Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

der Kläranlagen im Stadtgebiet Melle

Studie

Osnabrück, im Juni 2021

Auftraggeber:

Stadt Melle

Schürenkamp 12

49234 Melle

Stadt Melle

Aufgestellt durch:

HI-Nord Planungsgesellschaft mbH

Beratende Ingenieure

Rheiner Landstraße 9

49078 Osnabrück

Osnabrück, 03. Juni 2021

102140 / Ki/LK

20210603_102140_EB_Wirtschaftlichkeit_KA.docx

Projektleiter: Dipl.-Ing. Michael Kipsieker

Projektingenieur: M.Sc. Lars Kersebaum

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Projektkurzbeschreibung	1
1.3	Aufgabenstellung	1
2	PLANUNGSGRUNDLAGEN	2
2.1	Planungsgrundlagen	2
2.2	Variantenbeschreibung	2
3	AUSLASTUNG DER KLÄRANLAGEN	4
4	VARIANTENDARSTELLUNG	11
4.1	Variante 1a: Zentralkläranlage Standort KA Melle-Mitte	11
4.2	Variante 1b: Zentralkläranlage Neuer Standort	15
4.3	Variante 2: Zwei Kläranlagen	17
4.3.1	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte	17
4.3.2	Westkläranlage	19
4.4	Variante 3: Drei Kläranlagen	22
4.4.1	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte	22
4.4.2	Westkläranlage	24
4.4.3	Kläranlage Neuenkirchen	24
4.5	Variante 4: Sechs Kläranlagne	25
4.5.1	Eingangsdaten	25
4.5.2	Kläranlage Buer	26
4.5.3	Kläranlage Bruchmühlen	27
4.5.4	Kläranlage Gesmold	27
4.5.5	Kläranlage Melle-Mitte	28
4.5.6	Kläranlage Neuenkirchen	30
4.5.7	Kläranlage Wellingholzhausen	30
4.6	Zusammenfassung Varianten	31
5	WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	33
5.1	Kostenvergleichsrechnung nach LAWA	33
5.2	Eingangsdaten	34
5.2.1	Rahmendaten KVR-Rechnung	34
5.2.2	Nutzungsdauer	35
5.2.3	Investitionskosten	36
5.2.4	Laufende Kosten	40
5.2.5	Reinvestitionskosten	49
5.3	Auswertung Kostenvergleichsrechnung	50
5.3.1	Laufende Kosten ohne Preissteigerung	50
5.3.2	Laufende Kosten mit Preissteigerung	51
5.3.3	Gesamtkosten ohne Preissteigerung	52
5.3.4	Gesamtkosten mit Preissteigerung	55

5.4	Ergebnis Kostenvergleichsrechnung	57
6	NICHT MONETÄRE APSPEKTE	58
6.1	Handhabung Kläranlage	58
6.2	Schlammbehandlung / Schlammanfall / Schlammtransport	59
6.3	Betriebssicherheit Kläranlage	60
6.4	Personalbedarf	62
6.5	Energieverbrauch Kläranlagen	63
6.6	Energiegewinnung Kläranlage	64
6.7	CO2-Kläranlagenbetrieb	65
6.8	CO2-Fahrzeugbetrieb	65
6.9	Abwasserbeschaffenheit	66
6.10	Emission Lärm	67
6.11	Emission Geruch	68
6.12	Flächenverfügbarkeit	68
6.13	Genehmigungen	69
6.14	Ökologie / Hydraulik Vorfluter	70
7	NUTZWERTANALYSE	72
7.1	Bewertungsmatrix	72
7.2	Bewertung Nutzwertanalyse	74
7.3	Gesamtergebnis Nutzwertanalyse	78
8	FAZIT	79
9	ZUSAMMENFASSUNG	81
10	AUSBLICK: 4. REINIGUNGSSTUFE IN MELLE	87
10.1	Einleitung	87
10.2	(Rechtliche) Situation in Deutschland	88
10.3	Voraussetzungen	89
10.4	Verfahren zur gezielten Spurenstoffelimination	90
10.4.1	Überblick	90
10.4.2	Adsorptive Verfahren	91
10.4.2.1	Allgemeine Grundlagen	91
10.4.2.2	Aktivkohleadsorption mittels Pulveraktivkohle (PAK)	92
10.4.2.3	Aktivkohleadsorption mittels granulierter Aktivkohle (GAK)	96
10.4.3	Oxidative Verfahren	99
10.4.3.1	Allgemeine Grundlagen	99
10.4.3.2	Ozonung	99
10.4.3.3	Advanced Oxidation Processes (AOP)	101
10.4.4	Physikalische Verfahren	102
10.5	Auswahl eines geeignetten Verfahrens	102
10.6	Ausblick Stadt Melle	104

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Summenhäufigkeit CSB-Fracht KA Neuenkirchen 6

Abbildung 2: Summenhäufigkeit CSB-Fracht Einwohnerwerte KA Neuenkirchen 6

Abbildung 3: Ganglinie CSB-Fracht KA Neuenkirchen 7

Abbildung 4: Anlagen-/ Pumpenkennline (KA Buer -> ZKA Melle-Mitte) 15

Abbildung 5: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Kläranlagen gemäß der Größenklasse [12] 40

Abbildung 6: Laufende Kosten ohne Preissteigerung 50

Abbildung 7: Laufende Kosten mit Preissteigerung 51

Abbildung 8: Gesamtkosten ohne Preissteigerung (Einzeln) 52

Abbildung 9: Gesamtkosten ohne Preissteigerung (kumulativ) 53

Abbildung 10: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Einzeln) 55

Abbildung 11: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Kumulativ) 56

Abbildung 12: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Kumulativ) 84

Abbildung 13: Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen 91

Abbildung 14: Begriffsbestimmung der Adsorption [17] 91

Abbildung 15: Verfahrensfließbild: PAK-dosierung in einer separaten Adsorptionsstufe [24] 94

Abbildung 16: Verfahrensfließbild: PAK-Dosierung vor einem Filter [24] 94

Abbildung 17: Verfahrensfließbild: PAK-Dosierung in das Belebungsbecken [24] 95

Abbildung 18: Verfahrensfließbild: GAK-Filter nach biologischer Behandlung [24] 97

Abbildung 19: Verfahrensfließbild: GAK-Filter nach biologischer Behandlung mit vorgeschalteter Filtereinheit [24] 97

Abbildung 20: Schematische Beladung eines GAK-Filters und resultierende Durchbruchskurve [30] 98

Abbildung 21: Verfahrensfließbild: Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter [6] 99

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Ergebnis Zulaufauswertung Zufluss 8

Tabelle 2: Ergebnis Zulaufauswertung Frachten 9

Tabelle 3: Berechnungsgrundlage Grobdimensionierung Kläranlagen 10

Tabelle 4: Eingangsdaten Berechnung Variante 1a, Teil 1 11

Tabelle 5: Eingangsdaten Berechnung Variante 1a, Teil 2 11

Tabelle 6: Ergebnisse Berechnung nach DWA-A131, Variante 1a 12

Tabelle 7: Pumpwerke und Druckrohrleitungen Variante 1a 14

Tabelle 8: Pumpwerke und Druckrohrleitungen Variante 1b 16

Tabelle 9: Eingangsdaten Berechnungen Erweiterung KA Melle-Mitte, Variante 2 Teil 1 17

Tabelle 10: Eingangsdaten Berechnungen Erweiterung KA Melle-Mitte, Variante 2 Teil 2 17

Tabelle 11: Ergebnisse Berechnung Variante 2, Erweiterung KA Melle-Mitte 18

Tabelle 12:Eingangsdaten Berechnungen Westkläranlage, Teil 1 19

Tabelle 13: Eingangsdaten Berechnungen Westkläranlage, Teil 2 19

Tabelle 14: Ergebnis Berechnung Variante 2, Westkläranlage 20

Tabelle 15: Pumpwerk und Druckrohrleitung Variante 2, Westkläranlage 20

Tabelle 16: Eingangsdaten Erweiterung KA Melle-Mitte, Teil 1 22

Tabelle 17: Eingangsdaten Erweiterung KA Melle-Mitte, Teil 2 22

Tabelle 18: Ergebnis Berechnung Variante 3, KA Melle-Mitte 23

Tabelle 19: Eingangsdaten Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen Teil a 24

Tabelle 20: Eingangsdaten Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen Teil 2 24

Tabelle 21: Ergebnis Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen 24

Tabelle 22: Eingangsdaten Berechnungen Variante 4, Teil 1 25

Tabelle 23: Eingangsdaten Berechnungen Variante 4, Teil 2 26

Tabelle 24: Ergebnis Berechnung Variante 4, KA Buer 26

Tabelle 25: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Bruchmühlen 27
Tabelle 26: Ergebnis Berechnung Variante 4, KA Gesmold 28
Tabelle 27: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Melle-Mitte 29
Tabelle 28: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Wellingholzhausen 30
Tabelle 29: Zusammenstellung Variantendarstellung Teil 1 31
Tabelle 30: Zusammenstellung Variantendarstellung Teil 2 32
Tabelle 31: Nutzungsdauer Anlagenbestandteile 35
Tabelle 32: Investitionskosten Variante 1a 36
Tabelle 33: Investitionskosten Variante 1b 37
Tabelle 34: Investitionskosten Variante 2 37
Tabelle 35: Investitionskosten Variante 3 38
Tabelle 36: Investitionskosten Variante 4 39
Tabelle 37: Berechnung Stromgewinn 41
Tabelle 38: Berechnung Stromverbrauch 41
Tabelle 39: Transportkosten Klärschlamm 42
Tabelle 40: Entsorgungskosten Klärschlamm 43
Tabelle 41: Personalanzahl der Varianten 44
Tabelle 42: Materialkosten Fällmittel 45
Tabelle 43: Energiekosten Pumpwerke 46
Tabelle 44: Instandhaltungs- und Wartungskosten 47
Tabelle 45: Zusammenfassung laufende Kosten 48
Tabelle 46: Ergebnis Nutzwertanalyse Gesamtkosten 74
Tabelle 47: Ergebnis Nutzwertanalyse Energiebilanz 74
Tabelle 48: Ergebnis Nutzwertanalyse Realisierbarkeit 75
Tabelle 49: Ergebnis Nutzwertanalyse Flächenbedarf 76
Tabelle 50: Ergebnis Nutzwertanalyse Nicht-monetäre Aspekte 76
Tabelle 51: Gesamtergebnis Nutzwertanalyse 78
Tabelle 52: Gesamtergebnis Studie 80

Tabelle 53: Erweiterungsmaßnahmen Varianten, Teil 1 82

Tabelle 54: Erweiterungsmaaßnahmen Varianten, Teil 2 83

Tabelle 55: Gesamtergebnis Studie 86

Tabelle 56: Reinigungsleistung der Verfahren für ausgewählte Indikatorsubstanzen (Zwickenpflug et al., 2010 und KomM-NRW, 2016) 103

ANLAGENVERZEICHNIS

ANLAGE 1: ZULAUFAUSWERTUNG

ANLAGE 2: BERECHNUNGEN GEMÄß DWA-A131

ANLAGE 3: DIMENSIONIERUNG PUMPWERKE UND DRUCKROHRLEITUNGEN

ANLAGE 4: KOSTENERMITTLUNG

ANLAGE 5: WIRTSCHAFTLICHKEITSERMITTLUNG

ANLAGE 6: NICHT-MONETÄRE ASPEKTE

PLANVERZEICHNIS

102140_0001	Lageplan Lageplan Variante 1a, Zentralkläranlage	1:1.000
102140_0002	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Buer – ZKA Melle-Mitte	1:10.000
102140_0003	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Bruchmühlen – ZKA Melle-Mitte	1:10.000
102140_0004	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Gesmold – ZKA Melle-Mitte	1:10.000
102140_0005	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Neuenkirchen – ZKA Melle-Mitte	1:10.000
102140_0006	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Wellingholzh. – ZKA Melle-Mitte	1:10.000
102140_0008	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Buer – ZKA Neu	1:10.000
102140_0009	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Bruchmühlen – ZKA Neu	1:10.000
102140_0010	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Neuenkirchen – ZKA Neu	1:10.000
102140_0011	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Wellingholzhausen – ZKA Neu	1:10.000
102140_0012	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Melle-Mitte – ZKA Neu	1:10.000
102140_0013	Lageplan Lageplan Variante 2, Erweiterung KA Melle-Mitte	1:1.000
102140_0014	Lageplan Lageplan Variante 2/3, Westkläranlage	1:1.000
102140_0015	Lageplan + Längsschnitt Druckrohrleitung KA Wellingholzh.- Westkläranlage	1:10.000
102140_0016	Lageplan Lageplan Variante 3, Erweiterung KA Melle-Mitte	1:1.000
102140_0017	Lageplan Lageplan Variante 4, Erweiterung KA Melle-Mitte	1:1.000
102140_0018	Lageplan Lageplan Variante 4, Erweiterung KA Gesmold	1:1.000

LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

Plangrundlagen und projektbezogene Unterlagen:

[1] Betriebstagebücher der Kläranlage 2017 – 2019, Stadt Melle

[2] Daten 24h-Zulaufmessung Kläranlagen, 2015-2020, Stadt Melle

[3] Bestandsangaben Kläranlagen, 2020, Stadt Melle

[4] Lagepläne Kläranlagen, Stadt Melle

[5] Risikoanalyse Kläranlage, Stand 2020, Stadt Melle

Technische Regelwerke, Normen und gesetzliche Bestimmungen:

[6] DWA-A 131 „Bemessung von einstufien Belebungsanlagen“, DWA, Juni 2016

[7] ATV-DVWK-A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“, DWA, April 2003

[8] Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinie), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Juli 2012

[9] DWA-M271 „Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen“, DWA, März 2017

[10] Qualifiaktion des Betriebspersonals auf Kläranlagen, Dipl.-Ing. Gerolf Lenz, ATV-DVWK, Stand 2019

Veröffentlichungen und Fachliteratur:

[11] „Betriebliche und energetische Aspekte von Schlammfaulung und -stabilisierung“, Prof. Dr.-Ing. Joachim Hansen, Université du Luxembourg, Research Unit in Engineering Science, 2010

[12] Energieeffizenz Kommunaler Kläranlagen, Klaus Fricke, Umweltbundesamt, Stand 2009

[13] Möglichkeiten der Faulgasverwertung auf Kläranlagen, W.Frey, Ingenieurkonsulent für Maschinenbau, Korneuburg, 2010

LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

AUSBLICK 4. REINGUNGSSTUFE

Technische Regelwerke, Normen und gesetzliche Bestimmungen:

[14] DIN EN 12903 (2009): Produkte zur Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch – Pulver-Aktivkohle, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), Beuth Verlag GmbH, Berlin

[15] OgewV (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung), Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), Bonn

[16] TrinkwV (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichenGebrauch (Trinkwasserverordnung), Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), Bonn

[17] WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), Bonn

[18] WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik – Wasserrahmenrichtlinie, Europäisches Parlament und Europäischer Rat (Hrsg.)

Veröffentlichungen und Fachliteratur:

[19] Abegglen, C.und Siegrist, H. (2012): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern

[20] Adler, N., Balzer, F., Blondzik, K., Brauer, F., Chorus, I., Ebert, I., Fiedler, T., Grummt, T., Heidemeier, J., Hein, A., Helmecke, M., Hilliges, F., Kirst, I., Klasen, J., Konradi, S., Krause, B., Küster, A., Otto, C., Pirntke, U., Roskosch, A., Schönfeld, J., Selinka, H.-C., Szewzyk, R., Westphal-Settele, K.und Straff, W. (2018): Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt – Hintergrund, Herausforderungen und Handlungsoptionen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

[21] Ahting, M., Brauer, F., Duffek, A., Ebert, I., Eckhard, A., Hassold, E., Helmecke, M., Kirst, I., Krause, B., Lepom, P., Leuthold, S., Mathan, C., Mohaupt, V., Moltmann, J. F., Müller, A., Nöh, I., Pickl, C., Pirntke, U., Pohl, K., Rechenberg, J., Suhr, M., Thierbach, C., Tietjen, L., Von der Ohe, P.und Winde, C. (2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

[22] ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (Hrsg.) (2015): Mikroschadstoffentfernung machbar? – Wesentliche Inhalte einer Machbarkeitsstudie für Anlagen zur Mikroschadstoffelimination. ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, Köln

[23] ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (Hrsg.) (2016): Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination. 2. Auflage, ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, Köln

[24] ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (Hrsg.) (2018): Einsatz von Aktivkohle zur Wasser-/ Abwasserbehandlung – Übersicht der Aktivkohlehersteller und -lieferanten sowie Anlagenbauer von Dosiertechniken. ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, Köln

[25] ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW GbR (Hrsg.) (o. J.): Förderung – Ertüchtigung öffentlicher Kläranlagen zur Mikroschadstoffelimination. https://nrw-mikro.amit-services.de/hintergrund/foerderung/, besucht am 25. Februar 2021

[26] Bauhaus-Universität (Hrsg.) (2017): Abwasserbehandlung – Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Weitergehende Abwasserreinigung. In fachlicher Kooperation mit der DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 4. Auflage, Bauhaus-Universitätsverlag im Jonas Verlag für Kunst und Literatur GmbH, Kromsdorf/Weimar

[27] Benstöm, F., Keysers, C., Linnemann, V., Bressling, J., Pinnekamp, J., Niehoff, H., Mauer, C., Armbruster, M., Dittmann, R., Rotzsche, I., Hartenberger, M., Bauer, B., Poppe, A.und Bomba, A. (2013): Umrüstung der Kölner BIOFOR-Flockungsfilter auf Spurenstoffelimination (AdOx Köln) – Abschlussbericht Phase 1. gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz,

Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV)

[28] Böhler, M., Wittmer, A., Heisele, A., Wohlhausser, A., Salhi, L., von Gunten, U., Mc Ardell, C., Longrée, P., Beck, P.und Siegrist, H. (2013): Berichterstattung – ergänzende Untersuchungen zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf der Ara Neugut. Bern

[29] Clara, M., Gans, O., Humer, F., Weiß, S.und Zieritz, I. (2010): Antibiotika im Grundwasser – Sondermessprogramm im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung. Umweltbundesamt GmbH, Wien

[30] Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG (2016): Studie zur Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Brandheide – Abschlussbericht. Essen

[31] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Möglichkeiten der Elimination von anthropogenen Spurenstoffen. DWA, Hennef, DWA-Themenband T3/2015

[32] Donau Carbon GmbH & Co. KG. (2015): Aktivkohle und ihre Anwendung. Frankfurt

[33] Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Hrsg.) (2010): Einsatz von Pulveraktivkohle zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Abschlussbericht. Dübendorf

[34] Girbig, A. K.und Steffen, D. (2013): Untersuchung niedersächsischer Oberflächengewässer auf bestimmte Humanarzneimittel. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hannover-Hildesheim

[35] Haist-Gulde, B. (2017): Adsorption an Aktivkohle. In: Jekel, M.; Czekalla, C. Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren – DVGW Lehr- und Handbuch Wasserversorgung. Band 6, 2. Auflage, Deutscher Industrieverlag, München

[36] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.) (o. J.): Arzneimittel – Bestimmung von Arzneimittel-Wirkstoffen in hessischen Fließgewässern im Rahmen des Pflanzenschutzmittel-Monitorings - Messergebnisse von 2007 bis 2015. https://www.hlnug.de/themen/wasser/

fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/spurenstoffe/arzneimittel, besucht am 25. Februar 2021

[37] Hillenbrand, T., Fuchs, S., Abegglen, C., Kittlaus, S., Marscheider-Weidemann, F., Menger-Krug, E., Michael, K., Paul, W., Steffen, M., Tettenborn, F., Tjoeng, I.und Toshovski, S. (2015): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, UBA-Texte 85/2014

[38] Knollmann Ingenieurgesellschaft mbH (2017): Ertüchtigung der Kläranlage Steinhagen zur Elimination von Spurenstoffen – Machbarkeitsstudie. Hannover

[39] Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg (Hrsg.) (2018): Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg – Handlungsempfehlungen für die Vergleichskontrolle und den Betrieb von Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffelimination. Stuttgart

[40] Metzger, S., Barjenbruch, M., Beier, S., Miehe, U. und Nafo, I. (2020): Statusbericht "Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen in Deutschland". Korrespondenz Abwasser, Abfall (67), Nr. 10, 769–779

[41] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2018): Arbeitspapier – Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg. Stuttgart

[42] Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Hrsg.) (2015): Environmental Quality Standard (EQS) – Vorschlag des Oekotoxzentrums für Bromat.

[43] Tchobanoglous, G., Stensel, D. H., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G.und Pfrang, W. (2014): Wastewater engineering – Treatment and resource recovery. 5. Auflage, McGraw-Hill Education, New York

[44] Tetzlaff, B. (2016): Belastung der Fließgewässer Niedersachsens mit Human-Pharmaka – Endbericht. Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, Jülich

[45] Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015): Arzneimittel. https:// www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel, besucht am 23. Februar 2021

[46] Worch, E. (2012): Adsorption Technology in Water Treatment – Fundamentals, Processes, and Modeling. 1. Auflage. Auflage, Walter de Gruyter GmbH Co.KG, Berlin/Bosten

[47] Wunderlin, P. (2018): Verfahrensüberblick zur biologischen Nachbehandlung bei der Ozonung. VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Dübendorf

[48] Wunderlin, P., Mestankova, H., Salhi, E., Wildhaber, Y. S., Schärer, M., Schirmer, K. und von Gunten, U. (2015): Behandelbarkeit von Abwasser mit Ozon – Testverfahren zur Beurteilung. Aqua & Gas), Nr. 7/8, 28–38

[49] Xylem Services GmbH (o. J.): SMOevo PLUS Ozone Systems – Produktbroschüre. Herford

[50] Zwickenpflug, B., Böhler, M., Sterkele, B., Joss, A., Siegrist, H., Traber, J., Gujer, W., Behl, M., Dorusch, F.und Hollender, J. (2010): Einsatz von Pulveraktivkohle zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Abschlussbericht. Dübendorf, dargestellt nach Abegglen, C. und Siegrist, H. (2012): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern

1 EINLEITUNG

1.1 Veranlassung

Die Stadt Melle betreibt im Stadtgebiet zurzeit 6 Kläranlagen mit unterschiedlichen Ausbaugrößen. Es wird überlegt die Abwasserreinigung ganz bzw. teilweise zu zentralisieren und die Kläranlagenstandorte im Stadtgebiet zu verringern. Die wesentliche Grundlage bildet die Risikoanalyse [5] aus dem Jahr 2020 mit Angaben zum Alter und Zustand der jeweiligen Kläranlagen.

Die Stadt Melle hat die HI-Nord Planungsgesellschaft mbH mit der Bearbeitung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Kläranlagen im Stadtgebiet Melle beauftragt.

1.2 Projektkurzbeschreibung

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind insgesamt 5 mögliche Varianten für den zukünftigen Betrieb der Abwasserreinigung im Stadtgebiet Melle miteinander zu vergleichen. Für die einzelnen Varianten werden Konzepte und Dimensionierungen zur Abwasserreinigung erstellt und daraus die Investitions- und Betriebskosten ermittelt. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die einzelnen Varianten miteinander verglichen. Abschließend wird ein Realisierungsvorschlag, mit Dokumentation und Präsentation, erarbeitet.

1.3 Aufgabenstellung

Im ersten Schritt erfolgt eine Zulaufauswertung auf Grundlage der Betriebstagebücher der Kläranlagen. Daraus ist die Auslastung der einzelnen Kläranlagen zu ermitteln. In den einzelnen Varianten hat eine Konzeptionierung und Grobdimensionierung anhand der aktuellen Belastung zu erfolgen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen sind die Investitions- und Betriebskosten, inklusive Abbruchkosten, zu ermitteln. Die erforderlichen Maßnahmen sind für die jeweiligen Varianten zeichnerisch darzustellen. Sind im Zuge der Varianten außerdem Pumpwerke und Druckrohrleitungen zu errichten, so sind diese ebenfalls zeichnerisch darzustellen und in den Investitions- und Betriebskosten zu berücksichtigen.

Die ermittelten Kosten der jeweiligen Varianten sind im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung miteinander zu vergleichen. Somit ist die wirtschaftlichste Variante unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten zu erarbeiten. Zum Abschluss sind die Ergebnisse im Rahmen eines Berichtes und einer Präsentation zu dokumentieren.

2 PLANUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Planungsgrundlagen

Zur Bearbeitung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die folgenden Unterlagen von der Stadt Melle zur Verfügung gestellt worden.

- Betriebstagebücher der Kläranlagen Melle-Mitte, Buer, Bruchmühlen, Gesmold, Neuenkirchen und Wellingholzhausen [1]
- Daten der mobilen 24h-Zulaufmessung [2]
- Bestandsangaben der Kläranlagen [3]
- Übersichtskarten und Lagepläne der Kläranlage [4]
- Risikoanalyse der Kläranlagen, Stand 2020 [5]

2.2 Variantenbeschreibung

Die Stadt Melle hat die einzelnen Varianten im Rahmen der Angebotsabgabe vorab ausgearbeitet und für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Planungsleistung definiert. Derzeit findet im Stadtgebiet Melle die Abwasserreinigung auf den Kläranlagen Buer, Bruchmühlen, Gesmold, Melle-Mitte, Neuenkirchen und Wellingholzhausen statt. Die Varianten betrachten unterschiedliche Möglichkeiten zur Zentralisierung der Abwasserreinigung in Melle und werden nachfolgend vorgestellt.

