oelde im Rahmen eines Lageplanworkshops am 22.03.2022 vorgestellt, diskutiert und gemeinsam erstellt bzw. auf zu berücksichtigenden Randbedingungen angepasst.

5.2 Lageplankonzeption Bestandsgelände

Für die Erarbeitung der Lageplankonzepte aller drei Varianten auf dem Gelände des Bestandsklärwerks, werden die gleichen Randbedingungen angenommen. Der vorhandene Zulaufkanal, in der nordwestlichen Ecke des Kläranlagengeländes, soll in allen Varianten aufgegriffen werden. Zudem wird geplant, das aktuelle Ablaufprofil zum Axtbach weiterhin zu nutzen. Mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit erfolgt die Lageplankonzeption für die Umbauvarianten auf dem Bestandsgelände der Kläranlage Oelde. Für den Umbau soll dadurch weitestgehend auf den Verbrauch zusätzlicher Flächen verzichtet werden. Nach Möglichkeit werden vorhandene Bauwerke ertüchtigt, oder deren Flächen für die Errichtung neuer Gebäude verwendet. Auch wenn die bautechnische Bewertung der Bestandsbecken überwiegend zufriedenstellend ausfiel, wird die Weiternutzung bestehender Becken, zur biologischen Abwasserbehandlung oder als Nachklärbeckenvolumen, nicht

berücksichtigt. Gründe dafür sind die vorhandenen Beckenabmessungen mit teilweise geringen Tiefen, welche nicht dem Stand der Technik entsprechen, sowie das eine Außerbetriebnahme zur Ertüchtigung der Becken, aufgrund der Auslastung nicht ohne weiteres möglich ist. Abbildung 19 zeigt den Lageplan der bestehenden Kläranlage, der für die Lageplankonzeption der Umbauvariante zugrunde liegt. Die Lage des Zulaufkanals und des Ablaufprofils sind im Lageplan markiert. Weiterhin ist zu beachten, dass aufgrund der Auslastung der Anlage, während der Umbauarbeiten weder auf Belebungsbeckenvolumen noch auf Volumen der Nachklärung verzichtet werden kann. Daher müssen alle Becken der biologischen Stufe weiterhin betrieben werden und können erst dann stillgelegt oder umgenutzt werden, wenn dementsprechend neue Kapazitäten geschaffen wurden.

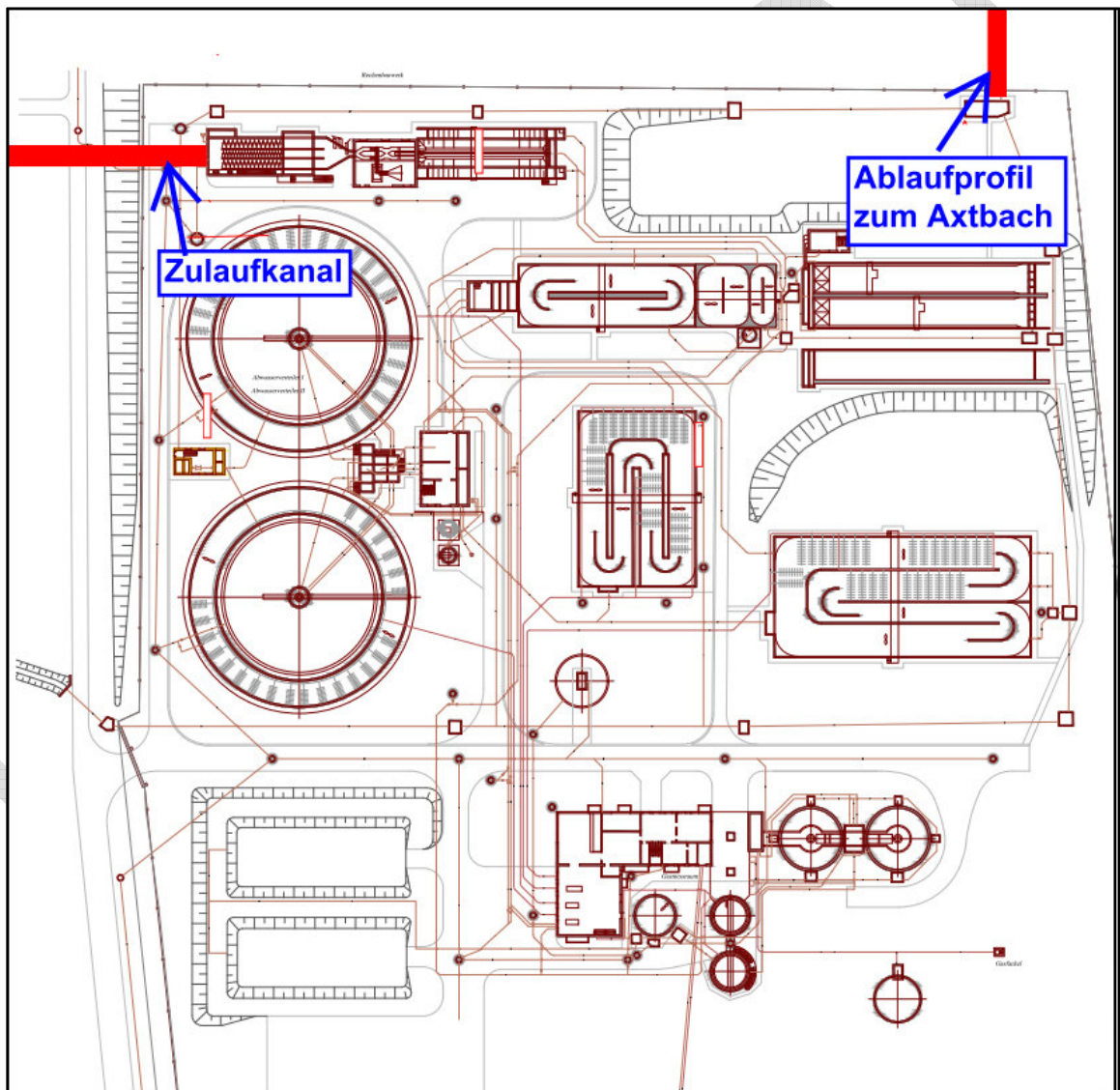


Abbildung 19: Lageplan der KA Oelde mit Kennzeichnung des Zu- und Ablaufkanals

Da die Bestandsanalyse zu dem Ergebnis führt, dass eine weitere Nutzung der vorhandenen Schlammbehandlung nicht zukunftsfähig ist, wird der Neubau der gesamten Schlammbehandlung erforderlich. Daher wird es als sinnvoll angesehen, diesen Neubau variantenübergreifend als erste Bauphase durchzuführen. Als Standort des Neubaus bietet es sich an, die freie Fläche im Bereich der ehemaligen Schlammbeete, westlich des bestehenden Betriebsgebäudes zu nutzen (vgl. Abbildung 20). Diese Bauphase beeinflusst den laufenden Betrieb der Kläranlage nicht und kann so der restlichen Ertüchtigung vorgezogen werden. Der Bereich des geplanten Standorts liegt verkehrstechnisch günstig, in der Nähe der Einfahrt zum Kläranlagengelände, und ermöglicht so zukünftig eine direkte Anfahrt im Sinne der Klärschlammlogistik. Mit Abschluss der Bauphase wird der bisherige Standort der Schlammbehandlung frei und kann folglich in der weiteren Konzeption als verfügbare Fläche angesehen werden.

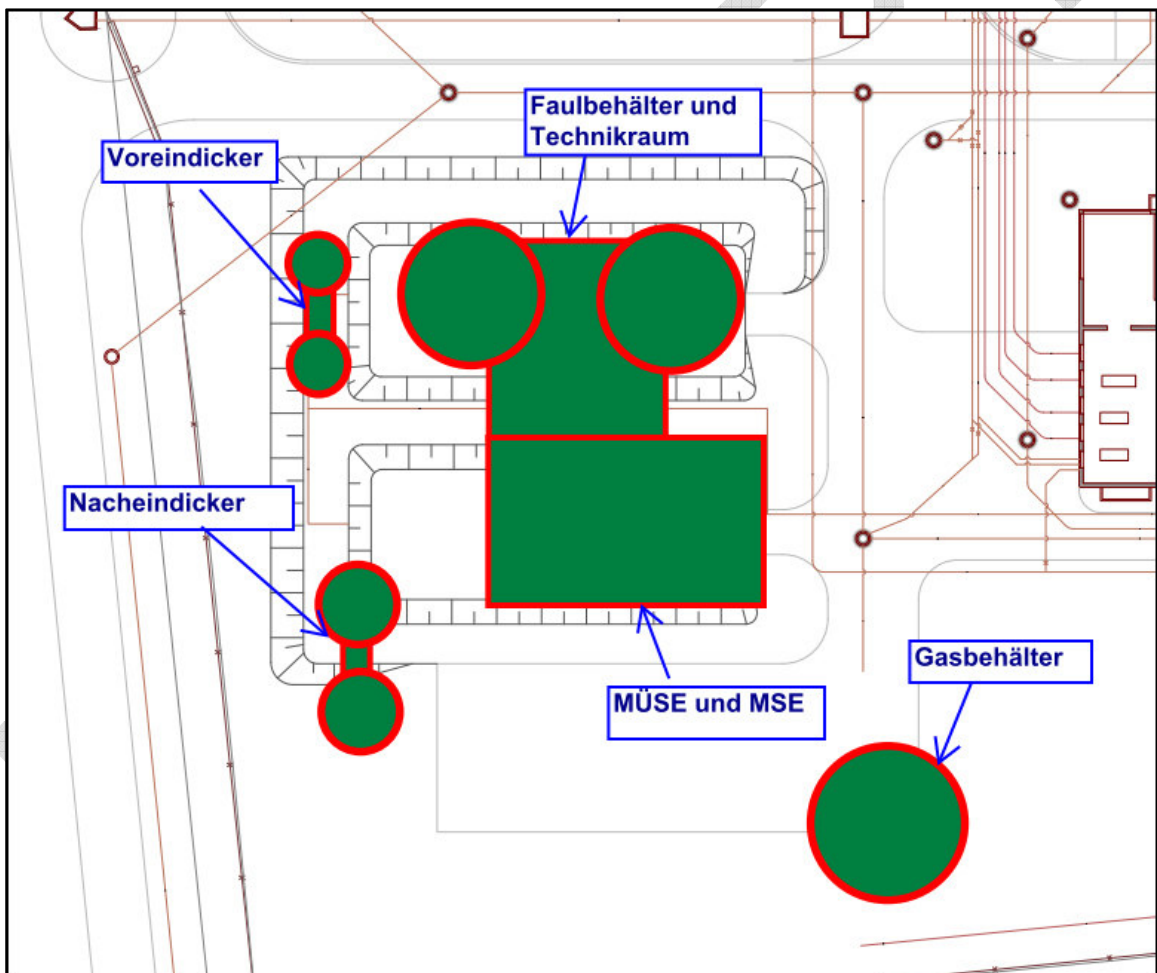


Abbildung 20: Lageplan der KA Oelde mit Kennzeichnung des Zu- und Ablaufkanals

Neben der Schlammbehandlung erfolgt auch der variantenübergreifende Um- und Neubau des Rohwasserpumpwerkes und der mechanischen Reinigung. Dieser Bauabschnitt wird in zwei Bauphasen unterteilt. In der ersten Bauphase werden das Rechengebäude, sowie der Sand- und Fettfang, östlich der bestehenden mechanischen Reinigung neu errichtet. Die Vorklärbecken werden im laufenden Betrieb ertüchtigt. Da im Ist-Zustand der Kläranlage nur ein Vorklärbecken betrieben wird, besteht die Möglichkeit, die zwei Vorklärbecken im Wechsel zu ertüchtigen. Nach Fertigstellung dieser Verfahrensstufen, wird das Rohwasserpumpwerk und die alte mechanische Verfahrensstufe provisorisch umfahren. Dazu wird das ankommende Rohabwasser im Zulaufkanal durch Pumpen gehoben und über eine Druckrohrleitung in den Zulaufkanal der neuen Rechen eingespeist. Den Lageplan der ersten Bauphase zeigt Abbildung 21. In den nachfolgenden Lageplänen werden die Bauwerke in zwei unterschiedlichen Farbtönen dargestellt. Bauwerke, welche in der benannten Bauphase errichtet oder ertüchtigt werden, besitzen eine grüne Füllung. Bauwerke, die in vorangegangenen Bauphasen erbaut oder ertüchtigt worden sind, werden in grau dargestellt.

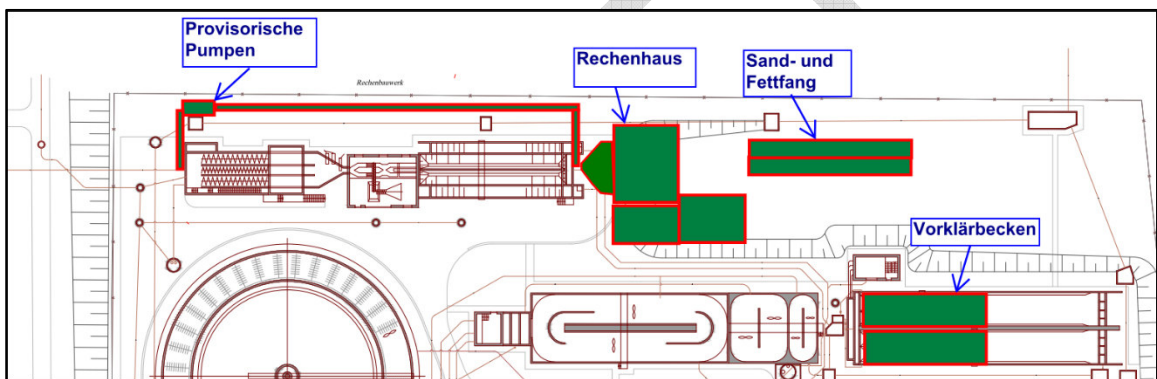


Abbildung 21: Lageplankonzeption Rohwasserpumpwerk und mechanische Reinigung Bauphase I

Bauphase II beinhaltet die anschließende Ertüchtigung des Rohwasserpumpwerkes. Über einen neuen Zulaufkanal wird das Rohwasserpumpwerk mit dem neuen Rechenhaus verbunden. Abbildung 22 zeigt den Lageplan der zweiten Bauphase.

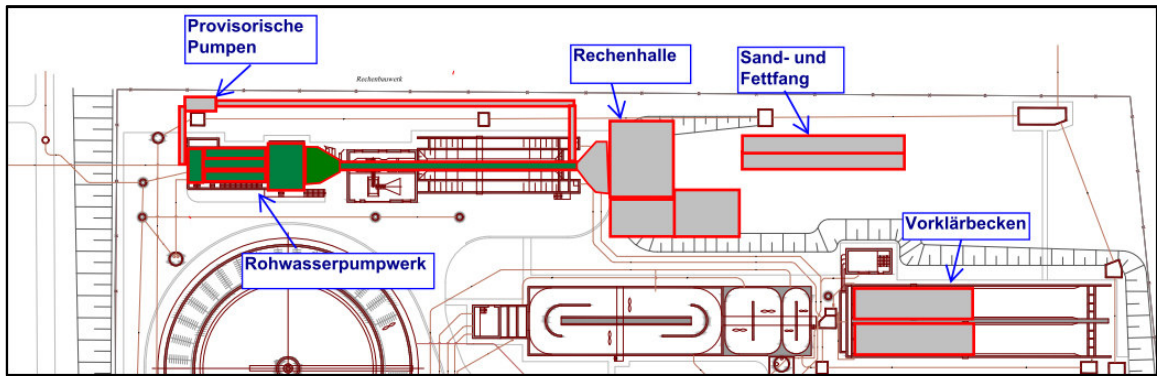


Abbildung 22: Lageplankonzeption Rohwasserpumpwerk und mechanische Reinigung Bauphase I

5.2.1 Variante 1.1 und 1.2: Konventionelle Belebung Bestandsgelände

Die Variante 1 berücksichtigt den Neubau einer konventionellen biologischen Reinigungsstufe auf dem Gelände der Bestandskläranlage. Diese Variante teilt sich in die Variante 1.1 und 1.2 auf. In Variante 1.1 wird ein kompletter Neubau der biologischen Verfahrensstufe vorgesehen. Bei Variante 1.2 werden die vorhandenen Rundbecken der derzeitigen biologischen Reinigungsstufe umgebaut und zukünftig als Teil der neuen biologischen Verfahrensstufe genutzt. Da das erforderliche Gesamtvolumen jedoch nicht durch die zwei vorhandenen Rundbecken erreicht wird, ist der Neubau eines weiteren Beckens als Teil der biologischen Reinigungsstufe erforderlich.

Variante 1.1

Die Umsetzung dieser Variante erfolgt in zwei Bauphasen. Die Ausführung der ersten Phase erfolgt parallel zum Betrieb der Bestandanlage, ohne diesen zu beeinflussen. Südlich der Vorklärbecken wird das erste, von insgesamt drei geplanten Belebungsbecken errichtet. Die zugehörige Gebläsestation wird unterhalb des bestehenden Belebungsbecken II angeordnet. Die 3-straßige Nachklärung wird im südöstlichen Teil des Kläranlagengeländes errichtet. Am Ende der ersten Bauphase werden die ersten beiden Belebungsbecken, sowie die Nachklärung, in Betrieb genommen. Aufgrund des geringeren Platzbedarfs werden rechteckige Nachklärbecken vorgesehen.

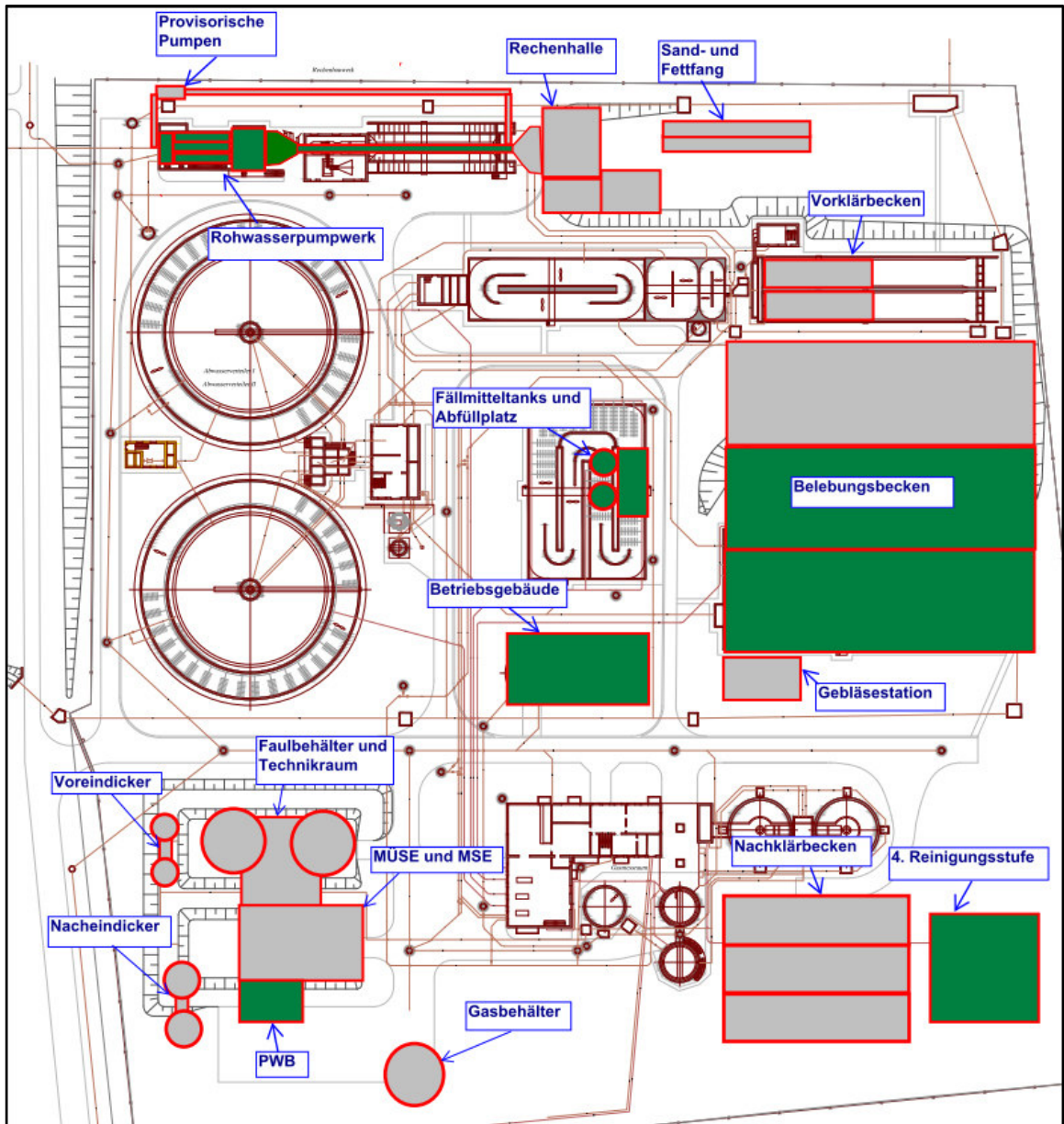


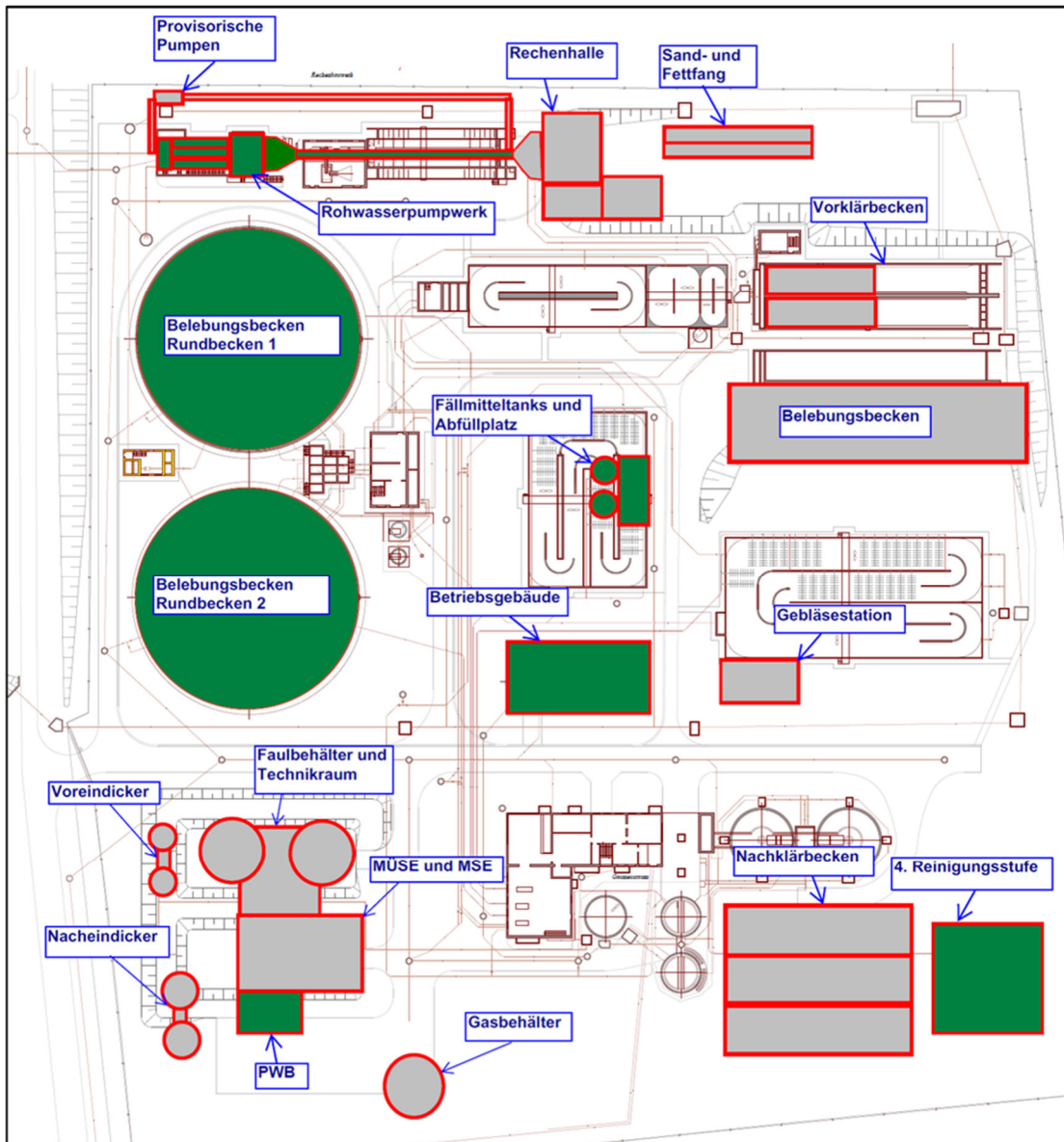
Abbildung 23: Variante 1.2 - Bauphasen I (grau) und II (grün) Lageplankonzeption konventionelle Biologie

Mit dem Abschluss der ersten Bauphase, kann in der Bauphase II das Belebungsbecken II stillgelegt und rückgebaut werden. Im Anschluss werden an der Stelle des Belebungsbeckens II, die zwei übrigen neuen Belebungsbecken errichtet. Der Standort des bestehenden Belebungsbeckens I wird im Anschluss für den Bau der neuen Dosierstation umgenutzt. Der Bau einer optionalen Prozesswasserbehandlung, kann ebenfalls an dieser Stelle erfolgen. Das neue Betriebsgebäude findet südlich das Belebungsbecken I Platz. Als Bauplatz für eine optionale 4. Reinigungsstufe, dient der Standort der bestehenden Faulbehälter.

Variante 1.2

Die auf Abbildung XX dargestellte Variante 1.2, bildet eine Abwandlung der zuvor beschriebenen Variante 1.1. Das Ziel ist die Umsetzung des konventionellen Belebtschlamm-verfahrens unter weiterreichender Verwendung vorhandener Beckenstrukturen. Der Bauablauf erfolgt analog zur Variante 1.1, in zwei Bauphasen. Die erste Bauphase ist in beiden Varianten identisch. Die Unterschiede zu Variante 1.1 zeigt die Bauphase II. An-statt südlich des neuen Belebungsbeckens zwei weitere Belebungsbecken anzuschließen, werden die beiden bestehenden Kombibecken zu intermittierend belüfteten Belebungsbecken umgebaut. Dafür wird die bestehenden Trennwände zwischen Nachklär- und Belebungsbecken zurückgebaut, der Beton saniert und die Becken mit der entsprechenden Verfahrenstechnik ausgestattet. Aufgrund der unterschiedlichen Wasserspiegel zwischen den sanierten Kombibecken und dem sich südlich der Nachklärung befindlichen Belebungsbecken, benötigt diese Variante ein Zwischenpumpwerk. Alle weiteren Bestandteile der Bauphase II entsprechen denen der Variante 1.1

KONVERGENZ



5.2.2 Variante 2: SBR-Verfahren Bestandsgelände

Der Bau dieser Variante erfolgt ebenfalls in zwei Phasen. In der ersten Bauphase erfolgt der Neubau des Rechengebäudes und des Sandfanges sowie die Ertüchtigung der Vorklärbecken, analog zu den vorangegangenen Variante 1.1 und 1.2. Ferner werden die ersten beiden SBR-Reaktoren im Bereich zwischen dem vorhandenen Zwischenklärbecken und des Belebungsbecken II errichtet. Das stillgelegte Zwischenklärbecken wird in dieser Umbauvariante als provisorischer Vorseicher der SBR-Reaktoren genutzt. In der südöstlichen Ecke des Geländes wird der Ablaufspeicher vorgesehen.

In der zweiten Bauphase werden die vier weiteren SBR-Reaktoren errichtet. Das bestehende Belebungsbecken I wird zum SBR-Vorspeicher umfunktioniert. In dieser Variante wird die Möglichkeit genutzt, das Betriebsgebäude zu ertüchtigen. Neben dem Neubau der Fällmitteltanks, werden in dieser Phase optional die Prozesswasserbehandlung sowie die 4. Reinigungsstufe ausgeführt.

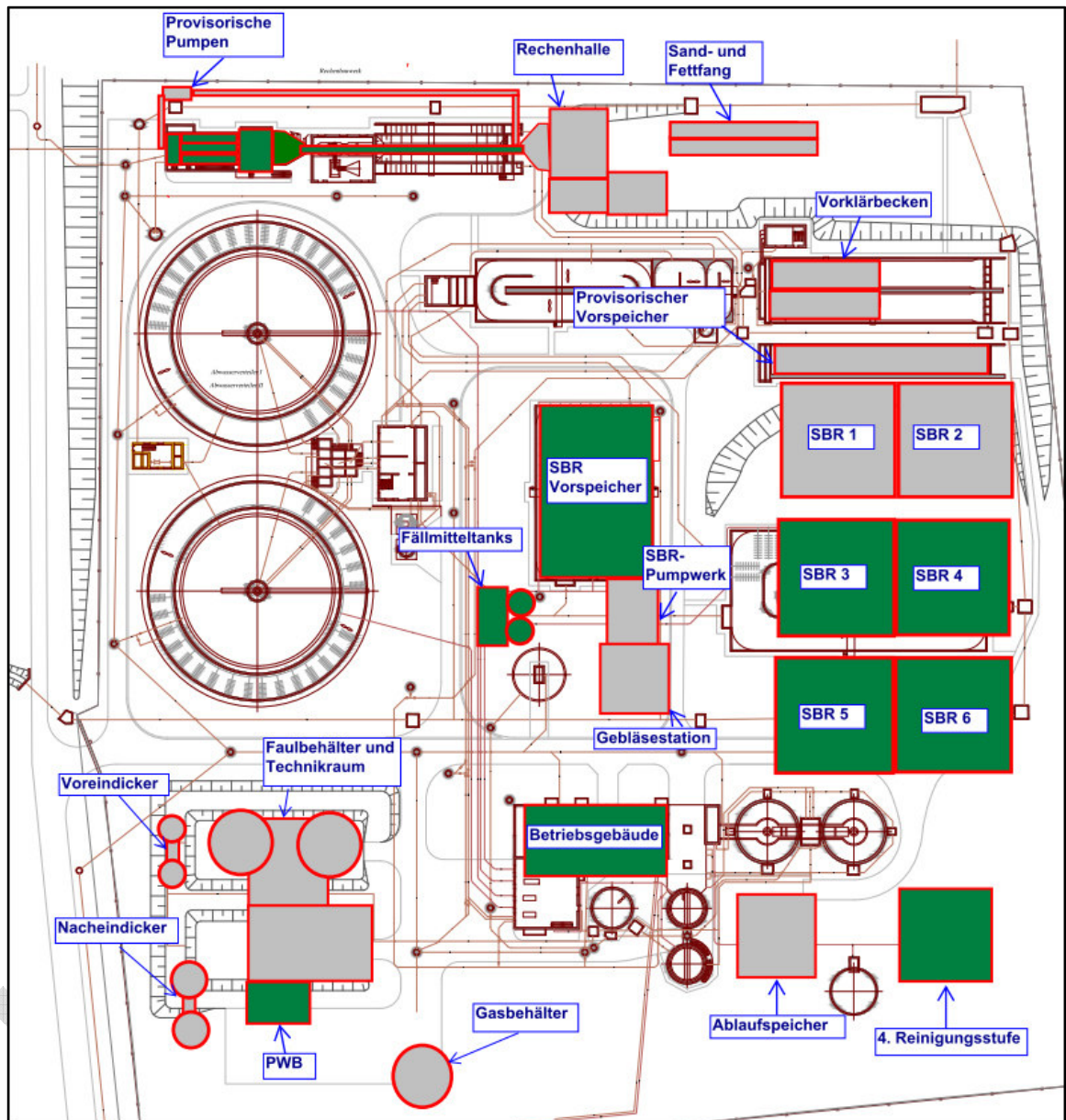


Abbildung 24: Variante 2 - Bauphasen I (grau) und II (grün) Lageplankonzeption SBR-Verfahren

5.2.3 Variante 3: MBR-Verfahren Bestandsgelände

Im Gegensatz zu den vorherigen Verfahren kann die MBR-Variante gesamtheitlich ausgeführt werden, ohne Beckenvolumen außer Betrieb zu nehmen. Daher wird

die Variante nicht in Bauphasen untergliedert. Einzig der Bau der mechanischen Reinigung, sowie des Rohwasserpumpwerkes bedingt einen zeitlichen Versatz analog zu den vorangegangenen Varianten. Die MBR-Reaktoren werden südlich der Vorklärbecken angeordnet. Die weitergehende mechanische Abwasserreinigung in Form einer Mikrosiebung, findet vor dem Zulauf der MBR-Reaktoren Platz. Die Gebläsestation und das Betriebsgebäude werden nördlich des Belebungsbeckens I erbaut, eine optionale Prozesswasserbehandlung findet südlich des Belebungsbeckens II Platz. Die 4. Reinigungsstufe, würde in Form einer simultanen Aktivkohledosierung in den MBR-Reaktor realisiert werden. Ein dafür erforderliches Aktivkohlesilo ist in der Lageplankonzeption bislang nicht berücksichtigt.

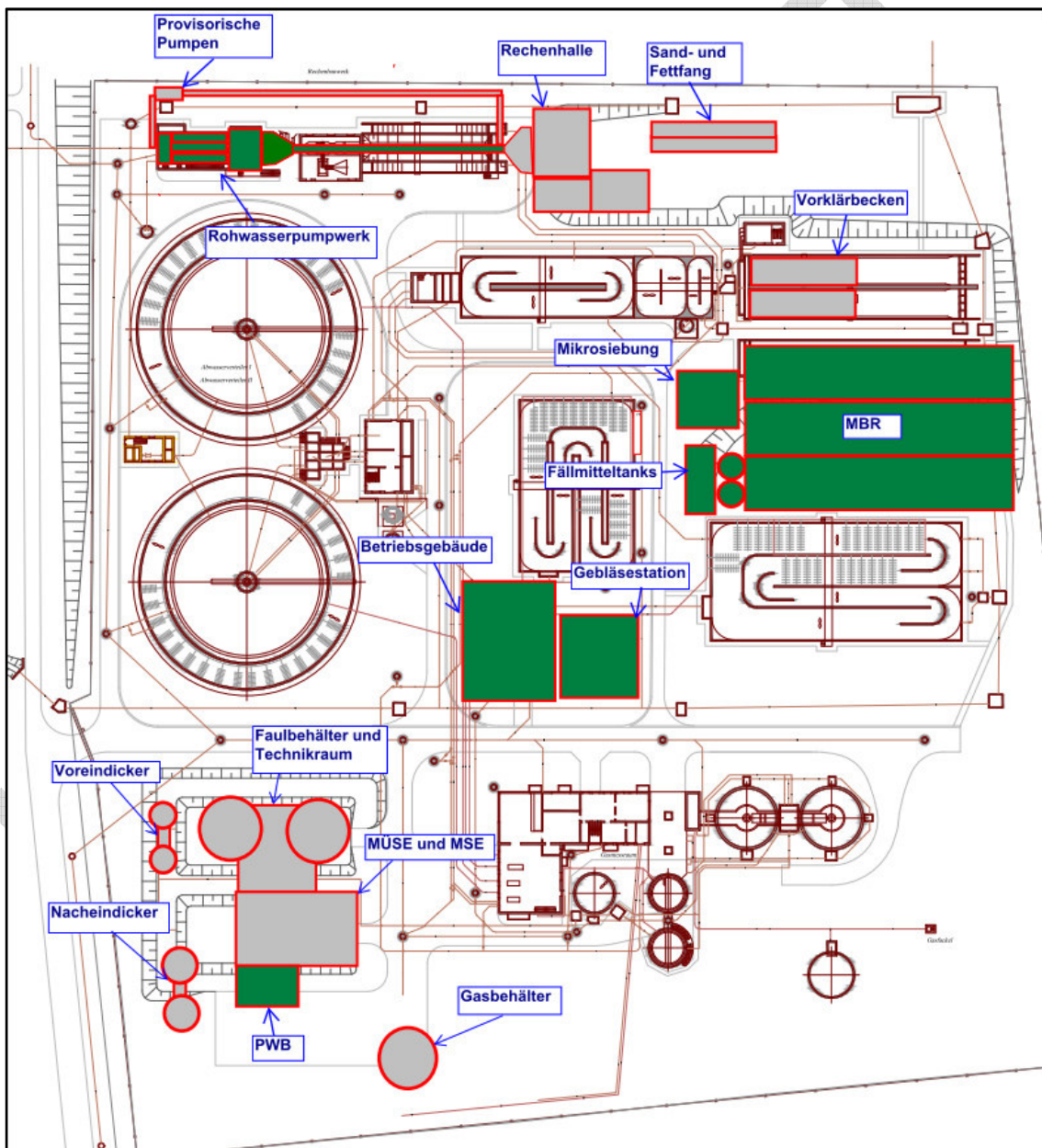


Abbildung 25: Variante 3 - Lageplankonzeption MBR-Verfahren

5.3 Lageplankonzeption Erweiterungsfläche

Die Neubauvarianten werden unter Einbeziehung der Erweiterungsfläche konzipiert. Die Erweiterungsfläche liegt südlich der bestehenden Kläranlage. Das Flurstück (Erweiterungsfläche) besitzt eine Fläche von 17.047 m² und wird aktuell als landwirtschaftliches Grünland genutzt. Durch den Neubau auf der Erweiterungsfläche, außerhalb bestehender Gebäudestrukturen, ergeben sich zusätzliche planerische Freiheiten, sowie die Möglichkeit den Neubau parallel zum uneingeschränkten Betrieb der Bestandsanlage durchzuführen. Dabei werden sämtliche Verfahrensstufen im südlichen Teil des Kläranlagengeländes sowie der Erweiterungsfläche neu errichtet und nach Fertigstellung in Betrieb genommen. Für diese Varianten ist es erforderlich den Zulaufkanal, um ca. 180 m in südliche Richtung zu verlängern. Das vorhandene Ablaufprofil zum Axtbach soll auch in dieser Variante aufgegriffen werden. Eine weitere Randbedingung ist der Emissionsschutz, der an die Erweiterungsfläche angrenzen Wohnbebauungen sowie des südlich der Kläranlage geplanten Neubaugebietes. Vor diesem Hintergrund ist darauf zu achten, die Bauwerke der mechanischen Abwasserbehandlung sowie der Schlammbehandlung möglichst mit Abstand zu diesen Zwangspunkten zu konzeptionieren.

KONVULSION

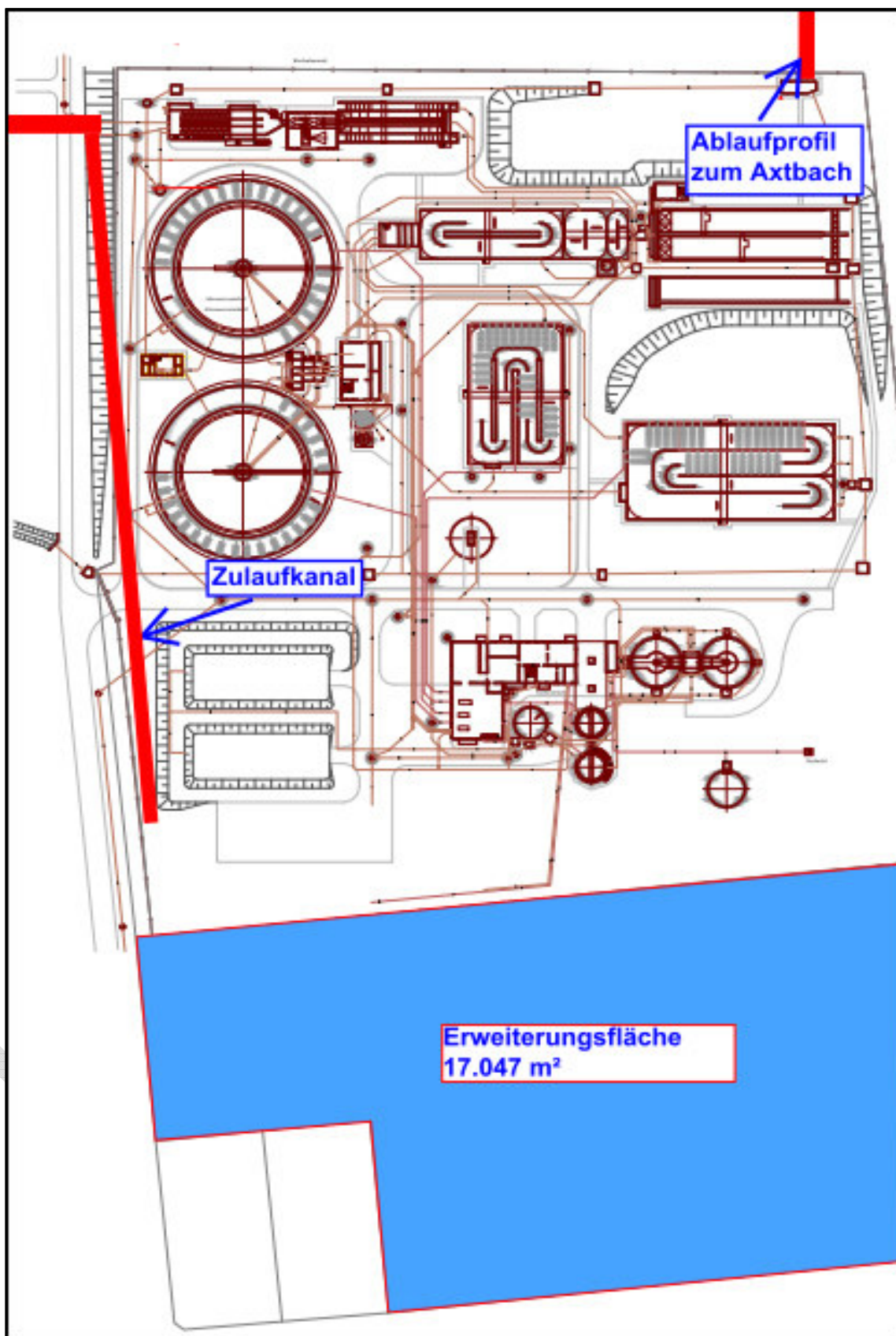


Abbildung 26: Lageplan des Kläranlagengeländes Kennzeichnung des verlängerten Zulaufkanals, dem Ablaufkanal zum Axtbach und der Erweiterungsfläche

5.3.1 Variante 4: Konventionelle Belebung Erweiterungsfläche

Bei der Lageplankonzeption der konventionellen Biologie, unter Verwendung der Erweiterungsfläche, wird das Rohwasserpumpwerk unterhalb der ehemaligen Schlammbeete angeordnet. Die Bauwerke der mechanischen Abwasserreinigung bilden im Lageplan eine horizontale Linie auf dem südlichen Teil des Bestandsgeländes. Die Belebungsbecken mit zugehöriger Gebläse- und Dosierstation werden zentral auf der Erweiterungsfläche angeordnet. Die Nachklärbecken und die nachfolgende 4. Reinigungsstufe fügen sich im südöstlichen Teil des Bestandsgeländes in den Lageplan ein. Die Gebäude der Schlammbehandlung werden im östlichen Teil der Erweiterungsfläche vorgesehen und wahren so Abstand zur angrenzenden Wohnbebauung. Unterhalb der Belebungsbecken wird das neue Betriebsgebäude vorgesehen.