Variante 1a: Zentralkläranlage am jetzigen Standort der Kläranlage Melle-Mitte

- Errichtung einer Zentralkläranlage bzw. Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte zu einer Zentralkläranlage am Standort der KA Melle-Mitte
- Abwasserreinigung des gesamten Schmutzwassers der Stadt Melle an einem zentralen Standort
- Transport des Schmutzwassers mittels Pumpwerke von fünf Kläranlagen zur KA Melle-Mitte
- Abbruch von fünf Kläranlagen

Variante 1b: Zentralkläranlage an einem neuen Standort

- Errichtung einer Zentralkläranlage an einen neuen Standort
- Standort östlich des Kläranlagenstandortes Melle-Mitte, in einer Entfernung von max. 5 km, in der Nähe des Vorfluters „Else“

- Abwasserreinigung des gesamten Schmutzwassers der Stadt Melle an einem zentralen Standort
- Transport des Schmutzwassers mittels Pumpwerke von sechs Kläranlagen zum neuen Standort der Zentralkläranlage
- Abbruch von sechs Kläranlagen

Variante 2: Zwei Kläranlagen

- Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte zur Abwasserreinigung des Schmutzwassers aus den Einzugsgebieten Melle-Mitte, Buer, Bruchmühlen und Neuenkirchen
- Erweiterung der Kläranlage Gesmold zur „Westkläranlage“ für die Abwasserreinigung des Schmutzwassers aus den Einzugsgebieten Gesmold und Wellingholzhausen
- Abwasserreinigung an zwei Standorten
- Transport des Schmutzwassers mittels Pumpwerke von vier Kläranlagen zur KA Melle-Mitte bzw. KA Gesmold
- Abbruch von vier Kläranlagen

Variante 3: Drei Kläranlagen

- Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte zur Abwasserreinigung des Schmutzwassers aus den Einzugsgebieten Melle-Mitte, Buer und Bruchmühlen
- Die Kläranlage Neuenkirchen wird in der derzeitigen Form weiterbetrieben
- Erweiterung der Kläranlage Gesmold zur „Westkläranlage“ für die Abwasserreinigung des Schmutzwassers aus den Einzugsgebieten Gesmold und Wellingholzhausen
- Abwasserreinigung an drei Standorten
- Transport des Schmutzwassers mittels Pumpwerke von drei Kläranlagen zur KA Melle-Mitte bzw. KA Gesmold
- Abbruch von drei Kläranlagen

Variante 4: Sechs Kläranlagen

- Weiterbetrieb der sechs Kläranlage an den jetzigen Standorten

3 AUSLASTUNG DER KLÄRANLAGEN

Zur Bestimmung der Auslastung der Kläranlagen werden mit Hilfe einer Zulaufauswertung die relevanten Datenpunkte zusammengefasst und analysiert. Die Datengrundlage der Zulaufauswertung setzt sich aus den folgenden Daten [1] zusammen:

- Betriebstagebuch KA Buer, Monatsbericht Januar 2017 – Dezember 2019
- Betriebstagebuch KA Buer, Jahresbericht 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Buer, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2012, 2015, 2017, 2020
- Betriebstagebuch KA Bruchmühlen, Monatsbericht Januar 2017 – Dezember 2019
- Betriebstagebuch KA Bruchmühlen, Jahresbericht 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Bruchmühlen, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2013, 2016, 2017, 2020
- Betriebstagebuch KA Gesmold, Monatsbericht Januar 2017 – Dezember 2019
- Betriebstagebuch KA Gesmold, Jahresbericht 2017, 2018, 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Gesmold, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2013, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020
- Betriebstagebuch KA Melle-Mitte, Monatsbericht Januar 2017 – November 2019
- Betriebstagebuch KA Melle-Mitte, Jahresbericht 2017, 2018, 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Melle-Mitte, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2017
- Betriebstagebuch KA Neuenkirchen, Monatsbericht Januar 2017 – April 2020
- Betriebstagebuch KA Neuenkirchen, Jahresbericht 2017, 2018, 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Neuenkirchen, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2013, 2015, 2017
- Betriebstagebuch KA Wellingholzhausen, Monatsbericht Januar 2017 – Dezember 2019
- Betriebstagebuch KA Wellingholzhausen, Jahresbericht 2017, 2018, 2019
- Daten mobiler Probenehmer, KA Wellingholzhausen, Einzelmessung (1-2 Wochen) in 2015, 2017, 2020

Aus der oben aufgeführten Datengrundlage werden folgende Datenpunkte übertragen und ausgewertet.

- Zulauf Kläranlage Gesamt
- Zulauf Kläranlage Trockenwettertage
- Chemischer Sauerstoffbedarf **(CSB)**
- Biochemischer Sauerstoffbedarf **(BSB5)**
- Ammoniumstickstoff **(NH4-N)**
- Phosphor **(PO4)**

Im ersten Schritt werden die Datenpunkte mithilfe der einwohnerspezifischen Frachten, gemäß DWA-A 131 [6], auf die Einheiten [m³/d], [kg/d] und [EW] umgerechnet. Die genehmigten Ausbaugrößen der Kläranlagen werden in Einwohnerwerten [EW] angegeben, genauso können auch die maßgeblichen Schmutzfrachten in Einwohnerwerten angegeben werden. Durch diesen Zusammenhang kann die Auslastung der einzelnen Kläranlagen ermittelt werden.

Die Zulaufauswertung erfolgt anhand des DWA-Arbeitsblatts 198 [7] und dem darin beschriebenen 85. Perzentils. Dabei werden alle Daten eines Datenpunktes zusammengefasst und mittels einer Häufigkeitsverteilung in Gruppen eingeordnet. Aus diesen Gruppen wird im Anschluss das 85. Perzentil bestimmt. Das 85. Perzentil beschreibt somit den Wert, der in 85 % aller Fälle erreicht oder unterschritten wird. Nach dem 85. Perzentil werden gemäß DWA-A 131 [6] auch einstufige Belebungsanlagen bemessen und dimensioniert.

Für jeden Datenpunkt jeder einzelnen Kläranlage werden drei Graphiken erstellt, wovon zwei Graphiken das 85. Perzentil und eine weitere Graphik die Ganglinie darstellen. Aufgrund der hohen Anzahl an Graphiken wird als Beispiel nachfolgend lediglich die Auswertung der CSB-Fracht der Kläranlage Neuenkirchen dargestellt. Eine Zusammenstellung sämtlicher Graphiken ist der Anlage 1 zu entnehmen. Die Ergebnisse der Zulaufauswertung werden dabei tabellarisch im Anschluss an die Grafiken aufgeführt.

Beispiel: Auswertung CSB-Fracht KA Neuenkirchen

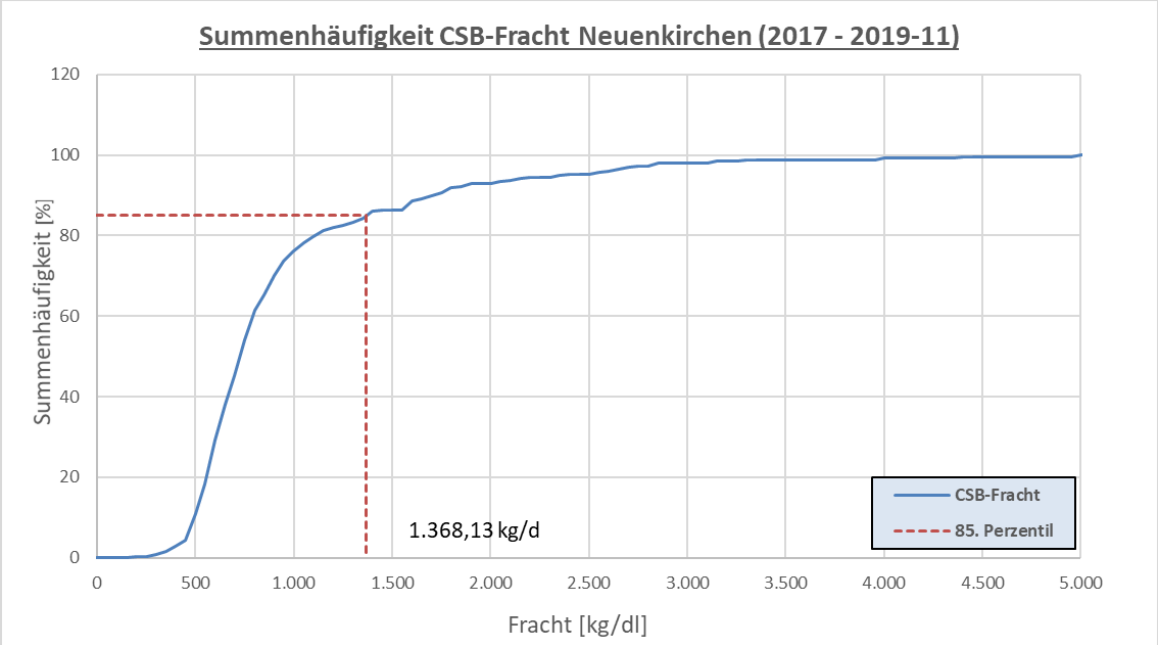

Abbildung 1: Summenhäufigkeit CSB-Fracht KA Neuenkirchen

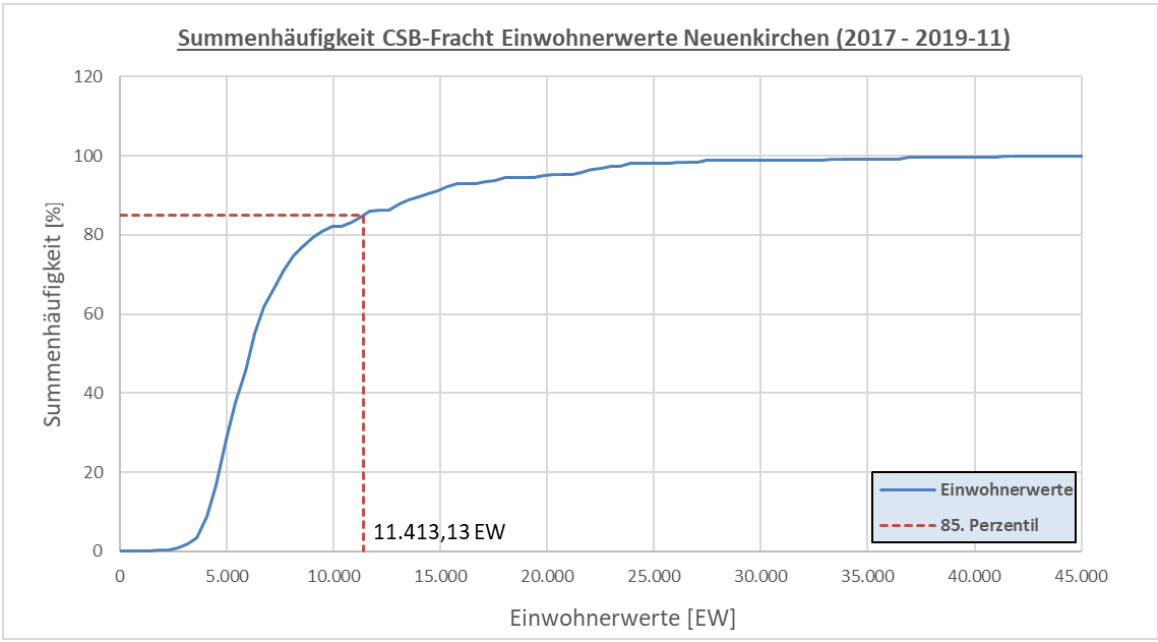

Abbildung 2: Summenhäufigkeit CSB-Fracht Einwohnerwerte KA Neuenkirchen

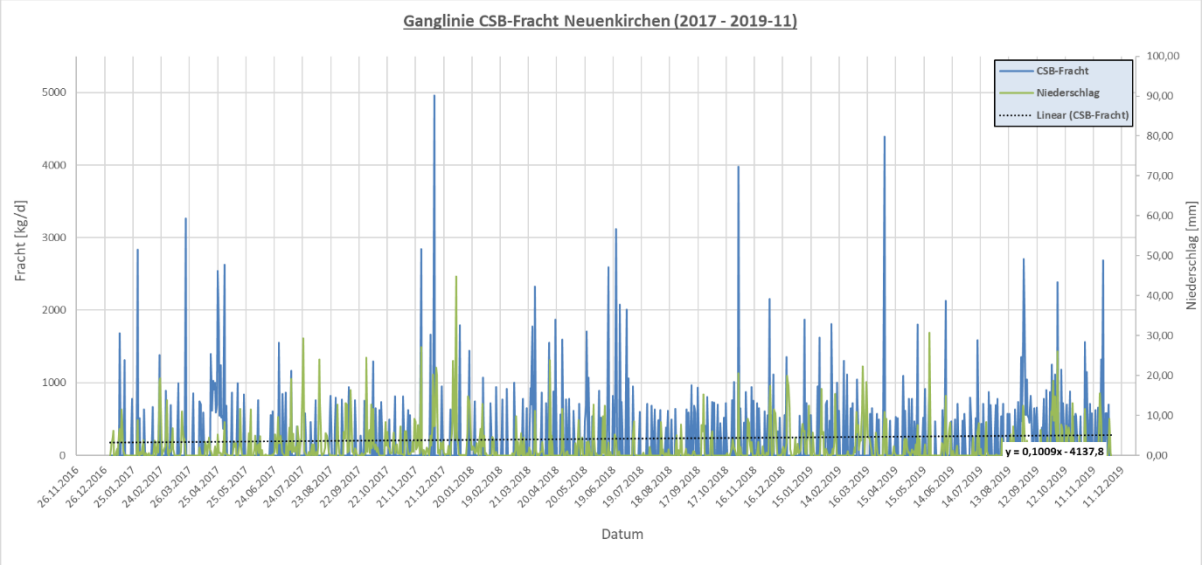

Abbildung 3: Ganglinie CSB-Fracht KA Neuenkirchen

Aus den Graphiken der Summenhäufigkeiten wird ersichtlich, dass das 85. Perzentil bei 1.368,13 kg/d CSB und rd. 11.413 Einwohnerwerten liegt. Im Vergleich zur genehmigten Ausbaugröße von 12.500 EW kann festgestellt werden, dass die Kläranlage Neuenkirchen hinsichtlich der CSB-Fracht nicht überlastet ist.

Zulaufauswertung

Nach dem oben dargestellten Schema werden sämtliche Betriebstagebücher ausgewertet und beurteilt. Für die Daten der Kläranlage Melle-Mitte ist vorab eine Korrektur durchgeführt worden. Es werden hierbei nur die Daten ab Mai 2018 zur Auswertung herangezogen. Es wurde durch die Stadt Melle festgestellt, dass zeitweise eine Trübwasserbelastung aus dem Voreindicker im Zulauf mit gemessen wurde. Dadurch sind die Daten, vor Mai 2018, nicht repräsentativ für den Zulauf der KA Melle-Mitte. Weitere Korrekturen an der Datengrundlage sind nicht vorgenommen worden.

Als zusätzliche Datengrundlage werde die Daten des mobilen Probenehmers herangezogen. Dieser wird auf allen Kläranlagen (bis auf der KA Melle-Mitte) in unregelmäßigen Abständen eingesetzt, um eine Eigenkontrolle der Zulauffrachten zu ermöglichen. Die Messdauer liegt dabei zwischen einer und zwei Wochen. Diese Daten werden ebenfalls nach dem 85. Perzentil ausgewertet.

Als Bewertungsunterstützung werden zusätzlich die Einwohnerspezifischen Frachten gemäß DWA-A 131 [6] bezogen auf die genehmigten Ausbaugrößen der

Kläranlage mit dargestellt. Diese stellen die optimalen Verhältnisse zwischen den Frachten dar und lassen Rückschlüsse auf die Auslastung der Kläranlagen zu.

In der nachfolgenden Tabelle ist das Ergebnis der Zulaufauswertung der Betriebstagebücher, die Anpassung der Datengrundlage der KA Melle-Mitte, das Ergebnis der Zulaufauswertung des mobilen Probenehmers und die Darstellung der einwohnerspezifischen Frachten gemäß DWA-A 131 [6] dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnis Zulaufauswertung Zufluss

	genehmigte Ausbaugröße	Zufluss	Zufluss TW	Zufluss Max.	Zufluss TW Max
	[EW]	[m³/d]	[m³/d]	[m³/d]	[m³/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Betriebstagebuch 2018-05 - 2019	35.000,00	4793,33	3765,63	11878,00	6540,00
Kläranlage Melle-Mitte, A-131	35.000,00	-	-	-	-
Kläranlage Neuenkirchen, Betriebstagebuch	12.500,00	2105,00	-	-	-
Kläranlage Neuenkirchen, 24h-Messu	12.500,00	1770,00	1289,00	3454,00	1794,00
Kläranlage Neuenkrichen, A-131	12.500,00	-	-	-	-
Kläranlage Wellingholzhausen, Betriebstagebuch	8.200,00	1537,62	-	-	-
Kläranlage Wellingholzhausen, 24h-Messung	8.200,00	1401,00	1400,00	1641,00	1641,00
Kläranlage Wellingholzhausen, A131	8.200,00	-	-	-	-
Kläranlage Gesmold, Betriebstagebuch	8.000,00	1496,58	1021,00	4078,00	1911,00
Kläranlage Gesmold, 24-Messung	8.000,00	1323,75	1174,82	2517,00	2232,00
Kläranlage Gesmold, A131	8.000,00	-	-	-	-
Kläranlage Buer, Betriebstagebuch	5.500,00	669,25	-	-	-
Kläranlage Buer, 24h-Messung	5.500,00	967,00	538,25	1675,00	934,00
Kläranlage Buer, A131	5.500,00	-	-	-	-
Kläranlage Bruchmühlen, Betriebstagebuch	4.900,00	939,73	-	-	-
Kläranlage Bruchmühlen, 24h-Messu	4.900,00	922,50	843,00	2267,00	1714,00
Kläranlage Bruchmühlen, A131	4.900,00	-	-	-	-

Die in der Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse des Zuflusses sind für die späteren Berechnungen gemäß DWA-A-131 [6] relevant. Zur Beurteilung der Auslastung der einzelnen Kläranlagen sind die nachfolgend aufgeführten Frachten von Bedeutung.

Tabelle 2: Ergebnis Zulaufauswertung Frachten

	genehmigte Ausbaugröße	CSB-Fracht		BSB5-Fracht		NH4-N-Fracht		PO4-Fracht	
	[EW]	[kg/d]	[EW]	[kg/d]	[EW]	[kg/d]	[EW]	[kg/d]	[EW]
Kläranlage Melle-Mitte, Betriebstagebuch 2018-05 - 2019	35.000,00	4.503,57	37.485,71	3.109,58	52.000,00	192,84	25.593,00	46,96	25.780,00
Kläranlage Melle-Mitte, A-131	35.000,00	4.200,00	35.000,00	2.100,00	35.000,00	262,50	35.000,00	63,00	35.000,00
Kläranlage Neuenkirchen, Betriebstagebuch	12.500,00	1.368,13	11.413,13	616,33	10.305,63	71,58	9.555,00	18,58	10.270,00
Kläranlage Neuenkirchen, 24h-Messu	12.500,00	1.711,50	14.262,50	931,25	15.406,25	56,05	7.504,17	18,15	10.275,00
Kläranlage Neuenkrichen, A-131	12.500,00	1.500,00	12.500,00	750,00	12.500,00	93,75	12.500,00	22,50	12.500,00
Kläranlage Wellingholzhausen, Betriebstagebuch	8.200,00	894,00	7.450,00	526,80	8.833,00	65,78	8.723,75	11,00	6.139,00
Kläranlage Wellingholzhausen, 24h-Messung	8.200,00	838,75	6.910,00	486,50	8.197,50	53,83	7.177,50	10,56	5.877,50
Kläranlage Wellingholzhausen, A131	8.200,00	984,00	8.200,00	492,00	8.200,00	61,50	8.200,00	14,76	8.200,00
Kläranlage Gesmold, Betriebstagebuch	8.000,00	1.101,50	9.165,00	459,17	7.637,50	74,36	9.931,88	10,95	6.100,00
Kläranlage Gesmold, 24-Messung	8.000,00	1.176,25	9.810,00	540,75	9.020,00	70,28	9.366,88	12,96	7.180,71
Kläranlage Gesmold, A131	8.000,00	960,00	8.000,00	480,00	8.000,00	60,00	8.000,00	14,40	8.000,00
Kläranlage Buer, Betriebstagebuch	5.500,00	426,50	3.547,50	318,54	5.296,67	28,29	3.793,80	5,72	3.172,50
Kläranlage Buer, 24h-Messung	5.500,00	439,25	3.660,42	279,63	4.660,42	25,48	3.411,00	6,73	3.785,00
Kläranlage Buer, A131	5.500,00	660,00	5.500,00	330,00	5.500,00	41,25	5.500,00	9,90	5.500,00
Kläranlage Bruchmühlen, Betriebstagebuch	4.900,00	585,67	4.892,50	386,50	6.456,25	52,74	7.042,50	9,17	5.085,00
Kläranlage Bruchmühlen, 24h-Messur	4.900,00	442,13	3.684,38	306,75	5.075,63	37,99	5.098,13	5,80	3.205,42
Kläranlage Bruchmühlen, A131	4.900,00	588,00	4.900,00	294,00	4.900,00	36,75	4.900,00	8,82	4.900,00

Aus den Ergebnissen der Zulaufauswertung der Frachten wird ersichtlich, dass die Kläranlagen Neuenkirchen, Wellingholzhausen, Buer und Bruchmühlen nicht überlastet sind. Teilweise können in der Auswertung der 24h-Zulaufmessung (mobiler Probenehmer) [2] höhere Werte festgestellt werden, jedoch ist der zeitliche Rahmen der Messung zu gering, um hieraus eine Überlastung ableiten zu können. Sie dienen lediglich als Unterstützung zur Beurteilung der Daten aus den Betriebstagebüchern. Auch die in den Betriebstagebüchern dokumentierten Frachtspitzen liegen nur geringfügig über die jeweiligen Ausbaugrößen. Da die gesetzlichen Ablaufwerte zu keinem Zeitpunkt überschritten wurden, ist davon auszugehen, dass die Kläranlagen aktuell in der Lage sind, die Belastungsspitzen abzupuffern.

Die Kläranlagen Melle-Mitte und Gesmold weisen gemäß der Zulaufauswertung eine Überlastung auf. Auch nach der vorgenommenen Anpassung der Daten der KA Melle-Mitte wird die Ausbaugröße hinsichtlich BSB5 um ca. 17.000 EW überschritten. Die Kläranlage Gesmold weist im Bereich des NH4-N eine Überlastung von rd. 1.930 EW auf. Gemäß der Stadt Melle sind bereits weitere Bebauungsgebiete geplant, so dass mit einer Zunahme der Frachten gerechnet werden muss. Eine Erweiterung oder Änderung der Abwasserreinigungsart muss mittelfristig

erfolgen, um die Abwasserreinigung auf den Kläranlagen Melle-Mitte und Gesmold zu gewährleisten.

Für die nächsten Berechnungsschritte sind Anpassungen für die KA Melle-Mitte und Gesmold zu treffen, um ein zukunftsfähiges Bild der Abwasserreinigung der Stadt Melle darzustellen. In Abstimmung mit der Stadt Melle ist entschieden worden, dass für die KA Melle-Mitte eine Ausbaugröße von 50.000 EW und für die KA Gesmold eine Ausbaugröße von 15.000 EW angestrebt wird. Um die Vergleichbarkeit der einzelnen Varianten miteinander zu gewährleisten, werden für die weiteren Berechnungen die einwohnerspezifischen Frachten gemäß DWA-A 131 [6] als Eingangsdaten ausgewählt. Somit ergeben sich die Folgen Zulaufmengen und -frachten für die nächsten Berechnungsschritte.

Tabelle 3: Berechnungsgrundlage Grobdimensionierung Kläranlagen

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	50.000,00	7.500,00	500,00	1.562,50	6.000,00	3.000,00	375,00	90,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	12.500,00	1.875,00	156,25	390,63	1.500,00	750,00	93,75	22,50
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	8.200,00	1.230,00	111,82	307,50	984,00	492,00	61,50	14,76
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	15.000,00	2.250,00	187,50	468,75	1.800,00	900,00	112,50	27,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	5.500,00	825,00	75,00	206,25	660,00	330,00	41,25	9,90
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	4.900,00	735,00	66,82	183,75	588,00	294,00	36,75	8,82

4 VARIANTENDARSTELLUNG

4.1 Variante 1a: Zentralkläranlage Standort KA Melle-Mitte

In der Variante 1a wird die Zentralkläranlage am Standort Melle-Mitte betrachtet. Hierfür ist der Standort Melle-Mitte zu erweitern, damit das Schmutzwasser der übrigen Kläranlagen (Buer, Bruchmühlen, Gesmold, Neuenkirchen, Wellingholzhausen) gereinigt werden kann. Das Schmutzwasser der Kläranlagen wird mittels Pumpwerke und Druckrohrleitungen zur Zentralkläranlage Melle-Mitte gefördert.

Zur Grobdimensionierung der Zentralkläranlage erfolgt eine Berechnung nach dem DWA-A 131 [6]. In der nachfolgenden Tabelle sind die Eingangsdaten der Berechnung dargestellt.

Tabelle 4: Eingangsdaten Berechnung Variante 1a, Teil 1

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	50.000,00	7.500,00	500,00	1.562,50	6.000,00	3.000,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	12.500,00	1.875,00	156,25	390,63	1.500,00	750,00
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	8.200,00	1.230,00	111,82	307,50	984,00	492,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	15.000,00	2.250,00	187,50	468,75	1.800,00	900,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	5.500,00	825,00	75,00	206,25	660,00	330,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	4.900,00	735,00	66,82	183,75	588,00	294,00
Zentralkläranlage	**96.100,00**	**14.415,00**	**1.097,39**	**3.119,38**	**11.532,00**	**5.766,00**

Tabelle 5: Eingangsdaten Berechnung Variante 1a, Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	375,00	90,00	3.500,00	550,00	2.077,50	20,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	93,75	22,50	875,00	137,50	519,38	10,00
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	61,50	14,76	574,00	90,20	340,71	10,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	112,50	27,00	1.050,00	165,00	623,25	10,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	41,25	9,90	385,00	60,50	228,53	10,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	36,75	8,82	343,00	53,90	203,60	0,00
Zentralkläranlage	**720,75**	**172,98**	**6.727,00**	**1.057,10**	**3.992,96**	**20,00**

Die Eingangsdaten setzen sich aus der Addition der einzelnen Frachten der einzelnen Kläranlagen zusammen, so dass die Zentralkläranlage für insgesamt 96.100 Einwohnerwerte auszulegen ist. Die Parameter abfiltrierbare Stoffe, Kjeldahl-Stickstoff und gelöster CSB sind notwendige Daten, die im Rahmen der Berechnung benötigt werden. Diese sind, wie auch die Frachten, über die Einwohnerwerte ermittelt worden.

Ein weiterer Punkt, der bei den Berechnungen berücksichtigt werden muss, ist die Art der Abwasserreinigung. Derzeit wird auf allen Kläranlagen im Stadtgebiet Melle die biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung angewendet. Das bedeutet, dass der Schlamm im Belebungsbecken bei einem rechnerischen Schlammalter von 25 Tagen stabilisiert wird. Ab einer Ausbaugröße von 20.000 Einwohnerwerten kann die Anlage auf die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung umgestellt werden. Dabei wird der anfallende Schlamm in einem Faulturm stabilisiert. Dadurch liegt das Schlammalter zwischen 10 bis 15 Tagen, was zu einer Steigerung der Abwasserreinigungsleistung bei gleichen Belebungsvolumen führt. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die anaerobe Schlammstabilisierung Faulgas anfällt, welches wiederum in einen Blockheizkraftwerk zu Energie umgewandelt werden kann. Gleichzeitig findet durch die Stabilisierung eine Mengenreduktion des organischen Trockensubstanzgehalts von rd. 30 % [11] statt. Die daraus resultierende reduzierte Schlammmenge wirkt sich positiv auf die Entsorgungskosten aus

Für die Zentralkläranlage wird aus den o.g. Gründen die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung gewählt. In der nachfolgenden Tabelle sind die relevanten Ergebnisse der Berechnung nach dem DWA-A 131 [6] aufgeführt.