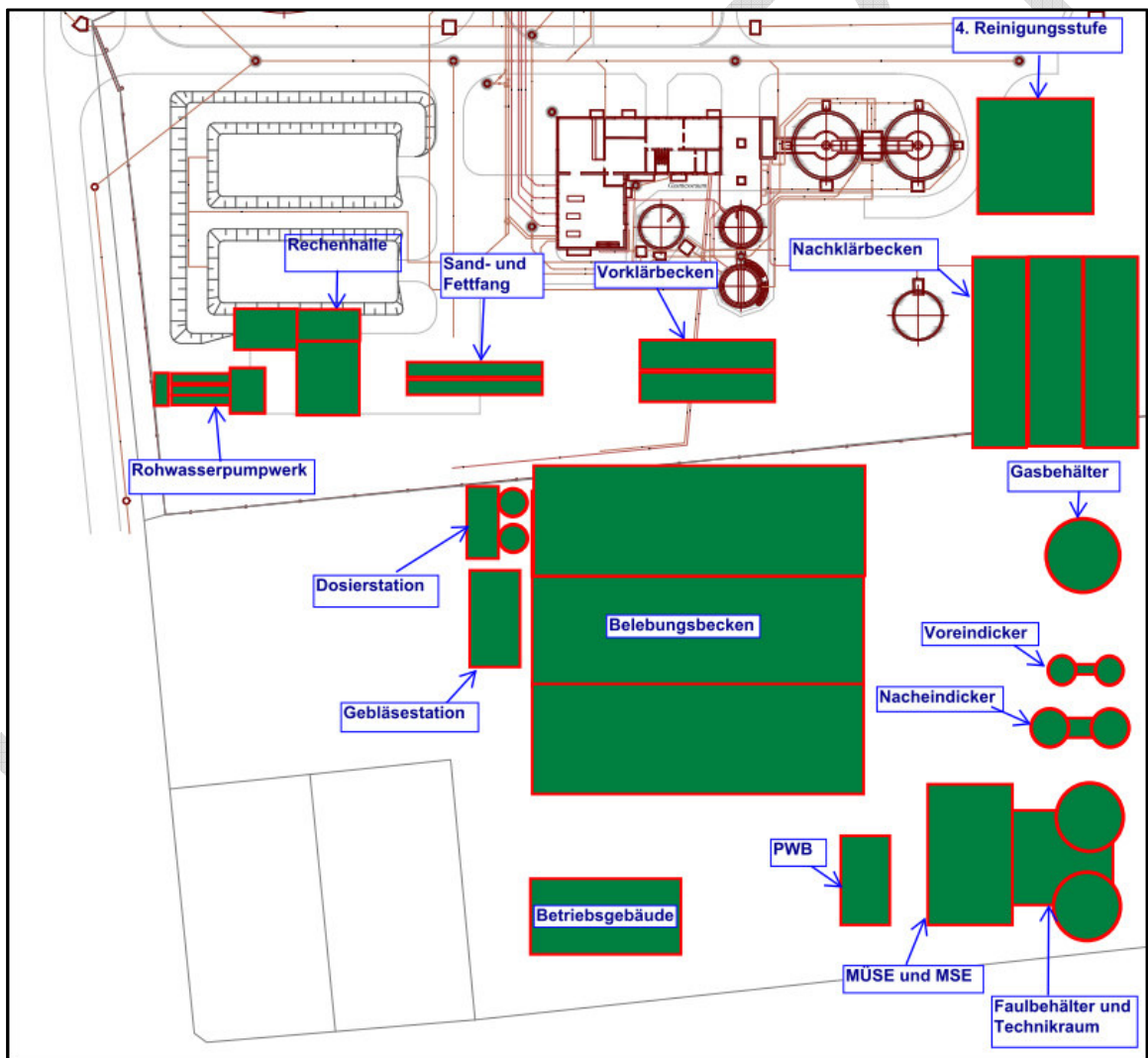


Abbildung 27: Lageplankonzeption der konventionellen Biologie unter Verwendung der Erweiterungsfläche

5.3.2 Variante 5: SBR-Verfahren Erweiterungsfläche

Das Lageplankonzept der Variante 5 ist in Abbildung 28 dargestellt. Das Rohwasserpumpwerk und die Bauwerke der mechanischen Reinigungsstufe, sind bei dieser Variante analog zu der vorherigen Variante positioniert. Die sechs SBR-Reaktoren werden ebenfalls zentral auf der Erweiterungsfläche angeordnet. Auf der westlichen Seite der SBR-Reaktoren befinden sich die Gebläse- und die Dosierstation. Der SBR-Vorspeicher sowie der Ablaufspeicher werden östlich der SBR-Reaktoren angeordnet. Die Schlammbehandlung wird in dieser Variante im östlichen Bereich des Bestandsgeländes vorgesehen. Dazu wird zuerst der neue Gasspeicher errichtet, und der Standort des alten Gasspeichers, für den Bau der Nacheindicker verwendet. Auf eine Darstellung von separaten Bauphasen wird verzichtet. Die 4. Reinigungsstufe befindet sich in der südöstlichen Ecke der Erweiterungsfläche. Ein Betriebsgebäude kann im westlichen Bereich der Erweiterungsfläche errichtet werden.

KONVERGENT

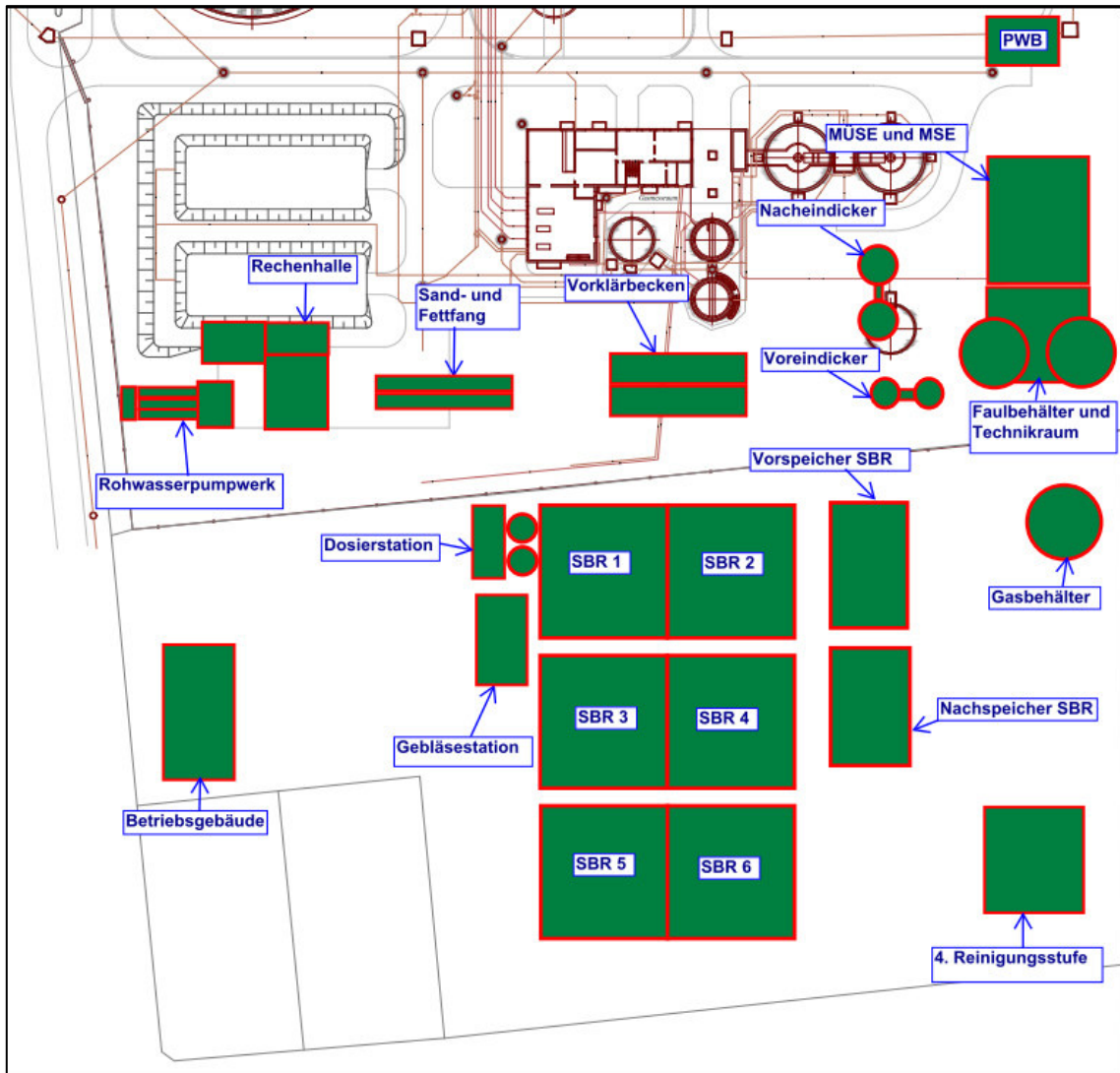


Abbildung 28: Lageplankonzeption der konventionellen Biologie unter Verwendung der Erweiterungsfläche

5.3.3 Variante 6/7: MBR-Verfahren Erweiterungsfläche

Durch den Einsatz des MBR-Verfahrens lässt sich eine, im Vergleich zu den anderen betrachteten Varianten; deutlich kompaktere Anordnung der Verfahrensstufen realisieren. Die Abbildung 29 zeigt die Lageplankonzeption dieser Variante. Im Gegensatz zu Variante 4 und Variante 5, wird das Rohwasserpumpwerk weiter südlich angeordnet. Die mechanische Reinigung folgt dieser Verschiebung in der linienhaften Anordnung. Östlich der Vorklärbecken wird die Mikrosiebung angeordnet. Die Schlammbehandlung wird ähnlich der ersten drei Varianten im Bereich der ehemaligen Schlammbeete platziert. Die MBR-Reaktoren werden zusammen mit der zugehörigen Gebläsestation und der Dosierstation im südöstlichen Teil des Bestandsgeländes vorgesehen. Das Betriebsgebäude liegt südlich des Betriebsgebäudes der Bestandsanlage. Auf die Darstellung der 4. Reinigungsstufe wird in

der Lageplanvariante der MBR-Reaktoren verzichtet, da für diese Verfahrensstufe lediglich eine PAK-Dosierung in die Reaktoren vorgesehen wird. Das erforderliche PAK-Silo würde im Bereich der Dosierstation aufgestellt werden.

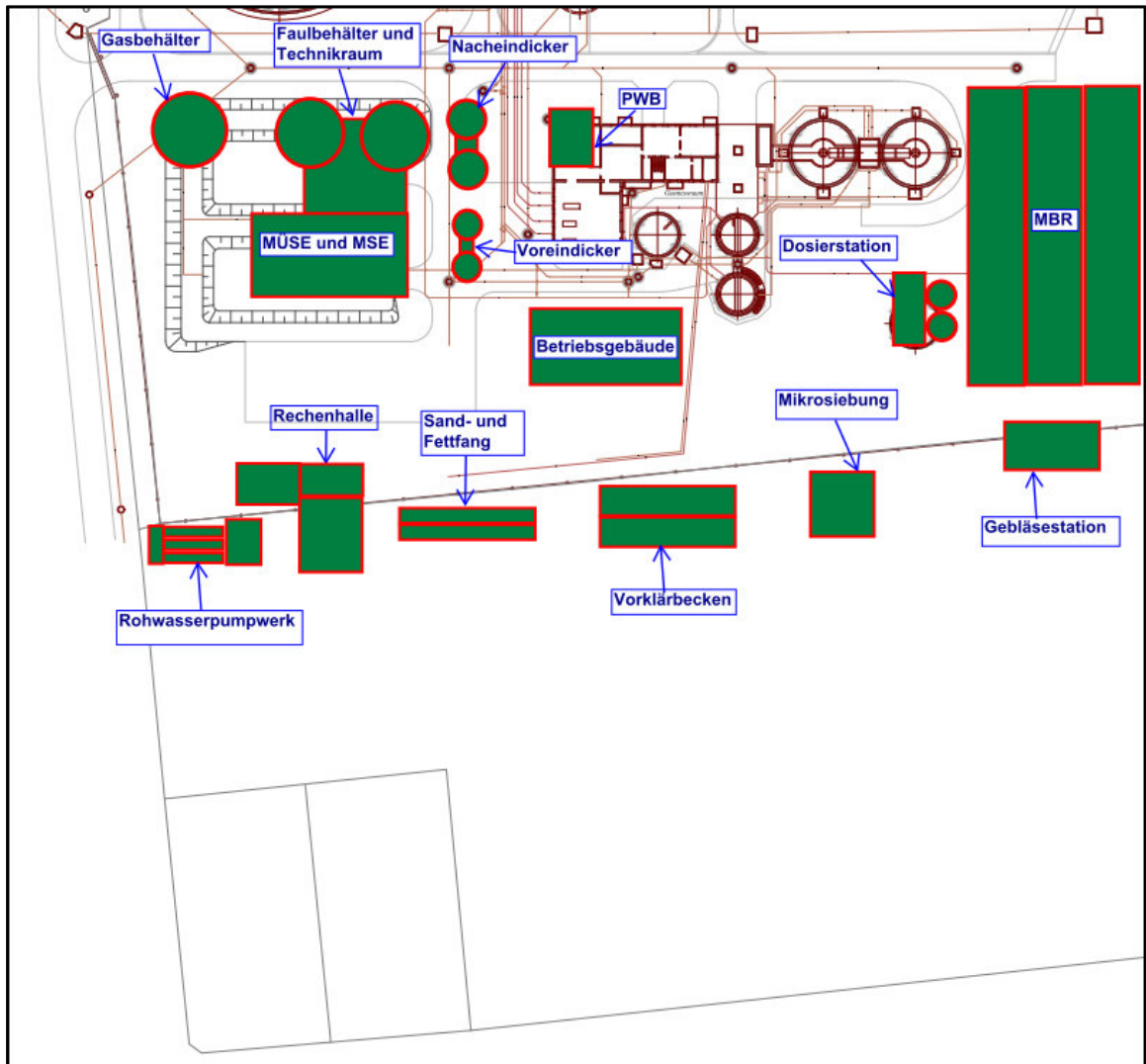


Abbildung 29: Lageplankonzeption des MBR-Verfahrens unter Verwendung der Erweiterungsfläche

Im Rahmen eines Lageplanworkshops mit der Stadt Oelde wurden eine weitere Variante für das MBR-Verfahren auf der Erweiterungsfläche gestaltet. Diese Variante wird fortan als Variante 7 bezeichnet.

6 4. REINIGUNGSSTUFE

Aufgrund der bestehenden Spurenstoffproblematik in Gewässern, ist derzeit sowohl in der Öffentlichkeit als auch in der Fachwelt eine intensive Diskussion zur Notwendigkeit einer weitergehenden Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination im Gange. Die demographische Entwicklung innerhalb der nächsten Jahre bzw. Jahrzehnte, mit einem höheren Anteil älterer Menschen, wird den Eintrag von Arzneimitteln, als eine Hauptgruppe von Spurenstoffen, deutlich erhöhen. Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), welche zum Schutz der Gewässer strenge Regelungen definiert, hat das Ziel, die Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers europaweit deutlich zu verbessern. Voraussetzung zum Erreichen dieses Ziels, sind eine leistungsfähige kommunale Kläranlage und eine nachhaltige Wasserwirtschaft, damit Spurenstoffe wie Arzneimittel nicht in die Gewässer eingetragen werden.

Die Stadt Oelde hat sich daher dazu entschlossen im Rahmen der gesamtheitliche Machbarkeitsstudie zur KA Oelde auch die Option einer Spurenstoffelimination zur weitergehenden Abwassereinigung vertieft zu betrachten. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der vorliegenden Studie verschiedene Konzeptionen einer 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde untersucht und die Varianten miteinander verglichen.

6.1 Grundlagen Spurenstoffelimination

Die Grundlagen der Spurenstoffelimination wurden im Rahmen eines Fachgesprächs am 27.01.2022 vorgestellt und diskutiert. Am 17. Mai erfolgte zudem gemeinsam mit Teilnehmern der Stadt Oelde eine Besichtigung der Ozonung auf der Kläranlage Lemgo sowie der GAK-Filtration (Kessel-Bauweise) auf der Kläranlage Harsewinkel.

Unter Spurenstoffen bzw. Mikroschadstoffen werden eine Vielzahl einzelner Substanzen (Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel, Hormone, Pestizide, Spezialchemikalien, Pflegeprodukte, etc.) zusammengefasst, die unterschiedliche physikalisch-chemische Eigenschaften besitzen. Sie können oxidativ, adsorptiv oder physikalisch entfernt werden. Die in Abbildung 30 aufgeführten Verfahren erlauben in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Substanzen die Elimination von einem breiten Spektrum an Spurenstoffen.

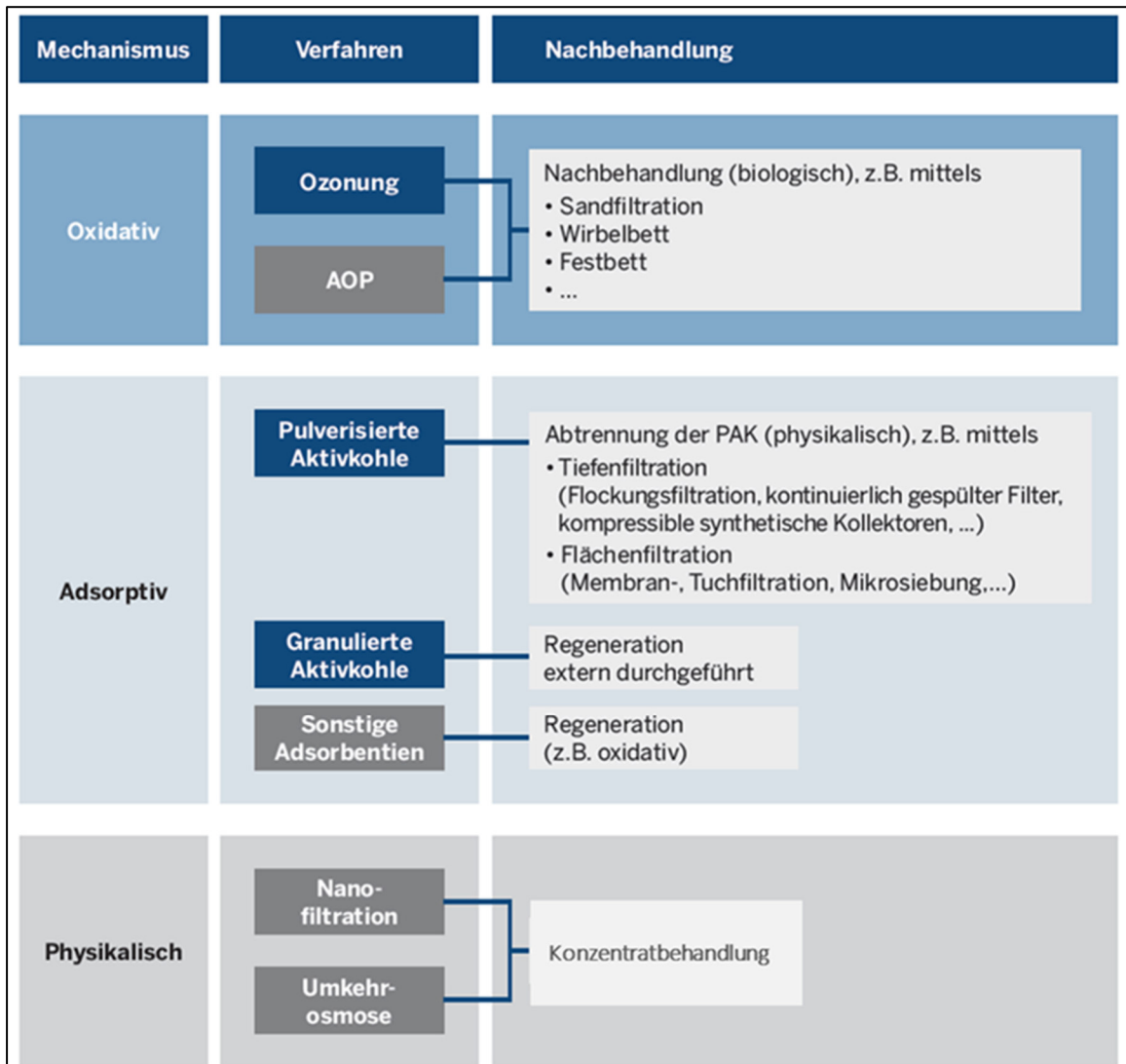


Abbildung 30: Übersicht der Hauptverfahren zur Spurenstoffelimination mit Nachbehandlungsverfahren ([1], leicht verändert)

Neben der Ozonung sind Verfahren mit Pulveraktivkohle und granulierter Aktivkohle im Abwasserbereich bereits großtechnisch bewährt, sodass im nachfolgenden diese drei Verfahren zur Spurenstoffelimination und daraus abgeleitete Kombinationsverfahren näher betrachtet werden.