Tabelle 6: Ergebnisse Berechnung nach DWA-A131, Variante 1a

Parameter		
Erf. Schlammalter	12,90	d
Vorh. Schlammalter	13,50	d
Erforderliches Volumen BB	21.201,00	m³
Gewähltes Volumen BB	22.000,00	m³
Schlammprdouktion	5.680,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	2.184,00	m²
Anzahl NKB	4,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	26,56	m
Gew. Durchmesser eines NKB	28,00	m

Auf der Kläranlage Melle-Mitte sind derzeit drei Kombi-Becken errichtet, welche zusammen ein Belebungsvolumen von rd. 14.200 m³ besitzen. Gleichzeitig sind dort drei Nachklärbecken integriert, welche eine Gesamtfläche von rd. 1.120 m² besitzen. Um das Belebungs- und Nachklärbeckenvolumen entsprechend der in Tabelle 6 dargestellten Bemessungsergebnisse zu erhöhen, sind zusätzliche Bauwerke notwendig. Das berechnete Schlammalter liegt in dem genannten üblichen Bereich der anaeroben Schlammstabilisierung. Die Schlammproduktion wird in der späteren Ermittlung der laufenden Kosten berücksichtigt.

Auf Grundlage der Ergebnisse sind folgende Maßnahmen für eine Zentralkläranlage am Standort der Kläranlage Melle-Mitte notwendig:

- Umstellung der biologischen Abwasserreinigung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung
- Erweiterung des Kläranlagengeländes
- Bau einer zweistraßigen Vorklärung mit einem Volumen von insgesamt 2.000 m³
- Bau von zwei Belebungsbecken mit einem Volumen von insgesamt 8.000 m³
- Bau eines Nachklärbeckens mit einem Volumen von 2.500 m³
- Bau einer Vorentwässerung für den Primär- und Überschussschlamm
- Bau von zwei Faultürmen mit einem Volumen von insgesamt 3.000 m³
- Bau von zwei Blockheizkraftwerken
- Bau eines Gasspeichers mit einem Volumen von 2.000 m³

In den Anlagen ist ein Lageplan der Kläranlage Melle-Mitte beigefügt, auf dem die Variante 1a der Zentralkläranlage dargestellt ist. Durch die Zusammenlegung der Kläranlagen an einen zentralen Standort sind entsprechende Abbruchmaßnahmen auf den ehemaligen Kläranlagen zu berücksichtigen.

Aus der im Jahr 2020 durchgeführten Risikoanalyse geht hervor, dass teilweise die bestehenden Bauwerke der Kläranlage das Ende der gewählten Nutzungsdauer erreicht haben und folglich zu erneuern sind. Zusätzlich sind Maßnahmen aufgrund der großen Ausbaugröße zwecks der Betriebssicherheit umzusetzen. Dies umfasst im Wesentlichen die zweistraßige Betriebsweise der Kläranlage Melle-Mitte. Somit sind die nachfolgenden Maßnahmen zusätzlich zur Erweiterung umzusetzen.

- Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung mittels zweier Rechen-Sandfang-Kombinationen
- Neubau der Kombi-Becken I+II

Die hier aufgeführten Maßnahmen werden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Kosten erfasst und zusammen mit den restlichen Varianten verglichen.

Pumpwerke und Druckrohrleitungen

Wie in der Variantenbeschreibung dargestellt, sind für die Variante einer Zentralkläranlage am Standort der KA Melle-Mitte Pumpwerke und Druckrohrleitungen notwendig. Diese fördern das Schmutzwasser aus den Einzugsgebieten Buer, Bruchmühlen, Gesmold, Neuenkirchen und Wellingholzhausen.

Im Rahmen dieser Studie sind die Druckrohrleitungsverläufe als Lagepläne und als Längsschnitte ausgearbeitet worden. Diese sind in den Anlagen dieser Studie zu finden. Das Schmutzwasser muss von den stillgelegten Kläranlagen teilweise mehrere Kilometer transportiert werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Kenndaten der einzelnen Pumpwerke und Druckrohrleitungen aufgeführt.

Tabelle 7: Pumpwerke und Druckrohrleitungen Variante 1a

Variante	Kläranlage / Pumpwerke		Abwasser-menge	Hgeo	Länge DRL
	Von	Nach	[m³/d]	[m]	[m]
1a	Buer	ZKA Melle-Mitte	825	25	7.195
	Bruchmühlen	ZKA Melle-Mitte	735	36	9.412
	Gesmold	ZKA Melle-Mitte	2.250	12	8.118
	Neuenkirchen	ZKA Melle-Mitte	1.875	34	10.117
	Wellingholzhausen	ZKA Melle-Mitte	1.230	33	8.690

Mittels der Kenndaten sind für die Pumpwerke die Pumpen dimensioniert worden. Exemplarisch ist nachfolgenden die Anlagen-/ und Pumpenkennlinie für das Pumpwerk von der Kläranlage Buer zur Zentralkläranlage dargestellt. Durch die Auslegung der Pumpen kann der Strombedarf der Pumpe für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermittelt werden.

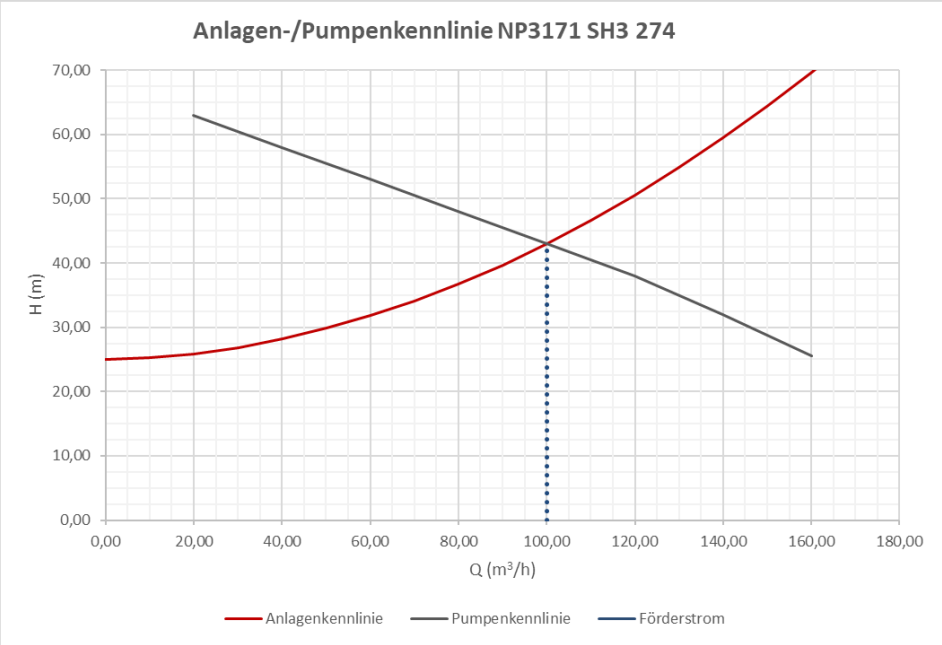

Abbildung 4: Anlagen-/ Pumpenkennline (KA Buer -> ZKA Melle-Mitte)

4.2 Variante 1b: Zentralkläranlage Neuer Standort

Die Variante 1b beschreibt eine Zentralkläranlage an einem neuen Standort und ist somit ein Neubau einer Kläranlage auf einem freien Grundstück. Der neue Standort soll östlich des jetzigen Kläranlagenstandortes Melle-Mitte (max. 5 km Entfernung), in der Nähe des Vorfluters „Else“ liegen. Der Standort sollte außerhalb des Überschwemmungsgebietes liegen. Die Berechnungen können aus der Variante 1a übernommen werden, da die gleiche Schmutzwassermenge zu reinigen ist. Zusätzlich zu der Variante 1a ist ein weiteres Pumpwerk auf dem Gelände der Kläranlage Melle-Mitte zu errichten, welches das Schmutzwasser an den neuen Standort fördert.

Die Eingangsdaten der Berechnung können der Tabelle 4 und Tabelle 5 entnommen werden. Auch für die Zentralkläranlage am neuen Standort wird die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung angewendet. Die Ergebnisse sind der Tabelle 6 zu entnehmen.

Für den neuen Standort ist noch kein Grundstück vorhanden. Die Stadt Melle betrachtet einen Standort in der Nähe der A30, wofür aber noch keine Absprachen bezgl. der Flächenverfügbarkeit durchgeführt wurden. Es handelt sich hierbei nur um eine Idee als Standort.

In der Variante 1b wird ein Neubau einer Zentralkläranlage betrachtet wodurch die folgenden Bauwerke errichtet werden müssten:

- Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung mit Rechen-Sandfang-Kombinationen
- Bau von zwei Vorklärbecken mit einem Volumen von insgesamt 2.000 m³
- Bau von vier Belebungsbecken mit einem Volumen von insgesamt 22.000 m³
- Bau von vier Nachklärbecken mit einem Volumen von insgesamt 10.000 m³
- Bau von einer Vorentwässerung und einem Rücklaufschlammpumpwerk
- Bau von zwei Faultürmen mit einem Volumen von insgesamt 3.000 m³
- Bau von zwei Blockheizkraftwerken
- Bau eines Gasspeichers mit einem Volumen von 2.000 m³
- Bau einer Schlammentwässerung
- Bau eines Filtratspeichers
- Bau eines Betriebs-/ Sozialgebäudes

Die entsprechenden Bauwerke werden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung mit Kosten versehen und mit den anderen Varianten verglichen. Ebenfalls wird der Abbruch der stillgelegten Kläranlagen berücksichtigt.

Für den Transport des Schmutzwassers müssen die Druckrohrleitungen zum neuen Standort der Zentralkläranlage Melle-Mitte führen. Dadurch ändern sich die Druckrohrleitungslängen und auch die dimensionierten Pumpen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Kenndaten der Pumpwerke und Druckrohrleitungen für die Variante 1b aufgeführt. Auf Grund des Standortes der Kläranlage Gesmold, wird das Schmutzwasser zunächst zur Kläranlage Melle-Mitte und dann weiter zum neuen Standort der Zentralkläranlage gefördert.

Tabelle 8: Pumpwerke und Druckrohrleitungen Variante 1b

Variante	Kläranlage / Pumpwerke		Abwasser-menge	Hgeo	Länge DRL
	Von	Nach	[m³/d]	[m]	[m]
1b	Buer	ZKA Melle Neu	825	40	6.166
	Bruchmühlen	ZKA Melle Neu	735	11	5.380
	Gesmold	Melle-Mitte	2.250	12	8.118
	Melle-Mitte	ZKA Melle Neu	9.750	4	3.486
	Neuenkirchen	ZKA Melle Neu	1.875	33	10.566
	Wellingholzhausen	ZKA Melle Neu	1.230	18	10.456

4.3 Variante 2: Zwei Kläranlagen

In der Variante 2 soll die Abwasserreinigung der Stadt Melle auf zwei Kläranlagen umgesetzt werden. Hierfür sind die Kläranlage Melle-Mitte und die Kläranlage Gesmold als „Westkläranlage“ zu erweitern.

4.3.1 Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte

Die erweiterte Kläranlage Melle-Mitte dient zur Abwasserreinigung des Schmutzwassers aus den Einzugsgebieten Buer, Bruchmühlen, Melle-Mitte und Neuenkirchen. Daraus ergeben sich folgende Eingangsdaten für die Berechnungen.

Tabelle 9: Eingangsdaten Berechnungen Erweiterung KA Melle-Mitte, Variante 2 Teil 1

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	50.000,00	7.500,00	500,00	1.562,50	6.000,00	3.000,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	12.500,00	1.875,00	156,25	390,63	1.500,00	750,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	5.500,00	825,00	75,00	206,25	660,00	330,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	4.900,00	735,00	66,82	183,75	588,00	294,00
Erweiterung KA Melle-Mitte	**72.900,00**	**10.935,00**	**798,07**	**2.343,13**	**8.748,00**	**4.374,00**

Tabelle 10: Eingangsdaten Berechnungen Erweiterung KA Melle-Mitte, Variante 2 Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	375,00	90,00	3.500,00	550,00	2.077,50	20,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	93,75	22,50	875,00	137,50	519,38	10,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	41,25	9,90	385,00	60,50	228,53	10,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	36,75	8,82	343,00	53,90	203,60	0,00
Erweiterung KA Melle-Mitte	**546,75**	**131,22**	**5.103,00**	**801,90**	**3.029,00**	**20,00**

Für die Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte wir die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung vorgesehen. Die Ergebnisse der Berechnung nach DWA-A 131 [6] sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 11: Ergebnisse Berechnung Variante 2, Erweiterung KA Melle-Mitte

Parameter		
Erf. Schlammalter	10,80	d
Vorh. Schlammalter	11,20	d
Erforderliches Volumen BB	13.739,00	m³
Gewähltes Volumen BB	14.192,00	m³
Schlammprdouktion	4.421,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	1.640,00	m²
Anzahl NKB	4,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	23,03	m
Gew. Durchmesser eines NKB	25,00	m

Aus den Ergebnissen der Berechnung wird ersichtlich, dass das vorhandene Belebungsvolumen von 14.192 m³ auf der KA Melle-Mitte ausreicht, um das anfallende Abwasser zu reinigen. Dies liegt an der Verfahrensumstellung von biologischer Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung auf die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung. Durch die Verringerung des Schlammalters von 25 Tagen auf 11,2 Tagen wird weniger Belebungsvolumen zur Abwasserreinigung benötigt. Die Oberfläche der Nachklärbecken reicht nicht aus, so dass ein weiteres Nachklärbecken errichtet werden muss. Insgesamt sind die folgenden Maßnahmen, einschließlich der Berücksichtigung der Risikoanalyse, in der Variante 2 zur Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte umzusetzen.

- Umstellung der biologischen Abwasserreinigung auf die anaerobe Schlammstabilisierung
- Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung mit Rechen-Sandfang-Kombination
- Bau einer zweistraßigen Vorklärung mit einem Volumen von insgesamt 1.500 m³
- Neubau von zwei Kombi-Belebungsbecken
- Bau eines Nachklärbeckens mit einem Volumen von 2.500 m³
- Bau einer Vorentwässerung für den Primär- und Überschussschlamm
- Bau von zwei Faultürmen mit einem Volumen von insgesamt 3.000 m³
- Bau von zwei Blockheizkraftwerken
- Bau eines Gasspeichers mit einem Volumen von 2.000 m³

Die Schlammbehandlung in Form der Faultürme entspricht von der Dimensionierung der Variante 1a bzw. 1b, weil vorgesehen ist, am Standort Melle-Mitte auch den Klärschlamm der Westkläranlage zu behandeln. Die Transportkosten des

Klärschlammes werden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtig.

Die Kenndaten der Pumpwerke und Druckrohrleitungen für die stillzulegenden Kläranlagen Buer, Bruchmühlen und Neuenkirchen können der Variante 1a entnommen werden.

4.3.2 Westkläranlage

Die Westkläranlage am Standort der Kläranlage Gesmold soll das Schmutzwasser aus den Einzugsgebieten Gesmold und Wellingholzhausen reinigen. Daraus ergeben sich die folgenden Eingangsdaten für die Berechnung gemäß DWA-A 131 [6].

Tabelle 12:Eingangsdaten Berechnungen Westkläranlage, Teil 1

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	8.200,00	1.230,00	111,82	307,50	984,00	492,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	15.000,00	2.250,00	187,50	468,75	1.800,00	900,00
Westkläranlage	**23.200,00**	**3.480,00**	**299,32**	**776,25**	**4.384,00**	**1.392,00**

Tabelle 13: Eingangsdaten Berechnungen Westkläranlage, Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	61,50	14,76	574,00	90,20	340,71	10,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	112,50	27,00	1.050,00	165,00	623,25	10,00
Westkläranlage	**174,00**	**41,76**	**1.624,00**	**255,20**	**963,96**	**20,00**

Für die Westkläranlage wird die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung vorgesehen. Der anfallende Schlamm wird zur weiteren Behandlung auf die KA Melle-Mitte transportiert und dort über die Faultürme stabilisiert. Somit ergeben sich folgenden Ergebnisse gemäß der Berechnung nach dem DWA-A131 [6].

Tabelle 14: Ergebnis Berechnung Variante 2, Westkläranlage

Parameter		
Erf. Schlammalter	10,60	d
Vorh. Schlammalter	11,60	d
Erforderliches Volumen BB	6.000,00	m³
Gewähltes Volumen BB	6.500,00	m³
Schlammprdouktion	1.960,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	543,00	m²
Anzahl NKB	2,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	18,77	m
Gew. Durchmesser eines NKB	20,00	m

Zur Erweiterung der Kläranlage Gesmold ist der Bau eines neuen Belebungsbeckens und eines neuen Nachklärbeckens notwendig. Das bestehende Belebungs- sowie Nachklärbeckenvolumen reicht nicht mehr aus. Insgesamt sind die nachfolgenden Maßnahmen zu Erweiterung der Kläranlage Gesmold zur Westkläranlage notwendig:

- Bau eines Vorklärbeckens mit einem Volumen von 600 m³
- Bau eines Belebungsbeckens mit einem Volumen von 3.000 m³
- Bau eines Nachklärbeckens mit einem Volumen von 1.500 m³
- Bau eines Überschussschlammspeichers

Mit Bezug auf die Risikoanalyse aus dem Jahr 2020 sind folgende Bauwerke im Rahmen der Betrachtung zu erneuern:

- Bau einer mechanischen Reinigung mit Rechen-Sandfangkombination

Das Schmutzwasser des Einzugsgebiets Wellingholzhausen wird mittels eines Pumpwerkes und einer Druckrohrleitung zur Westkläranlage gefördert. Die Kenndaten dieser Druckrohrleitung zeigt Tabelle 15.

Tabelle 15: Pumpwerk und Druckrohrleitung Variante 2, Westkläranlage

Variante	Kläranlage / Pumpwerke		Abwasser-menge	Hgeo	Länge DRL
	Von	Nach	[m³/d]	[m]	[m]
2	Wellingholzhausen	Westkläranlage	1230	9	6.682

Die Investitionskosten und laufenden Kosten werden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

Alternative Westkläranlage

Für die Westkläranlage ist eine anaerobe Schlammstabilisierung vorgesehen, womit der anfallende Schlamm in einem Faulturm weiterbehandelt wird. Hierzu muss dieser mittels LKW zum Standort Melle-Mitte transportiert werden. Dies erfolgt mit einem TS-Gehalt von rd. 5 %. Ein Bau eines Faulturms am Standort der Westkläranlage ist unwirtschaftlich und wird deshalb hier nicht vorgesehen. Die Kosten aus der Stromgewinnung des Klärschlammes überschreitet die Transportkosten bei weiten. Die genauen Zahlen können dem Kapitel 5.2.4 Laufende Kosten entnommen werden.

Es gibt jedoch die Alternative, die Westkläranlage mit einer aeroben Schlammstabilisierung zu betreiben und den anfallenden Klärschlamm direkt auf der Kläranlage auf einen TS-Gehalt von > 23 % zu entwässern und anschließend direkt zu entsorgen. Zur Entwässerung kann die bestehende Maschinentechnik in Form einer Zentrifuge genutzt werden. Für den Betrieb mit aerober Schlammstabilisierung würde dies bedeuten, dass das Belebungsvolumen wesentlich vergrößert werden müsste, als bei dem Betrieb mit anaerober Schlammstabilisierung.

Durch die gewählte Lösung der nachfolgenden Faulung der anfallenden Schlämme aus der Westkläranlage weist beinhaltet folgende wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile:

- Reduktion des Klärschlammanfalls um ca. 30 %
- Energiegewinnung aus Klärschlamm
- Geringere Investitionen für den Bau des Belebungsvolumens

Aufgrund dessen wird im Rahmen dieser Studie für die Westkläranlage der Betrieb mit anaerober Schlammstabilisierung weiterverfolgt und berechnet.

4.4 Variante 3: Drei Kläranlagen

Die Variante 3 betrachtet die Abwasserreinigung auf der Kläranlage Melle-Mitte, der Westkläranlage und der Kläranlage Neuenkirchen. In dieser Variante wird die Kläranlage Neuenkirchen weiterbetrieben und das Schmutzwasser nicht zur Kläranlage Melle-Mitte transportiert.

4.4.1 Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte

In der Variante 3 wird das Abwasser aus den Einzugsgebieten Buer, Bruchmühlen und Melle-Mitte am Standort der KA Melle-Mitte gereinigt. Somit ergeben sich folgende Eingangsdaten für die Berechnungen.

Tabelle 16: Eingangsdaten Erweiterung KA Melle-Mitte, Teil 1

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	50.000,00	7.500,00	500,00	1.562,50	6.000,00	3.000,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	5.500,00	825,00	75,00	206,25	660,00	330,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	4.900,00	735,00	66,82	183,75	588,00	294,00
Erweiterung KA Melle-Mitte	**60.400,00**	**9.060,00**	**641,82**	**1.952,50**	**7.248,00**	**3.624,00**

Tabelle 17: Eingangsdaten Erweiterung KA Melle-Mitte, Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	375,00	90,00	3.500,00	550,00	2.077,50	20,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	41,25	9,90	385,00	60,50	228,53	10,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	36,75	8,82	343,00	53,90	203,60	0,00
Erweiterung KA Melle-Mitte	**453,00**	**108,72**	**4.228,00**	**664,40**	**2.509,62**	**20,00**

Für die Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte wird die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung gewählt. Wie in Variante 2 wird hier ebenfalls die Mitbehandlung des Schlammes der Westkläranlage vorgesehen. Die Schlammbehandlung ist kleiner dimensioniert, da der Schlamm von Neuenkirchen, nicht anaerob stabilisiert wird. Entsprechende Transportkosten werden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

Tabelle 18: Ergebnis Berechnung Variante 3, KA Melle-Mitte

Parameter		
Erf. Schlammalter	12,90	d
Vorh. Schlammalter	13,90	d
Erforderliches Volumen BB	13.325,00	m³
Gewähltes Volumen BB	14.192,00	m³
Schlammprdouktion	3.546,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	1.367,00	m²
Anzahl NKB	4,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	21,01	m
Gew. Durchmesser eines NKB	25,00	m

Das vorhandene Belebungsvolumen von 14.192 m³ ist ausreichend, um das anfallende Schmutzwasser aus den Einzugsgebieten zu reinigen. Die Kapazität der Nachklärung ist nicht ausreichend, so dass ein weiteres Nachklärbecken zu errichten ist. Für die Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte sind im Rahmen der Variante 3 die nachstehenden Maßnahmen umzusetzen. Die sich aus der Risikoanalyse ergebenen Maßnahmen wurde hierbei ebenfalls berücksichtigt.

- Umstellung der biologischen Abwasserreinigung auf anaerobe Schlammstabilisierung
- Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung mit Rechen-Sandfang-Kombination
- Bau einer zweistraßigen Vorklärung mit einem Volumen von insgesamt 1.350 m³
- Neubau von zwei Kombi-Belebungsbecken
- Bau eines Nachklärbeckens mit einem Volumen von 2.500 m³
- Bau einer Vorentwässerung für den Primär- und Überschussschlamm
- Bau von zwei Faultürmen mit einem Volumen von insgesamt 2.500 m³
- Bau von zwei Blockheizkraftwerken
- Bau eines Gasspeichers mit einem Volumen von 1.800 m³

Die Kenndaten der Pumpwerke und Druckrohrleitungen können der Variante 1 entnommen werden.

4.4.2 Westkläranlage

Für die Variante 3 sind die Ergebnisse und Darstellungen der Westkläranlage analog zu derer der Variante 2. Es liegen keinerlei Unterschiede zwischen den beiden Varianten für die Westkläranlage vor.

4.4.3 Kläranlage Neuenkirchen

In der Variante 3 wird die Kläranlage Neuenkirchen im jetzigen Ausbauzustand weiterbetrieben. Eine Verfahrensumstellung erfolgt nicht, so dass hier die biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung eingesetzt wird. Somit ergeben sich folgenden Eingangsdaten für die Berechnung nach dem DWA-A 131 [6].

Tabelle 19: Eingangsdaten Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen Teil a

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	**12.500,00**	**1.875,00**	**156,25**	**390,63**	**1.500,00**	**750,00**

Tabelle 20: Eingangsdaten Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	**93,75**	**22,50**	**875,00**	**137,50**	**519,38**	**10,00**

Die Ergebnisse der Berechnung werden in Tabelle 21 aufgezeigt.

Tabelle 21: Ergebnis Berechnungen Variante 3, KA Neuenkirchen

Parameter		
Erf. Schlammalter	20,30	d
Vorh. Schlammalter	26,50	d
Erforderliches Volumen BB	4.597,00	m³
Gewähltes Volumen BB	5.853,00	m³
Schlammprdouktion	771,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	273,00	m²
Anzahl NKB	1,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	18,77	m
Gew. Durchmesser eines NKB	25,00	m

Es wird ersichtlich, dass das Schlammalter mit 26,5 Tagen über dem aus den Regelwerken bekannten Schlammalter von 25 Tagen liegt. Dies ist auf das größere Belebungsvolumen zurückzuführen und bedeutet, dass die Belebung noch Kapazitäten für die Abwasserreinigung aufweist. Gleiches gilt für die Nachklärung, welche nicht überlastet ist. Für die Kläranlage Neuenkirchen sind folglich keine Erweiterungsmaßnahmen notwendig.

Auf Grundlage der Risikoanalyse [5] aus dem Jahr 2020 müssen keine Bauwerke erneuert, sondern nur instandgesetzt werden. Diese Instandsetzungen sind im Rahmen der Kostenermittlung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

Die Alternative der Westkläranlage gemäß Kapitel 4.3.2 gilt hier ebenfalls.

4.5 Variante 4: Sechs Kläranlagne

Die Variante 4 beschreibt die Abwasserreinigung an sechs Standorten und stellt damit die aktuelle Situation der Abwasserreinigung der Stadt Melle dar. Hierbei wird das Schmutzwasser auf den Kläranlagen Buer, Bruchmühlen, Gesmold, Melle-Mitte, Neuenkirchen und Wellingholzhausen gereinigt.

4.5.1 Eingangsdaten

Im Rahmen dieses Kapitels werden die Eingangsdaten der einzelnen Kläranlagen übersichtshalber zusammen dargestellt. Die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse erfolgt anschließend in den weiteren Kapiteln. In der nachfolgenden Tabelle sind die Eingangsdaten der Berechnungen der einzelnen Kläranlagen aufgezeigt.

Tabelle 22: Eingangsdaten Berechnungen Variante 4, Teil 1

	gewählte Ausbaugröße	mittlerer täglicher Trockenwetter-zufluss	max. Trockenwetter-zufluss im 2h-Mittel	Mischwasser-abfluss	CSB-Fracht	BSB5-Fracht
	[EW]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[kg/d]	[kg/d]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	50.000,00	7.500,00	500,00	1.562,50	6.000,00	3.000,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	12.500,00	1.875,00	156,25	390,63	1.500,00	750,00
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	8.200,00	1.230,00	111,82	307,50	984,00	492,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	15.000,00	2.250,00	187,50	468,75	1.800,00	900,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	5.500,00	825,00	75,00	206,25	660,00	330,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	4.900,00	735,00	66,82	183,75	588,00	294,00

Tabelle 23: Eingangsdaten Berechnungen Variante 4, Teil 2

	NH4-N-Fracht	Pges-Fracht	abfiltrierbare Stoffe	Kjeldahl-Stickstoff	gelöster CSB	Rück-belastung Schlamm-behandlung
	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[kg/d]	[%]
Kläranlage Melle-Mitte, Rohdaten	375,00	90,00	3.500,00	550,00	2.077,50	25,00
Kläranlage Neuenkirchen, Rohdaten	93,75	22,50	875,00	137,50	519,38	10,00
Kläranlage Wellingholzhausen, Rohdaten	61,50	14,76	574,00	90,20	340,71	10,00
Kläranlage Gesmold, Rohdaten	112,50	27,00	1.050,00	165,00	623,25	15,00
Kläranlage Buer, Rohdaten	41,25	9,90	385,00	60,50	228,53	10,00
Kläranlage Bruchmühlen, Rohdaten	36,75	8,82	343,00	53,90	203,60	0,00

4.5.2 Kläranlage Buer

Die Kläranlage Buer besitzt eine Ausbaugröße von 5.500 EW und wird als biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung betrieben. Eine Verfahrensumstellung ist bei der geringen Ausbaugröße nicht wirtschaftlich. Folgende Ergebnisse ergaben die Berechnungen nach DWA-A 131 [6].

Tabelle 24: Ergebnis Berechnung Variante 4, KA Buer

Parameter		
Erf. Schlammalter	20,30	d
Vorh. Schlammalter	24,00	d
Erforderliches Volumen BB	2.023,00	m³
Gewähltes Volumen BB	2.357,00	m³
Schlammprdouktion	343,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	144,00	m²
Anzahl NKB	1,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	13,70	m
Gew. Durchmesser eines NKB	16,00	m

Die Auswertung der Ergebnisse ergibt, dass die Kläranlage Buer nicht überlastet ist und das anfallende Abwasser reinigen kann. Das Schlammalter gibt an, wie lange theoretisch der Schlamm im System der Anlage verweilt, bis es als Überschussschlamm abgezogen wird. Gemäß DWA-A131 [6] soll das Schlammalter, für die aerobe Schlammstabilisierung, zwischen 20 und 25 Tagen liegen. Um den vorhandenen Schlamm ausreichend zu stabilisieren ist ein Schlammalter von 20,3 Tagen notwendig. Durch das gewählte Belebungsvolumen wird das vorhanden Schlammalter auf 24 Tage errechnet, womit der Klärschlamm stabilisiert ist. Das

Nachklärbecken ist nicht überlastet und besitzt ausreichend Reserve. Für die gewählte Ausbaugröße benötigt die Abwasserreinigung keine Erweiterung der Kläranlage Buer.

Auf Grundlage der Risikoanalyse [5] aus dem Jahr 2020 ist ein Überschussschlammspeicher neu zu errichten. Die Abbrucharbeiten und notwendigen Instandsetzungsarbeiten werden im Rahmen der Kostenermittlung berücksichtigt.

4.5.3 Kläranlage Bruchmühlen

Die Kläranlage Bruchmühlen besitzt eine Ausbaugröße von 4.900 EW und ist die kleinste Kläranlage im Stadtgebiet Melle. Diese wird mit dem Reinigungsverfahren der biologischen Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung betrieben. Eine Änderung des Reinigungsverfahrens ist nicht wirtschaftlich. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung dargestellt.

Tabelle 25: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Bruchmühlen

Parameter		
Erf. Schlammalter	20,30	d
Vorh. Schlammalter	26,50	d
Erforderliches Volumen BB	1.802,00	m³
Gewähltes Volumen BB	2.298,00	m³
Schlammprdouktion	302,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	129,00	m²
Anzahl NKB	2,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	9,27	m
Gew. Durchmesser eines NKB	15,00	m

Das Schlammalter der Kläranlage Bruchmühlen liegt oberhalb dem erforderlichen Schlammalter, womit der Klärschlamm stabilisiert ist. Das aktuelle Belebungsvolumen weist eine Reserve von rd. 500 m³ auf, so dass eine Leistungssteigerung der Abwasserreinigung möglich ist. Dieses trifft auch auf die Nachklärbecken zu, welche ebenfalls noch weitere Kapazitäten aufweisen. Eine bauliche Erweiterung der Kläranlage Bruchmühlen ist somit nicht notwendig.

Auf der Kläranlage Bruchmühlen sind Instandsetzungsarbeiten notwendig, welche im Rahmen der Kostenermittlung berücksichtigt werden. Eine Neuerrichtung von Bauwerken ist hier nicht notwendig.

4.5.4 Kläranlage Gesmold

Die Kläranlage Gesmold ist mit den gewählten 15.000 EW die zweitgrößte Kläranlage im Stadtgebiet Melle. Im Rahmen der Zulaufauswertung konnte festgestellt werden, dass die Kläranlage Gesmold überlastet ist. Um die in Zukunft notwendige

Reinigungsleistung vorhalten zu können ist die Ausbaugröße von 8.000 EW auf 15.000 EW erhöht worden. Die Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung ist ab 20.000 EW wirtschaftlich. womit auf der Kläranlage Gesmold weiterhin der Schlamm aerob stabilisiert wird. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen dargestellt.

Tabelle 26: Ergebnis Berechnung Variante 4, KA Gesmold

Parameter		
Erf. Schlammalter	20,30	d
Vorh. Schlammalter	22,32	d
Erforderliches Volumen BB	5.517,00	m³
Gewähltes Volumen BB	6.000,00	m³
Schlammprdouktion	936,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	328,00	m²
Anzahl NKB	1,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	20,62	m
Gew. Durchmesser eines NKB	25,00	m

Das erforderliche Schlammalter liegt unterhalb dem vorhandenen Schlammalter, womit der Klärschlamm stabilisiert ist. Das vorhandene Belebungsvolumen ist mit rd. 3.900 m³ für die Abwasserreinigung nicht mehr ausreichend und muss erweitert werden. Dies gilt auch für die Nachklärung. Somit sind, unter Berücksichtigung der Risikoanalyse, folgende Maßnahmen zu Erweiterung der Kläranlage Gesmold notwendig:

- Erneuerung der mechanischen Reinigung
- Umbau des Kombi-Beckens zum Belebungsbecken mit einem Volumen von 6.000 m³
- Neubau eines Nachklärbeckens mit einem Volumen von 1.500 m³

Auf der Kläranlage Gesmold besteht die Möglichkeit das Kombi-Becken zu einem reinen Belebungsbecken umzubauen. Hierfür ist die Trennwand zwischen dem äußeren Ring und dem inneren Ring abzubrechen und das ganze Beckenvolumen für die biologische Abwasserreinigung zu nutzen. Auf dem angrenzenden Grundstück wird eine neue Nachklärung errichtet. Die entsprechenden Maßnahmen werden zusammen mit den Instandsetzungsarbeiten in der Kostenermittlung berücksichtigt.

4.5.5 Kläranlage Melle-Mitte

Die Kläranlage Melle-Mitte ist mit einer genehmigten Ausbaugröße von 35.000 EW die größte Kläranlage im Stadtgebiet Melle. Durch die Zulaufauswertung konnte festgestellt werden, dass die Kläranlage Melle-Mitte überlastet ist. Im Rahmen

dieser Studie wurde festgelegt, dass mit einer Ausbaugröße von 50.000 EW gerechnet werden soll. Dies berücksichtigt sowohl die Anpassung an die aktuelle Belastung der Kläranlage als auch eine ausreichende Sicherheit hinsichtlich einer zukünftigen Steigerung der Abwassermengen. Bei einer geplanten Ausbaugröße von 50.000 EW ist eine Verfahrensumstellung auf eine biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung wirtschaftlich und wird für die Kläranlage Melle-Mitte in dieser Variante betrachtet. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

Tabelle 27: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Melle-Mitte

Parameter		
Erf. Schlammalter	10,60	d
Vorh. Schlammalter	12,70	d
Erforderliches Volumen BB	12.026,00	m³
Gewähltes Volumen BB	14.192,00	m³
Schlammprdouktion	3.333,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	879,00	m²
Anzahl NKB	3,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	19,50	m
Gew. Durchmesser eines NKB	22,00	m

Durch die Verfahrensumstellung auf eine biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung reicht das vorhandene Belebungs- und Nachklärbeckenvolumen aus, um die Abwasserreinigung zu gewährleisten. Zusätzlich sind ausreichend Reserven im Bereich des Belebungs- und Nachklärbeckenvolumens vorhanden. Unter Berücksichtigung der Risikoanalyse [5] aus dem Jahr 2020 sind folgende Maßnahmen zur Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte umzusetzen:

- Umstellung der biologischen Abwasserreinigung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung
- Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung mit Rechen-Sandfang-Kombination
- Bau einer zweistraßigen Vorklärung mit einem Volumen von insgesamt 1.000 m³
- Neubau von zwei Kombi-Belebungsbecken
- Bau einer Vorentwässerung für den Primär- und Überschussschlamm
- Bau eines Faulturms mit einem Volumen von 1.500 m³
- Bau von einem Blockheizkraftwerk
- Bau eines Gasspeichers mit einem Volumen von 1.000 m³

Die entsprechenden Abbrucharbeiten werden im Rahmen der Kostenermittlung berücksichtigt.

4.5.6 Kläranlage Neuenkirchen

Die Ergebnisse und Darstellungen der Kläranlage Neuenkirchen sind in der Variante 3 und Variante 4 gleich. Die Ergebnisse sind dem Kapitel 4.4.3 zu entnehmen.

4.5.7 Kläranlage Wellingholzhausen

Die Kläranlage Wellingholzhausen besitzt eine Ausbaugröße von 8.200 EW und wird als biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung betrieben. Eine Verfahrensumstellung auf eine anaerobe Schlammstabilisierung ist aufgrund der geringen Ausbaugröße unwirtschaftlich. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen aufgeführt.

Tabelle 28: Ergebnisse Berechnung Variante 4, KA Wellingholzhausen

Parameter		
Erf. Schlammalter	20,30	d
Vorh. Schlammalter	24,40	d
Erforderliches Volumen BB	3.016,00	m³
Gewähltes Volumen BB	3.565,00	m³
Schlammprdouktion	510,00	kg/d
Erf. Gesamtbeckenoberfläche NKB	215,00	m²
Anzahl NKB	2,00	
Erf. Durchmesser eines NKB	11,80	m
Gew. Durchmesser eines NKB	20,00	m

Die Kläranlage Wellingholzhausen besitzt ausreichend Kapazität, um das anfallende Abwasser reinigen zu können. Sowohl das Belebungsvolumen als auch das Nachklärbeckenvolumen besitzen ausreichend Kapazität. Eine Erweiterung der Kläranlage Wellingholzhausen ist nicht notwendig.

Im Rahmen der Risikoanalyse konnte festgestellt werden, dass der Sandfang, ein Kombi-Becken und ein Überschussschlammspeicher neu gebaut werden müssen. Dies wird, neben den Instandsetzungsarbeiten, im Rahmen der Kostenermittlung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtig.

4.6 Zusammenfassung Varianten

Im Rahmen dieses Kapitels erfolgt eine Zusammenstellung der oben aufgeführten Variantenvorstellung. Dabei wird Bezug auf die entsprechend gewählte Ausbaugröße, das vorhandene Belebungsvolumen, das notwendige Belebungsvolumen und die entsprechenden Erweiterungsmaßnahmen genommen. Die erforderlichen Erweiterungsmaßnahmen oder die Verfahrensumstellung werden insbesondere anhand des notwendigen Belebungsvolumens sehr gut ersichtlich. Die Darstellung der Zusammenfassung erfolgt in der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 29: Zusammenstellung Variantendarstellung Teil 1

Variante	Kläranlage	Einwohner-werte	vorh. BB-Volumen	notw. BB-Volumen	Erweiterungsmaßnahmen
1a	Zentralkläranlage (Standort: KA Melle)	96.100	14.192	22.000	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 1.000 m³ - Bau zweier Belebungsbecken mit je 4.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
1b	Zentralkläranlage (neuer Standort)	96.100	0	22.000	- Neubau einer Kläranlage - Biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung - Bau zweier Vorklärbecken mit je 1.000 m³ - Bau von 4 Belebungsbecken zu je 5.500 m³ - Bau von 4 Nachklärbecken mit je 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
2	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte (Melle-Mitte, Neuenkirchen, Buer, Bruchmühlen)	72.900	14.192	13.739	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 750 m³ - Bau eines Nachklärbecken mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	Westkläranlage (Wellingholzhausen, Gesmold; Standort KA Gesmold)	23.200	3.898	6.500	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau eines Vorklärbecken mit 600 m³ - Bau von einem Belebungsbecken mit 3.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³ - Bau eines Schlammspeichers - Transport des Klärschlammes zur KA Melle-Mitte

Tabelle 30: Zusammenstellung Variantendarstellung Teil 2

Variante	Kläranlage	Einwohner-werte	vorh. BB-Volumen	notw. BB-Volumen	Erweiterungsmaßnahmen
3	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte (Melle-Mitte, Buer, Bruchmühlen)	60.400	14.192	13.325	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 675 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	Westkläranlage (Wellingholz-hausen, Gesmold)	23.200	3.898	6.500	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau eines Vorklärbecken mit 600 m³ - Bau von einem Belebungsbecken mit 3.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³ - Bau eines Schlammspeichers - Transport des Klärschlammes zur KA Melle-Mitte
	KA Neuenkirchen	12.500	5.852	4.597	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
4	KA Melle-Mitte	50.000	14.192	12.026	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilsierung - Bau zweier Vorklärbecken mit je 500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	KA Neuenkirchen	12.500	5.852	4.597	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Bruchmühlen	4.900	2.298	1.802	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Buer	5.500	2.357	2.023	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Gesmold	15.000	3.897	6.000	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilsierung - Umbau des Kombibecken zu einen Belebungsbecken mit 6.000 m³ - Neubau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³
	KA Wellingholzhau	8.200	3.565	3.016	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung

5 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Im Rahmen dieser Studie ist für die zuvor beschriebenen Varianten eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Dabei werden die Varianten hinsichtlich Ihrer Wirtschaftlichkeit geprüft und verglichen. Für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind verschiedene Einflussgrößen und Parameter zu berücksichtigen. In den nachfolgenden Kapiteln werden diese zunächst näher erläutert. Im Anschluss erfolgt die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse.

5.1 Kostenvergleichsrechnung nach LAWA

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt anhand der Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, welche von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) [8] veröffentlicht wurde. Ziel der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten auftretenden Kosten der einzelnen Varianten so aufzubereiten, dass sie miteinander verglichen werden können. Nur so kann am Ende der Betrachtung eine Aussage dazu getätigt werden, welche Variante kostengünstiger ist als eine andere.

Vorrausetzung für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist eine Nutzengleichheit. Alle Varianten müssen den gleichen Nutzen vorweisen, welches die Abwasserreinigung der Stadt Melle darstellt. Somit sind die Varianten für eine dynamische Kostenvergleichsrechnung geeignet.

Im ersten Schritt der Kostenvergleichsrechnung erfolgt die Festlegung der Rahmendaten, welche die Basis der Rechnung darstellen. Darunter fallen beispielsweise die Nutzungsdauern der einzelnen Anlagenbestandteile, die Preissteigerungsraten oder auch der Zinssatz.

Als nächstes werden die kostenrelevanten Parameter ermittelt, welche sich in die Kostenarten Investitionskosten, laufende Kosten und Reinvestitionskosten gliedern. Im Rahmen der finanzmathematischen Aufbereitung werden die Kostenarten für die Berechnung aufbereitet. Das bedeutet, dass die zu verschiedenen Zeitpunkten auftretenden Kosten zeitlich gewichtet werden. Somit können die Kosten, die in einem bestimmten Betrachtungszeitraum anfallen, dargestellt werden.

Im letzten Schritt erfolgt die Auswertung der Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung. Hierfür können verschiedenen Graphiken herangezogen werden, die die Gesamtkosten mit und ohne Preissteigerungsrate oder auch die laufenden Kosten darstellen können.

5.2 Eingangsdaten

5.2.1 Rahmendaten KVR-Rechnung

Die Rahmendaten bilden den Grundstein der Kostenvergleichsrechnung. Darunterfallen sowohl die notwendigen Zinssätze und Preissteigerungsraten als auch die Annahmen, die für die Kostenvergleichsrechnung getroffen werden müssen.

Folgende Zinssätze und Preissteigerungsraten werden für die Kostenvergleichsrechnung festgelegt.

- Zinssatz: 3,0 %
- Preissteigerungsrate Niedrig: 1,0 %
- Preissteigerungsrate Mittel: 2,0 %
- Preissteigerungsrate Hoch: 3,0 %

Durch den Zinssatz wird der Wert ermittelt, den eine Zahlung zu einem späteren Zeitpunkt besitzt. Der Wert von 3,0 % entspricht dem Standardwert der Kostenvergleichsrechnung [8] und hat sich bei dem gewählten Betrachtungszeitraum als äußerst geeignet gezeigt.

Die Personalkosten werden der Preissteigerungsrate „Niedrig“ zugeordnet. Die Energiekosten, Entsorgungskosten Klärschlamm sowie sonstige Materialkosten werden der Preissteigerungsrate „Mittel“ zugeordnet. Auf den Kläranlagen sind keine Positionen vorhanden, die in die Preissteigerungsrate „Hoch“ einzugliedern sind.

Im Weiteren sind diverse Annahmen zutreffen, um eine einheitliche Datengrundlage zu schaffen, die in der Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt wird. Die Annahmen sind anhand von Literaturangaben und Erfahrungswerte vergleichbarer Projekte festgelegt worden. Folgende Annahmen sind im Rahmen dieser Studie getroffen worden:

- Stromkosten: 0,20 €/kWh
- Personalkosten: 65.000 €/Pers.*a
- Kosten Klärschlammentsorgung: 100 €/m³
- Volumen Faulturm: 30 l/EW [9]
- Faulgasanfall: 15 l/EW*d [10]
- Energiewert Faulgas: 6,5 kWh/m³ [11]
- Wirkungsgrad Blockheizkraftwerk: 35 % [11]

Die Annahmen werden zur Berechnung der weiteren Kostenarten herangezogen, welche nachfolgende aufgeführt werden.

5.2.2 Nutzungsdauer

Im Rahmen der Kostenvergleichsrechnungen werden die Varianten über einen definierten Zeitraum betrachtet und die anfallenden Kosten ermittelt. Der Betrachtungszeitraum wird auf 45 Jahre festgelegt und entspricht der Standardnutzungsdauer von Betonbauwerken gemäß der Dynamischen Kostenvergleichsrechnung [8]. Der Startzeitpunkt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird auf das Jahr 2025 festgelegt.

Für die einzelnen Anlagenbestandteile sind unterschiedliche Nutzungsdauern festzulegen, welche einem Vielfachen von dem gewählten Betrachtungszeitraum entspricht. Hintergrund ist, dass Beispielsweise die Maschinentechnik nicht für eine Nutzung von 45 Jahren ausgelegt ist. Wichtig für die Kostenvergleichsrechnung ist, dass zum Ende des Betrachtungszeitraum alle Anlagenbestandteile vollständig auf 0 gerechnet sind, da sonst noch Kosten offen sind, welche nicht berücksichtigt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind für die entsprechenden Anlagenbestandteile die Nutzungsdauern gemäß KVR-Leitlinien und die gewählten Nutzungsdauern aufgeführt.

Tabelle 31: Nutzungsdauer Anlagenbestandteile

Anlagenbestandteil	**Nutzungsdauer gemäß KVR-**	**gewählte Nutzungsdauer**
Bauwerke	30 - 40	45
Rechenanlagen	10 - 14	15
Räumeranlagen	15 - 25	15
Druckbelüftung	12 - 20	15
FHM-Anlagen	12 - 20	15
Schaltanlagen	17 - 25	15
Schlammeindickung Bautechnik	30 - 40	45
Schlammeindickung Maschinentechnik	12 - 20	15
Faulbehälter Bautechnik	30 - 50	45
Faulbehälter Maschinentechnik	10 - 20	15
Zentrifugen	10 - 14	15
Gasbehälter	17 - 25	22,5
BHKW	20 - 25	22,5
Betriebsgebäude Bautechnik	30 - 50	45
Instandsetzung Bestandsbauwerke	-	22,5

In den Anlagen ist eine Auflistung der gewählten Nutzungsdauern für die einzelnen Anlagenbestandteile je Kläranlage enthalten.

5.2.3 Investitionskosten

Unter den Investitionskosten oder auch Herstellkosten werden alle Kosten erfasst, die zur Erstellung, zum Erwerb oder zur Erneuerung von Anlagenbestandteilen anfallen. Dabei sind diese nur einmalig aufzuwendende Kosten.

In dieser Studie erfolgt die Kostenermittlung gemäß der nachfolgenden Gliederung:

1. Infrastruktur
2. Mechanische Reinigung
3. Vorklärung
4. Biologische Reinigung
5. Vorentwässerung / Schlammspeicher
6. Faulbehälter / BHKW
7. Schlammentwässerung
8. Abbruch
9. Pumpwerke und Druckrohrleitungen

In den jeweiligen Gliederungspunkten sind die dazugehörigen Anlagenbestandteile, sortiert nach Bautechnik, Maschinentechnik und Elektrotechnik, aufgeführt. In den nachfolgenden Tabellen ist die Kostenermittlung als Zusammenfassung aufgeführt. Die detaillierte Kostenermittlung ist der Anlage zu entnehmen.

Tabelle 32: Investitionskosten Variante 1a

Position	**Bezeichnung**	**Gesamtkosten**
Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort Melle-Mitte		
01.01.01.	Infrastruktur	1.308.000,00
01.01.02.	Mechanische Reinigung	1.190.000,00
01.01.03.	Vorklärung	2.100.000,00
01.01.04.	Biologische Reinigung	6.536.250,00
01.01.05.	Vorentwässerung	320.000,00
01.01.06.	Faulbehälter / BHKW	2.835.000,00
01.01.07.	Schlammentwässerung	1.235.000,00
01.01.08.	Abbruch KA Melle-Mitte	640.000,00
Summe	**Zentralkläranlage am Standort Melle-Mitte**	**16.164.250,00**
01.02.	Pumpwerk Buer	2.301.000,00
01.03.	Pumpwerk Bruchmühlen	2.921.200,00
01.04.	Pumpwerk Gesmold	2.713.600,00
01.05.	Pumpwerk Neuenkirchen	3.272.200,00
01.06.	Pumpwerk Wellingholzhausen	2.718.200,00
01.07.	Abbruch ehemalige Kläranlagestandorte	2.807.000,00
Summe	**Gesamtsumme Variante 1a**	**32.897.450,00**

Tabelle 33: Investitionskosten Variante 1b

Position	Bezeichnung	Gesamtkosten
Variante 1b: Zentralkläranlage Standort Neu		
02.01.01.	Infrastruktur	1.790.000,00
02.01.02.	Mechanische Reinigung	1.100.000,00
02.01.03.	Vorklärung	2.070.000,00
02.01.04.	Biologische Reinigung	8.789.000,00
02.01.05.	Vorentwässerung	520.000,00
02.01.06.	Faulbehälter / BHKW	2.835.000,00
02.01.07.	Schlammentwässerung	1.235.000,00
Summe	**Zentralkläranlage am Standort Neu**	**18.339.000,00**
02.02.	Pumpwerk Buer	1.827.500,00
02.03.	Pumpwerk Bruchmühlen	1.791.400,00
02.04.	Pumpwerk Gesmold	2.688.600,00
02.05.	Pumpwerk Melle-Mitte	1.532.200,00
02.06.	Pumpwerk Neuenkirchen	3.374.600,00
02.07.	Pumpwerk Wellingholzhausen	3.213.800,00
02.08.	Abbruch ehemalige Kläranlagestandorte	4.037.000,00
Summe	**Gesamtsumme Variante 1b**	**36.804.100,00**

Tabelle 34: Investitionskosten Variante 2

Position	Bezeichnung	Gesamtkosten
Variante 2: Erweiterung KA Melle-Mitte		
03.01.01.	Infrastruktur	1.008.000,00
03.01.02.	Mechanische Reinigung	1.090.000,00
03.01.03.	Vorklärung	1.650.000,00
03.01.04.	Biologische Reinigung	4.661.750,00
03.01.05.	Vorentwässerung	280.000,00
03.01.06.	Faulbehälter / BHKW	2.835.000,00
03.01.07.	Schlammentwässerung	1.155.000,00
03.01.08.	Abbruch KA Melle-Mitte	640.000,00
Summe	**Erweiterung KA Melle-Mitte**	**13.319.750,00**
Variante 2: Westkläranlage		
03.02.01.	Infrastruktur	444.000,00
03.02.02.	Mechanische Reinigung	525.000,00
03.02.03.	Vorklärung	720.000,00
03.02.04.	Biologische Reinigung	1.801.500,00
03.02.05.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	350.000,00
03.02.06.	Abbruch KA Gesmold	105.000,00
Summe	**Westkläranlage**	**3.945.500,00**
03.03.	Pumpwerk Buer	2.301.000,00
03.04.	Pumpwerk Bruchmühlen	2.921.200,00
03.05.	Pumpwerk Neuenkirchen	3.272.200,00
03.06.	Pumpwerk Wellingholzhausen	2.718.200,00
03.07.	Abbruch ehemalige Kläranlagestandorte	2.237.000,00
Summe	**Gesamtsumme Variante 2**	**30.714.850,00**

Tabelle 35: Investitionskosten Variante 3

Position	Bezeichnung	Gesamtkosten
Variante 3: Erweiterung KA Melle-Mitte		
04.01.01.	Infrastruktur	978.000,00
04.01.02.	Mechanische Reinigung	970.000,00
04.01.03.	Vorklärung	1.495.000,00
04.01.04.	Biologische Reinigung	4.660.500,00
04.01.05.	Vorentwässerung	280.000,00
04.01.06.	Faulbehälter / BHKW	2.474.000,00
04.01.07.	Schlammentwässerung	1.195.000,00
04.01.08.	Abbruch KA Melle-Mitte	640.000,00
Summe	**Erweiterung KA Melle-Mitte**	**12.692.500,00**
Variante 3: Westkläranlage		
04.02.01.	Infrastruktur	444.000,00
04.02.02.	Mechanische Reinigung	525.000,00
04.02.03.	Vorklärung	720.000,00
04.02.04.	Biologische Reinigung	1.801.500,00
04.02.05.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	350.000,00
04.02.06.	Abbruch KA Gesmold	105.000,00
Summe	**Westkläranlage**	**3.945.500,00**
Variante 3: KA Neuenkirchen		
04.03.01.	Infrastruktur	189.000,00
04.03.02.	Mechanische Reinigung	275.000,00
04.03.03.	Biologische Reinigung	591.000,00
04.03.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	240.000,00
Summe	**KA Neuenkirchen**	**1.295.000,00**
04.04.	Pumpwerk Buer	2.301.000,00
04.05.	Pumpwerk Bruchmühlen	2.921.200,00
04.06.	Pumpwerk Wellingholzhausen	2.718.200,00
04.07.	Abbruch ehemalige Kläranlagestandorte	1.502.000,00
Summe	**Gesamtsumme Variante 3**	**27.375.400,00**

Tabelle 36: Investitionskosten Variante 4

Position	Bezeichnung	Gesamtkosten
Variante 4: KA Buer		
05.01.01.	Infrastruktur	140.000,00
05.01.02.	Mechanische Reinigung	285.000,00
05.01.03.	Biologische Reinigung	460.000,00
05.01.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	375.000,00
05.01.05.	Abbruch Kläranlage Buer	75.000,00
Summe	**KA Buer**	**1.335.000,00**
Variante 4: KA Bruchmühlen		
05.02.01.	Infrastruktur	114.000,00
05.02.02.	Mechanische Reinigung	370.000,00
05.02.03.	Biologische Reinigung	451.000,00
05.02.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	160.000,00
Summe	**KA Bruchmühlen**	**1.095.000,00**
Variante 4: KA Gesmold		
05.03.01.	Infrastruktur	189.000,00
05.03.02.	Mechanische Reinigung	325.000,00
05.03.03.	Biologische Reinigung	1.006.000,00
05.03.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	435.000,00
Summe	**KA Buer**	**1.955.000,00**
Variante 4: KA Melle-Mitte		
05.04.01.	Infrastruktur	295.000,00
05.04.02.	Mechanische Reinigung	1.080.000,00
05.04.03.	Vorklärung	1.120.000,00
05.04.04.	Biologische Reinigung	3.742.000,00
05.04.05.	Vorentwässerung	310.000,00
05.04.06.	Faulbehälter / BHKW	1.487.500,00
05.04.07.	Schlammentwässerung	727.500,00
05.04.08.	Abbruch KA Melle-Mitte	640.000,00
Summe	**KA Melle-Mitte**	**9.402.000,00**
Variante 4: KA Neuenkirchen		
05.05.01.	Infrastruktur	189.000,00
05.05.02.	Mechanische Reinigung	275.000,00
05.05.03.	Biologische Reinigung	591.000,00
05.05.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	240.000,00
Summe	**KA Neuenkirchen**	**1.295.000,00**
Variante 4: KA Wellingholzhausen		
05.06.01.	Infrastruktur	175.000,00
05.06.02.	Mechanische Reinigung	455.000,00
05.06.03.	Biologische Reinigung	1.977.000,00
05.06.04.	Vorentwässerung / Schlammspeicher	386.000,00
05.06.05.	Abbruch KA Wellingholzhausen	410.000,00
Summe	**KA Wellingholzhausen**	**3.403.000,00**
Summe	**Gesamtsumme Variante 4**	**18.485.000,00**

Die Investitionskosten stellen die anfallenden Kosten zum Zeitpunkt 0, also den Beginn des Betrachtungszeitraums, dar. Die laufenden Kosten sowie die Reinvestitionskosten sind in dieser Aufstellung nicht enthalten.