Die AOP-Verfahren (Advanced oxidation processes) beruhen auf der Oxidation durch Hydroxyl-Radikale, welche durch Kombinationsverfahren vor Ort hergestellt werden müssen (bspw. Ozon + Wasserstoffperoxid oder UV-Strahlung). Gegenüber der Ozonung werden AOP-Verfahren in der kommunalen Abwasserreinigung für gewöhnlich nicht eingesetzt. Sie kommen zur Reinigung industrieller Abwässer mit hohen Konzentrationen problematischer Stoffe zum Einsatz.

Weitere Adsorbentien sind aufgrund geringerer Adsorptionskapazitäten und höherer Kosten gegenüber Aktivkohle unbedeutend.

Physikalische Verfahren finden ihren Einsatz in der Trinkwasseraufbereitung, werden für die kommunale Abwasserreinigung mangels Betriebserfahrungen, hohen Energiebedarfs und der Entsorgungsproblematik des Konzentrats jedoch als ungeeignet eingestuft.

6.1.1 Pulveraktivkohle

Die Pulveraktivkohle (PAK) wird in den Abwasserstrom dosiert und nach Anlage der Spurenstoffe durch eine Separationsstufe wieder entfernt. Dabei sind verschiedene Verfahrensführungen von separaten Kontaktbecken und Separationsstufe bis hin zur unmittelbaren Dosierung in den Flockungsraum einer Filtration möglich. In der Regel wird die PAK nach der biologischen Stufe dosiert.



Abbildung 31: Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit „Ulmer Verfahren“

Das Verfahrensprinzip mit separatem Kontakt- und Absetzbecken, wie in Abbildung 31 vereinfacht dargestellt, ist als sogenanntes „Ulmer Verfahren“ bereits vielerorts in Anwendung (in Baden-Württemberg: Mannheim, Laichingen, Lahr, Kressbronn-Langenargen, Böblingen-Sindelfingen, Stockacher Aach, Öhringen, Wendlingen, Ravensburg „Langwiese“, Ulm „Steinhäule“). Die Aktivkohle wird in ein der Nachklärung nachfolgendes Kontaktbecken dosiert und im anschließenden Absetzbecken abgezogen. Zur effizienten Ausnutzung der Adsorptionskapazität der PAK bietet sich eine Rückführung aus der Separationsstufe an, womit die Aufenthaltszeit der Kohle von der hydraulischen Kontaktzeit entkoppelt wird. Überschüssige Kohle aus der Separationsstufe wird der biologischen Stufe bzw. der Vorklärung zugeführt, dort zusätzlich beladen und mit dem Überschuss- bzw. Primärschlamm abgezogen und der Schlammbehandlung zugeführt. PAK-haltige Klärschlämme dürfen ausschließlich thermisch entsorgt werden. Zur sicheren Entfernung der beladenen Aktivkohlepartikel wird dem Absetzbecken eine Filtrationsstufe nachgeschaltet.

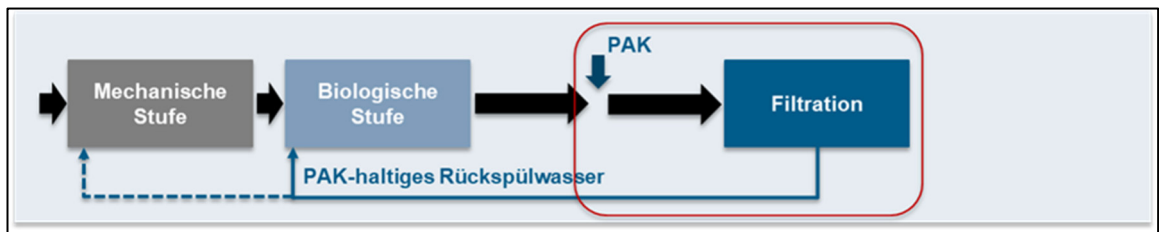


Abbildung 32: Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit PAK-Dosierung unmittelbar vor einen Raumfilter

Alternativ kann das Absetzbecken entfallen und die Separation der PAK ausschließlich durch Raumfiltration erfolgen, wie in Abbildung 32 vereinfacht dargestellt. Der Überstand der Filtration dient als zusätzlicher Kontaktraum und die zwischen den Filterspülungen ins Filterbett eingelagerte Kohle kann weiter beladen werden. Bei ausreichender Aufenthaltszeit im Filterüberstau und unter ausreichender Turbulenz kann der Überstauraum das Kontaktbecken in Gänze ersetzen. Eine Rezirkulation der Kohle ist nicht möglich, weswegen von höheren PAK-Dosieraten auszugehen ist. Die Kohle wird mit dem Spülabwasser im Allgemeinen in die biologische Stufe zurückgeführt. Dieses Verfahrensprinzip wird auf der Kläranlage Kloten-Opfikon und der Kläranlage Wuppertal-Buchenhofen im großtechnischen Maßstab betrieben. Auf dem Klärwerk Stuttgart-Mühlhausen ist die Planung in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum für Spurenstoffe Baden-Württemberg (KOMS-BW) fortgeschritten.

Alternativ ist die direkte Dosierung der Aktivkohle in die Belebung möglich. Die Separation der PAK erfolgt dann in der Nachklärung, die Rückführung der Rücklaufkohle mit dem Rücklaufschlamm und die Entnahme der Überschusskohle mit dem Überschuss-schlamm. Zur sicheren Entfernung der beladenen Aktivkohlepartikel ist auch in diesem Fall der Nachklärung eine Filtrationsstufe nachzuschalten. Sofern die biologische Reinigungsstufe als Membranbioreaktor (MBR) betrieben wird, erfolgt die Abtrennung der PAK vom gereinigten Abwasser über die Membran. In diesem Fall ist eine nachgeschaltete Filtration nicht erforderlich. Diese Verfahrensführung hat einen starken Einfluss auf die Absetzeigenschaften des Belebtschlammes sowie des Schlammalters führt, und muss gemeinsam mit der biologischen Stufe betrachtet und ausgelegt werden.

6.1.2 Granulierte Aktivkohle

Granulierte Aktivkohle (GAK) besitzt gegenüber Pulveraktivkohle eine größere Korngröße und wird als Filtermaterial eingesetzt. Abhängig von der Beschickungsrichtung der Filter wird die Kohle von oben nach unten oder von unten nach oben mit Spurenstoffen beladen. Die sich bildende Beladungsfront wandert über die Zeit durch das Filterbett, bis es zu einem Durchbruch kommt. Die Aktivkohle muss dann aus dem Filter entnommen und regeneriert oder durch neue ersetzt werden. Ein Verfahren mit zwei hintereinandergeschalteten Filterstufen erlaubt eine vollständige Ausnutzung der Beladungskapazität, ohne dass es bei einem Filterdurchbruch zum Gütedurchbruch im Ablauf kommt. Bei der parallelen Beschickung mehrerer Filter mit unterschiedlichen Laufzeiten (unterschiedliche Beladung) gleicht sich im Verschnitt aus den einzelnen Abläufen die Filtratgüte aus und liegt immer oberhalb derjenigen des am stärksten beladenen Filters.



Abbildung 33: Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit GAK-Filtration

Aktivkohlefilter können als schwerkraftbetriebene offene Filter oder als Druckfilter in Stahlkesseln umgesetzt werden. Um eine schnelle Belegung des Filterbettes zu vermeiden, ist eine geringe Suspensafracht im Zulauf der Aktivkohlefiltration erforderlich. Dafür kann dem GAK-Filter optional eine zusätzliche Filtrationsstufe vorgeschaltet werden oder er wird einer vorhandenen Flockungsfiltration nachgeschaltet (vgl. Abbildung 33). GAK-Filter müssen zum Austrag der Feststoffe in regelmäßigen Abständen gespült werden. Die Filterspülwässer werden für gewöhnlich der Vorklärung oder der biologischen Stufe zugeführt. Eine weitere Nachbehandlung des Ablaufs aus einer Aktivkohlefiltration ist nicht erforderlich.

Das Verfahren der GAK-Filtration wird in der Region OWL bereits auf den Kläranlagen „Obere Lutter“ (offene Raumfilter) und Harsewinkel (geschlossene Kessel) zur Spurenstoffelimination eingesetzt. Eine weitere Anlage in der Kesselbauweise wird derzeit auf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen realisiert.

6.1.3 Ozonung

Das Prinzip der Ozonung ist nicht die Anlagerung der Spurenstoffe an eine Oberfläche und deren gemeinsame Entfernung aus dem Abwasserstrom, sondern die oxidative Spaltung der Substanzen in Bruchstücke. Aufgrund dieser Transformationsprodukte ist eine biologische Nachbehandlung des Abwassers erforderlich.



Abbildung 34: Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit Ozonung

Die Ozonung wird der Nachklärung nachgeschaltet, wie in Abbildung 32 vereinfacht schematisch dargestellt. Der effektive Einsatz von Ozon setzt ein weitgehend feststofffreies Abwasser voraus, weswegen es erforderlich sein kann das Abwasser aus der Nachklärung vor der Ozonung zu filtrieren. Das Abwasser wird in ein geschlossenes Reaktionsbecken eingeleitet und mit Ozon versetzt. Der Ozoneintrag kann durch Diffusoren oder Injektorsysteme realisiert werden. In der anschließenden Reaktionszone werden die Spurenstoffe oxidiert.

Die Ozonerzeugung erfolgt im Ozongenerator durch stille elektrische Entladung unter Einsatz von Sauerstoff. Dieser kann aus flüssigem Sauerstoff (LOX), aus komprimierter getrockneter Luft oder mittels einer PSA-Anlage (Pressure Swing Adsorption) zur Verfügung gestellt werden. Meist wird auf Grund der Wirtschaftlichkeit und Einfachheit Flüssig-Sauerstoff eingesetzt.

Zur biologischen Nachbehandlung nach der Ozonung kann einerseits ein Raumfilter oder andererseits ein Fest- oder Wirbelbett genutzt werden. Auch die Nutzung vorhandener Schönungsteiche ist möglich.

Kürzlich wurde in OWL auf der Kläranlage Lemgo eine Ozonung mittels Injektorsystem in Betrieb genommen. Auf weiteren Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen wird das Verfahren bereits großtechnisch in Duisburg-Vierlinden, Bad Sassendorf und Aachen-Soers genutzt.

6.1.4 Kombinationsverfahren

Die oxidativen und adsorptiven Verfahren weisen für einzelne Spurenstoffe unterschiedliche Eliminationsraten auf. Das Korrosionsschutzmittel 1H-Benzotriazol und das Blutdruckmittel Metoprolol beispielsweise sind gut adsorbierbar aber durch Ozon schlechter zu entfernen. Umgekehrt verhalten sich beispielsweise die Antibiotika Clarithromycin und Sulfamethoxazol. Um ein möglichst weites Stoffspektrum eliminieren zu können, bieten sich folglich Kombinationen oxidativer und adsorptiver Verfahren an.



Abbildung 35: Einfaches Grundfließschema der Abwasserreinigung mit Ozonung und BAK-Filtration

In der Regel wird bei einem Kombinationsverfahren einer Ozonung eine GAK-Filtration, wie in Abbildung 35 vereinfacht dargestellt, nachgeschaltet. Dieses Verfahren wird auch als biologisch aktivierte Aktivkohlefiltration (BAK) bezeichnet, da sich durch die voran-gegangene Ozonung im Aktivkohlefilter ein Biofilm ausbildet. Durch die Vorozonung werden große Moleküle oxidativ aufgespalten und können dann besser adsorbiert werden, da große Moleküle nicht mehr zur oberflächlichen Blockierung der Adsorptionsplätze führen. Durch den Biofilm im BAK können adsorptiv gebundene Substanzen biologisch abgebaut werden. Im Vergleich zu den Einzelverfahren können zum einen die Ozondosis und die Größe des Reaktionsbeckens verringert und zum anderen die Standzeit der Aktivkohlefilter verlängert und die Filterfläche verringert werden.

Der Vorteil dieser Verfahrenskombination liegt zum einen darin begründet, dass das gesamte Spektrum der Spurenstoffe mit dem jeweils optimalen Verfahren eliminiert werden können. Hinzu kommt, dass sich durch die geringere Ozondosis und die höheren Bettvolumina der Aktivkohle im Vergleich zu den Einzelverfahren die Betriebskosten reduzieren. Abhängig von den individuellen Randbedingungen der Kläranlagen, liegen die gesamtheitlichen Betriebskosten des Kombinationsverfahrens niedriger als bei einem Einzelverfahren.

6.2 Grundlagen KA Oelde

In einer bereits im Jahr 2014 durchgeführten Konzeptstudie zur Elimination von Spurenstoffen auf der KA Oelde wurden teilweise erhöhte Konzentrationen von Spurenstoffen im Ablauf der Kläranlage nachgewiesen. Neben den regelmäßigen vorgeschriebenen Analysen des Abwassers der KA Oelde auf Spurenstoffe ist im Rahmen der zukünftigen weiteren Planung eine intensive Spurenstoffmesskampagne zu empfehlen. Für die vorliegende Machbarkeitsstudie reichen die bisherigen Spurenstoffanalysen aus.

Hinsichtlich der weitergehenden Abwasserbehandlung mit Ozon muss berücksichtigt werden, dass je nach Abwasserzusammensetzung potenziell toxische Nebenprodukte wie Bromat oder Nitrosamine entstehen. Da sich Bromat nur aus dem unproblematischen Bromid bilden kann, wurden um die Eignung einer Ozonung zu prüfen, an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (09.02.2022 und 10.02.2022) jeweils eine 2h-Mischprobe vom Ablauf der Kläranlage Oelde entnommen. Es wurden Bromid-Konzentrationen von 40 – 50 µg/l detektiert. Im Allgemeinen gelten Bromid-Konzentrationen von <100 µg/l im Zulauf als unproblematisch, womit das Verfahren einer Ozonung nicht auszuschließen ist.

Als Bemessungswassermenge der 4. Reinigungsstufe wurde der max. Trockenwetterzufluss im Ausbauzustand von 152 l/s festgelegt. Der mittlere Zufluss beträgt 101 l/s. Es wird empfohlen mit dem Einstieg der Planung einer 4. Reinigungsstufe die Bemessungswassermengen auf Basis einer breiteren Datengrundlage nochmals zu verifizieren.

6.3 Dimensionierung 4. Reinigungsstufe

Im Rahmen der Vorstellung des Stands der Technik der Spurenstoffelimination wurden vorab gemeinsam mit der Stadt Oelde die Vorzugsvarianten einer Ozonung oder GAK-Filtration, bzw. eine Kombination dieser beiden Verfahrenstechnologien definiert. Der Einsatz von PAK wird hingegen lediglich, aufgrund seiner Vorteile im Hinblick auf die Investitionskosten, im Rahmen eines MBR-Verfahrens für die biologische Abwasserbehandlung weiter betrachtet.

In den nachfolgenden Kapiteln werden folgende Varianten einer 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde betrachtet:

- Variante 1: GAK-Filtration
- Variante 2: Ozonung mit Wirbelbett
- Variante 3: Kombinationsverfahren Ozonung + GAK-Filtration

- Variante 4: MBR + PAK

6.3.1 GAK-Filtration

Für die Variante einer GAK-Filtration ist eine Bauweise in Stahlkesseln vorgesehen. GAK-Filter in Betonbauweise kommen bei Kläranlagen ab einer Ausbaugröße von > 100.000 EW bzw. bereits vorhandener und umzunutzender Filterzellen in Betracht. Die Aufstellung der GAK-Kessel erfolgt in einer Stahlhallenkonstruktion. Aus verfahrenstechnischen Gründen sind zudem eine Pumpenvorlage sowie ein Filtrat- und Filterabwasserspeicher vorzusehen. Der Filtrat- und Filterabwasserspeicher können sowohl als unterirdische Becken als auch als oberirdische Tanks ausgeführt werden. Für das Konzept der KA Oelde sind oberirdische Tanks vorgesehen, da diese im Vergleich zu den unterirdischen Becken geringer im Invest sind und gleichzeitig ein erhöhter Flächenbedarf (Annahme auf der sicheren Seite) aufweisen.

Auf Basis der klärtechnischen Berechnungen ergeben sich die in Tabelle 12 dargestellten Dimensionierungen der Anlagenkomponenten einer GAK-Filtration. Es werden 6 GAK-Kessel mit einem Gesamtvolumen von mind. 182 m³ benötigt.

1 Hydraulische Daten			
Maximaler Zufluss	Q_{\max}	=	152 l/s
Mittlerer Zufluss	Q_{mittel}	=	101 l/s
2 Bemessung GAK-Filtration			
2.1 Bemessung GAK-Adsorber als Stahl-Druckfilter			
Randbedingungen			
Max. Filterschwindigkeit gewählt (bei Q_{\max})	v	=	8,0 m/h
Vorgabe Kontaktzeit (bei Q_{\max})	t	=	20,0 min
erf. Volumen (Vorgabe Kontaktzeit)	V_{ges}	=	182,4 m ³
Bemessung			
maximaler Durchmesser	D	=	4,50 m
gewählter Durchmesser	D	=	4,20 m
Oberfläche 1 Adsorber	A_{ges}	=	13,9 m ²
erf. Anzahl Adsorber	n	=	5 Stck
gewählte Anzahl Filter (n+1)	n	=	6 Stck

Tabelle 10: Auszug Klärtechnik GAK-Filtration

In Abbildung 37 ist die Bauwerkskonzeption einer 4. Reinigungsstufe als GAK-Filtration auf der KA Oelde dargestellt:

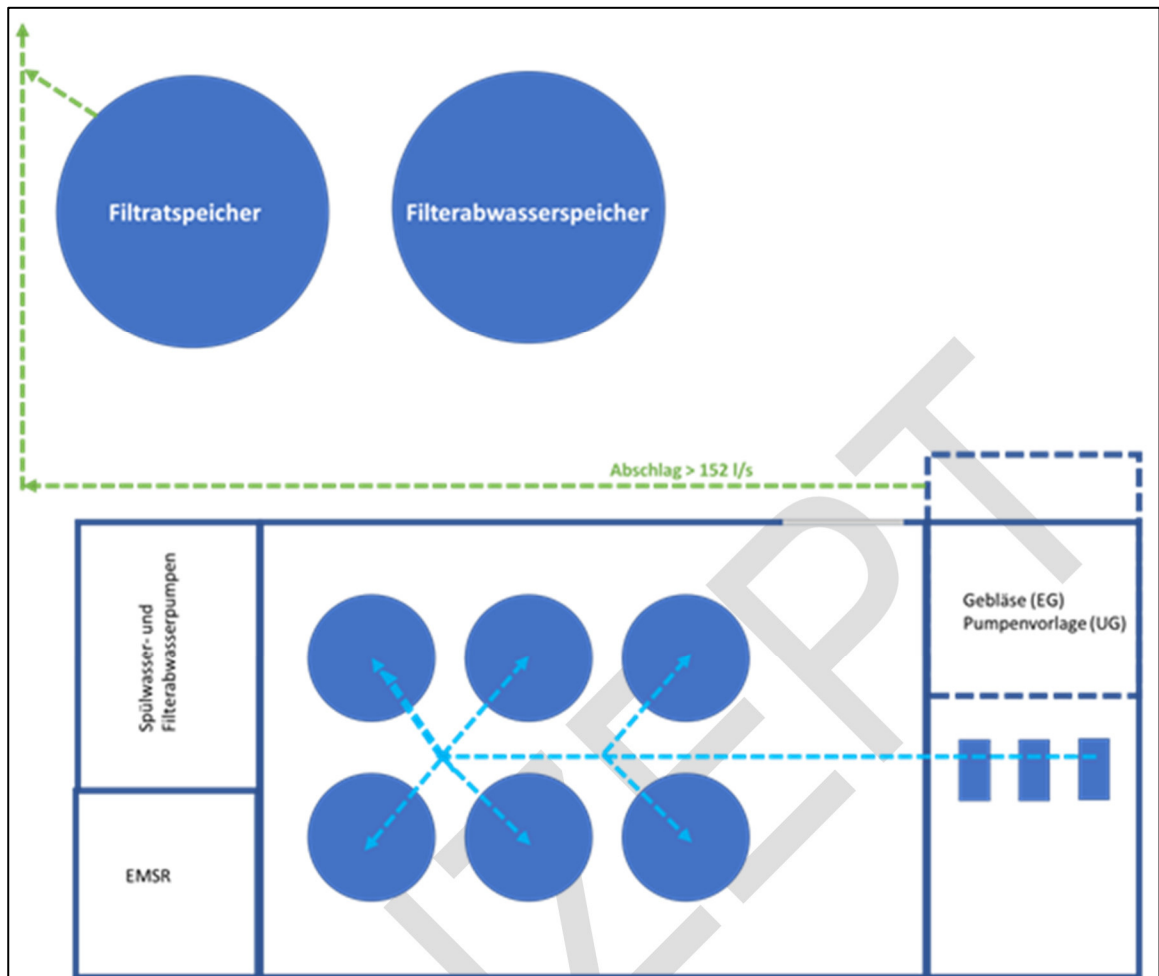


Abbildung 36: Bauwerkskonzeption GAK-Filtration

6.3.2 Ozonung mit Wirbelbett

Für die Variante einer Ozonung ist eine nachgeschaltete biologische Nachbehandlung erforderlich, um die bei der Oxidation der org. Spurenstoffe entstehenden Transformationsprodukte zu eliminieren/reduzieren. Von daher besteht dieser Verfahrensstufe aus zwei Becken – einem Ozonreaktor sowie einem Wirbelbettreaktor. Beide Reaktoren werden anhand einer min. Aufenthaltszeit von 20 min in Bezug auf den max. Zufluss zum Reaktor bemessen, weshalb diese gleich groß dimensioniert werden. Vorgesehen ist bislang eine einstraßige Ausführung der Ozonung und des Wirbelbetts. Neben den beiden Reaktoren wird ein Technikgebäude zur Aufstellung des Ozongenerators und weiteren technischen Komponenten einer Ozonung, sowie ein Raum für die Aufstellung der Gebläse des Wirbelbetts benötigt. Darüber hinaus ist ein Sauerstofftank für das im Ozongenerator zu produzierenden Ozon erforderlich. Auf ein zusätzliches Pumpwerk kann bei der Variante einer Ozonung + Wirbelbett verzichtet werden, da die hydraulischen Verluste

im Vergleich zu einer GAK-Filtration deutlich geringer ausfallen. Der durch diese Verfahrensstufe zusätzliche hydraulische Verlust ist in der Gesamtkonzeption der KA Oelde zu berücksichtigen.

Auf Basis der klärtechnischen Berechnungen ergeben sich die in Tabelle 11 dargestellten Dimensionierungen Beckenvolumen für den Ozon- sowie den Wirbelbettreaktor:

1 Hydraulische Daten			
Maximaler Zufluss	Q_{\max}	=	152 l/s
Mittlerer Zufluss	Q_{mittel}	=	101 l/s
2 Bemessung Ozonierung			
2.1 Bemessung Reaktor			
Randbedingungen			
Vorgabe Reaktionszeit (bei Q_{\max})	t_R	=	20 min
erf. Volumen	V	=	182 m ³
Bemessung Ozonreaktor			
Anzahl Straßen Ozonreaktor		=	1 Stück
Wassertiefe	H	=	6,00 m
Länge je Straße	L	=	8,00 m
Breite je Straße	B	=	4,00 m
Volumen Ozonreaktor		=	192,0 m ³

Tabelle 11: Auszug Klärtechnik Ozonung

In Abbildung 37 ist die Bauwerkskonzeption einer 4. Reinigungsstufe als Ozonung mit Wirbelbett auf der KA Oelde dargestellt:

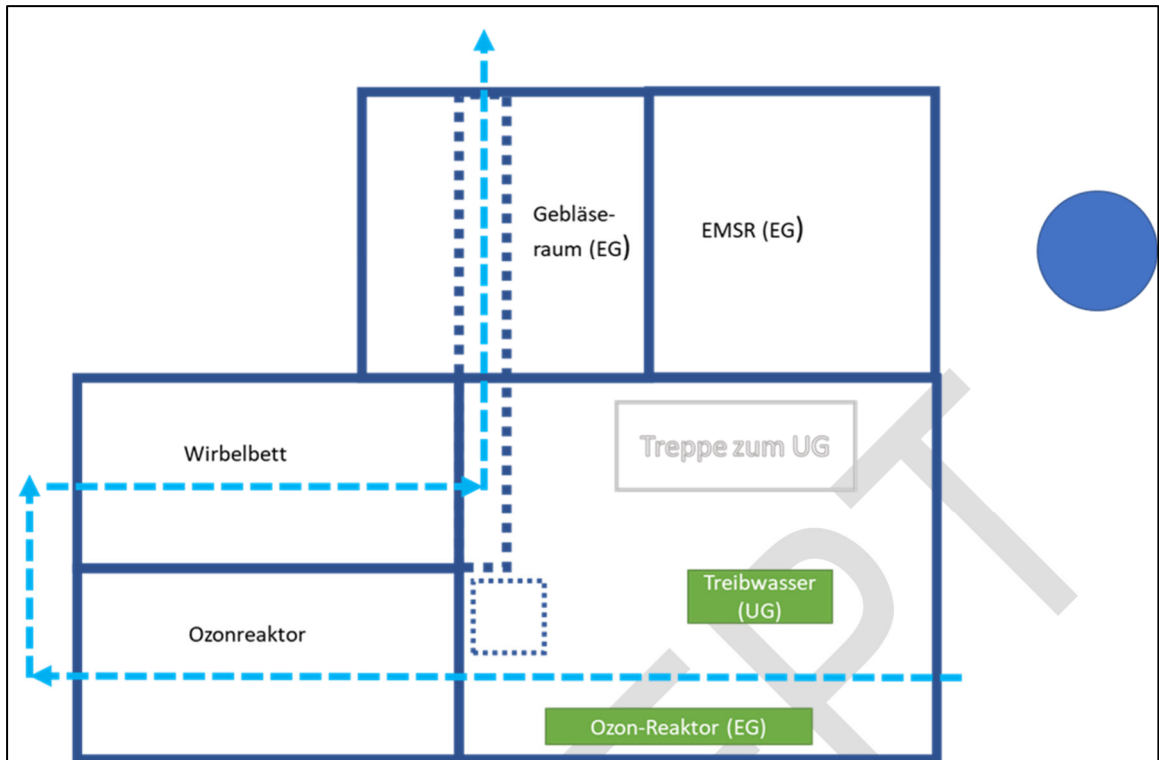


Abbildung 37: Bauwerkskonzeption Ozonung + Wirbelbett

6.3.3 Ozonung + GAK-Filtration

Die Vorteile eines Kombinationsverfahrens aus Ozonung und GAK-Filtration wurden bereits in Kapitel 7.1.4 erläutert. In Bezug auf die Bauwerksdimensionierungen ergeben sich die folgenden Änderungen zu den Einzelverfahren. Das Wirbelbett der Ozonung entfällt, da die Funktion der biologischen Nachbehandlung durch die nachgeschaltete GAK-Filtration übernommen wird. Folglich kann auch der, dem Wirbelbett zugehörige Gebläse-raum, entfallen. Die Bauwerkskonzeption der GAK bleibt auch in Kombination mit der vorgeschalteten Ozonung unverändert. Die klär-technischen Dimensionierungen der Ozonung sowie der GAK-Filtration können im Rahmen des Detaillierungsgrades einer Machbarkeitsstudie als analog zu der Dimensionierung als Einzelverfahren angenommen werden.

In Abbildung 38 ist die Bauwerkskonzeption einer 4. Reinigungsstufe als Ozonung mit Wirbelbett auf der KA Oelde dargestellt.

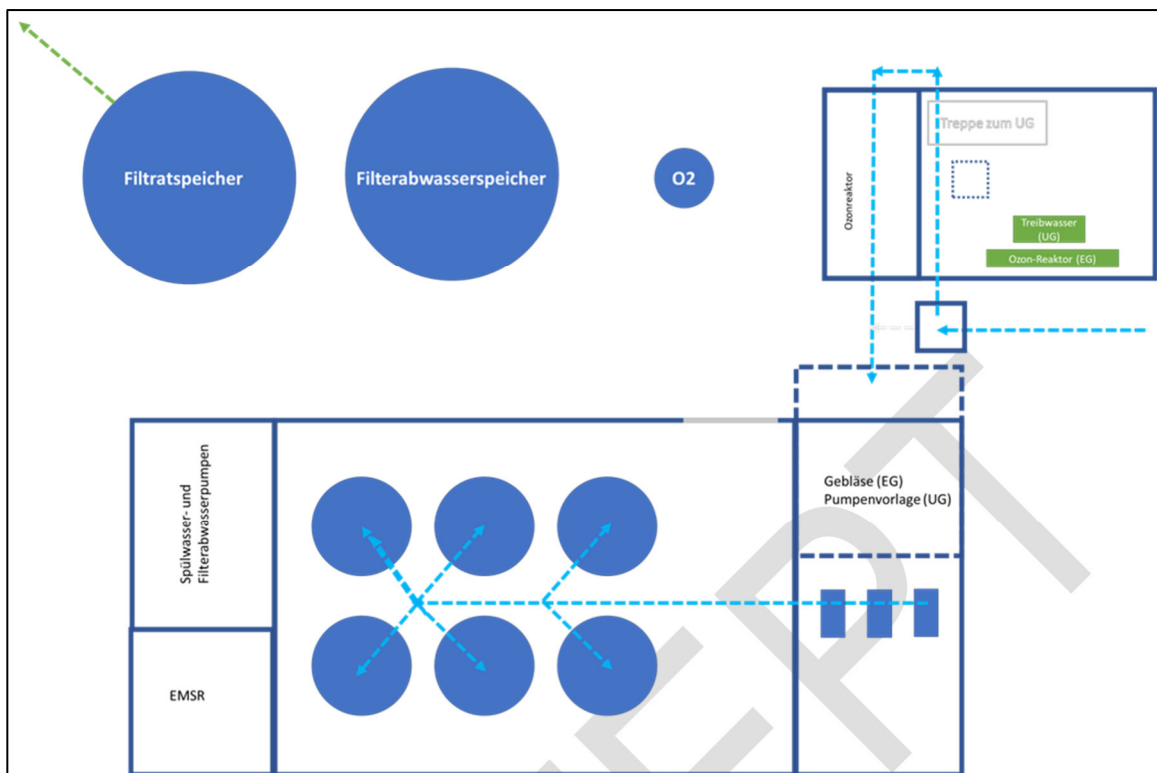


Abbildung 38: Bauwerkskonzeption Ozonung + GAK-Filtration

6.3.4 MBR + PAK

Die Variante einer PAK-Dosierung wird in Abstimmung mit der Stadt Oelde lediglich hinsichtlich der Kombinationsmöglichkeit mit einem MBR-Reaktor berücksichtigt. Um eine Kläranlage mit MBR-Verfahren um eine 4. Reinigungsstufe zu erweitern, bietet es sich an die PAK direkt in die Biologie zu dosieren. Durch die Membranfiltration wird die PAK wieder von dem Abwasser separiert, sodass keine weitere Nachbehandlung erforderlich ist. Bei einer konventionellen Biologie mit Nachklärbecken würde eine zusätzliche Filtrationsstufe zur vollständigen Abtrennung der PAK benötigt werden. Aus diesem Grund sind für die Erweiterung eines MBRs um eine 4. Reinigungsstufe lediglich die bauliche Errichtung eines PAK-Silos sowie die Implementierung einer PAK-Dosierstelle erforderlich. Die moderaten Investitionskosten machen diese Variante in Kombination mit einem MBR aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten interessant. Dennoch bleibt zu berücksichtigen, dass bei Direkt dosierung von PAK in die Biologie aufgrund der Konkurrenz mit anderen Abwasserinhaltsstoffen, höhere Konzentration zu dosieren sind als bei einer Dosierung hinter den Nachklärbecken mit anschließender Filtration.

Aufgrund des geringen Platzbedarfs einer PAK-Direktdosierung in die Biologie eines MBRs wurden für diese Variante keine zusätzlichen Lageplankonzepte erstellt.

6.4 Kosten 4. Reinigungsstufe

In den folgenden Kapiteln werden die Investitions- Betriebs- und Jahreskosten einer 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde für die vier definierten Verfahrensvarianten vorgestellt.

6.4.1 Investitionskosten

In Tabelle 12 sind die Investitionskosten einer 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde dargestellt. Es bleibt festzuhalten, dass Variante 4 lediglich in Kombination mit einem MBR als Alternative zu den Varianten 1 – 3 angesehen wird. Unter Ausklammerung der Variante 4 MBR + PAK, sind Investitionskosten der Variante 2 Ozonung mit Wirbelbett am niedrigsten, gefolgt von der Variante der GAK-Filtration und anschließend von der Kombinationsvariante dieser beiden Verfahrensstufen.

Investitionskosten 4. RS KA Oelde				
Kostenstellen	Variante 1 GAK-Kessel	Variante 2: Ozonung	Variante 3: Ozonung + GAK-Kessel	Variante 4: MBR + PAK
Bautechnik	1.790.248 €	1.639.297 €	2.979.777 €	250.000 €
Maschinentechnik	1.206.671 €	930.906 €	1.754.429 €	375.000 €
E-/MSR-Technik	659.322 €	771.061 €	1.093.644 €	100.000 €
HKL-Technik	89.908 €	205.616 €	228.891 €	-
Nebenkosten	€	€	€	€
Summe netto	3.746.149 €	3.546.880 €	6.056.741 €	725.000 €
19% MwSt.	711.768 €	673.907 €	1.150.781 €	137.750 €
Summe brutto	4.457.918 €	4.220.787 €	7.207.521 €	862.750 €

Tabelle 12: Investitionskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde

6.4.2 Betriebskosten

In Tabelle 13 sind Betriebskosten einer 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde dargestellt. Die Betriebskosten unter Ausklammerung der Variante 4 MBR + PAK für die Variante eines Kombiverfahrens aus Ozon und GAK-Filtration am niedrigsten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in einem Kombinationsverfahren die erforderliche Ozondosis geringer ist, bei gleichzeitig deutlich höherer Standzeit der GAK. Die geringeren Betriebskosten dieser Variante stehen allerdings den deutlich höheren Investitionskosten gegenüber. Die Betriebskosten der Variante 1 GAK-Filtration liegen zudem höher als die der Variante 2 Ozonung.

Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde				
Kostenstellen	Variante 1 GAK-Kessel	Variante 2: Ozonung	Variante 3: Ozonung + GAK-Kessel	Variante 4: MBR + PAK
Energieverbrauch	33.722 €	74.939 €	59.522 €	15.000 €
Personal	30.000 €	30.000 €	30.000 €	15.000 €
Instandhaltung/Wartung	38.290 €	25.244 €	44.649 €	13.000 €
Betriebsmittel	119.443 €	64.884 €	56.742 €	100.689 €
Summe netto	221.455 €	195.067 €	190.912 €	143.689 €
19% MwSt.	42.076 €	37.063 €	36.273 €	27.301 €
Summe brutto	263.531 €	232.130 €	227.186 €	170.990 €

Tabelle 13: Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde

Eine Sensitivitätsanalyse der Energiekosten zeigt, dass die Betriebskosten der Variante 2 Ozonung signifikant von den Energiekosten beeinflusst werden. Je höher die prognostizierten Stromkosten angesetzt werden, desto geringer wird der Abstand der Betriebskosten zwischen der Varianten einer GAK-Filtration und der einer Ozonung. Ab einer einem angesetzten Strompreis von 35 ct/kWh liegen die Betriebskosten einer Ozonung höher als die einer GAK-Filtration.

Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde - Sensitivität Energiekosten				
Kostenstellen	Variante 1 GAK-Kessel	Variante 2: Ozonung	Variante 3: Ozonung + GAK-Kessel	Variante 4: MBR + PAK
Personal, Instandhaltung/ Wartung, Betriebsmittel	187.732 €	120.128 €	131.390 €	128.689 €
Energieverbrauch (20 Ct/kWh)	33.722 €	74.939 €	59.522 €	15.000 €
Energieverbrauch (25 Ct/kWh)	42.153 €	93.674 €	74.402 €	18.750 €
Energieverbrauch (30 Ct/kWh)	50.583 €	112.409 €	89.283 €	22.500 €
Energieverbrauch (35 Ct/kWh)	59.014 €	131.144 €	104.163 €	26.250 €
Summe netto (20 CtkWh)	221.455 €	195.067 €	190.912 €	143.689 €
Summe netto (25 CtkWh)	229.885 €	213.802 €	205.793 €	147.439 €
Summe netto (30 CtkWh)	238.316 €	232.537 €	220.673 €	151.189 €
Summe netto (35 CtkWh)	246.746 €	251.272 €	235.554 €	154.939 €

Tabelle 14: Betriebskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde – Sensitivität Energiekosten

6.4.3 Jahreskosten

Für die Ermittlung der Jahreskosten wurden folgende Ansätze bzgl. der Abschreibungszeiträume mit der Stadt Oelde abgestimmt:

- Bautechnik: 40 Jahre
- Maschinenteknik: 15 Jahre
- EMSR/HKL-Technik: 12,5 Jahre

Unter Berücksichtigung der der Abschreibungszeiträume ergeben sich die in dargestellten Jahreskosten der verschiedenen Varianten einer 4. Reinigungsstufe. Die Jahreskosten der Variante 4, einer PAK-Dosierung in einem MBR, liegen deutlich niedriger als bei den anderen Varianten. Dies ist sowohl auf die geringeren Investitions- wie auch auf die niedrigeren Betriebskosten zurückzuführen. Unter Ausklammerung von Variante 4 liegen die Betriebskosten der Variante 2 einer Ozonung ab niedrigsten, gefolgt von Variante 1 einer GAK-Filtration. Aufgrund der hohen Investitionskosten sind die Jahreskosten der Variante 3 am höchsten.

Jahreskosten 4. Reinigungsstufe KA Oelde				
Kostenstellen	Variante 1 GAK-Kessel	Variante 2: Ozonung	Variante 3: Ozonung + GAK-Kessel	Variante 4: MBR + PAK
Summe Kapitalkosten	187.261 €/a	168.867 €/a	298.104 €/a	51.940 €/a
Summe Betriebskosten	221.455 €/a	195.067 €/a	190.912 €/a	143.689 €/a
Summe netto	408.715 €/a	363.935 €/a	489.016 €/a	195.629 €/a
19% MwSt.	77.656 €/a	69.148 €/a	92.913 €/a	37.169 €/a
Summe brutto	486.371 €/a	433.082 €/a	581.929 €/a	232.798 €/a

Tabelle 15: Jahreskosten 4. Reinigungsstufe

6.5 Wertungsmatrix

Die vier vorgestellten Varianten werden in einer Wertungsmatrix Abbildung 39 hinsichtlich der vier Hauptkriterien

- Anlagenbetrieb
- Ressourceneffizienz
- Risiken
- Kosten

gesamtheitlich bewertet, welche jeweils spezifische Unterkriterien beinhalten. Die 4 Varianten werden auf Basis eines Punktesystem von 1 bis 3 eingestuft, wobei sich die Note 3 positiv und die Noten 1 bzw. 0 negativ auf die Wertung der Varianten auswirken. Die Note jedes Hauptkriteriums fließt mit einer gemeinsam abgestimmten Wichtigkeit prozentual in die Gesamtnote ein. Die Note des Hauptkriteriums setzt sich aus den Einzelnoten der Unterkriterien zusammen, welche jeweils eine eigene Wichtigkeit haben, mit der sie prozentual in die Note des Hauptkriteriums einfließen. Die Gesamtbewertung jeder Variante ist als Note und zudem als Prozentsatz angegeben.

Bewertungskriterium	Wichtung	Variante 1 GAK	Variante 2 Ozon	Variante 3 GAK+Ozon	Variante 4 MBR +PAK
Anlagenbetrieb	30%	2,60	1,58	2,15	2,28
Betriebsstabilität / Redundanzen	35%	3,00	1,00	2,00	2,00
Anforderungen an Betriebspersonal	15%	3,00	2,00	1,50	2,50
Reinigungsleistung Spurenstoffe	30%	2,00	2,00	3,00	2,00
Wartungsaufwand VT / ET	10%	3,00	2,00	1,50	3,50
Hygienisierung	5%	1,00	1,50	1,50	2,00
Modulare Erweiterbarkeit	5%	3,00	1,00	2,00	3,00
Ressourceneffizienz	20%	2,40	2,01	1,42	3,50
Flächenbedarf	40%	1,50	3,00	1,00	3,50
Energiebedarf	60%	3,00	1,35	1,70	3,50
Risiken	20%	3,00	1,98	2,15	2,50
Transformationsprodukte	35%	3,00	1,50	2,00	3,00
Großtechnische Anlagen (Referenzen)	15%	3,00	3,00	3,00	3,00
Anforderungen an Betriebssicherheit	50%	3,00	2,00	2,00	2,00
Kosten	30%	2,55	3,00	1,99	3,40
Jahreskosten	80%	2,69	3,00	2,24	3,50
Kostenrisiko	20%	2,00	3,00	1,00	3,00
Gesamtbewertung		2,63	2,17	1,96	2,90

Abbildung 39: Bewertungsmatrix 4. Reinigungsstufe

Hauptkriterium „Anlagenbetrieb“

Die **Betriebsstabilität/Redundanzen** wird für die Varianten hoch eingestuft, bei denen Redundanzen in Form von mehreren Becken oder Kesseln zur Verfügung stehen und bei welchen die Verfahrensstufe teilweise außer Betrieb genommen werden kann. So wird die Ozonung aufgrund der einstufigen Ausführung mit einer niedrigen Bewertung berücksichtigt.