5.2.4 Laufende Kosten

Unter den laufenden Kosten sind jährlich aufzuwendende Kosten für den Betrieb, die Wartung, die Unterhaltung sowie die Überwachung der Anlagen zu fassen. Im Rahmen dieser Studie werden die folgenden laufenden Kosten berücksichtigt.

- Energiekosten Kläranlagen
- Entsorgungskosten Klärschlamm
- Personalkosten
- Materialkosten Fällmittel
- Energiekosten Pumpwerke
- Kosten Instandsetzung und Wartung

Energiekosten Kläranlage

Unter den Energiekosten sind die Kosten für den Stromverbrauch und den Stromgewinn zusammengefasst. Über die Verfahrensumstellung auf eine biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung wird in den Faultürmen Faulgas produziert. Dieses kann mithilfe der Blockheizkraftwerke in Strom umgewandelt und auf der Kläranlage genutzt werden. Die Energiekosten lassen sich hierdurch reduzieren.

In der nachfolgenden Graphik ist der Durchschnittliche Stromverbrauch von Kläranlagen gemäß Ihrer Größenklasse dargestellt. Anhand dieser Tabelle sind die spezifischen Stromverbräuche ausgewählt worden.

Im Durchschnitt liegen die spezifischen Stromverbräuche nach unseren Informationen wie folgt bei:

Größenklasse 1	< 1.000 EW	75 kWh/EWxa
Größenklasse 2	> 1.000 – 5.000 EW	55 kWh/EWxa
Größenklasse 3	> 5.000 – 10.000 EW	44 kWh/EWxa
Größenklasse 4	> 10.000 – 100.000 EW	35 kWh/EWxa
Größenklasse 5	> 100.000 EW	32 kWh/EWxa

Die Größenklassen 4 und 5 haben zwar hinsichtlich der Anzahl nur einen Anteil von 22 Prozent an den 10.000 Kläranlagen, sie behandeln aber über 90 Prozent der Einwohnerwerte und verursachen etwa 87 Prozent des gesamten Stromverbrauchs.

Abbildung 5: Durchschnittlicher Stromverbrauch von Kläranlagen gemäß der Größenklasse [12]

In den unteren Tabellen sind die Berechnungsergebnisse des Stromgewinns und des Stromverbrauchs zusammengefasst. Die detaillierten Berechnungen können der Anlage entnommen werden.

Tabelle 37: Berechnung Stromgewinn

Stromgewinn						
Variante	Kläranlage	Einwohnerwert	Faulgasmenge	Energie	Strom-gewinnung	Einsparung Stromkosten
		[EW]	[m³/a]	[kWh/m³]	[kWh/a]	[€/a]
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-Mitte)	96.100	526.148	6,50	1.196.986	239.397
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	96.100	526.148	6,50	1.196.986	239.397
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	96.100	526.148	6,50	1.196.986	239.397
	Westkläranlage	23.200	0	6,50	0	0
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	83.600	457.710	6,50	1.041.290	208.258
	Westkläranlage	23.200	0	6,50	0	0
	KA Neuenkirchen	12.500	0	6,50	0	0
4	KA Melle-Mitte	50.000	273.750	6,50	622.781	124.556
	KA Neuenkirchen	12.500	0	6,50	0	0
	KA Wellingholzhausen	8.200	0	6,50	0	0
	KA Gesmold	15.000	0	6,50	0	0
	KA Buer	5.500	0	6,50	0	0
	KA Bruchmühlen	4.900	0	6,50	0	0

Tabelle 38: Berechnung Stromverbrauch

Stromverbrauch						
Variante	Kläranlage	Einwohnerwert	Strom-verbrauch	Strompreis	Strom-gewinn	Stromkosten Gesamt
		[EW]	[kWh/a]	[€/kWh]	[€/a]	[€/a]
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-Mitte)	96.100	3.075.200	0,20	239.397	375.643
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	96.100	3.075.200	0,20	239.397	375.643
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	72.900	2.551.500	0,20	239.397	270.903
	Westkläranlage	23.200	928.000	0,20	0	185.600
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	60.400	2.114.000	0,20	208.258	214.542
	Westkläranlage	23.200	928.000	0,20	0	185.600
	KA Neuenkirchen	12.500	550.000	0,20	0	110.000
4	KA Melle-Mitte	50.000	1.900.000	0,20	124.556	255.444
	KA Neuenkirchen	12.500	550.000	0,20	0	110.000
	KA Wellingholzhausen	8.200	410.000	0,20	0	82.000
	KA Gesmold	15.000	780.000	0,20	0	156.000
	KA Buer	5.500	236.500	0,20	0	47.300
	KA Bruchmühlen	4.900	269.500	0,20	0	53.900

In der Spalte „Stromkosten Gesamt“ der Tabelle 38 sind die Kosten des Stromgewinns bereits von den Kosten des Stromverbrauchs abgezogen. Durch die Verfahrensumstellung kann hier schon festgehalten werden, dass jährlich rd. 240.000 € an Energiekosten in der Variante 1a und 1b gespart werden können. In der Variante 4 können auf der Kläranlage Melle-Mitte durch eine Verfahrensumstellung jährlich rd. 125.000 € Energiekosten eingespart werden. Diese Einsparungen werden bei der Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt.

Entsorgungskosten Klärschlamm

Der Schlammanfall der jeweiligen Varianten wird aus den Berechnungen gemäß des DWA-A 131 [6] entnommen. Der Klärschlamm durchläuft verschiedene Behandlungsstufen, bei denen dieser an Volumen verliert. Nach der Entnahme des Überschussschlammes wird dieser auf einen Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von 5 % eingedickt. In diesem Zustand wird der Klärschlamm transportiert bzw. in den Faulturm gefördert. Im Faulturm verliert der Klärschlamm rd. 30 % [11] seines organischen Trockensubstanzgehalt, so dass dieser bei gleichem Volumenstrom nur noch einen TS-Gehalt von 3,85 % besitzt. Der Klärschlamm aus dem Faulturm, der transportierte Klärschlamm bzw. der aerob stabilisierte Klärschlamm werden im letzten Schritt auf einen TS-Gehalt von 20 % entwässert. Im Anschluss wird der entwässerte Klärschlamm durch eine externe Klärschlammverbrennung entsorgt. Hierfür werden Entsorgungskosten von 100 €/m³ angesetzt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Transportkosten dargestellt.

Tabelle 39: Transportkosten Klärschlamm

Transportkosten Klärschlamm mit 1,5 €/km				
Variante	Kläranlage	Schlammanfall	Anzahl Fahrten	Entsorgungs-kosten Gesamt
		[kg/d]	[Stk]	[€/a]
2	Westkläranlage -> KA Melle-Mitte	1.960	477	14.308,00
3	Westkläranlage -> KA Melle-Mitte	1.960	477	14.308,00
	KA Neuenkirchen -> KA Melle-Mitte	771	188	8.442,45
4	KA Neuenkirchen -> KA Melle-Mitte	771	188	8.442,45
	KA Wellingholzhausen -> KA Gesmold	510	124	3.350,70
	KA Buer -> KA Melle-Mitte	343	83	1.877,93
	KA Bruchmühlen -> KA Melle-Mitte	302	73	2.755,75

Die zu transportierende Klärschlamm besitzt einen TS-Gehalt von 5 % und wird mit einem LKW transportiert, welcher ein Ladevolumen von 30 m³ besitzt. Pro gefahrenen Kilometer werden Kosten in Höhe von 1,50 € angesetzt. In der Variante 2 und 3 wird der nicht stabilisierte Klärschlamm der Westkläranlage zur Weiterbehandlung in die Faultürme der Kläranlage Melle-Mitte gefahren. Dies ermöglicht einen zusätzlichen Stromgewinn. In der Variante 3 wird der stabilisierte Klärschlamm der Kläranlage Neuenkirchen zur Entwässerung auf die Kläranlage Melle-Mitte gefahren und anschließend entsorgt. Dies gilt ebenfalls für die Kläranlage Neuenkirchen, Buer und Bruchmühlen in der Variante 4. Der stabilisierte Klärschlamm der Kläranlage Wellingholzhausen wird zur Kläranlage Gesmold transportiert, um diesen in der vorhandenen Zentrifuge zu entwässern. Die Transportkosten werden auf die nachfolgenden Entsorgungskosten aufaddiert.

Tabelle 40: Entsorgungskosten Klärschlamm

Entsorgungskosten						
Variante	Kläranlage	Schlammanfall gemäß Berechnung DWA - A131	Jährlicher Schlammanfall (20% TS)	Entsorgungs-kosten	Transport-kosten	Entsorgungs-kosten Gesamt
		[kg/d]	[m³/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-	5.680	7.982	798.182	0,0	798.182
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	5.680	7.982	798.182	0,0	798.182
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	4.421	6.213	621.261	0,0	621.261
	Westkläranlage	1.960	2.754	275.429	14.308,0	289.737
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	3.546	4.983	498.302	0,0	498.302
	Westkläranlage	1.960	2.754	275.429	14.308,0	289.737
	KA Neuenkirchen	771	1.407	140.708	8.442,5	149.150
4	KA Melle-Mitte	3.150	4.427	442.654	0,0	442.654
	KA Neuenkirchen	771	1.407	140.708	8.442,5	149.150
	KA Wellingholzhausen	510	931	93.075	3.350,7	96.426
	KA Gesmold	936	1.708	170.820	0,0	170.820
	KA Buer	343	626	62.598	1.877,9	64.475
	KA Bruchmühlen	302	551	55.115	2.755,8	57.871

Die Kosten für die Klärschlammentsorgung werden mit 100 €/m³ zuzüglich der Transportkosten berechnet. Der Klärschlamm wird nach dem oben beschriebenen Ablauf behandelt und entwässert. Im Anschluss erfolgt die Entsorgung. Die detaillierte Berechnung der Entsorgungskosten kann der Anlage entnommen werden.

Personalkosten

Für die Personalkosten erfolgt im ersten Schritt eine Personalbedarfsberechnung gemäß DWA-M 271 [9] mit Jahresarbeitsstunden von 1.530 h/Pers.*a [9]. Dabei werden für die verschiedenen Anlagenbereiche, wie z.B. Abwasserhebewerk, Rechenanlage, Sandfang, Vorklärbecken, etc., monatliche Arbeitsstunden angesetzt, die anhand der Ausbaugröße ermittelt werden. Für die Betreuung der Pumpwerke an den ehemaligen Kläranlagenstandorten wird ein Personalbedarf von 0,2 Pers./a angesetzt.

Tabelle 41: Personalanzahl der Varianten

Variante	Kläranlage	Errechnete Personoalanzahl	notwendige Personalanzahl pro Variante	gewählte Personalanzahl pro Variante
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-	5,4	5,4	5,5 (+1)
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	5,4	5,4	5,5 (+1,2)
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	4,5	6,6	7 (+0,8)
	Westkläranlage	2,1		
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	4,1	7,2	7,5 (+0,6)
	Westkläranlage	2,1		
	KA Neuenkirchen	1,0		
4	KA Melle-Mitte	3,6	8,2	8,5
	KA Neuenkirchen	1,0		
	KA Wellingholzhausen	0,8		
	KA Gesmold	1,5		
	KA Buer	0,7		
	KA Bruchmühlen	0,6		

In der oben aufgeführten Tabelle ist der errechnete und gewählte Personalbedarf der Kläranlagen je Variante dargestellt. Der Personalbedarf in den Klammern ist den Pumpwerken zugeordnet. Es ist festzustellen, dass mit Zunahme der Kläranlagenstandorte auch der Personalbedarf steigt.

Materialkosten Fällmittel

Die Materialkosten für das Fällmittel errechnet sich anhand der vorhandenen Pges-Fracht, welche aus der Berechnung gemäß DWA-A 131 [6] entnommen wird. Der Fällmittelbedarf errechnet sich anhand eins Verhältnisses von 1,8 kg Fällmittel zu 1 kg Pges. Es werden pro Tonne Fällmittel 150 € angesetzt. Somit ergeben sich folgende jährliche Kosten für das Fällmittel.

Tabelle 42: Materialkosten Fällmittel

Kosten Fällmittel				
Variante	Kläranlage	Pges-Fracht	Fällmittel-bedarf	Kosten Fällmittel Gesamt
		[kg/d]	[kg/d]	[€/a]
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-Mitte)	173	311,40	17.049,15
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	173	311,40	17.049,15
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	131	235,80	12.910,05
	Westkläranlage	42	75,60	4.139,10
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	108	194,40	10.643,40
	Westkläranlage	42	75,60	4.139,10
	KA Neuenkirchen	23	33,75	1.847,81
4	KA Melle-Mitte	90	162,00	8.869,50
	KA Neuenkirchen	23	33,75	1.847,81
	KA Wellingholzhausen	15	22,50	1.231,88
	KA Gesmold	27	40,50	2.217,38
	KA Buer	10	15,00	821,25
	KA Bruchmühlen	9	13,50	739,13

Energiekosten Pumpwerke

Für jedes Pumpwerk mit der dazugehörigen Druckrohrleitung wurde im Rahmen der Variantendarstellung eine Pumpendimensionierung durchgeführt. Anhand der Auslegung der Pumpen kann dem Datenblatt des Herstellers ein spezifischer Energiebedarf in kWh/m³ entnommen werden. Dieser spezifische Energiebedarf berücksichtigt die Verluste aus Leitungslänge und der geodätischen Höhendifferenz. Die angegeben Werte können nur für die jeweiligen Pumpwerke und dazugehörigen Druckrohrleitung genutzt werden. Einen Anhaltswert für andere Pumpwerke können diese Daten nicht geben. In der nachfolgenden Tabelle sind die Energiekosten der Pumpwerke dargestellt.

Tabelle 43: Energiekosten Pumpwerke

Stromverbrauch Pumpwerke						
Variante	Kläranlage / Pumpwerke		spez. Energie*	Stromverbrauch	Strompreis	Stromkosten Gesamt
	Von	Nach	[kWh/m³]	[kWh/a]	[€/kWh]	[€/a]
1a	Buer	ZKA Melle-Mitte	0,203	61.128	0,20	12.225,68
	Bruchmühlen	ZKA Melle-Mitte	0,424	113.749	0,20	22.749,72
	Gesmold	ZKA Melle-Mitte	0,139	114.154	0,20	22.830,75
	Neuenkirchen	ZKA Melle-Mitte	0,303	207.366	0,20	41.473,13
	Wellingholzhausen	ZKA Melle-Mitte	0,381	171.050	0,20	34.209,99
1b	Buer	ZKA Melle Neu	0,318	95.758	0,20	19.151,55
	Bruchmühlen	ZKA Melle Neu	0,160	42.924	0,20	8.584,80
	Gesmold	Melle-Mitte	0,139	114.154	0,20	22.830,75
	Melle-Mitte	ZKA Melle Neu	0,048	170.108	0,20	34.021,65
	Neuenkirchen	ZKA Melle Neu	0,288	197.100	0,20	39.420,00
	Wellingholzhausen	ZKA Melle Neu	0,242	108.646	0,20	21.729,18
2	Buer	Erweiterung KA Melle-Mitte	0,203	61.128	0,20	12.225,68
	Bruchmühlen	Erweiterung KA Melle-Mitte	0,424	113.749	0,20	22.749,72
	Neuenkirchen	Erweiterung KA Melle-Mitte	0,303	207.366	0,20	41.473,13
	Wellingholzhausen	Westkläranlage	0,127	57.017	0,20	11.403,33
3	Buer	Erweiterung KA Melle-Mitte	0,203	61.128	0,20	12.225,68
	Bruchmühlen	Erweiterung KA Melle-Mitte	0,424	113.749	0,20	22.749,72
	Wellingholzhausen	Westkläranlage	0,127	57.017	0,20	11.403,33

Instandsetzungs- und Wartungskosten

Um anfallenden Kosten, die einem Arbeitsbereich nicht direkt zuzuordnen sind, zu berücksichtigen, werden 0,20 % der Herstellkosten der Maschinen- und Elektrotechnik als Instandsetzungs- und Wartungskosten angesetzt.

Tabelle 44: Instandhaltungs- und Wartungskosten

Variante	Beschreibung	Herstellkosten MT+ET	Instandsetzungs- und Wartungskosten
		[€]	[€/a]
1a	Zentralkläranlanlage (Standort KA Melle-Mitte)	4.390.000,00	8.780,00
1b	Zentralkläranlanlage (Neuer Standort)	4.619.000,00	9.238,00
2	2 Kläranlagen	4.452.000,00	8.904,00
3	3 Kläranlage	4.768.000,00	9.536,00
4	6 Kläranlagen	5.472.000,00	10.944,00

Tabelle 45: Zusammenfassung laufende Kosten

Zusammenfassung laufende Kosten								
Variante	Kläranlage	Stromkosten	Entsorgungskosten Klärschlamm	Personalkosten	Kosten Fällmittel	Stromkosten Pumpwerke	Instandsetzungs- und Wartungskosten	Gesamtsumme laufende Kosten
		[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€/a]		[€/a]
1a	Zentralkläranlage (Standort KA Melle-Mitte)	375.643	798.182	422.500	17.049,15	133.489	8.780	1.755.643
1b	Zentralkläranlage (Standort Neu)	375.643	798.182	435.500	17.049,15	145.738	9.238	1.781.350
2	Erweiterung KA Melle-Mitte	270.903	621.261	507.000	12.910,05	76.449	8.904	1.988.306
	Westkläranlage	185.600	289.737		4.139,10	11.403		
3	Erweiterung KA Melle-Mitte	214.542	498.302	526.500	10.643,40	34.975	9.536	2.046.376
	Westkläranlage	185.600	289.737		4.139,10	11.403		
	KA Neuenkirchen	110.000	149.150		1.847,81	0		
4	KA Melle-Mitte	255.444	442.654	552.500	8.869,50	0	10.944	2.265.210
	KA Neuenkirchen	110.000	149.150		1.847,81	0		
	KA Wellingholzhausen	82.000	96.426		1.231,88	0		
	KA Gesmold	156.000	170.820		2.217,38	0		
	KA Buer	47.300	64.475		821,25	0		
	KA Bruchmühlen	53.900	57.871		739,13	0		

5.2.5 Reinvestitionskosten

Unter Reinvestitionskosten oder auch Ersatzinvestitionskosten werden Kosten für Anlagenteile verstanden, dessen Nutzungsdauern kürzer sind als die Dauer des Betrachtungszeitraumes. Diese Anlagenteile sind somit innerhalb des Betrachtungszeitraumes zu erneuern. Hierbei handelt es sich vorwiegend um die Maschinen- und Elektrotechnik. Beispielsweise besitzen die Drucklufterzeuger eine Nutzungsdauer von 15 Jahren. Bein einem Betrachtungszeitraum von 45 Jahren sind für die Drucklufterzeuger Reinvestitionen in den Jahren 15 und 30 des Betrachtungszeitraum zu tätigen. Der Zeitpunkt der Reinvestitionen erfolgt anhand der in Kapitel 5.2.2. genannten Nutzungsdauern.

Auf Grundlage der Risikoanalyse sind auf den bestehenden Kläranlagen teilweise Bauwerke vorhanden, die zum Beginn der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung noch nicht vollständig abgeschrieben sind. Eine Reinvestition ist hier nach dem Abschreibungszeitpunkt zu berücksichtigen.

5.3 Auswertung Kostenvergleichsrechnung

Das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung wird in Laufende Kosten und Gesamtkosten, jeweils mit und ohne Preissteigerung, unterteilt. Die Darstellungsform erfolgt in Diagrammen, in welchen die Varianten miteinander verglichen werden.

5.3.1 Laufende Kosten ohne Preissteigerung

In der nachfolgenden Graphik sind die laufenden Kosten ohne Preissteigerung kumulativ dargestellt.

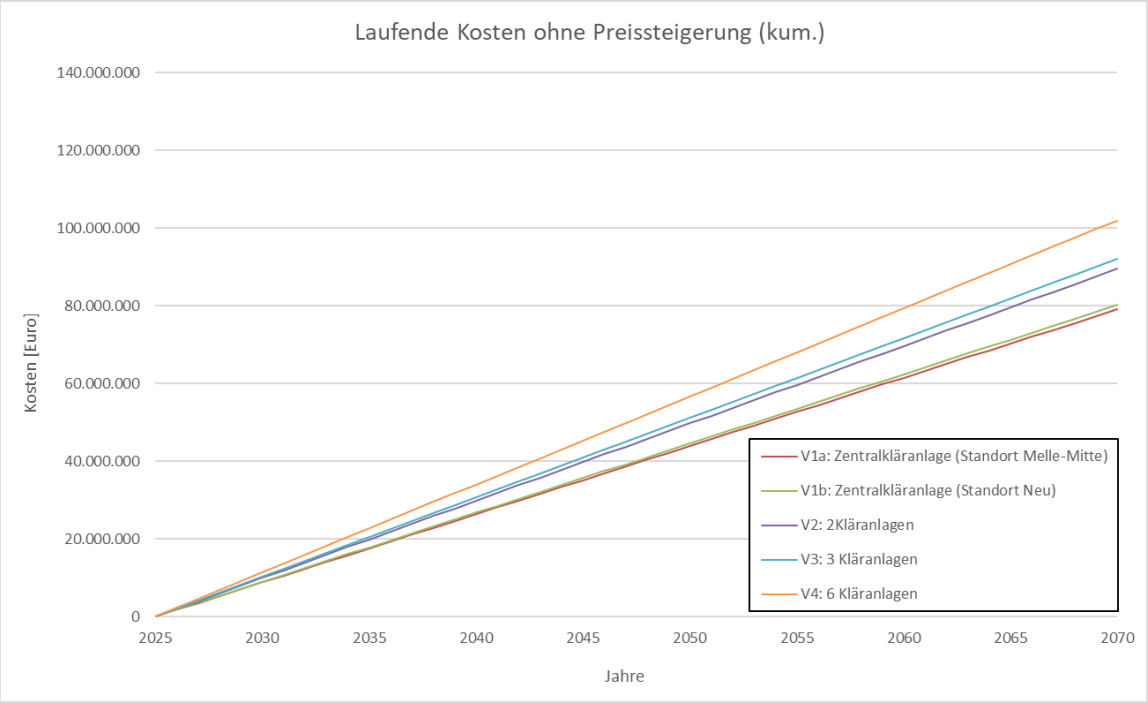

Abbildung 6: Laufende Kosten ohne Preissteigerung

Die Graphik der laufenden Kosten ohne Preissteigerung spiegelt die Zusammenfassung der laufenden Kosten wider. Die Variante 1a weist die geringsten laufenden Kosten auf, gefolgt von den Varianten 1b, 2, 3 und 4. Das Ergebnis zeigt, dass umso größer die Kläranlagen sind und umso zentraler der Standort ist, desto geringer sind auch die laufenden Kosten für den Betrieb.

5.3.2 Laufende Kosten mit Preissteigerung

In der nachfolgenden Graphik sind die laufenden Kosten mit Preissteigerung unter Berücksichtigung der Preissteigerungsraten gemäß Kapitel 5.2.1 dargestellt.