Das Kriterium **Anforderungen an das Betriebspersonal** bezieht sich auf die Komplexität des jeweiligen Verfahrens in Bezug auf die Regelung und Steuerung. Auch hier ist die Ozonung im Vergleich mit einer GAK-Filtration niedriger zu bewerten.

In Bezug auf die **Reinigungsleistung Spurenstoffe** ist das Kombiverfahren am besten zu bewerten. Die jeweiligen Einzelverfahren sind als gleichwertig zu betrachten, wenngleich jedes Verfahren in Bezug auf unterschiedliche Spurenstoffe teils besser, teils schlechtere Eliminationsleistungen aufweist.

Der **Wartungsaufwand VT/ET** ist für das Kombiverfahren am höchsten einzuschätzen und somit am niedrigsten zu bewerten. Der Wartungsaufwand der GAK-Filtration und PAK-Dosierung im MBR sind am niedrigsten, wohingegen eine Ozonung einen merklich höheren Wartungsaufwand erfordert.

Eine vollständige **Hygienisierung** kann durch keines der Verfahren erreicht werden. Durch den Filtrationsprozess des MBRs kann von einer Teil-Hygienisierung gesprochen werden. Zwar wirkt eine Ozonierung ebenfalls desinfizierend, allerdings reicht die Ozondosierung im Rahmen einer Spurenstoffelimination nicht für eine tatsächliche Hygienisierung des Abwassers aus.

Eine modulare Erweiterbarkeit ist für die in Kesselbauweise konzipierte GAK-Filtration denkbar. Eine Erweiterung der PAK-Dosierung in einem MBR ist durch eine Erhöhung der Dosierrate nahezu uneingeschränkt umsetzbar. Die Ozonung inkl. Wirbelbett nur durch großen baulichen Aufwand erweiterbar.

Hauptkriterium „Ressourceneffizienz“

Der **Flächenbedarf** ist bei dem Kombiverfahren am höchsten, da es sich um eine Verfahrenskombination aus einer Ozonung und einer GAK-Filtration handelt. Die GAK-Filtration weist hierbei den deutlich größeren Flächenbedarf auf. Die Erweiterung eines MBRs um eine 4. Reinigungsstufe erfordert lediglich die Aufstellung eines PAK-Silos.

In Bezug auf den **Energiebedarf**, ist die PAK-Dosierung in einem MBR am sparsamsten. Die Erzeugung von Ozon geschieht unter einem hohen Energieverbrauch. Der Energieverbrauch der GAK-Filtration entsteht insbesondere aus den zusätzlichen hydraulischen Verlusten (Wasser muss gepumpt werden) sowie dem Rückspülen der Filter.

Hauptkriterium „Risiken“

Transformationsprodukte entstehen bei der Oxidation von Spurenstoffen bei einer Ozonung. Diese werden durch eine anschließende biolog. Stufe (Filtration oder Wirbelbett) wieder reduziert/abgebaut. Bei einer GAK-Filtration oder einer PAK-Dosierung fallen keine Transformationsprodukte an.

Zu allen der untersuchten Varianten einer 4. Reinigungsstufe gibt es bereits zahlreiche **Referenzen**, sodass alle Verfahren als Stand der Technik angesehen werden können.

Die **Anforderungen an die Betriebssicherheit** sind bei der Ozonung wie auch bei der PAK-Dosierung am höchsten einzuschätzen. Dennoch gibt es zahlreiche Sicherheitsvorkehrungen, welchen das Risiko bei einem Umgang mit Ozon und PAK reduzieren.

Hauptkriterium „Kosten“

Die **Jahreskosten** liegen für die Variante einer PAK-Dosierung in einem MBR am niedrigsten. Mit deutlichem Abstand folgen die Varianten einer Ozonung und die einer GAK-Filtration. Das Kombiverfahren weist die höchsten Jahreskosten auf. Das **Kostenrisiko** bezieht sich auf die derzeitige ungewisse Marktlage. Von daher werden Varianten, welche geringe Investitionskosten aufweisen (Ozon und PAK) besser bewertet als eine GAK-Filtration. Das Kombiverfahren scheidet aufgrund der höchsten Investitionskosten ab schlechtesten ab.

6.6 Zusammenfassung und Vorzugsvarianten

In Abstimmung mit der Stadt Oelde wurden die vier Varianten einer 4. Reinigungsstufe untersucht und hinsichtlich monetärer und nicht-monetärer Kriterien gegenübergestellt. Die Variante einer PAK-Dosierung sollte hingegen lediglich aufgrund seiner Vorteile im Rahmen eines MBR-Verfahrens für die biologische Abwasserbehandlung weiter betrachtet werden.

- Variante 1: GAK-Filtration
- Variante 2: Ozonung mit Wirbelbett
- Variante 3: Kombinationsverfahren Ozonung + GAK-Filtration
- Variante 4: MBR + PAK

Um die verschiedenen Verfahren zur Spurenstoffelimination kennenzulernen, wurden durch die Hydro-Ingenieure GmbH Ortstermine auf den Kläranlagen Lemgo (Ozonung) und Harsewinkel (GAK-Filtration) organisiert. Diese Termine dienen dem Austausch mit dem örtlichen Betriebspersonal und dem allgemeinen Wissenstransfer.

Auf Basis der Bewertungsmatrix und den Erfahrungen aus den Ortsterminen auf den Kläranlagen Lemgo und Harsewinkel wurden die folgende Vorzugsvarianten für eine 4. Reinigungsstufe auf der KA Oelde definiert:

- GAK-Filtration nach konv. biolog. Reinigungsstufe
- PAK-Dosierung in MBR

Eine endgültige Wahl des bevorzugten Verfahrens ist erst dann zu treffen, wenn entschieden ist, ob eine konventionelle biologische Reinigungsstufe oder ein MBR realisiert werden soll.

7 KOSTENSCHÄTZUNG

Eine detaillierte Kostenschätzung würde in Abstimmung mit der Stadt Oedle für folgende Varianten durchgeführt:

- Variante 1.1: Konv. Biologie Bestandsgelände
- Variante 1.2: Konv. Biologie Bestandsgelände mit Nutzung d. Rundbecken
- Variante 4: Konv. Biologie Erweiterungsfläche
- Variante 6/7 MBR-Erweiterungsfläche

Zusätzliche Zuschläge aufgrund der gegenwärtigen hohen Auslastung in der Bau-
branche, der gegenwärtigen Rohstoffengpässe, erschwerten Lieferbedingungen
und extremgestiegenen Energiekosten werden nicht zusätzlich berücksichtigt, da
die Baumsetzung erst mittelfristig ansteht.

7.1 Investitionskosten Randbedingungen

Bautechnik

Für die Kostenschätzung der Bautechnik werden die in Tabelle 16: Einheitspreise
der Bautechnik dargestellten Einheitspreise verwendet.

Bautechnik Einheitspreise		
Position	EP	Einheit
Verbau:		
Spundwandverbau, tiefe Gründung		230 €/m ²
Trägerbohlwandverbau, flache Gründung		160 €/m ²
Wasserhaltung:		
Wasserhaltung _tiefe Bauwerke		140 €/m ²
Wasserhaltung _Flachgründungen		50 €/m ³
Erdarbeiten:		
Erdaushub		60 €/m ³
Verfüllung Baugrube		50 €/m ³
Beton- und Stahlbetonarbeiten:		
Umbauter Raum Hochbau		250 €/m ³
Umbauter Raum Tiefbau		270 €/m ³
Betonsanierug		
Betonsanierung Bauwerk (gering)		800 €/m ²
Sanierungsmaßnahmen Hochbau		
Abbruch und Verfüllung		
Abbruch / Verfüllen		50 €/m ³
Abbruch / Verfüllen Betriebsgebäude		80 €/m ³

Tabelle 16: Einheitspreise der Bautechnik

Die angesetzten Einheitspreise werden aus Sicht der Hydro-Ingenieure GmbH als auskömmlich für die baulichen Maßnahmen angesehen und beruhen auf Erfahrungen aus ausgewählten Referenzprojekten. Die Kosten für den Stahlbeton der Bauwerke werden anhand des umbauten Raums der Verfahrensstufen ermittelt. Hierbei wird zwischen den Kosten für die Herstellung von Hochbauten und Tiefbauten unterschieden. Es wird preislich zwischen flacher und tiefer Gründung in Hinblick auf die Ausführung des Verbaus und den Umfang der Wasserhaltung unterschieden. Des Weiteren werden verbaute Baugruben für alle Bauwerke und verbindenden Gerinne / Rohrleitungen, statt geböschter Baugruben, angenommen.

In der Kostenschätzung der Bautechnik sind ebenfalls Oberflächenarbeiten (Aufbruch und Herstellung von Straßen-/Pflasterflächen), sowie sonstige Arbeiten (Herstellung von Anschlüssen, etc.) berücksichtigt. Die Baustelleneinrichtung wird pauschal mit 10 % angesetzt.

Für die Rückbaukosten der Bestandskläranlage wurde ein Abbruch bis 1 m unter GOK berücksichtigt. Bei den Varianten auf dem Bestandsgelände wurde zudem berücksichtigt, dass die bestehenden Verfahrensstufen tiefer Rückgebaut werden müssen, um die geplanten neue Verfahrensstufen gründen zu können.

Maschinentechnik

Zur Abschätzung der Maschinentechnik werden Preise aus Referenzprojekten vergleichbarer Anlagen unter Berücksichtigung der jährlichen Preisindex-Entwicklung herangezogen. Für die Baustelleneinrichtung werden pauschal 2,5 % der Investitionskosten der M-Technik, sowie 8,0 % pauschal für die Werkplanung, Dokumentation, Inbetriebnahme und den Probetrieb angenommen. Die Rückbaukosten der Maschinentechnik wurden auf Basis bestehenden Verfahrensstufen der Kläranlage Oelde abgeschätzt.

EMSR-/ PLT-/ HKL-Technik

Die Kosten für EMSR-/ Prozessleittechnik werden anteilig an den Investitionskosten der Maschinentechnik berechnet. Es werden folgende Prozentsätze für die Ermittlung der EMSR- und PL-Technikkosten genutzt. Für die Varianten der konventionellen Biologie wurden 35 % der Kosten der Maschinentechnik angesetzt. Die Kosten für die Maschinentechnik liegen bei einem MBR höher, wohingegen die EMSR- und PL-Technikkosten auf einem vergleichbaren Niveau liegen. Entsprechend wurde für die Variante des MBR ein Prozentsatz von 30 % bezogen auf die Kosten für die Maschinentechnik angesetzt. Die Kosten der der HKL-Technik wurden jeweils mit 10 % der Investitionskosten der Maschinentechnik angesetzt.

7.2 Investitionskosten Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle 17 sind die Brutto-Investitionskosten der Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik (inklusive PLT und HKL-Technik) für alle drei Varianten mit und ohne Rückbaukosten zusammengefasst.

Es zeigt sich, dass in Bezug auf die Bautechnik die Kosten für die Variante 6/7 MBR am niedrigsten sind, was auf die geringeren Volumina der biologischen Reinigungsstufe sowie darauf, dass keine Nachklärbecken erforderlich sind, zurückzuführen ist. Die nächstniedrigen Kosten für die Bautechnik weist die Variante 1.2 auf. Bei dieser Variante entfallen Kosten durch die Nutzung der Bausubstanz der vorhandenen Belebungsbecken, wenngleich eine Betonsanierung dieser Becken erforderlich ist. Für die Varianten 1.1 und 4 liegen die Investitionskosten Bautechnik auf einem vergleichbaren Niveau.

In Bezug auf die Investitionskosten Maschinentechnik gibt es nur geringfügige Unterschiede zwischen den Varianten 1.1, 1.2 und 4 mit jeweils einer konventionellen biologischen Reinigungsstufe. Im Vergleich liegen die Kosten bei der Variante 6/7

MBR ca. 3,5 Mio. € höher. Dies ist auf die höheren Investitionskosten für die Membranfiltration sowie die erforderliche Mikrosiebung vor dem MBR zurückzuführen.

Die Kosten der EMSR-Technik liegen für die Variante 6/7 MBR aufgrund der aufwändigeren Maschinenteknik am höchsten. Wie bereits bei der Maschinenteknik liegen die Investitionskosten für dieses Gewerk bei den Varianten 1.1, 1.2 und 4 auf einem ähnlichen Niveau.

Unter Berücksichtigung aller Gewerke liegen die Investitionskosten der Variante 6/7 MBR-Erweiterungsfläche am niedrigsten. Es folgt die Variante 1.2 konventionelle Biologie auf dem Bestandsgelände mit Integration der vorhandenen Bausubstanz der Rundbecken im Gesamtkonzept. Die Varianten 1.1 konventionelle Biologie auf dem Bestandsgelände sowie die Variante 4 konventionelle Biologie auf der Erweiterungsfläche unterscheiden sich in den Gesamt-Investitionskosten nur geringfügig.

Kostenschätzung - Investitionskosten				
Variante	Bautechnik (nur notw. Rückbau) brutto	M-Technik (ohne Rückbau) brutto	EMSR-Technik (ohne Rückbau) brutto	Summe Invest Neubau KA brutto
Variante 1.1 Bestandsfläche (Konv. Biologie)	29,93 Mio €	16,48 Mio €	7,65 Mio €	54,05 Mio €
Variante 1.2 Bestandsfläche (Konv. Biologie mit Nutzung Rundbecken)	26,72 Mio €	17,00 Mio €	7,78 Mio €	51,51 Mio €
Variante 4: Erweiterungsfläche (Konv. Biologie)	30,32 Mio €	16,48 Mio €	7,41 Mio €	54,21 Mio €
Variante 6/7: Erweiterungsfläche (MBR)	21,43 Mio €	20,17 Mio €	8,20 Mio €	49,81 Mio €

Tabelle 17: Investitionskosten der Gewerke Bau- Maschinen- und EMSR-Technik

Zusätzlich zu den Investitionskosten der Gewerke Bau-, Maschinen- und EMSR-Technik sind die Kosten den Bau einer 4. Reinigungsstufe (vgl. Kapitel 6), die Rückbaukosten der Bestandskläranlage, welche über die erforderlichen Kosten für den Umbau/Neubau der KA Oelde hinaus gehen, sowie Nebenkosten für die Planung, Gutachten etc. an. Diese zusätzlichen Kosten sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Reihenfolge der verschiedenen Varianten in Bezug auf die Gesamtkosten durch diese zusätzlichen Kostenfaktoren unverändert.

Kostenschätzung - Investitionskosten					
Variante	Summe Invest Neubau KA brutto	Summe Invest 4. Reinigungsstufe brutto	Rückbaukosten brutto	Nebenkosten 15,00%	Projektkosten ohne Kostenrisiko brutto
Variante 1.1 Bestandsfläche (Konv. Biologie)	54,05 Mio €	4,46 Mio €	4,02 Mio €	9,38 Mio €	71,91 Mio €
Variante 1.2 Bestandsfläche (Konv. Biologie mit Nutzung Rundbecken)	51,51 Mio €	4,46 Mio €	4,12 Mio €	9,01 Mio €	69,10 Mio €
Variante 4: Erweiterungsfläche (Konv. Biologie)	54,21 Mio €	4,46 Mio €	4,51 Mio €	9,48 Mio €	72,66 Mio €
Variante 6/7: Erweiterungsfläche (MBR)	49,81 Mio €	1,43 Mio €	4,51 Mio €	8,36 Mio €	64,10 Mio €

Tabelle 18: Investitionskosten inkl. 4. Reinigungsstufe, Rückbaukosten und Nebenkosten

Aufgrund unkalkulierbarer Risiken ist für alle Planungsvarianten ein zusätzliches Kostenrisiko von 10 % einkalkuliert worden. Die daraus resultierenden Gesamtkosten für die zukunftsfähige Modernisierung der Kläranlage Oelde für die betrachteten Varianten sind in Tabelle 19 dargestellt. Auch durch die Berücksichtigung des Kostenrisikos ergeben sich keine Veränderungen in Bezug auf die Rangfolge hinsichtlich der Gesamtkosten der verschiedenen Varianten.

Kostenschätzung - Investitionskosten			
Variante	Projektkosten ohne Kostenrisiko brutto	Kostenrisiko 10%	Projektkosten mit Kostenrisiko brutto
Variante 1.1 Bestandsfläche (Konv. Biologie)	71,91 Mio €	7,19 Mio €	79,11 Mio €
Variante 1.2 Bestandsfläche (Konv. Biologie mit Nutzung Rundbecken)	69,10 Mio €	6,91 Mio €	76,01 Mio €
Variante 4: Erweiterungsfläche (Konv. Biologie)	72,66 Mio €	7,27 Mio €	79,92 Mio €
Variante 6/7: Erweiterungsfläche (MBR)	64,10 Mio €	6,41 Mio €	70,51 Mio €

Tabelle 19: Investitionskosten inkl. Kostenrisiko

7.3 Betriebskostenkosten Zusammenfassung

Für die Schätzung der Betriebskosten werden die vier Hauptbetriebskostenverursacher für jede der drei Varianten untersucht:

- Energieverbrauch
- Personal
- Instandhaltung / Wartung
- Reststoffentsorgung

Die nachfolgenden Ansätze wurden für die Ermittlung der Betriebskosten gewählt:

Betriebsfaktor	Kosten
Energie	20 ct/kWh
Personalkosten	60 €/h
Instandhaltung Bau-Technik pro Jahr	0,5 %
Instandhaltung Maschinen-Technik pro Jahr	1,5 %
Instandhaltung EMSR-Technik pro Jahr	1,5 %
Rechengut/Sand	133 €/t
Schlamm zur Verbrennung	135 €/t
Fällmittel	150 €/t
Reinigungschemikalien MBR	0,5 €/m ² /a

Tabelle 20: Ansätze Betriebskosten

In Tabelle 21 sind die Betriebskosten der verschiedenen Varianten inkl. 4. Reinigungsstufe dargestellt. Die Betriebskosten der Variante 6/7 MBR-Erweiterungsfläche sind am höchsten. Dies ist insbesondere auf den erhöhten Energieverbrauch der Membranmodule zurückzuführen. Zudem ist die Instandhaltung/Wartung aufgrund der aufwändigeren Maschinenteknik im Vergleich zu den weiteren Varianten, welche eine konventionelle Biologie berücksichtigen, etwas erhöht. Die weiteren Positionen Personal und Reststoffentsorgung unterscheiden sich nur geringfügig. In Bezug auf Betriebskosten gibt es nur geringfügige Unterschiede zwischen den Varianten 1.1, 1.2 und 4 mit jeweils einer konventionellen biologischen Reinigungsstufe.

Kostenschätzung - Betriebskosten						
Variante	Energiebedarf	Personal	Instandhaltung / Wartung	Reststoff-entsorgung	Summe	Summe
	netto	netto	netto	netto	netto	brutto
Variante 1.1 Bestandsfläche (Konv. Biologie)	347 Tsd €	361 Tsd €	427 Tsd €	265 Tsd €	1399 Tsd €	1665 Tsd €
Variante 1.2 Bestandsfläche (Konv. Biologie mit Nutzung Rundbecken)	368 Tsd €	361 Tsd €	438 Tsd €	265 Tsd €	1432 Tsd €	1703 Tsd €
Variante 4: Erweiterungsfläche (Konv. Biologie)	347 Tsd €	361 Tsd €	429 Tsd €	265 Tsd €	1401 Tsd €	1667 Tsd €
Variante 6/7: Erweiterungsfläche (MBR)	497 Tsd €	361 Tsd €	448 Tsd €	286 Tsd €	1591 Tsd €	1894 Tsd €

Tabelle 21: Betriebskosten

7.4 Dynamische Jahreskosten

Es wird ein Wirtschaftlichkeitsvergleich nach LAWA-Richtlinie durchgeführt. Dabei werden folgende durchschnittliche Nutzungsdauern nach den LAWA-Leitlinien zur Durchführung der Kostenvergleichsrechnung angesetzt (vgl. Tabelle 22). Der Untersuchungszeitraum würden in Anlehnung an die, durch die von Stadt Oelde übermittelten Abschreibungszeiträume gewählt. Aufgrund von Erfahrungswerten der Hydro-Ingenieure GmbH wurde anstatt eines Ansatzes von 25 Jahren Abschreibungsdauer eine Abschreibungsdauer von 15 Jahren gewählt. Dies entspricht eher der tatsächlichen Nutzungsdauer, welche für M-Technik in Abwasserbereich zu erwarten ist.

Zukunftsorientierte Modernisierung der KA Oelde	
Untersuchungszeitraum	40 Jahre
Nutzungsdauer Bau-Technik	40 Jahre
Nutzungsdauer M-Technik	15 Jahre
Nutzungsdauer EMSR-Technik	12,5 Jahre
1. Reinvest M-Technik	15 Jahre
2. Reinvest M-Technik	30 Jahre
1. Reinvest Membranmodule	10 Jahre
2. Reinvest Membranmodule	20 Jahre
3. Reinvest Membranmodule	30 Jahre
1. Reinvest EMSR-Technik	12,5 Jahre
2. Reinvest EMSR-Technik	25 Jahre
3. Reinvest EMSR-Technik	37,5 Jahre
Realzinssatz i	3,0 % p.a.
Jährl. Preissteigerung für lfd. Energiekosten r	3,5 % p.a.
Jährl. Preissteigerung für lfd. Kosten r	2,0 % p.a.

Tabelle 22: Abschreibungszeiträume und Zinssätze nach LAWA-Richtlinie

Die dynamischen Jahreskosten der vier kostenmäßig erfassten Varianten sind in Tabelle 23 dargestellt. Es wurden sowohl die Jahreskosten ohne sowie mit 4. Reinigungsstufe ermittelt. Es ist zu erwarten, dass auch die Kläranlage Oelde zukünftig, um eine 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination zu erweitern ist (vgl. Kapitel 6). Berücksichtigt wurden lediglich Rückbaukosten, welche für den Umbau/Neubau der Kläranlage Oelde notwendig sind. Weitere Rückbaukosten für die Bestandskläranlage sind separat und in Bezug auf die zukünftige Umnutzung der zur Verfügung stehenden Fläche abzuschätzen. Bisher liegen keine konkreten Konzepte für die Nutzung der freien Flächen vor, wenngleich sich viele Möglichkeiten bieten. So könnten freie Flächen bspw. zur Aufstellung von Photovoltaik-Modulen genutzt werden, um einen Beitrag zur Klimaneutralität der Stadt Oelde zu leisten.

Die Jahreskosten der Varianten 1.1, 1.2 und 4, welche allesamt das Konzept einer konventionellen Biologie berücksichtigen, unterscheiden sich hinsichtlich der Jahreskosten nur marginal voneinander. Die Jahreskosten für die Variante 6/7 MBR auf der Erweiterungsfläche liegen in Bezug auf die Betrachtung inkl. 4. Reinigungsstufe ca. 5 % höher als die anderen drei Varianten mit konventioneller Biologie. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass durch den geringen Flächenbedarf des

MBRs deutlich größere Freiflächen als bei den Varianten mit konventioneller Biologie zur Verfügung stehen. Dies bietet die Möglichkeit zur weiteren wirtschaftlichen Nutzung der verbleibenden Freiflächen.

Tabelle 23: Jahreskosten KA Oelde (nur notwendige Rückbaukosten)

Jahreskosten KA Oelde (nur notwendige Rückbaukosten)			
Variante	Jahreskosten	Jahreskosten	% Abw.
	brutto	inkl. 4. Reinigungsstufe brutto	
Variante 1.1 Bestandsfläche (Konv. Biologie)	6,84 Mio €	7,33 Mio €	100%
Variante 1.2 Bestandsfläche (Konv. Biologie mit Nutzung Rundbecken)	6,85 Mio €	7,34 Mio €	100%
Variante 4: Erweiterungsfläche (Konv. Biologie)	6,83 Mio €	7,32 Mio €	100%
Variante 6/7: Erweiterungsfläche (MBR)	7,47 Mio €	7,70 Mio €	105%

KONVEX

8 CO₂-BILANZIERUNG

Auf Basis der Lageplankonzeptionen für einen zukunftsorientierten Ausbau der Kläranlage Oelde, wurden die CO₂-Bilanzen für verschiedene Verfahrensvarianten ermittelt. In Abstimmung mit der Stadt Oelde wurden diese Bilanzierung für vorab gemeinsam definierte Vorzugsvarianten ermittelt:

- Variante 1.1: Konv. Biologie Bestandsgelände
- Variante 1.2: Konv. Biologie Bestandsgelände mit Nutzung d. Rundbecken
- Variante 4: Konv. Biologie Erweiterungsfläche
- Variante 6/7: MBR Erweiterungsfläche

Die bei der Erstellung einer CO₂-Bilanz zu berücksichtigenden Betrachtungsgrenzen umfassen CO₂-Emissionen, welche bei der Produktion und dem Transport für die bei der Bautechnik anfallenden Materialien entstehen, die Herstellung und den Verbrauch von Betriebsstoffen sowie den Energiebedarf der Kläranlage. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der CO₂-Bilanzierung lediglich um eine grobe Abschätzung der entstehenden CO₂-Emissionen der verschiedenen Verfahrensvarianten handelt und geringfügige Unterschiede zwischen den Verfahrensvarianten aufgrund der Betrachtungsschärfe zu vernachlässigen sind. CO₂-Emissionen, welche bei der Herstellung von maschinentechnischen Aggregaten entstehen, sind bspw. in dieser Bilanzierung nicht integriert worden. Die Bilanzierung dient also dazu, maßgebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Verfahrensvarianten herauszuarbeiten.

Der Abschreibungszeitraum für die Bautechnik ist auf 50 Jahre definiert worden. Da die Stadt Oelde zu 100 % auf Ökostrom setzt ist ein entsprechendes CO₂-Äquivalent zu wählen. Das CO₂-Äquivalent von Ökostrom beträgt ca. 0,026 kg_{CO2}/kWh und liegt somit deutlich niedriger als bei konventionellem Strom mit ca. 0,373 kg_{CO2}/kWh.

In Abbildung 40 sind die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der oben definierten Varianten dargestellt. Es zeigt sich, dass die CO₂-Emissionen maßgeblich durch die eingesetzten Betriebsmittel verursacht werden. Hierzu zählen bspw. Fällmittel sowie auch Chemikalien, welche für die Membranreinigung eingesetzt werden. Die Bautechnik hat in Bezug auf den Betrachtungszeitraum einen verhältnismäßig geringen Einfluss auf die CO₂-Bilanz. Da der Energiebedarf beim MBR-Verfahren am höchsten ist, fällt die CO₂-Bilanz entsprechend in Bezug auf die energiegedingten CO₂-Emissionen bei dieser Variante am höchsten aus. Die CO₂-

Bilanz des Energiebedarfs ist maßgeblich durch die Nutzung von Ökostrom beeinflusst. Sofern ein konventioneller Energiemix angesetzt wird, würden die CO₂-Emissionen der Gesamtkläranlage maßgeblich durch den Energiebedarf geprägt werden.

Zusammenfassend ergeben sich in Bezug auf die CO₂-Bilanzen der verschiedenen betrachteten Varianten lediglich geringfügige Unterschiede, sodass unter Berücksichtigung der Betrachtungsschärfe keine Variante klar heraussticht. Die deutlichen Unterschiede der Varianten hinsichtlich der genutzten/umfunktionierten Bausubstanz bzw. der größeren/kleineren Bauwerkskonzeption haben über den Betrachtungszeitraum eine untergeordnete Rolle auf die jährlichen CO₂-Emissionen. Im Rahmen der Bewertungsmatrix in Kapitel 9 werden die MBR-Varianten als etwas schlechter als die einer konventionellen Biologie oder eines SBRs bewertet.

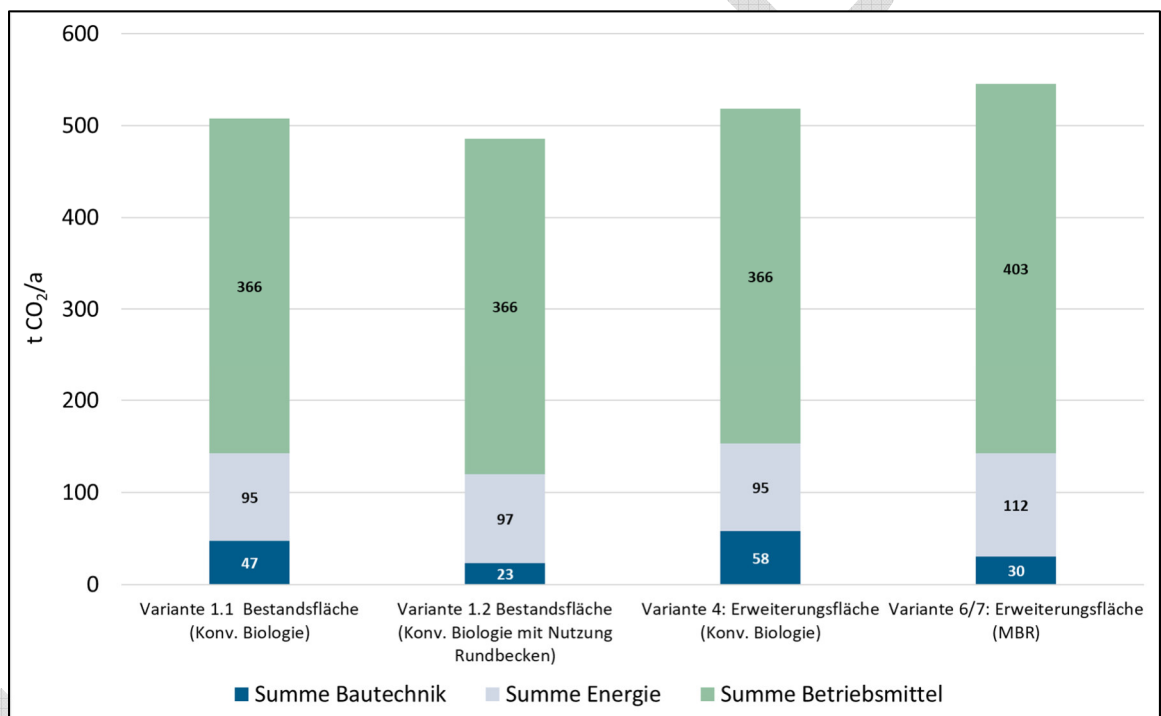


Abbildung 40: CO₂-Bilanz betrachteter Verfahrensvarianten

9 WERTUNGSMATRIX LAGEPLANVARIANTEN

Alle vorgestellten Varianten werden in einer Abbildung 41 hinsichtlich der vier Hauptkriterien

- Anlagenbetrieb 30 %
- Ressourceneffizienz 20 %
- Risiken 20 %
- Kosten 30 %

bewertet, welche jeweils spezifische Unterkriterien beinhalten. Die sieben Varianten (Variante 6 und 7 sind als gleichwertig anzusehen) werden auf Basis eines Punktesystem von 1 bis 3 (bzw. 0 bei Nicht-Vorhandensein) eingestuft, wobei sich die Note 3 positiv und die Noten 1 bzw. 0 negativ auf die Wertung der Varianten auswirken. Die Note jedes Hauptkriteriums fließt mit einer gemeinsam abgestimmten Wichtung prozentual in die Gesamtnote ein. Die Note des Hauptkriteriums setzt sich aus den Einzelnoten der Unterkriterien zusammen, welche jeweils eine eigene Wichtung haben, mit der sie prozentual in die Note des Hauptkriteriums einfließen. Die Gesamtbewertung jeder Variante ist als Note und zudem als Prozentsatz angegeben.

Die vier Vorzugsvarianten sind durch einen schwarzen Rahmen in der Wertungsmatrix hervorgehoben. Für die vier vorab gemeinsam mit der Stadt Oelde definierten Vorzugsvarianten wurden detailliert die Investitions- und Betriebskosten, sowie die CO₂-Bilanz ermittelt. Für die weiteren Varianten wurden diese Kriterien auf Basis von Erfahrungswerten und im Vergleich zu den detailliert ermittelten Varianten geschätzt.

Bewertungskriterium	Wichtung	Bestandsfläche					Erweiterungsfläche				
		Var. 1.1_IDN_Best.	Var. 1.2_IDN_Best.	Var. 2_SBR_Best.	Var. 3_MBR_Best.	Var. 4_IDN_Erw.	Var. 5_SBR_Erw.	Var. 6/7_MBR_Erw.			
Anlagenbetrieb	30%	2,25	2,25	2,03	2,70	2,25	2,03	2,70			
Betriebsstabilität	30%	2,00	2,00	1,50	3,00	2,00	1,50	3,00			
Anforderungen an Betriebspersonal	10%	3,00	3,00	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50			
Reinigungsleistung	15%	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00			
Elimination Mikroplastik	5%	1,50	1,50	1,50	3,00	1,50	1,50	3,00			
Wartungsaufwand VT / ET	10%	3,00	3,00	2,00	1,50	3,00	2,00	1,50			
Wartungsaufwand für Umbaumaßnahmen	10%	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00			
Einbindung der 4. RS	15%	2,50	2,50	2,00	3,00	2,50	2,00	3,00			
Modulare Erweiterbarkeit	5%	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00			
Ressourceneffizienz	20%	2,05	2,13	1,90	2,25	1,98	1,83	2,45			
Flächenbedarf	25%	1,50	1,50	1,50	3,00	1,50	1,50	3,00			
CO ₂ -Bilanz	30%	3,00	3,00	2,50	2,00	3,00	2,50	2,50			
Integration in den Bestand	20%	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00			
Kompakte Anordnung	25%	1,50	1,00	1,50	2,00	2,00	2,00	3,00			
Risiken	20%	1,40	1,65	1,43	2,03	2,30	2,33	2,85			
Bauzeit	25%	1,00	1,00	1,50	2,00	2,00	2,50	3,00			
Realisierbarkeit bei Veränderung Q _M	25%	1,00	2,00	1,00	1,50	2,00	2,00	3,00			
Großtechnische Anlagen (Referenzen)	10%	3,00	3,00	2,00	1,50	3,00	2,00	1,50			
Provisionen während der Bauzeit	20%	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00			
Zukunftsfähigkeit	20%	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00			
Kosten	30%	2,20	2,40	2,00	2,00	2,40	2,20	2,40			
Investitionskosten	40%	2,00	2,50	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00			
Betriebskosten / Energiebedarf	40%	3,00	3,00	2,50	1,00	3,00	2,50	1,50			
Kostenrisiko	20%	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00			
Gesamtbewertung	-	2,03	2,15	1,87	2,27	2,25	2,10	2,59			
	-	68%	72%	62%	76%	75%	70%	86%			

Abbildung 41: Bewertungsmatrix Lageplanvarianten

9.1 Hauptkriterium „Anlagenbetrieb“

Die Überkategorie „Anlagenbetrieb“ wird für die Bewertung in folgende sieben Kategorien mit zugehöriger prozentualer Wichtung unterteilt:

- | | |
|---|------|
| • Betriebsstabilität | 30 % |
| • Anforderungen an das Betriebspersonal | 10 % |
| • Reinigungsleistung | 15 % |
| • Elimination Mikroplastik | 5 % |
| • Wartungsaufwand VT/ET | 10 % |
| • Wartungsaufwand für Umbaumaßnahmen | 10 % |
| • Einbindung 4. Reinigungsstufe | 15 % |
| • Modulare Erweiterbarkeit | 5 % |

Die **Betriebsstabilität** bezieht sich insbesondere auf die biologische Verfahrensstufe, da die anderen Verfahrensstufen größtenteils in allen Varianten identisch sind. Die Stadt Oelde legt bei der Bewertung besonders großen Wert auf einen sicheren Betrieb der Anlage. Dabei spielt u.a. die Sicherheit der Kläranlage z.B. gegenüber Schlammabtrieb eine wichtige Rolle in der Betriebsstabilität, insbesondere da die Schlammeigenschaften der bestehenden Kläranlage als teilweise ungünstig (Gewerbe- und Industrieinflüsse, Jahresverlauf etc.) zu bewerten sind. Die konventionelle intermittierende Denitrifikation und das SBR-Verfahren entsprechen beide dem Stand der Technik und werden hinsichtlich der Betriebsstabilität mit 2 Punkten bewertet. Durch die Membranfiltration ist auch bei ungünstigen Schlammeigenschaften/hydraulischen Stoßbelastungen ein deutlich geringeres Risiko bzgl. Schlammabtrieb/Verschlechterung der Ablaufwerte zu erwarten. Vor diesem Hintergrund wird das MBR-Verfahren mit der Höchstpunktzahl bewertet.

Die **Anforderungen an das Betriebspersonal** werden durch die allgemein weite Verbreitung des konventionellen Belebungsverfahrens, sowie dem derzeitigen Betrieb dieser Verfahrensweise auf der KA Oelde, als durchschnittlich hoch angesehen. Es wird davon ausgegangen, dass das Betriebspersonal mit dieser Variante vertraut ist. Daher ergeben sich keine weiteren Anforderungen an das Betriebspersonal. Das konventionelle Belebungsverfahren wird mit 3 Punkten bewertet. Das SBR-Verfahren ist in der deutschen kommunalen Abwasserreinigung hingegen seltener aber insbesondere bei beengten Platzverhältnissen mit steigendem

Trend vertreten. Die Funktion des Verfahrens beruht auf der zeitlich getrennten Abfolge der versch. Prozessphasen in einem Becken und ist in seinem betrieblichen Handling und der EMSR-Technik als etwas aufwendiger einzuschätzen. Das SBR-Verfahren wird mit 2 Punkten bewertet. Die Bewertung des MBR-Verfahrens erfolgt mit 1,5 Punkten. MBR-Reaktoren werden in der kommunalen Abwasserreinigung bislang insbesondere bei sehr hohen Anforderungen oder beengten Flächenangebot eingesetzt und weisen daher deutlich weniger Referenzen auf. Die für diese Variante benötigte Technik, sowie die Steuerung der Membranfiltration und die Reinigung der Membranen, stellen höhere Anforderungen an das Betriebspersonal.

Die **Reinigungsleistung** ist aufgrund der Abwasserfiltration beim MBR infolge des 100%-Rückhalts von partikulären Feststoffen deutlich höher als bei den Varianten des konventionellen Belebungsverfahrens und dem SBRs einzuschätzen. Neben dem vollständigen Rückhalt der abfiltrierbaren Feststoffe und der verbesserten Elimination der partikulären Phosphorfraktion ist auch die weitgehende CSB-Elimination sowie die teilweise Keimelimination zu nennen. Die Reinigungsleistung des Belebungsverfahrens und des SBRs sind als etwa gleichwertig zu beurteilen.

Da die **Elimination von Mikroplastik** als Schadstoffgruppe zu einem der derzeit intensiv diskutierten Themen der Wasserwirtschaft gehört, wurde dieses als Kriterium mit in die Bewertungsmatrix mit aufgenommen. Durch einen MBR lässt sich Mikroplastik nahezu vollständig aus dem Abwasser entfernen, weshalb die MBR-Varianten mit 3 Punkten bewertet werden. Der Rückhalt von Mikroplastik in einer konventionellen Biologie und einem SBR liegt deutlich unterhalb dem einer Membranfiltration und werden daher mit 1,5 Punkten bewertet. Durch eine zusätzliche Raum- oder Tuchfiltration kann der Rückhalt dieser beiden Verfahrensvarianten ebenfalls auf über 99 % gesteigert werden. Dies ist aber weder konzeptionell noch wirtschaftlich für eine konventionelle Biologie sowie einem SBR berücksichtigt.

Das konventionelle Belebungsverfahren erfordert im Betrieb den geringsten **Wartungsaufwand MT/VT** und wird am besten bewertet. Die SBR-Reaktoren bestehen u. a. aus verschiedenen Ausrüstungselementen, wie z.B. Dekanter, die oft beweglich im Reaktor angeordnet sind und in einem hohen Maße über die Ablaufqualität entscheiden. Zusätzlich erfordern die SBR-Varianten einen Vorseicher für die Kurzzeitbeschickung und zum hydr. Ausgleich sowie einen nachgeschalteten Ablaufspeicher. Durch diese zusätzlichen Anlagenkomponenten wird erwartet, dass der Betrieb einer SBR-Anlage mit einem geringfügig erhöhten Wartungsaufwand einhergeht. Im Betrieb der MBR-Technologie, ist es unumgänglich die Membranmodule in sinnvollen Abständen zu warten. Um die Filtrationsleistung der

Membranen zu erhalten, müssen diese regelmäßig gereinigt und rückgespült werden. Die notwendige zusätzliche mechanische Vorreinigung durch Mikrosiebe stellt ebenfalls einen zu wartenden Anlagenteil da. Die MBR-Technologie wird mit 1,5 Punkten bewertet.

Das Kriterium **Wartungsaufwand für Umbaumaßnahmen** bezieht sich auf die Möglichkeit während des laufenden Betriebs Wartungsarbeiten an der installierten Technik durchführen zu können. Aufgrund der Anzahl der SBR-Reaktoren, bei welchen die Außerbetriebnahme von einem der Reaktoren im laufenden Betrieb ohne größere verfahrenstechnische Auswirkungen gut möglich ist, werden diese mit 3 Punkten bewertet. Für Wartungsarbeiten bei einer konventionellen biologischen Reinigungsstufe muss in der Regel ein Becken außer Betrieb genommen werden oder z.B. die Belüftungsgitter werden herausnehmbar konzipiert. Diese Verfahrensvariante wird mit 2 Punkten bewertet. Aufgrund der hohen Anzahl von Membranmodulen und der erforderlichen Infrastruktur verfügt ein MBR über mehr technische Ausrüstung als eine konventionelle Biologie. Die Membranmodule können allerdings bei Bedarf einzeln zur Wartung aus dem Becken gehoben werden, während der Betrieb nahezu nicht beeinflusst wird. Der MBR wird mit 2,0 Punkten bewertet.