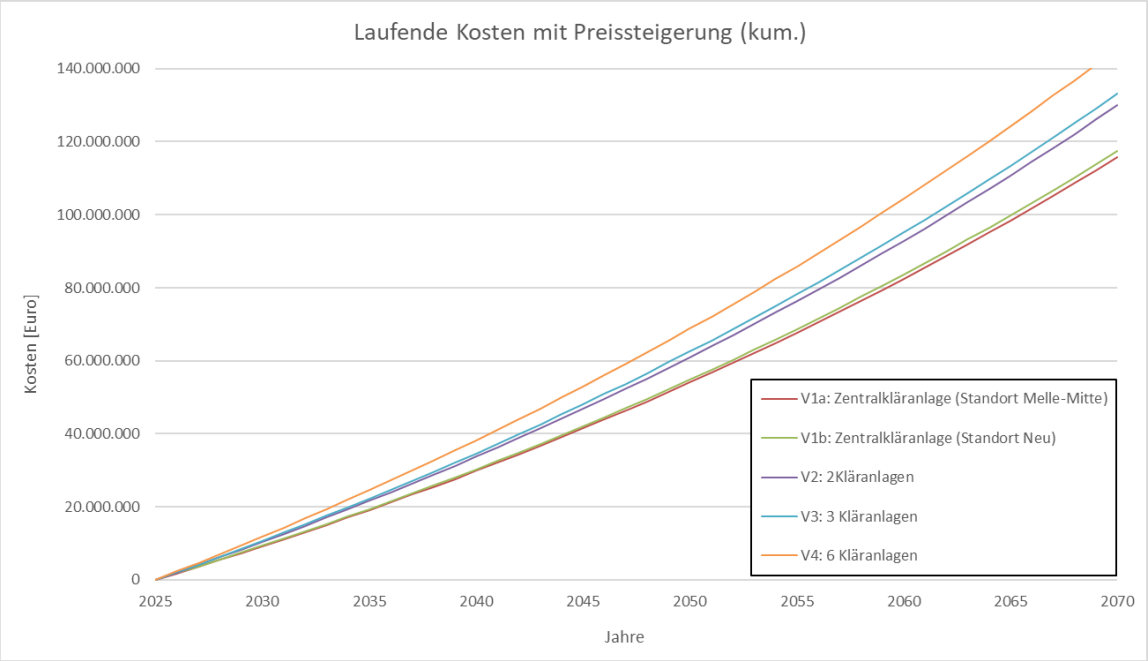

Abbildung 7: Laufende Kosten mit Preissteigerung

Die Preissteigerungsraten führen zu keiner Veränderung der im vorherigen Kapitel genannten Reihenfolge. Die Variante 1a besitzt weiterhin die geringsten laufenden Kosten. Dies bestätigt die Feststellung, dass die zentralen und größeren Varianten geringere laufende Kosten aufweisen.

5.3.3 Gesamtkosten ohne Preissteigerung

Unter den Gesamtkosten sind die Investitionskosten, die laufenden Kosten und die Reinvestitionskosten zusammengefasst. Diese sind im vorhergegangenen Kapitel beschrieben und ermittelt worden. Nachfolgend werden die Gesamtkosten als Graphik sowohl einzeln und kumulativ dargestellt.

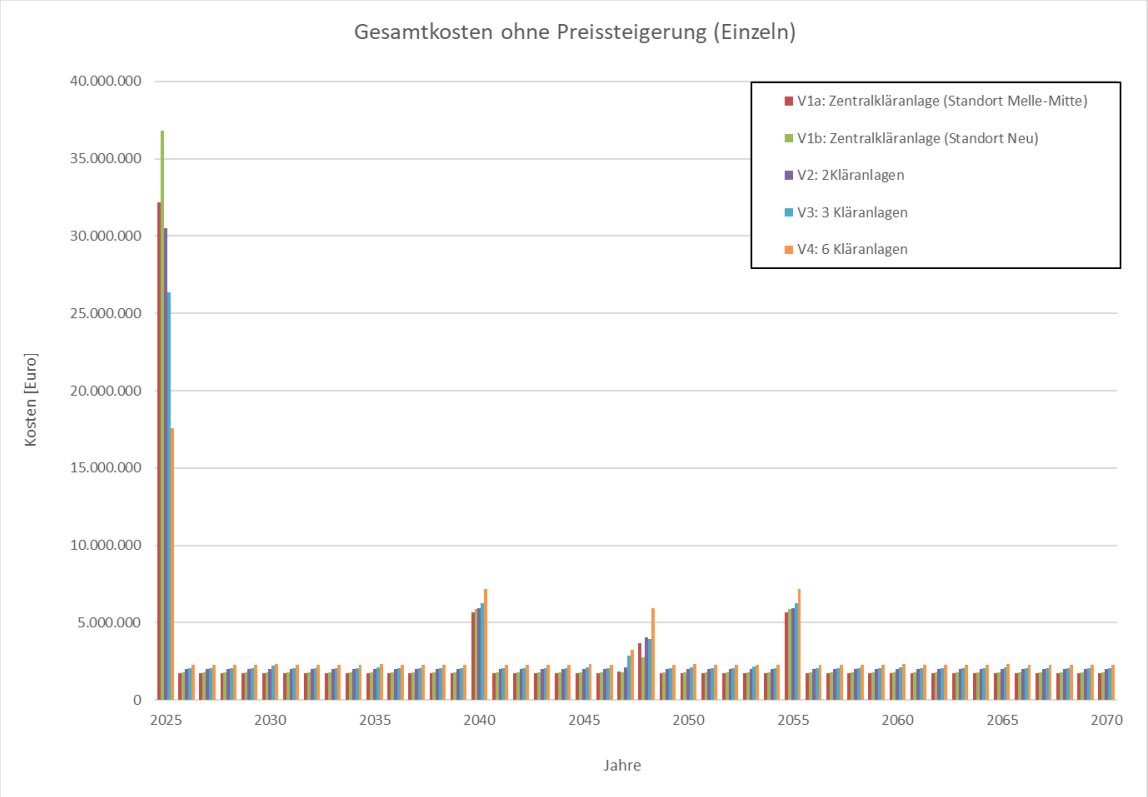

Abbildung 8: Gesamtkosten ohne Preissteigerung (Einzeln)

In der Einzeldarstellung werden sämtliche anfallenden Kosten pro Jahr als Balkendiagramm dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass im Jahr 2025 der Betrachtungszeitraum beginnt und die Investitionskosten anfallen. In den Jahren 2040, 2047 und 2055 sind die Reinvestitionen dargestellt. Die sonstigen jährlich anfallenden Kosten bestehen aus den laufenden Kosten.

Es ist festzustellen, dass die Variante 1b, gefolgt von der Variante 1a, 2 und 3, die höchsten Investitionskosten vorweist. Die Variante 4 besitzt die geringsten Investitionskosten. Bei der Variante 4 werden die sechs Kläranlage saniert und es sind keine großen Investitionen nötig, da der Bestand vorhanden ist. Bei der Zusammenlegung von Kläranlagen sind die entsprechenden Standorte aufwendig mit Bauwerken zu erweitern, wodurch große Investitionen notwendig sind. Damit lässt sich feststellen, umso mehr Kläranlagen zusammengelegt werden, desto höher sind die Investitionskosten.

Bei näherer Betrachtung der Reinvestitionskosten ist zu erkennen, dass die Reihenfolge umgekehrt ist, womit die Variante 4 die höheren Reinvestitionskosten besitzt. Dies ist wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben auch bei den laufenden Kosten festzustellen. Somit gilt auch für die Reinvestitionen, umso höher die Anzahl an Kläranlagenstandort ist, desto höher sind die Reinvestitionskosten.

Durch eine Addition der jährlich anfallenden Gesamtkosten ergibt sich folgende Graphik.

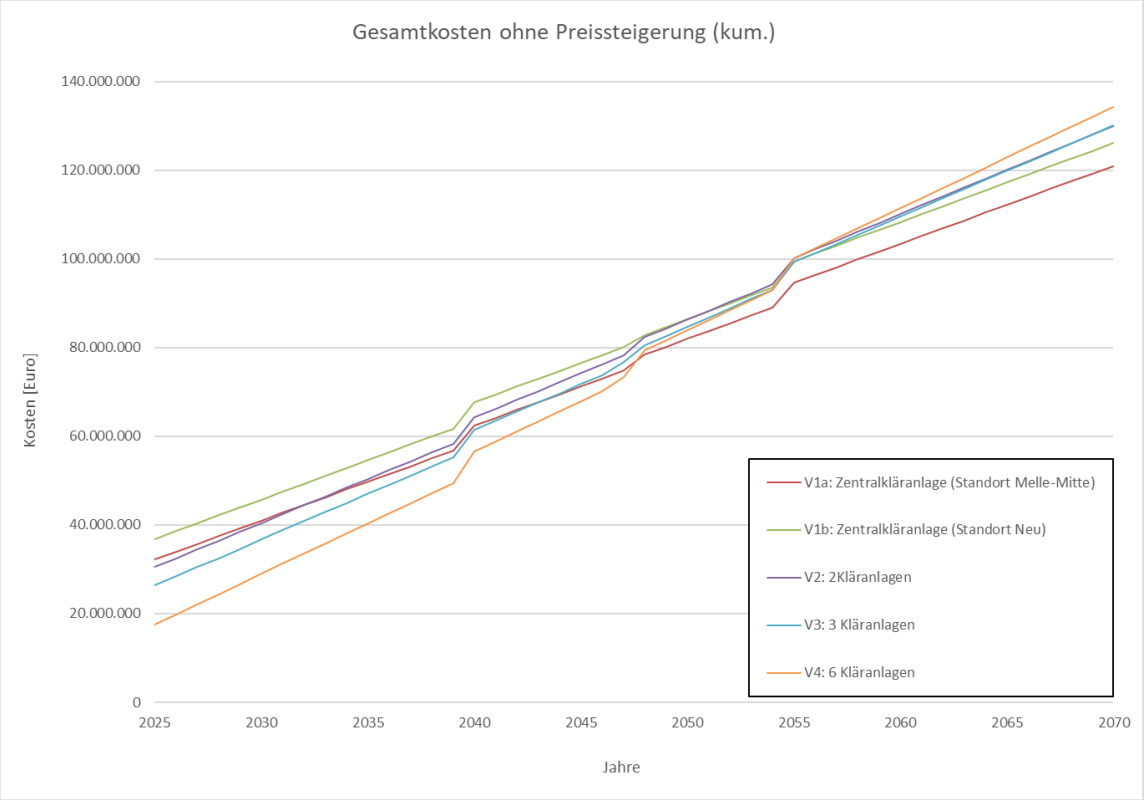

Abbildung 9: Gesamtkosten ohne Preissteigerung (kumulativ)

Im Jahr 2025 startet der Verlauf der Linie auf Höhe der jeweiligen Investitionskosten. Durch die Addition der jeweiligen jährlichen Gesamtkosten besitzen die Linien der Varianten unterschiedliche Steigungen. Beispielsweise zeigt die Linie der Variante 4 einen steileren Verlauf als die Linie der Variante 1a. Dies ist auf die höheren laufenden Kosten zurückzuführen. Die Reinvestitionskosten sind anhand sprunghafter Anstiege zu erkennen. Die Reinvestitionen und laufenden Kosten führen zu einem unterschiedlichen Verlauf der Linien. Dies führt dazu, dass über den gesamten Betrachtungszeitraum ein Variante mit anfänglich hohen Investitionskosten zum Ende hin nicht die teuerste Variante ist.

Dementsprechend ist in der Graphik zu erkennen, dass sich nach rd. 10 Jahren die Variante 1a und Variante 2 schneiden, wodurch die Variante 1a von den Gesamtkosten kostengünstiger ist. Nach rd. 20 Jahren schneidet die Variante 1a auch die Linie der Variante 3 und nach 22,5 Jahren auch die Linie der Variante 4. Das bedeutet, dass die Variante 1a, trotz der fast doppelt so hohen Investitionskosten, bereits nach der Hälfte der Betrachtungszeit geringere Gesamtkosten aufweist als die Variante 4. Die Variante 1a weist die geringsten Gesamtkosten ohne Preissteigerung nach der Betrachtungszeit von 45 Jahren auf.

Nach rd. 30 Jahren sind die Gesamtkosten der Variante 4 soweit angestiegen, dass sämtlicher Varianten kostengünstiger sind. Dies ist vorwiegend auf die hohen Reinvestitionskosten zurückzuführen, da innerhalb dieser 30 Jahren die Bestandsbauwerke aufwendig saniert oder erneuert werden müssen. Die Variante 4 besitzt die höchsten Gesamtkosten ohne Preissteigerung nach 45 Jahren.

Die hohen Investitionskosten der Variante 1b, welche aufgrund des kompletten Neubaus auftreten, ermöglichen einen flachen Verlauf der Linie, führen aber erst nach rd. 30 Jahren zu einer Unterschreitung der Gesamtkosten von Variante 2,3 und 4. Die Variante 1a wird zu keinem Zeitpunkt unterschritten. Ein Neubau einer Zentralkläranlage ist nach einer Betrachtungszeitraum von 45 Jahren kostengünstiger als der Betrieb von 2,3 oder 6 Kläranlage.

Der Verlauf der Variante 2 und Variante 3 bestätigen die bereits genannte These mit dem Bezug auf die Anzahl der Kläranlagenstandorte. Die Variante 2 besitzt einen flacheren Verlauf der Linie als die Variante 3. Jedoch sind die Unterschiede zwischen den Varianten so gering, dass es während der 45 Jahre zu keinem Schnittpunkt kommt. Am Ende des Betrachtungszeitraums sind die Gesamtkosten der beiden Varianten nahezu identisch. Wenn der Betrachtungszeitraum vergrößert werden würde, dann wäre die Variante 2 schließlich kostengünstiger als die Variante 3.

5.3.4 Gesamtkosten mit Preissteigerung

Dem Prinzip des vorherigen Kapitels folgend, werden im Rahmen dieses Kapitels nun die Gesamtkosten mit einer Preissteigerung dargestellt.

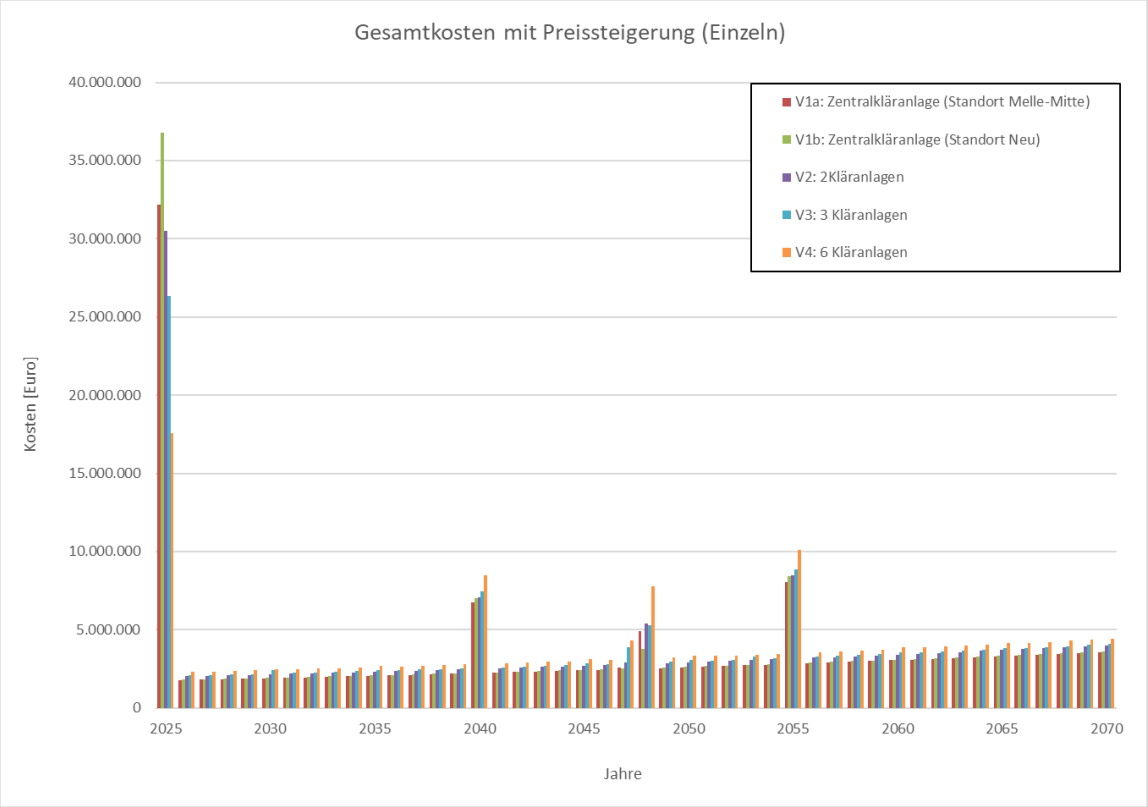

Abbildung 10: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Einzeln)

Die Investitionskosten im Jahr 2025 sind analog zu den Gesamtkosten ohne Preissteigerung. Ab dem ersten Jahr wird die Preissteigerungsrate gemäß Kapitel 5.2.1 auf die jährlichen Gesamtkosten aufgerechnet. Somit steigen die Gesamtkosten von Jahr zu Jahr. Dies wird anhand der Balken in der oben aufgeführten Graphik ersichtlich.

Aus der Einzeldarstellung geht hervor, dass sich das Ergebnis im Vergleich zur Betrachtung ohne Preissteigerung nicht verändert. Es ist fällt jedoch auf, dass die Abstände bei den laufenden Kosten und den Reinvestitionskosten zwischen den Varianten mit fortschreitender Zeit immer größer wird. Dies ist auf den Einfluss der Preissteigerung zurückzuführen.

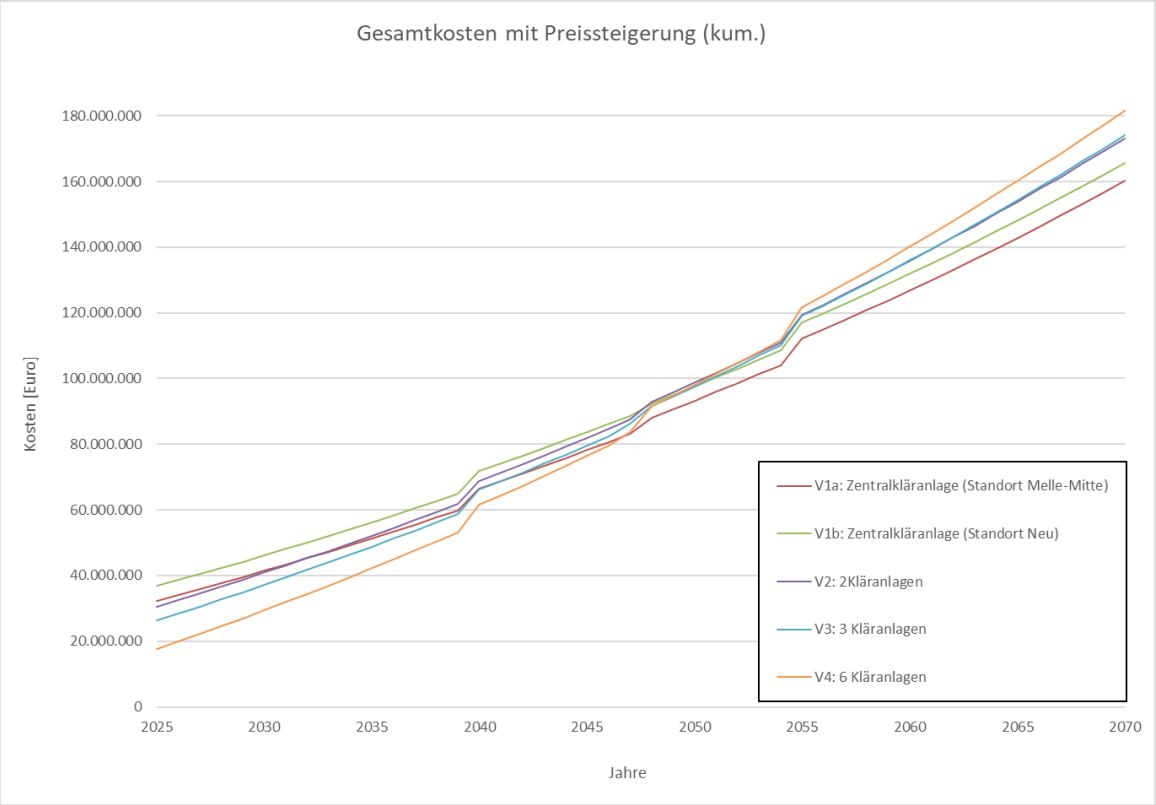

Abbildung 11: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Kumulativ)

Die kumulative Darstellung der Gesamtkosten mit Preissteigerung ergibt nahezu das gleiche Ergebnis wie bei den Gesamtkosten ohne Preissteigerung. Der Verlauf der einzelnen Linien ist aufgrund der Preissteigerungsraten steiler.

Durch die Preissteigerung ist ein Schnittpunkt zwischen der Variante 2 und Variante 3 zu erkennen. Nach rd. 35 Jahren sind die Gesamtkosten der Variante 2 kostengünstiger als die der Variante 3. Der Abstand zwischen den beiden Varianten ist jedoch äußerst gering. Auch der Schnittpunkt der Variante 1a mit der Variante 3 erfolgt bereits 5 Jahre eher als bei den Gesamtkosten ohne Preissteigerung. Gleiches gilt auch für die Schnittpunkte der Variante 4 mit den Varianten 1b, 2 und 3. Insgesamt kann festgestellt werden, dass durch die Preissteigerungsraten die Schnittpunkte der einzelnen Varianten früher als bei den Gesamtkosten ohne Preissteigerung auftreten. Bezogen auf die Gesamtkosten hat sich die Reihenfolge der Varianten nach 45 Jahren jedoch nicht geändert.

5.4 Ergebnis Kostenvergleichsrechnung

Abgleitet aus den vorangestellten Ergebnissen ergibt sich für die Wirtschaftlichkeit der Varianten bezogen auf die Gesamtkosten mit einer Preissteigerung die folgende Reihenfolge. Die Auflistung beginnt mit der kostengünstigsten Variante.

1. Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort der KA Melle-Mitte
2. Variante 1b: Zentralkläranlage an einem neuen Standort
3. Variante 2: Zwei Kläranlagen
4. Variante 3: Drei Kläranlagen
5. Variante 4: Sechs Kläranlage

Die Variante 1a besitzt die zweithöchsten Investitionskosten, weist jedoch nach einem Betrachtungszeitraum von 45 Jahren die geringsten Gesamtkosten auf. Dabei verläuft die Linie der Variante 1a wie folgt.

- Nach 10 Jahren sind die Gesamtkosten geringer als Variante 2
- Nach 15 Jahren sind die Gesamtkosten geringer als Variante 3
- Nach 22,5 Jahren sind die Gesamtkosten geringer als Variante 4
- Die Gesamtkosten der Variante 1b liegen permanent über denen der Variante 1a

6 NICHT MONETÄRE APSPEKTE

Unter „Nicht-Monetären“ Aspekten sind verschiedene Kategorien zu verstehen, die nicht mit finanziellen Mitteln berücksichtigt werden können. Im Rahmen dieser Studie sind an diversen Stellen solche nicht-monetären Aspekte aufgetreten, welche nicht in der Kostenvergleichsrechnung berücksichtigt wurden. Eine Bewertungsmatrix ermöglicht eine Einbindung der nicht-monetären Aspekte in das Ergebnis, jedoch übersteigt dies den Umfang dieser Studie. Um dennoch die wesentlichen Aspekte zu nennen, werden diese nachfolgend stichpunktartig, ohne Wertung, aufgeführt.

6.1 Handhabung Kläranlage

- Variante 1a
  - Anaerobe Schlammbehandlung ist arbeits- und betreuungsintensiver als die aerobe Schlammbehandlung
  - Überwachung der Abwasserreinigung direkt vor Ort
  - Probenahme an einer zentralen Stelle
  - Abwasserabgaben für eine Kläranlage
- Variante 1b
  - Anaerobe Schlammbehandlung ist arbeits- und betreuungsintensiver als die aerobe Schlammbehandlung
  - Überwachung der Abwasserreinigung direkt vor Ort
  - Probenahme an einer zentralen Stelle
  - Abwasserabgaben für eine Kläranlage
- Variante 2
  - Anaerobe Schlammbehandlung ist arbeits- und betreuungsintensiver als die aerobe Schlammbehandlung
  - Überwachung der Abwasserreinigung von zwei Standorten (Höherer Dokumentationsaufwand)
  - Probenahme an zwei Standorten
  - Abwasserabgaben für zwei Kläranlagen
- Variante 3
  - Anaerobe Schlammbehandlung ist arbeits- und betreuungsintensiver als die aerobe Schlammbehandlung

  - Überwachung der Abwasserreinigung von drei Standorten (Höherer Dokumentationsaufwand)
  - Probenahme an drei Standorten
  - Abwasserabgaben für drei Kläranlagen
- Variante 4
  - Anaerobe Schlammbehandlung ist arbeits- und betreuungsintensiver als die aerobe Schlammbehandlung
  - Überwachung der Abwasserreinigung von sechs Standorten (Höherer Dokumentationsaufwand)
  - Probenahme an sechs Standorten
  - Abwasserabgaben für sechs Kläranlagen

6.2 Schlammbehandlung / Schlammanfall / Schlammtransport

- Variante 1a
  - Anaerobe Schlammbehandlung an einem zentralen Standort
  - Durch anaerobe Schlammbehandlung kann der Schlammanfall um ca. 30 % reduziert werden
  - Transport des behandelten Schlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 1b
  - Anaerobe Schlammbehandlung an einem zentralen Standort
  - Durch anaerobe Schlammbehandlung kann der Schlammanfall um ca. 30 % reduziert werden
  - Transport des behandelten Schlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 2
  - Anaerobe Schlammbehandlung am Standort KA Melle-Mitte
  - Separater Klärschlammtransport (5% TS-Gehalt) von der Westkläranlage zur Behandlung auf die KA Melle-Mitte
  - Durch anaerobe Schlammbehandlung kann der Schlammanfall um ca. 30 % reduziert werden
  - Transport des behandelten Schlammes zur weiteren Verwertung
  - Alternative Westkläranlage: Aerobe Schlammstabilisierung und Entwässerung des Klärschlammes auf rd. 23 % TS vor Ort, mit anschließender Verwertung

- Variante 3
    - Anaerobe Schlammbehandlung am Standort KA Melle-Mitte
    - Separater Klärschlammtransport (5% TS-Gehalt) von der Westkläranlage zur Schlammbehandlung auf die Kläranlage Melle-Mitte
    - Separater Klärschlammtransport (5% TS-Gehalt) von der KA Neuenkirchen zur Entwässerung auf die Kläranlage Melle-Mitte
    - Alternative Westkläranlage und KA Neuenkirchen: Aerobe Schlammbehandlung und Entwässerung auf rd. 23% TS vor Ort, mit anschließender Verwertung
    - Durch anaerobe Schlammbehandlung kann der Schlammanfall um ca. 30 % reduziert werden
    - Durch aerobe Schlammbehandlung (Schlammalter 25 Tage) ist mit einem erhöhten Schlammanfall zu rechnen
    - Transport des behandelten Schlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 4
    - Anaerobe Schlammbehandlung am Standort KA Melle-Mitte
    - Separater Klärschlammtransport (5% TS-Gehalt) von den Kläranlagen Buer, Bruchmühlen und Neuenkirchen zur Entwässerung auf die KA Melle-Mitte
    - Separater Klärschlammtransport (5% TS-Gehalt) von der KA Wellingholzhausen zur Entwässerung auf die Kläranlage Gesmold
    - Alternative KA Neuenkirchen: Entwässerung auf rd. 23% TS vor Ort, mit anschließender Verwertung
    - Durch anaerobe Schlammbehandlung kann der Schlammanfall um ca. 30 % reduziert werden
    - Durch aerobe Schlammbehandlung (Schlammalter 25 Tage) ist mit einem erhöhten Schlammanfall zu rechnen
    - Transport des behandelten Schlammes zur weiteren Verwertung

6.3 Betriebssicherheit Kläranlage

- Variante 1a
    - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erhöht die Betriebssicherheit

  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erleichtert die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - durch zentralen Standort einfacheres Wartungs- und Instandhaltungsmanagement
- Variante 1b
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erhöht die Betriebssicherheit
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erleichtert die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - durch zentralen Standort einfacheres Wartungs- und Instandhaltungsmanagement
- Variante 2
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erhöht die Betriebssicherheit
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erleichtert die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - vereinfachtes Wartungs- und Instandhaltungsmanagment durch zwei Standorte
- Variante 3
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erhöht die Betriebssicherheit
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erleichtert die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - einstraßige Betriebsweise führt zu einem erhöhten Aufwand der Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - Ausfall von den systemrelevanten Maschinen (z.B. Belüftungseinrichtung oder Nachklärbeckenräumer) führt zu einem Stillstand der Abwasserreinigung
- Variante 4
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erhöht die Betriebssicherheit
  - mehrstraßige Betriebsweise der Abwasserreinigung erleichtert die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten
  - einstraßige Betriebsweise führt zu einem erhöhten Aufwand der Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten

- Ausfall von den systemrelevanten Maschinen (z.B. Belüftungseinrichtung oder Nachklärbeckenräumer) führt zu einem Stillstand der Abwasserreinigung

6.4 Personalbedarf

- Variante 1a
  - Betriebspersonal Kläranlagen: 5,5 Personen
  - Betriebspersonal neue Hauptpumpwerke: 1 Person
  - Personal für Leitung Abwasserabteilung und Verwaltung
  - Personal für die rd. 70 stadteigenen Zwischenpumpwerke
  - Personal Kanalabteilung
- Variante 1b
  - Betriebspersonal Kläranlagen: 5,5 Personen
  - Betriebspersonal neue Hauptpumpwerke: 1 Person
  - Personal für Leitung Abwasserabteilung und Verwaltung
  - Personal für die rd. 70 stadteigenen Zwischenpumpwerke
  - Personal Kanalabteilung
- Variante 2
  - Betriebspersonal Kläranlagen: 7 Personen
  - Betriebspersonal neue Hauptpumpwerke: 1,0 Person
  - Personal für Leitung Abwasserabteilung und Verwaltung
  - Personal für die rd. 70 stadteigenen Zwischenpumpwerke
  - Personal Kanalabteilung
- Variante 3
  - Betriebspersonal Kläranlagen: 7,5 Personen
  - Betriebspersonal neue Hauptpumpwerke: 0,5 Person
  - Personal für Leitung Abwasserabteilung und Verwaltung
  - Personal für die rd. 70 stadteigenen Zwischenpumpwerke
  - Personal Kanalabteilung
- Variante 4
  - Betriebspersonal Kläranlagen: 8,5 Personen

- Betriebspersonal neue Hauptpumpwerke: 0 Person
- Personal für Leitung Abwasserabteilung und Verwaltung
- Personal für die rd. 70 stadteigenen Zwischenpumpwerke
- Personal Kanalabteilung

6.5 Energieverbrauch Kläranlagen

- Variante 1a
  - geringerer Energieverbrauch durch anaerobe Schlammbehandlung
  - geringerer Energieverbrauch durch größere und energieeffizientere Maschinen an einem Standort, anstatt vieler kleinerer Maschinen
- Variante 1b
  - geringerer Energieverbrauch durch anaerobe Schlammbehandlung
  - geringerer Energieverbrauch durch größere und energieeffizientere Maschinen an einem Standort, anstatt vieler kleinerer Maschinen
- Variante 2
  - geringerer Energieverbrauch durch anaerobe Schlammbehandlung
  - geringerer Energieverbrauch durch größere und energieeffizientere Maschinen, anstatt vieler kleinerer Maschinen
- Variante 3
  - geringerer Energieverbrauch durch anaerobe Schlammbehandlung
  - geringerer Energieverbrauch durch größere und energieeffizientere Maschinen, anstatt vieler kleinerer Maschinen
  - höhere Energieverbrauch durch aerobe Schlammbehandlung, aufgrund der Stabilisierung des Klärschlammes (Belüftungszeit)
- Variante 4
  - geringerer Energieverbrauch durch anaerobe Schlammbehandlung
  - höherer Energieverbrauch durch aerobe Schlammbehandlung, aufgrund der Stabilisierung des Klärschlammes (Belüftungszeit)
  - höherer Energieverbrauch durch eine Vielzahl an Maschinen an den Kläranlagenstandorten

6.6 Energiegewinnung Kläranlage

- Variante 1a
  - Eigenstromerzeugung durch Klärschlammfaulung
  - Wärmeerzeugung durch Klärschlammfaulung (Betriebsgebäude beheizen)
  - Eigenstromerzeugung durch PV-Anlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude
- Variante 1b
  - Eigenstromerzeugung durch Klärschlammfaulung
  - Wärmeerzeugung durch Klärschlammfaulung (Betriebsgebäude beheizen)
  - Eigenstromerzeugung durch PV-Anlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude
- Variante 2
  - Eigenstromerzeugung durch Klärschlammfaulung
  - Wärmeerzeugung durch Klärschlammfaulung (Betriebsgebäude beheizen)
  - Eigenstromerzeugung durch PV-Anlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude
- Variante 3
  - Eigenstromerzeugung durch Klärschlammfaulung
  - Wärmeerzeugung durch Klärschlammfaulung (Betriebsgebäude beheizen)
  - Eigenstromerzeugung durch PV-Anlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude
- Variante 4
  - geringere Eigenstromerzeugung durch Klärschlammfaulung
  - geringere Wärmeerzeugung durch Klärschlammfaulung (Betriebsgebäude beheizen)
  - Eigenstromerzeugung durch PV-Anlage auf den Dachflächen der Betriebsgebäude

6.7 CO2-Kläranlagenbetrieb

- Variante 1a
  - Aufgrund des geringeren Energiebedarfs der anaeroben Schlammbehandlung ist mit einer CO2-Einsparung zu rechnen
- Variante 1b
  - Aufgrund des geringeren Energiebedarfs der anaeroben Schlammbehandlung ist mit einer CO2-Einsparung zu rechnen
- Variante 2
  - Aufgrund des geringeren Energiebedarfs der anaeroben Schlammbehandlung ist mit einer CO2-Einsparung zu rechnen
- Variante 3
  - Anaerobe Schlammstabilisierung: Aufgrund des geringeren Energiebedarfs ist mit einer CO2-Einsparung zu rechnen
  - Aerobe Schlammstabilisierung: Keine CO2-Einsparung gegenüber der aktuellen Situation
- Variante 4
  - Anaerobe Schlammstabilisierung: Aufgrund des geringeren Energiebedarfs ist mit einer CO2-Einsparung zu rechnen
  - Aerobe Schlammstabilisierung: Keine CO2-Einsparung gegenüber der aktuellen Situation

6.8 CO2-Fahrzeugbetrieb

- Variante 1a
  - CO2-Entstehung bei Kontrollfahrten der Hauptpumpwerke
  - CO2-Entstehtung beim Abtransport des Klärschlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 1b
  - CO2-Entstehung bei Kontrollfahrten der Hauptpumpwerke
  - CO2-Entstehtung beim Abtransport des Klärschlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 2
  - CO2-Entstehung bei Kontrollfahrten der Hauptpumpwerke
  - CO2-Entstehung bei Fahrten zwischen den zwei Kläranlagen

    - CO2-Entstehung beim Klärschlammtransportes zur Kläranlage Melle-Mitte
    - CO2-Entstehtung beim Abtransport des Klärschlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 3
    - CO2-Entstehung bei Kontrollfahrten der Hauptpumpwerke
    - CO2-Entstehung bei Fahrten zwischen den zwei Kläranlagen
    - CO2-Entstehung beim Klärschlammtransportes zur Kläranlage Melle-Mitte
    - CO2-Entstehtung beim Abtransport des Klärschlammes zur weiteren Verwertung
- Variante 4
    - CO2-Entstehung bei Fahrten zwischen den sechs Kläranlagen
    - CO2-Entstehung beim Klärschlammtransportes zur Kläranlage Melle-Mitte
    - CO2-Enstehung beim Klärschlammtransport zur Kläranlage Gesmold
    - CO2-Entstehung bei der mobilen Schlammentwässerung auf der Kläranlage Neuenkirchen
    - CO2-Entstehtung beim Abtransport des Klärschlammes zur weiteren Verwertung

6.9 Abwasserbeschaffenheit

- Variante 1a
    - Lange Förderwege des Schmutzwassers (Kreislaufführung)
    - Mögliche Faulungsprozesse im Kanalnetz durch lange Förderwege
- Variante 1b
    - Lange Förderwege des Schmutzwassers (Kreislaufführung)
    - Mögliche Faulungsprozesse im Kanalnetz durch lange Förderwege
- Variante 2
    - Lange Förderwege des Schmutzwassers (Kreislaufführung)
    - Mögliche Faulungsprozesse im Kanalnetz durch lange Förderwege

- Variante 3
  - Lange Förderwege des Schmutzwassers (Kreislaufführung)
  - Mögliche Faulungsprozesse im Kanalnetz durch lange Förderwege
- Variante 4
  - Beeinträchtigung der Abwasserbeschaffenheit ist gering, durch Behandlung im Einzugsgebiet des Abwasseranfalls
  - Keine Änderung des Schmutzwassertransportes

6.10 Emission Lärm

- Variante 1a
  - Lärm-Emissionen können durch Klärschlammtransport entstehen
  - Lärm-Emissionen sind durch den Betrieb der Kläranlage nicht zu erwarten
- Variante 1b
  - Lärm-Emissionen können durch Klärschlammtransport entstehen
  - Lärm-Emissionen sind durch den Betrieb der Kläranlage nicht zu erwarten
  - Durch einen neuen Standort, kann auf mögliche Lärm-Emissionen Rücksicht genommen werden (Berücksichtigung der Anlieger)
- Variante 2
  - Lärm-Emissionen können durch Klärschlammtransport entstehen
  - Lärm-Emissionen sind durch den Betrieb der Kläranlage nicht zu erwarten
- Variante 3
  - Lärm-Emissionen können durch Klärschlammtransport entstehen
  - Lärm-Emissionen sind durch den Betrieb der Kläranlage nicht zu erwarten
  - Transport des Klärschlammes von der Kläranlage Neuenkirchen erfolgt durch ein Wohngebiet
- Variante 4
  - Lärm-Emissionen können durch Klärschlammtransport entstehen
  - Lärm-Emissionen sind durch den Betrieb der Kläranlage nicht zu erwarten

- Transport des Klärschlammes von der Kläranlage Neuenkirchen erfolgt durch ein Wohngebiet

6.11 Emission Geruch

- Variante 1a
  - höhere Geruchs - Emissionen sind durch die Erweiterung nicht zu erwarten
  - Reduzierung die Standorte mit Geruchs-Emissionen
- Variante 1b
  - höhere Geruchs - Emissionen sind durch die Erweiterung nicht zu erwarten
  - Reduzierung die Standorte mit Geruchs-Emissionen
- Variante 2
  - höhere Geruchs - Emissionen sind durch die Erweiterung nicht zu erwarten
  - Reduzierung die Standorte mit Geruchs-Emissionen
- Variante 3
  - höhere Geruchs - Emissionen sind durch die Erweiterung nicht zu erwarten
  - Reduzierung die Standorte mit Geruchs-Emissionen
- Variante 4
  - höhere Geruchs - Emissionen sind durch die Erweiterung nicht zu erwarten
  - keine Veränderung der Standorte mit Geruchs-Emissionen

6.12 Flächenverfügbarkeit

- Variante 1a
  - Erweiterung des Kläranlagengeländes notwendig
  - Erwerb von zusätzlichen Grundstücksflächen notwendig
  - Keine angrenzenden Grundstücke zum Flächenerwerb zurzeit verfügbar
- Variante 1b
  - Erwerb eines neuen Grundstückes notwendig

  - Berücksichtigung von Erweiterungsflächen beachten
  - Grundstücksverhandlungen mit Eigentümer von geeigneten Grundstücksflächen zwecks Erwerb führen
- Variante 2
  - KA Melle-Mitte: Erweiterung auf dem vorhandenen Kläranlagengelände möglich unter Berücksichtigung der Flächen des Bauhofs
  - Westkläranlage: Erweiterung auf dem bereits vorhandenen Nachbargrundstück
- Variante 3
  - KA Melle-Mitte: Erweiterung auf dem vorhandenen Kläranlagengelände möglich unter Berücksichtigung der Flächen des Bauhofs
  - Westkläranlage: Erweiterung auf dem bereits vorhandenen Nachbargrundstück
  - KA Neuenkirchen: Keine baulichen Erweiterungen der Kläranlage notwendig
- Variante 4
  - KA Melle-Mitte: Erweiterung auf dem vorhandenen Kläranlagengelände möglich
  - KA Gesmold: Erweiterung auf dem bereits vorhandenen Nachbargrundstück
  - KA Buer, Bruchmühlen, Neuenkirchen, Wellingholzhausen: Keine baulichen Erweiterungen der Kläranlage notwendig

6.13 Genehmigungen

- Variante 1a
  - Änderungsantrag der Einleitgenehmigung
  - höhere Anforderung an die maßgeblichen Abgabeparameter in den Vorfluter
  - vereinfachte Genehmigungsfähigkeit durch Erweiterung der Kläranlage
  - geringe Kompensationsfläche notwendig
- Variante 1b
  - Beantragung einer Einleitgenehmigung
  - UVP-Verfahren bei der Genehmigung notwendig

    - große Kompensationsfläche notwendig
- Variante 2
    - -Änderungsantrag der Einleitgenehmigung
    - höhere Anforderung an die maßgeblichen Abgabeparameter in die Vorfluter
    - vereinfachte Genehmigungsfähigkeit durch Erweiterung der Kläranlage auf dem eigenen Gelände
    - geringe Kompensationsfläche notwendig
- Variante 3
    - Änderungsantrag der Einleitgenehmigung
    - höhere Anforderung an die maßgeblichen Abgabeparameter in die Vorfluter
    - vereinfachte Genehmigungsfähigkeit durch Erweiterung der Kläranlage auf dem eigenen Gelände
    - geringe Kompensationsfläche notwendig
    - KA Neuenkirchen: Keine Genehmigung notwendig
- Variante 4
    - Änderung der Einleitgenehmigung durch Erweiterung der Ausbaugröße der Kläranlagen
    - einfache Genehmigungsfähigkeit durch Erweiterung der Kläranlage auf dem eigenen Gelände
    - geringe Kompensationsfläche notwendig
    - KA Buer, Bruchmühlen, Neuenkirchen, Wellingholzhausen: Keine Genehmigung notwendig

6.14 Ökologie / Hydraulik Vorfluter

- Variante 1a
    - Einleitung in einen einzigen Vorfluter
    - höhere ökologische und hydraulische Belastung des Gewässers
    - Reduzierung der Einleitstellen im Stadtgebiet Melle
- Variante 1b
    - Einleitung in einen einzigen Vorfluter

  - höhere ökologische und hydraulische Belastung des Gewässers
  - Reduzierung der Einleitstellen im Stadtgebiet Melle
- Variante 2
  - höhere ökologische und hydraulische Belastung der Gewässer
  - Reduzierung der Einleitstellen im Stadtgebiet Melle
- Variante 3
  - höhere ökologische und hydraulische Belastung der Gewässer
  - Reduzierung der Einleitstellen im Stadtgebiet Melle
- Variante 4
  - höhere Belastung der Vorfluter durch Erweiterung der Kläranlagen Melle-Mitte und KA Gesmold
  - Einleitung in verschiedene Vorfluter im Stadtgebiet Melle
  - Biologische und hydraulische Belastung auf verschiedene Gewässer

7 NUTZWERTANALYSE

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden nur die monetären Aspekte, also die Finanzen, berücksichtigt. Die in Kapitel 6 aufgeführten Nicht-monetären Aspekte werden dabei außen vorgelassen. Jedoch nehmen Punkte wie die Flächenverfügbarkeit, die Realisierbarkeit oder die Abwasserbeschaffenheit ebenfalls Einfluss auf die Festlegung der Variante für die Abwasserreinigung der Stadt Melle.

Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse werden die Punkte bewertet und berücksichtigt. Dabei sind diese in Themen zusammengefasst und erhalten eine Bewertung sowie Faktoren zur Gewichtung der Relevanz für die Zielsetzung. Die Gesamtkosten werden dabei ebenfalls einer Bewertung unterzogen, womit am Ende ein Gesamtergebnis für diese Studie erstellt werden kann.

7.1 Bewertungsmatrix

Die Varianten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Kläranlagen im Stadtgebiet Melle werden hinsichtlich folgender Themen bewertet:

1. Gesamtkosten
    - Berücksichtigung der Kostenvergleichsrechnung
2. Energiebilanz
    - Berücksichtigung des Energieverbrauchs und des Energiegewinns
3. Realisierbarkeit
    - Berücksichtigung der Umsetzbarkeit in Bezug auf den laufenden Betrieb der Abwasserreinigung, sowie eine Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufs
4. Flächenbedarf
    - Berücksichtigung des notwendigen Flächenbedarfs, sowie die Flächenverfügbarkeit
5. Nicht-monetäre Aspekte
    - Berücksichtigung der in Kapitel 6 aufgeführten Nicht-monetären Aspekte

Die Bewertung erfolgt anhand einer Benotung innerhalb des Bereichs von 0 - 10. Wobei 0 sehr negativ und 10 sehr positiv ist. Weiterhin werden die betrachteten Themen hinsichtlich Ihrer jeweiligen Bedeutung für die Zielsetzung des Kläranlagenbetriebes mit Faktoren belegt. Diese werden wie folgt festgelegt:

1. Gesamtkosten: $F_1 = 5$
2. Energiebilanz: $F_2 = 3$
3. Realisierbarkeit: $F_3 = 4$
4. Flächenbedarf: $F_4 = 3$
5. Nicht-monetäre Aspekte: $F_5 = 3$

Die Gesamtkosten werden hier mit einem Faktor von 5 belegt, womit den Kosten die höchste Bedeutung und die notwendige Relevanz für die weitere Abwasserreinigung der Stadt Melle zugewiesen wird. Die Realisierbarkeit folgt mit einem Faktor von 4 und soll damit darstellen, dass die Vorzugsvariante umsetzbar und realistisch für die Stadt Melle sein muss. Die Themen Energiebilanz, Flächenbedarf und Nicht-monetäre Aspekte werden mit dem Faktor 3 belegt und besitzen somit die gleiche Bedeutung für die Zielsetzung des Kläranlagenbetriebes.

Die Endbewertung erfolgt nach der Formel:

$$V_i = T_i \times F_{1,i} + T_i \times F_{2,i} + T_i \times F_{3,i} + T_i \times F_{4,i} + T_i \times F_{5,i}$$

7.2 Bewertung Nutzwertanalyse

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist in den nachfolgenden Tabellen und Erläuterungen dargestellt. Die Bewertung wird in den Tabellen mit dem Faktor multipliziert und zu einem Ergebnis zusammengefasst. Am Ende werden die Ergebnisse in einer Ergebnistabelle addiert.

Tabelle 46: Ergebnis Nutzwertanalyse Gesamtkosten

	1. Gesamtkosten		
	Benotung	Faktor	Ergebnis
Variante 1a: Zentralkläranlge am	9	5	45
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem	8	5	40
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	7	5	35
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	6	5	30
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	4	5	20

Bezogen auf das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung und der Reihenfolge der Varianten (s. Kapitel 5.4) wird die Variante 1a, als wirtschaftlichste Variante, mit 9 Punkten benotet. Entsprechend der Reihenfolge sind für die weiteren Varianten die Bewertung durchgeführt worden.

Tabelle 47: Ergebnis Nutzwertanalyse Energiebilanz

	2. Energiebilanz		
	Benotung	Faktor	Ergebnis
Variante 1a: Zentralkläranlge am	10	3	30
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem	10	3	30
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	9	3	27
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	8	3	24
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	4	3	12

Die Varianten 1a und 1b sind beide mit 10 Punkten benotet worden, da diese den geringsten Energieverbrauch und den höchsten Energiegewinn vorweisen. In der Variante 2 wird 1 Punkt abgezogen, da hier der Klärschlammtransport von der Westkläranlage zur Kläranlage Melle-Mitte notwendig ist. Gleiches gilt für die Variante 3, wobei hier ein weiterer Punkt für die aerobe Schlammstabilisierung (höherer Energieverbrauch) und den Klärschlammtransport von der Kläranlage Neuenkirchen abgezogen wird. Die Variante 4 wird mit insgesamt 4 Punkten benotet, da hier alle Kläranlagen, bis auf die Kläranlage Melle-Mitte, mit der aeroben Schlammstabilisierung betrieben werden.

Tabelle 48: Ergebnis Nutzwertanalyse Realisierbarkeit

	3. Realisierbarkeit		
	Benotung	Faktor	Ergebnis
Variante 1a: Zentralkläranlge am	5	4	20
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem	4	4	16
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	7	4	28
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	8	4	32
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	9	4	36

Die notwendigen Maßnahmen, die in Kapitel 4 Variantendarstellung aufgeführt sind, weisen unterschiedliche Realisierbarkeiten auf. Beispielsweise ist der Bau einer Zentralkläranlage am Standort Melle-Mitte im laufenden Betrieb wesentlich schwieriger umzusetzen als die Sanierung einzelner Kläranlagen, welche nacheinander umgesetzt werden können. Aus diesem Grund weist die Variante 4 auch die höchste Bewertung auf, gefolgt von der Variante 3 und Variante 2. Die Zentralkläranlage am Standort Melle-Mitte ist durch den laufenden Betrieb und dem großen notwendigen Aufwand schwierig umzusetzen. Hinzu kommen die notwendigen Hauptpumpwerke von den aufgegebenen Kläranlagenstandorten. Die Variante 1b ist am geringsten benotet, da hier eine Kläranlage auf der „grünen Wiese“ errichtet werden muss und somit vorab die komplette Infrastruktur hergestellt werden muss.

Tabelle 49: Ergebnis Nutzwertanalyse Flächenbedarf

	4. zus. Flächenbedarf		
	Benotung	Faktor	Ergebnis
Variante 1a: Zentralkläranlge am	3	3	9
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem	4	3	12
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	7	3	21
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	8	3	24
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	9	3	27

Die Variante 4 erhält mit 9 Punkten die höchste Bewertung, da die notwendigen Maßnahmen auf den Geländen der Kläranlagen umgesetzt werden können. Es sind keine neuen Flächen zu erwerben. Der eine Punkt wird für die weitere Bebauung auf der Kläranlage Melle-Mitte und der Kläranlage Gesmold abgezogen, da dort neue Bauwerke errichtet werden müssen, welche die vorhandenen Flächen reduzieren. Ähnlich ist es in den Varianten 2 und 3, da besonders auf der Kläranlage Melle-Mitte die Flächen vom angrenzenden Bauhof mitgenutzt werden müssten. Für die Varianten 1a und 1b sind zusätzliche Flächen zu erwerben, weshalb diese die niedrigsten Bewertungen erhalten.

Tabelle 50: Ergebnis Nutzwertanalyse Nicht-monetäre Aspekte

	5. Nicht-monetäre Aspekte		
	Benotung	Faktor	Ergebnis
Variante 1a: Zentralkläranlge am	5	3	15
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem	4	3	12
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	8	3	24
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	9	3	27
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	7	3	21

Die Nicht-monetären Aspekte sind in Kapitel 6 einzeln dargestellt. Bei der Bewertung der einzelnen Varianten erfolgt eine Gegenüberstellung der einzelnen Aspekte, woraus eine Note ermittelt wird. Somit werden für die Variante 4, aufgrund der 6 Kläranlagenstandorte, keiner zweistraßigen Betriebsweise der Kläranlagen und dem erhöhten Klärschlammanfall durch die aerobe Schlammstabilisierung, insgesamt 3 Punkte abgezogen. Bei der Variante 1a werden für den hohen Genehmigungsaufwand, die höhere Belastung des Vorfluters, die Abwasserbeschaffenheit durch die langen Transportwege und den höheren Arbeitsaufwand der anaeroben Schlammstabilisierung insgesamt 5 Punkte abgezogen. Bei der Variante 1b ist dies ebenso, wobei ein weiterer Punkt für den zusätzlichen Abwassertransport vom Standort Melle-Mitte zum neuen Standort abgezogen wird. Ebenfalls sind diese Punkte in der Variante 2 berücksichtigt, jedoch werden hier nur zwei Punkte für die Transportwege und den erhöhten Arbeitsaufwand durch die anaerobe Schlammstabilisierung abgezogen. Die Variante 3 stellt die vorteilhafteste Variante, bezogen auf die nicht-monetären Aspekte, dar. Aufgrund der arbeitsintensiveren Betreuung der anaeroben Schlammstabilisierung und Betreuung von 3 Kläranlagenstandorten wird hier ein Punkt abgezogen und erhält eine Bewertung von insgesamt 9.

7.3 Gesamtergebnis Nutzwertanalyse

In der Tabelle 51 ist das Gesamtergebnis der Nutzwertanalyse dargestellt. Insgesamt ist eine Punktzahl von 150 Punkten möglich.

Tabelle 51: Gesamtergebnis Nutzwertanalyse

	Ergebnis					
	1. Gesamtkosten	2. Energiebilanz	3. Realisierbarkeit	4. Flächen-verfügbarkeit	5. Nicht-monetäre Aspekte	**Gesamtergebnis (max. Punktzahl 150)**
Variante 1a: Zentralkläranlge am Standort Melle Mitte	45	30	20	9	15	**119**
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem neuen Standort	40	30	16	12	12	**110**
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	35	27	28	21	24	**135**
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	30	24	32	24	27	**137**
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	20	12	36	27	21	**116**

Somit ergibt sich die folgende Reihenfolge auf Grundlage der Nutzwertanalyse:

1. Variante 3: Drei Kläranlangen
2. Variante 2: Zwei Kläranlange
3. Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort Melle Mitte
4. Variante 4: Sechs Kläranlagen
5. Variante 1b: Zentralkläranlage am neuen Standort

Wie bereits bei dem Thema Nicht-monetäre Aspekte (Tabelle 50) stellt die Variante 3, mit der Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte, der Westkläranlage und der Kläranlage Neuenkirchen, mit insgesamt 137 Punkten, die vorteilhafteste Variante dar.