Das Kriterium Einbindung **der 4. Reinigungsstufe** bezieht sich auf die Integrationsfähigkeit einer Spurenstoffelimination im Rahmen des zukunftsorientierten Konzepts für die Kläranlage Oelde. Durch den nahezu feststofffreien Ablauf der MBR-Reaktoren bieten diese eine gute Ausgangslage für alle Formen der Spurenstoffelimination. Einen Vorteil im Hinblick auf die 4. Reinigungsstufe, bildet die Möglichkeit Pulveraktivkohle direkt in den MBR-Reaktor zu dosieren. Da die Aktivkohle durch die Membranen im Reaktor zurückgehalten wird, sind neben eines Aktivkohlesilos und der erforderlichen Dosiereinrichtung, keine weiteren Anlagenteile wie zusätzliche Absetzbecken oder Tuchfilter erforderlich. Das MBR-Verfahren wird daher mit der Maximalpunktzahl bewertet. Durch den diskontinuierlichen Ablauf der SBR-Reaktoren gestaltet sich die Aufteilung des Zuflusses zur 4. Reinigungsstufe, aufwendiger als bei der konventionellen Biologie. Die Varianten, unter Verwendung des SBR-Verfahrens, erhalten daher einen Punkt in der Wertungsmatrix.

Die **modulare Erweiterbarkeit** bewertet die Möglichkeit bei zukünftigen höheren Anforderungen an die Reinigungsleistung oder einer erhöhten Zuflussmenge zur Kläranlage (Generalentwässerungsplanung ist noch nicht fertiggestellt), die Kapazitäten der biologische Reinigungsstufe zu erhöhen. Konventionelle Belebungsanlagen bestehen immer aus der Kombination von Belebungs- und Nachklärbecken. Wird das Belebungsbeckenvolumen erweitert, kann dies auch Auswirkungen auf

das Nachklärbecken haben. Des Weiteren benötigt das Verfahren den größten Flächenbedarf unter den zu vergleichenden Verfahren, wodurch die Erweiterbarkeit ebenfalls eingeschränkt wird. Die Varianten unter Verwendung der konventionellen Belebung erhalten daher die geringste Punktzahl in der Bewertung. Ein SBR-Reaktor vollzieht neben der biologischen Reinigung des Abwassers auch die Abtrennung des belebten Schlammes in einem Becken und es besteht keine verfahrenstechnische Beziehung zu weiteren Becken. Daher können SBR-Anlagen bei Bedarf modular erweitert werden. Die modulare Erweiterbarkeit von SBR-Reaktoren wird daher mit der Höchstpunktzahl bewertet. Die Erweiterbarkeit von MBR-Reaktoren wird der von SBR-Reaktoren gleichgesetzt. Die MBR-typischen geringen Beckenvolumina, erleichtern in der Gesamtkonzeption die evt. zusätzliche Errichtung von zusätzlichen Reaktoren zur Erweiterung von bestehenden Kläranlagen.

9.2 Hauptkriterium „Ressourceneffizienz“

Freie Bauflächen sind eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Errichtung neuer Kläranlagen. Durch den voranschreitenden Flächenverbrauch nimmt die Verfügbarkeit dieser Ressource stetig ab. Daher ist es im Rahmen einer ganzheitlichen Planung wichtig, sowohl den generellen Flächenbedarf der verschiedenen Varianten als auch deren Eignung für die Umnutzung und Erweiterung der bestehenden Kläranlage zu untersuchen. Das Kriterium Ressourceneffizienz wird in der Wertungsmatrix in die folgenden Unterkategorien unterteilt:

- | | |
|------------------------------|------|
| • Flächenbedarf | 25 % |
| • CO ₂ -Bilanz | 30 % |
| • Integration in den Bestand | 20 % |
| • Kompakte Anordnung | 25 % |

In Bezug auf den **Flächenbedarf** weist die konventionelle Belebungsanlage den höchsten Flächenverbrauch auf. Durch den erhöhten TS-Gehalt in der Belebung und die Abtrennung des belebten Schlammes mittels Filtration, erfordert die Variante des MBR-Verfahrens den geringsten Flächenbedarf aller betrachteten Varianten. Der Flächenbedarf des SBR-Verfahrens befindet sich zwischen den beiden anderen Varianten.

Die **CO₂-Bilanz** wurde für vorab definierte Verfahrensvarianten auf Basis eines von der Hydro-Ingenieure GmbH entwickelten CO₂-Tools ermittelt. In der Abschätzung der CO₂-Bilanz fließen in erster Annäherung die erforderliche Bausubstanz

sowie der Bedarf an Betriebsmitteln und der Energieverbrauch mit ein. Für die weiteren Varianten wurde die CO₂-Bilanz grob abgeschätzt. Die Unterschiede der verschiedenen untersuchten Varianten im Bezug die entstehenden CO₂-Äquivalente sind geringfügig, sodass in der Bewertung keine größeren Unterschiede in der Punktevergabe vorgenommen werden können, wobei die MBR-Lösung etwas ungünstiger bewertet wird. Die Ergebnisse der Ermittlung der CO₂-Bilanz sind detailliert in Kapitel 9 aufgeführt.

Die **Integration in den Bestand** ist aufgrund der Kompaktheit der MBR-Reaktoren unkompliziert umzusetzen, ohne in den Betrieb der Bestandskläranlage einzugreifen. Das MBR-Verfahren wird daher unter diesem Gesichtspunkt gut bewertet. Der Platzbedarf des SBR-Verfahrens ist höher und die sechs Reaktorbecken lassen sich damit nicht vollständig, in einer Bauphase, auf den Freiflächen unterbringen. Der modulare Aufbau der SBR-Anlage wirkt sich auf den nachfolgenden Bau der restlichen Reaktoren, in einer zweiten Bauphase, günstig aus. Der erforderliche Vorspeicher kann durch die Umnutzung des Belebungsbeckens I hergestellt werden. Das konventionelle Belebungsverfahren ist durch den hohen Flächendruck bei Variante 1.1 am wenigsten dazu geeignet, in die Bestandsanlage integriert zu werden. Bei Umnutzung der bestehenden Rundbecken (Variante 1.2) ist die Integration in den Bestand hingegen deutlich vorteilhafter und wird mit der Maximalpunktzahl bewertet. Die Neubauvarianten erhalten für diese Unterkategorie jeweils die Minimalpunktzahl, da der Bestand nicht weiter genutzt wird.

Durch eine **kompakte Anordnung** der Verfahrensstufen in den Verfahrensvarianten kann die verfügbare Fläche effizient ausgenutzt werden. Entstehende Freiflächen können bspw. anderweitig genutzt werden. Ein weiterer Vorteil einer kompakten Anordnung sind kurze Entfernungen zwischen den einzelnen Kläranlagenteilen. Geringe Entfernungen resultieren in kurzen Laufwegen für das Betriebspersonal und einer guten Übersichtlichkeit der Kläranlage. Ohne die Einbeziehung der Erweiterungsflächen gestaltet sich eine kompakte Anordnung schwierig. Daher werden die Varianten auf dem Bestandsgelände unter diesem Gesichtspunkt generell als ungünstiger angesehen. Unter diesen Varianten wird das konventionelle Belebungsverfahren (Variante 1.1) mit 1,5 Punkten bewertet. Bei der Variante 1.2, eines konventionellen Belebungsverfahrens und der Nutzung der vorhandenen Rundbecken, ist die biologische Reinigungsstufe in verschiedene Einzelkomponenten an unterschiedlichen Orten der Kläranlage aufgeteilt, weshalb diese Konzeption am ungünstigsten bewertet wird. Die Lageplankonzeption des SBR-Verfahrens erscheint vergleichbar mit der Variante 1.1 und wird somit ebenso mit 1,5 Punkten bewertet. Das MBR-Verfahren lässt sich am kompaktesten auf der Bestandskläranlage unterbringen und erhält 2 Punkte in der Wertungsmatrix. Unter den Varianten auf der Erweiterungsfläche wird die Anordnung des konventionellen Belebungsverfahrens und des SBR-Verfahrens als gleichwertig angesehen und

mit 2 Punkten bewertet. Die Variante eines MBR-Verfahrens auf der Erweiterungsfläche ermöglicht eine sehr kompakte Anordnung der benötigten Verfahrensstufen. Die Erweiterungsfläche wird in diesem Fall nur zu einem geringen Teil für den Neubau der Kläranlage verwendet. Vor diesem Hintergrund wird diese Variante mit der Maximalpunktzahl bewertet.

9.3 Hauptkriterium „Risiken“

Werden die Varianten auf dem Bestandsgelände unter Verwendung des konventionellen Belebungsverfahrens und des SBR-Verfahrens betrachtet, ergeben sich durch die beengten Platzverhältnisse und den provisorischen Betriebszuständen, die längsten zu erwartenden **Bauzeiten**. Das MBR-Verfahren lässt sich konzeptionell besser in den Bestand einbringen und wird daher unter den Varianten auf dem Bestandsgelände, mit 2 Punkten, am besten eingestuft. Da die Varianten auf der Erweiterungsfläche vollständig losgelöst von der bestehenden Kläranlage umgesetzt werden können, werden diese mit 3 Punkten bewertet.

Das Kriterium **Realisierbarkeit bei Veränderung Q_M** , bezieht sich auf die noch potenziell anzupassende Zuflussmenge zur Kläranlage Oelde (Generalentwässerungsplanung noch nicht fertiggestellt) und die entsprechenden Auswirkungen auf die Lageplankonzeption. Aufgrund der zum Teil unklaren Datenlage zum Zeitpunkt der klärtechnischen Bemessung der Varianten, wird in dieser Unterkategorie bewertet, wie gut sich die Varianten auf einen eventuell höheren Bemessungszufluss anpassen lassen würden. Unter den Varianten auf dem Bestandsgelände stellen sich die konventionelle Belebungs ohne Nutzung der Rundbecken sowie die SBR-Reaktoren, durch den hohen Platzbedarf und den zusammenhängenden Beckenstrukturen, als am wenigstens geeignet heraus. Bei Nutzung der Rundbecken, bieten sich eine vergleichsweise größere Freifläche für den Teil der biologischen Reinigungsstufe abseits der Rundbecken, weswegen diese Variante mit 2 Punkten höher zu bewerten ist. Das MBR-Verfahren wird unter den Varianten auf dem Bestandsgelände mit 1,5 Punkten bewertet. Durch das erhöhte Platzangebot unter Verwendung der Erweiterungsfläche, werden die konventionelle Belebungs und das SBR-Verfahren, in dieser Variante mit 2 Punkten bewertet. Das MBR-Verfahren stellt sich auch unter den Varianten auf der Erweiterungsfläche, durch den deutlich geringeren Flächenbedarf als besser geeignet heraus.

In Bezug auf die großtechnischen **Referenzen** ist das konventionelle Belebungsverfahren das mit Abstand am weitesten verbreitete Verfahren zur biologischen Abwasserbehandlung und wird mit 3 Punkten bewertet. Dem gegenüber wird das

MBR-Verfahren mit den wenigsten Referenzen mit der geringsten Punktzahl bewertet, wenngleich zunehmend mehr Referenzen bei erhöhten Anforderungen oder begrenztem Platzangebot entstehen und sich das Verfahren in den letzten Jahren weiterentwickelt hat und zunehmend auf dem Markt etabliert. Das SBR-Verfahren liegt im Bereich der großtechnischen Referenzen, zwischen den zuvor genannten Verfahren und wird mit 2 Punkten bewertet.

Provisorien während der Bauzeit bilden neben den Risiken für den Betrieb auch einen nicht unerheblichen monetären Aufwand. Daher werden die Varianten auf dem Bestandsgelände unter Verwendung der konventionellen Belebung und des SBR-Verfahrens mit der geringsten Punktzahl bewertet. Die Umsetzung dieser Varianten erfordern neben den Provisorien im Bereich des Rohwasserpumpwerks und der mechanischen Reinigung, auch eine Übergangsphase, in der ein Teil der bestehenden Kläranlage in Kombination mit einem Teil der neu errichteten Verfahrensstufen betrieben wird. Eine solche Übergangsphase wird bei dem MBR-Verfahren nicht benötigt. Daher wird das MBR-Verfahren unter den Varianten auf dem Bestandsgelände besser bewertet. Für die Varianten auf der Erweiterungsfläche werden unabhängig vom Reinigungsverfahren, keine Provisoren benötigt und die Maximalpunktzahl vergeben.

Die **Zukunftsfähigkeit** bezieht sich auf die ggf. zukünftig steigenden Anforderungen an die Abwasserreinigung. Insbesondere bei einem schwachen Vorfluter wie dem Axtbach ist möglich, dass zukünftig die Einleitvorschriften der Kläranlage Oelde über das bekannte Maß hinaus verschärft werden. Hinsichtlich dieses Kriteriums können durch das MBR-Verfahren die zukünftig erwartbaren Einleitvorschriften mit deutlich geringerem Risiko sicher erfüllt werden. Die Verfahren der konventionellen Belebung und des SBRs können die derzeitigen Einleitvorschriften grundsätzlich erfüllen. Bei einer Verschärfung der Einleitvorschriften z.B. hinsichtlich des Parameters Phosphor müsste ggf. eine weitere Filtrationsstufe der Kläranlagenkonzeption nachgeschaltet werden, welche bislang weder konzeptionell noch wirtschaftlich in den Varianten (Belebtschlammverfahren und SBR-Verfahren) berücksichtigt wurde. Von daher werden die konventionelle Biologie sowie das SBR-Verfahren lediglich mit 2 Punkten bewertet.

9.4 Hauptkriterium „Kosten“

Der Variantenvergleich hinsichtlich ihrer Kosten geschieht unter Aufteilung der Überkategorie, auf die folgenden drei Unterkategorien

- Investitionskosten 40 %

- Betriebskosten / Energiekosten 40 %
- Kostenrisiko 20 %

Die geschätzten **Investitions-** sowie **Betriebskosten** der verschiedenen Verfahrensvarianten werden detailliert in Kapitel 8 erläutert.

Das **Kostenrisiko** der Varianten auf dem Bestandsgelände wird allgemein als höher angesehen als das der Varianten auf der Erweiterungsfläche. Gründe dafür sind unter anderem der Betrieb in langen provisorischen Zuständen, Abrissarbeiten und aufgrund der nicht ausreichenden Bestandsdokumentation evt. unklare Leitungsführungen. Je umfassender in den Bestand eingegriffen wird, desto größer wird das Kostenrisiko angesehen. Der Umbau/Neubau auf dem Bestandsgelände bei dem Verfahren konventionellen Biologie und dem SBR-Verfahren wird als etwa gleichwertig eingeschätzt und jeweils mit der Minimalpunktzahl bewertet. Das MBR-Verfahren auf der Erweiterungsfläche wird durch den Umbau auf ausschließlich bisher unbebauten Flächen und kürzeren provisorischen Betriebszuständen, als günstiger angesehen und mit 2 Punkten bewertet. Das Kostenrisiko des konventionellen Belebungsverfahrens und des SBR-Verfahrens auf der Erweiterungsfläche wird als gering/mittel eingeschätzt. Die beiden Varianten erhalten 2 Punkte in der Wertungsmatrix. Aufgrund der geringeren Bauvolumina wird das Kostenrisiko für das MBR-Verfahren auf der Erweiterungsfläche mit 3 Punkten bewertet.

9.5 Ergebnisse Variantenvergleich

Unter Berücksichtigung der zuvor festgelegten Bewertungskategorien sowie deren prozentualer Wichtungen, wird über die Wertungsmatrix eine Gesamtpunktzahl für jede der acht Varianten ermittelt. Das prozentuale Bewertungsergebnis in der untersten Zeile der Wertungsmatrix, spiegelt den Anteil der erreichten Punktzahl von der maximal möglichen Punktzahl wider.

Anhand der Matrix lässt sich erkennen, dass die Varianten auf der Erweiterungsfläche generell ein besseres Gesamtergebnis erzielen als die Varianten auf dem Bestandsgelände. Dieser Umstand ist vor allem darin begründet, dass der vollständige Neubau als deutlich weniger risikobehaftet bewertet wird. Dies gilt sowohl für die Unterpunkte der nicht monetären Risiken wie „Bauzeit“, „Realisierbarkeit bei Veränderung Q_M“ und „Provisorien während der Bauzeit“ aber auch für das Kostenrisiko. Weitere vorteilhafte Bewertungen erhalten die Varianten auf der Erweiterungsfläche unter Betrachtung der Ressourceneffizienz. Wenn auch für die

Neubauvarianten die bislang unbebaute Erweiterungsfläche verwendet wird, können diese Varianten kompakter konzipiert werden.

Im Vergleich zwischen den drei Verfahren der biologischen Abwasserbehandlung werden in den Kriterien „Anlagenbetrieb“ und „Ressourceneffizienz“ die Vorteile des MBR-Verfahrens deutlich. Durch die Membranfiltration bietet das MBR-Verfahren, neben der höchsten Betriebsstabilität und Reinigungsleistung, auch optimale Voraussetzungen, um eine 4. Reinigungsstufe in die Kläranlage zu integrieren. Die Membranmodule halten neben dem belebten Schlamm auch Pulveraktivkohle zur Spurenstoffelemination im Reaktor zurück. So wird der Einsatz von Pulveraktivkohle ermöglicht ohne weitere Filtrationsanlagen oder Absetzbecken vorzusehen. Durch den geringen Flächenbedarf und der daraus resultierenden kompakten Anordnung, setzt sich das MBR-Verfahren auch im Hinblick auf die Ressourceneffizienz in der Wertungsmatrix durch.

Im Kriterium „Kosten“ werden die konventionelle Biologie unter Nutzung der 2 Kombibecken auf der Bestandsfläche und die konventionelle Biologie sowie der MBR auf der Erweiterungsfläche am höchsten bewertet. Die Investitionskosten des MBR sind am niedrigsten, während die Betriebskosten des MBRs am höchsten liegen. Das Kostenrisiko wird aufgrund der kompakten und unabhängigen Bauweise für den MBR auf der Erweiterungsfläche am niedrigsten eingeschätzt.

Im Folgendem sind die 7 Varianten nach ihrer Gesamtbewertung in absteigender Reihenfolge aufgeführt:

1. Var. 6/7_MBR_Erw.	86 % (Punkte: 2,59)
2. Var. 3_MBR_Best.	76 % (Punkte: 2,27)
3. Var. 4_IDN_Erw.	75 % (Punkte: 2,25)
4. Var. 1.2_IDN_Best.	72 % (Punkte: 2,15)
5. Var. 5_SBR_Erw.	70 % (Punkte: 2,10)
6. Var. 1.1_IDN_Best.	68 % (Punkte: 2,03)
7. Var. 2_SBR_Best.	62 % (Punkte: 1,87)

10 ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde ein für die vorliegenden Rahmenbedingungen optimales Konzept für einen langfristig stabilen Betrieb der Abwasserreinigung gemäß aktuellem Stand der Technik erarbeitet. Basierend auf einer Ausbaugröße von 70.000 EW wurden Bauwerkslösungen sowohl verfahrens- wie auch bautechnisch erarbeitet und in unterschiedliche Lageplankonzeptionen eingebunden und dargestellt. Dabei wurden insgesamt sieben Umbau- und Neubauvarianten untersucht. Diese wurden insbesondere unter Berücksichtigung betrieblicher sowie wirtschaftlicher Kriterien als auch unter Berücksichtigung zusätzlicher Ressourcen und Standortkriterien sowie Umsetzungsrisiken untersucht sowie bewertet.

Für vier ausgewählte verfahrenstechnisch unterschiedliche Varianten, darunter zwei vollständige Neubauvarianten sowie zwei Varianten mit einer Weiternutzung des vorhandenen Zulaufpumpwerkes und der Vorklärung wurden die Investitions- sowie die Betriebskosten um die dynamischen Jahreskosten ermittelt. Hierbei ist die Variante 7 (MBR) die Konzeption mit den geringsten Investitionskosten, wohingegen die Variante 4 (konventionelle Biologie) die Variante mit den höchsten Investitionskosten darstellt. Die Varianten 1.1 (konventionelle Biologie) und 1.2 (konventionelle Biologie mit Nutzung Rundbecken) unter Nutzung des Bestandes liegen investiv zwischen vorgenannten Lösungsmöglichkeiten. Die Ergebnisse der Ermittlung der dynamischen Jahreskosten zeigen unter Berücksichtigung der 4. Reinigungsstufe geringe Unterschiede auf, sodass diese vier Varianten nahezu als gleichwertig zu betrachten sind und somit insbesondere die Kriterien des Anlagenbetriebs der Ressourceneffizienz und der Umsetzungsrisiken maßgebend für die Ausfall einer Vorzugsvariante sind.

Unter Berücksichtigung sämtlicher Kriterien wird hierbei die Variante 7 – Membrantechnologie als umzusetzende Vorzugsvariante ausgewiesen. Ebenfalls mit einer hohen Bewertung wird die Variante 4 (Neubau konventionelle Biologie) als mögliche Umsetzungskonzeption dargestellt. Es wird empfohlen, die Förderfähigkeit der Membrantechnologie in Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden zu prüfen und im Jahre 2023 eine Pilotierung des MBR-Einsatzes durchzuführen (12 Monate vor Ort, Eignung für Abwassermatrix Oelde, Prüfung Auslegungsdaten und Betriebskosten etc.)

KONZEPT

KONZEPT