8 FAZIT

Im Rahmen der Zulaufauswertung konnte festgestellt werden, dass die Kläranlage Melle-Mitte und die Kläranlage Gesmold überlastet sind. Die übrigen Kläranlagen liegen mit den Werten innerhalb der genehmigten Ausbaugröße. Zur Berücksichtigung der Überlastung wurden im Rahmen der Studie die Ausbaugrößen der Kläranlage Melle-Mitte von 35.000 EW auf 50.000 EW und die Ausbaugröße der Kläranlage Gesmold von 8.000 EW auf 15.000 EW angehoben.

Anhand der Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung können zwei relevante Aussagen getätigt werden, die einen Grundstein für eine weitere Diskussion über die Zusammenlegungen von Kläranlagen liefern.

1. **Umso größer die Kläranlagen sind, desto höher sind die notwendigen Investitionskosten.**
2. **Umso geringer die Anzahl an Kläranlagenstandorten ist, desto geringer sind die laufenden Kosten und die Reinvestitionskosten.**

Über die Betrachtung von 45 Jahren besitzen besonders die laufenden Kosten einen hohen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Variante. Die Variante 1a „Zentralkläranlage am Standort der KA Melle-Mitte“, konnte daher gemäß der Kostenvergleichsrechnung als wirtschaftlichste der fünf untersuchten Varianten identifiziert werden. Die weitere Reihenfolge ergibt sich folgt.

1. Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort Melle Mitte
2. Variante 1b: Zentralkläranlage am neuen Standort
3. Variante 2: Zwei Kläranlagen
4. Variante 3: Drei Kläranlagen
5. Variante 4: Sechs Kläranlagen

Zur Berücksichtigung weiterer Aspekte ist eine Nutzwertanalyse (s. Kap. 7) durchgeführt worden, in der die Aspekte bewertet wurden. Dabei gliedert sich die Nutzwertanalyse in die Themen Gesamtkosten, Energiebilanz, Realisierbarkeit, Flächenverfügbarkeit und in die Nicht-monetären Aspekte. Da hier auch die Gesamtkosten gewichtet in die Abwägung einfließen, kann durch die Nutzwertanalyse ein Gesamtergebnis, bestehend aus dem Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung und den Nicht-monetären Aspekten ermittelt werden. Das Gesamtergebnis ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 52: Gesamtergebnis Studie

	Ergebnis					
	1. Gesamtkosten	2. Energiebilanz	3. Realisierbarkeit	4. Flächen-verfügbarkeit	5. Nicht-monetäre Aspekte	**Gesamtergebnis (max. Punktzahl 150)**
Variante 1a: Zentralkläranlge am Standort Melle Mitte	45	30	20	9	15	**119**
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem neuen Standort	40	30	16	12	12	**110**
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	35	27	28	21	24	**135**
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	30	24	32	24	27	**137**
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	20	12	36	27	21	**116**

Unter Berücksichtigung sämtlicher Aspekte, sowie den ermittelten Gesamtkosten, betrachtet über eine Nutzungsdauer von 45 Jahren, ist die Variante 3 „Betrieb von drei Kläranlagen“ die vorteilhafteste Variante für die Abwasserreinigung der Stadt Melle. Die weitere Reihenfolge ergibt sich wie folgt:

1. Variante 3: Drei Kläranlangen
2. Variante 2: Zwei Kläranlange
3. Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort Melle Mitte
4. Variante 4: Sechs Kläranlagen
5. Variante 1b: Zentralkläranlage am neuen Standort

Die Variante 3 mit der Erweiterung der Kläranlage Melle-Mitte, der Westkläranlage und der Kläranlage Neuenkirchen vereint die positiven Aspekte aus der Kostenvergleichsrechnung, der Energiebilanz, der Realisierbarkeit, der Flächenverfügbarkeit sowie viele weitere Einflussfaktoren.

Wir empfehlen die Festlegung der Variante 3 „Betrieb von drei Kläranlagen“ als Ziel für die zukünftige Abwasserreinigung der Stadt Melle.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Studie „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Kläranlagen im Stadtgebiet Melle“ soll die Zusammenlegung der insgesamt 6 Kläranlagen anhand unterschiedlicher Varianten untersucht werden. Hierzu sind von der Stadt Melle die nachfolgenden 5 Varianten ausgearbeitet worden.

- Variante 1a: Zentralkläranlage am jetzigen Standort der KA Melle-Mitte
- Variante 1b: Zentralkläranlage an einem neuen Standort
- Variante 2: Zwei Kläranlagen
    - Erweiterung KA Melle-Mitte
    - Westkläranlage (Standort KA Gesmold)
- Variante 3: Drei Kläranlagen
    - Erweiterung Ka Melle-Mitte
    - Westkläranlage (Standort KA Gesmold)
    - KA Neuenkirchen
- Variante 4: Sechs Kläranlagen

Im ersten Schritt erfolgt eine Zulaufauswertung anhand der Betriebstagebücher zur Bestimmung der Auslastung der einzelnen Kläranlagen. Dies erfolgt nach dem Prinzip des 85. Perzentils. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Kläranlage Melle-Mitte und die Kläranlage Gesmold überlastet sind. Um die zukünftige Situation der Abwasserreinigung darzustellen, ist die Ausbaugröße der Kläranlage Melle-Mitte von 35.000 EW auf 50.000 EW erhöht worden. Für die Kläranlage Gesmold ist die Ausbaugröße von 8.000 EW auf 15.000 EW angepasst worden. Die übrigen Kläranlagen weisen keine Überlastung auf.

Derzeit findet auf den Kläranlagen im Stadtgebiet Melle die biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung statt. Dies bedeutet, dass der Schlamm im Belebungsbecken stabilisiert wird und ein Schlammalter von 25 Tagen vorgesehen wird. Im Allgemeinen ist einer Ausbaugröße zwischen 15.000 EW und 20.000 EW eine Verfahrensumstellung auf die biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilisierung wirtschaftlich. Während des Stabilisierungsprozesses in einem Faulturm entsteht Faulgas. Dieses kann mithilfe von Blockheizkraftwerken in Strom umgewandelt werden, welche für die Deckung des Strombedarfs einer Kläranlage genutzt werden kann. Darüber hinaus verringert sich durch den biologischen Abbau von Organik die zu entsorgende

Schlammmenge. In den Varianten mit einer Ausbaugröße über 20.000 EW wird daher eine Verfahrensumstellung vorgesehen.

Auf Grundlage der Zulaufauswertung erfolgt eine Grobdimensionierung der einzelnen Varianten anhand des DWA-A 131. Aufbauend auf den Ergebnissen sind die notwendigen Maßnahmen zu Erweiterung der Kläranlagen für die einzelnen Varianten ausgearbeitet worden. Diese umfassen im Allgemeinen die Erweiterung der biologischen Abwasserreinigung und der Schlammbehandlung. In der nachfolgenden Tabelle sind die jeweiligen Maßnahmen der Varianten dargestellt.

Tabelle 53: Erweiterungsmaßnahmen Varianten, Teil 1

Variante	Kläranlage	Einwohner-werte	vorh. BB-Volumen	notw. BB-Volumen	Erweiterungsmaßnahmen
1a	Zentralkläranlage (Standort: KA Melle)	96.100	14.192	22.000	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 1.000 m³ - Bau zweier Belebungsbecken mit je 4.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
1b	Zentralkläranlage (neuer Standort)	96.100	0	22.000	- Neubau einer Kläranlage - Biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau einer zweistraßigen mechanischen Reinigung - Bau zweier Vorklärbecken mit je 1.000 m³ - Bau von 4 Belebungsbecken zu je 5.500 m³ - Bau von 4 Nachklärbecken mit je 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
2	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte (Melle-Mitte, Neuenkirchen, Buer, Bruchmühlen)	72.900	14.192	13.739	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 750 m³ - Bau eines Nachklärbecken mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	Westkläranlage (Wellingholzhausen, Gesmold; Standort KA Gesmold)	23.200	3.898	6.500	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau eines Vorklärbecken mit 600 m³ - Bau von einem Belebungsbecken mit 3.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³ - Bau eines Schlammspeichers - Transport des Klärschlammes zur KA Melle-Mitte

Tabelle 54: Erweiterungsmaaßnahmen Varianten, Teil 2

Variante	Kläranlage	Einwohner-werte	vorh. BB-Volumen	notw. BB-Volumen	Erweiterungsmaßnahmen
3	Erweiterung Kläranlage Melle-Mitte (Melle-Mitte, Buer, Bruchmühlen)	60.400	14.192	13.325	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Umbau auf 2-straßige Betriebsweise - Bau zweier Vorklärbecken mit je 675 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 2.500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	Westkläranlage (Wellingholz-hausen, Gesmold)	23.200	3.898	6.500	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit Anaerobe Schlammstabilisierung - Bau eines Vorklärbecken mit 600 m³ - Bau von einem Belebungsbecken mit 3.000 m³ - Bau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³ - Bau eines Schlammspeichers - Transport des Klärschlammes zur KA Melle-Mitte
	KA Neuenkirchen	12.500	5.852	4.597	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
4	KA Melle-Mitte	50.000	14.192	12.026	- Umstellung auf biologische Abwasserreinigung mit anaerober Schlammstabilsierung - Bau zweier Vorklärbecken mit je 500 m³ - Bau einer anaeroben Schlammbehandlung (Faulturm, Gasspeicher, BHKW) - Bau einer Klärschlammentwässerung
	KA Neuenkirchen	12.500	5.852	4.597	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Bruchmühlen	4.900	2.298	1.802	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Buer	5.500	2.357	2.023	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung
	KA Gesmold	15.000	3.897	6.000	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilsierung - Umbau des Kombibecken zu einen Belebungsbecken mit 6.000 m³ - Neubau eines Nachklärbeckens mit 1.500 m³
	KA Wellingholzhau	8.200	3.565	3.016	- Biologische Abwasserreinigung mit aerober Schlammstabilisierung - keine baulichen Änderungen zwecks Erweiterung

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die oben aufgeführten Maßnahmen mit Kosten versehen. Im Anschluss sind die einzelnen Varianten durch eine Kostenvergleichsrechnung miteinander verglichen worden. In der Kostenvergleichsrechnung werden die Kostenarten Investitionskosten, laufende Kosten und Reinvestitionskosten berücksichtigt. Der Betrachtungszeitraum beträgt insgesamt 45 Jahre und beginnt mit dem Jahr 2025.

Die Investitionskosten berücksichtigen die Kosten, die für die Herstellung der Maßnahmen notwendig sind. Unter den laufenden Kosten werden die Energiekosten, die Klärschlammentsorgungskosten, die Personalkosten, die Materialkosten und die Kosten für Instandsetzung und Wartung berücksichtigt, die jährlich anfallen. Reinvestitionen sind Ersatzkosten für Anlagenbestandteile, die eine kürzere Nutzungsdauer als die Gesamtbetrachtungszeit besitzen und erneuert werden müssen.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden anhand der folgenden Graphik dargestellt.

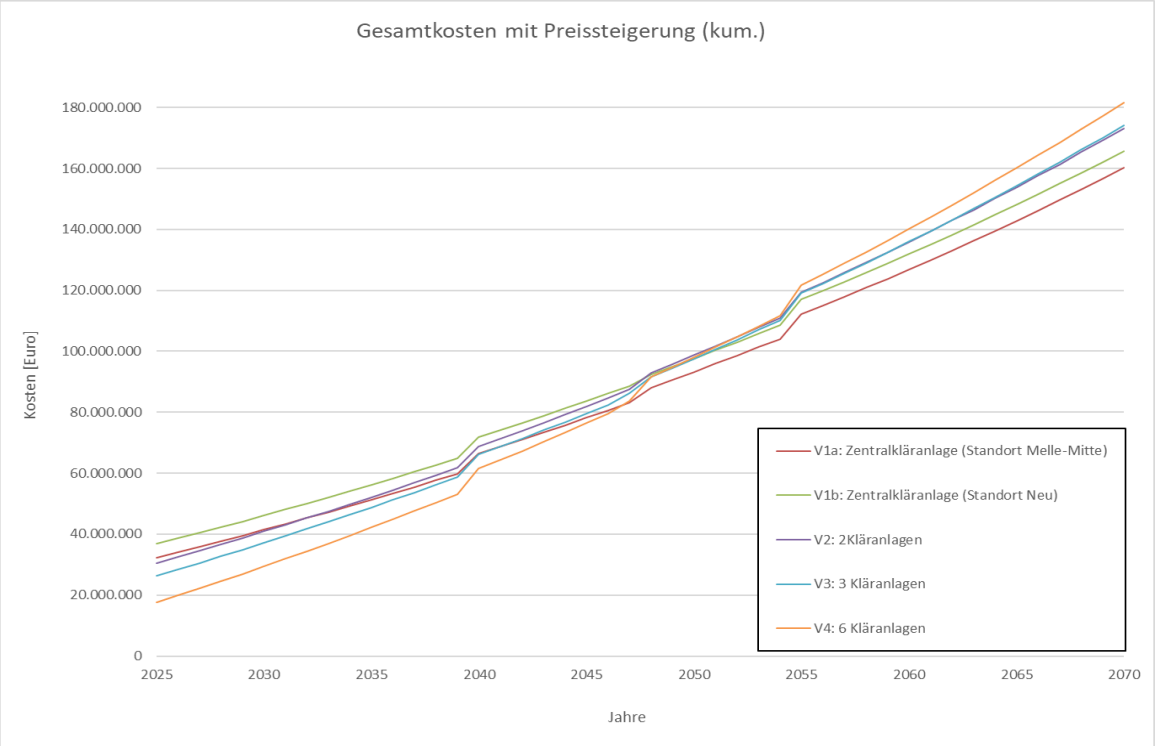

Abbildung 12: Gesamtkosten mit Preissteigerung (Kumulativ)

In der Abbildung sind die Gesamtkosten mit Preissteigerung abgebildet. Das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung ergibt folgende Reihenfolge, beginnend mit der wirtschaftlichsten Variante.

1. Variante 1a: Zentralkläranlage am Standort der KA Melle-Mitte
2. Variante 1b: Zentralkläranlage an einem neuen Standort
3. Variante 2: Zwei Kläranlagen
4. Variante 3: Drei Kläranlagen
5. Variante 4: Sechs Kläranlagen

Anhand der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung können zwei relevante Punkte über die Zusammenlegung von Kläranlagen festgehalten werden.

1. **Umso größer die Kläranlagen sind, desto höher sind die notwendigen Investitionskosten.**
2. **Umso geringer die Anzahl an Kläranlagenstandorten ist, desto geringer sind die laufenden Kosten und die Reinvestitionskosten.**

Nutzwertanalyse

Im Weiteren wurden für die einzelnen Varianten nicht-monetäre Aspekte zusammengestellt, welche nachfolgend aufgeführt sind.

- Handhabung Kläranlagen
- Schlammbehandlung / Schlammanfall / Schlammtransport
- Betriebssicherheit Kläranlagen
- Personalbedarf
- Energieverbrauch Kläranlagen
- Energiegewinnung Kläranlagen
- CO2 - Fahrzeugbetrieb
- CO2- Kläranlagenbetrieb
- Abwasserbeschaffenheit
- Emission Lärm
- Emission Geruch
- Flächenbedarf
- Genehmigungen
- Ökologie / Hydraulik Vorfluter

Im Rahmen einer Nutzwertanalyse sind diese Kriterien mit Hilfe einer Bewertung gewichtet ins Verhältnis zueinander gesetzt worden. Es erfolgte eine Bewertung von 0 „sehr negativ“ bis 10 „sehr positiv“, welche mit Faktoren multipliziert wurden, welche die Gewichtung für die Bedeutung der Gesamtbetrachtung darstellen. Dabei wurden die Themen Gesamtkosten, Energiebilanz, Realisierbarkeit, Flächenbedarf und Nicht-monetäre Aspekte benotet. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 55: Gesamtergebnis Studie

	Ergebnis					
	1. Gesamtkosten	2. Energiebilanz	3. Realisierbarkeit	4. Flächen-verfügbarkeit	5. Nicht-monetäre Aspekte	**Gesamtergebnis (max. Punktzahl 150)**
Variante 1a: Zentralkläranlge am Standort Melle Mitte	45	30	20	9	15	**119**
Variante 1b: Zentralkläranlge an einem neuen Standort	40	30	16	12	12	**110**
Variante 2: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte und Westkläranlage	35	27	28	21	24	**135**
Variante 3: Erweiterung Kläranlage Melle Mitte, Westkläranlage und KA Neuenkirchen	30	24	32	24	27	**137**
Variante 4: Weiterbetrieb der jetzigen 6 Kläranlagenstandorte	20	12	36	27	21	**116**

Somit stellt die Variante 3 „Betrieb von drei Kläranlage“ mit 137 Punkte von insgesamt 150 möglichen Punkten die vorteilhafteste Variante für die Abwasserreinigung der Stadt Melle dar. Diese Auswertung berücksichtigt sämtliche Kosten, betrachtet über eine Nutzungsdauer von 45 Jahren, sowie die oben genannten Nichtmonetären Aspekte.

Wir empfehlen die Festlegung der Variante 3 „Betrieb von drei Kläranlagen“ als Ziel für die zukünftige Abwasserreinigung der Stadt Melle.

10 AUSBLICK: 4. REINIGUNGSSTUFE IN MELLE

10.1 Einleitung

Der Einsatz von anthropogenen Stoffen ist in der industrialisierten Welt unverzichtbar geworden. Inzwischen wurden mehr als 50 Millionen organische chemische Verbindungen entwickelt [24]. Viele dieser Verbindungen können durch den Gebrauch von alltäglichen Produkten in den Wasserkreislauf eingetragen werden. Infolge von immer besseren Analyseverfahren werden in der aquatischen Umwelt bereits heute eine zunehmende Anzahl an Substanzen im Mikro- und Nanogrammbereich, sogenannte Spurenstoffe, nachgewiesen. Hierzu zählen unter anderem Arzneimittel für Menschen und Tiere, Röntgenkontrastmittel, Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Körperpflegeprodukte, Tenside oder Industriechemikalien [26].

Aufgrund der in der Regel vorliegenden niedrigen Konzentrationen, geht von vielen dieser Stoffe nach jetzigem Kenntnisstand noch keine Gefahr für den Menschen aus. Im Gegensatz dazu können nachteilige Effekte für die Umwelt jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln wurden beispielsweise bereits weitreichend untersucht. Eine dauerhafte und chronische Belastung von Fließgewässern mit Insektiziden schädigt nachweislich das Nervensystem von Wassertieren. Auch Schädigungen des Immunsystems und Verhaltensstörungen konnten für diese Stoffe nachgewiesen werden. Das Vorhandensein von Stoffen mit herbizider Wirkung hemmt außerdem die Photosynthese von Algen. [38] Dagegen sind die Umweltauswirkungen der Belastung der Gewässer mit Arzneimittelresten aus der Humanmedizin, obwohl diese Stoffe zu den toxikologisch an den besten untersuchten Stoffen zählen, heute oftmals noch unbekannt. Dies gilt insbesondere für Stoffe, die bereits seit Jahrzenten auf dem Markt sind, [45]. Wenngleich noch Forschungsbedarf vorliegt, konnten in verschiedenen Studien bereits eine Reihe von Schäden an Lebewesen der aquatischen Umwelt nachgewiesen werden. Schon geringste Konzentrationen von Diclofenac können beispielsweise bei Forellen Nierenschäden verursachen [36]. Der Betablocker Metoprolol und das Antiepileptikum Carbamazepin schädigen ebenfalls die Organe von Fischen. Durch das Psychopharmakon Oxazepam wird das Verhalten von Barschen verändert und das in vielen Antibabypillen enthaltene Empfängnisverhütungsmittel Ethinylestradiol verändert Geschlechtsmerkmale von Fischen und Schnecken.[22] Dazu verursacht der Wirkstoff Sulfamethoxazol Schäden an Krebstieren sowie Wasserpflanzen und Algen und ist das weltweit am meisten nachgewiesene Antibiotikum. Werden derartige Stoffe in die Umwelt emittiert, besteht die Gefahr der Bildung von Antibiotikaresistenzen.[20],[29]

Dem Vorsorgeprinzip folgend werden daher in der Fachwelt seit mehreren Jahren Lösungsansätze zur Verminderung der Einträge derartiger Stoffe diskutiert [31]. Da Kläranlagen für viele dieser Stoffe und speziell für Arzneimittel, der Haupteintragspfad in die aquatische Umwelt sind, gilt dessen technische Aufrüstung um eine sogenannte 4. Reinigungsstufe als ein möglicher Baustein zur Reduzierung von Spurenstoffen [45]. Eine gesetzliche Verpflichtung zur Einführung weitergehender Reinigungstechnik besteht in Deutschland jedoch derzeit nicht.

10.2 (Rechtliche) Situation in Deutschland

In Deutschland sind die wichtigsten Rechtsquellen zur Bewirtschaftung von Oberflächengewässern das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sowie die jeweiligen Landeswassergesetze. Sie dienen als rechtlicher Anhaltspunkt für den Umgang mit Spurenstoffen und ergeben sich u. a. aus der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie dessen Tochterrichtlinien [38]. Während das WHG entsprechend der WRRL das Ziel benennt, oberirdische Gewässer so zu bewirtschaften, dass ihr ökologischer und chemischer Zustand nicht verschlechtert wird (Verschlechterungsverbot) und „[…] ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht wird“ (Verbesserungsgebot), werden die Vorgaben des WHG in der Oberflächengewässerverordnung weiter konkretisiert. Neben der Festlegung von Maßstäben für die Zustandsbewertung von Oberflächengewässern werden hier zusätzlich zu den 45 europaweit geltenden prioritären Stoffen weitere 67 flussgebietsrelevante Stoffe geregelt. Letztere sind für die Bewertung des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer von Bedeutung. Insgesamt enthält die OGewV somit verbindliche Umweltqualitätsnormen (Konzentrationswerte) für z. B. Metalle wie Quecksilber, Cadmium oder Nickel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoff, das Insektizid Imidaclorid oder das Fungizid Carbendazim. Die geltenden Umweltqualitätsnormen beziehen sich somit im Wesentlichen auf bestimmte Industriechemikalien sowie auf Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Für viele weitere Spurenstoffe, die für die Gewässerökologie relevant sein können, wurden jedoch sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene bisher keine Vorgaben definiert. Hierzu zählen z. B. Arzneimittelrückstände und Hormone. Infolge der zuvor beschriebenen möglichen nachteiligen Wirkungen für die Umwelt, ist jedoch davon auszugehen, dass sich dies in absehbarer Zeit ändern wird [44]. Bereits heute wurden auf europäischer Ebene sowie auf nationaler Ebene Vorschläge für weitergehende Umweltqualitätsnormen erarbeitet. Aktuelle Studien belegen, dass in Deutschland und auch in Niedersachsen Metabolite und Transformationsprodukte von Arzneimittelwirkstoffen in Oberflächengewässern nachweisbar sind.

Im Gegensatz zur Schweiz, in der seit 2016 die gesetzlichen Grundlagen zur Einführung einer 4. Reinigungsstufe bestehen, beruht dessen Einführung in

Deutschland bislang auf Freiwilligkeit. Dabei sind auch zwischen den Bundesländern Unterschiede erkennbar. Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen haben beispielsweise eigene Kompetenzzentren speziell für Spurenstoffe eingeführt und betreiben bereits einige großtechnische Anlagen. Das Land NRW förderte die Nachrüstung kommunaler Kläranlagen zum Zweck der Spurenstoffentfernung außerdem mit bis zu 50 % auf die anfallenden Investitionskosten. Bis 2019 wurden in diesem Zusammenhang Machbarkeitsstudien mit 80 % der zuwendungsfähigen Kosten gefördert. [25] Derartige Anreizpunkte bestehen für das Land Niedersachsen derzeit nicht. Dennoch haben Monitoringergebnisse auch in Niedersachsen gezeigt, dass sich die in den niedersächsischen Gewässern gemessenen Konzentrationswerte für Humanarzneimittel, wie z. B. Carbamazepin, Diclofenac und Sulfamethoxazol, im Laufe der Jahre verschlechtert haben [34]. Das durch die WRRL vorgegebene Verschlechterungsverbot wurde somit nicht eingehalten, was die Einleitung entsprechender Maßnahmen, wie die Durchführung von konkreten, auf Messkampagnen beruhenden Machbarkeitsstudien begründen könnte.

10.3 Voraussetzungen

In Baden-Württemberg wie auch in Nordrhein-Westfalen wurden dem Vorsorgeprinzip folgend Kriterien zur Priorisierung des weiteren Ausbaus der Kläranlagen erarbeitet [41],[22]:

Eindeutige Kriterien sind u. a.:

- Ausbaugröße ≥ 500.000 EW
- Abwasseranteil im Vorfluter ist bei MNQ > 50 % (Ausnahme GK 1 - 3)
- Einleitung in das Grundwasser
- Einleitung in Gewässer mit ungünstigen Untergrundverhältnissen (z. B. Karst) oder das ganzjährig versickert

Eine ***weitergehende Prüfung*** wird u.a. in folgenden Fällen empfohlen:

- Ausbaugröße > 100.000 EW
- Abwasseranteil im Vorfluter ist bei MNQ > 33 %
- Der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial werden nach § 9 OGewV aufgrund von mäßigen oder schlechten biologischen Qualitätskomponenten nicht erreicht.
- Es werden Konzentrationen von Spurenstoffen nachgewiesen, die zwar nicht gesetzlich in der OGewV geregelt sind, für die jedoch Konzentrationswerte in der Anlage 4 des „Monitoringleitfadens – Oberflächengewässer“ des Landes NRW vorhanden sind. Diese Anlage enthält Konzentrationswerte, bei dessen Überschreitung davon ausgegangen wird, dass es möglicherweise zu einer Schädigung der aquatischen Biozönose kommt.

- Einleitung in Gewässer, die in Trinkwasserschutz-, Naturschutz-, oder anderen Schutzgebieten mit relevanten wassergebundenen Arten liegen
- Belastungsschwerpunkt (Hohe Frachten z. B. aufgrund von angeschlossenen Krankenhäusern und Industriegebieten)

10.4 Verfahren zur gezielten Spurenstoffelimination

10.4.1 Überblick

Spurenstoffe lassen sich mit konventionellen Reinigungstechniken nur begrenzt und unkontrolliert eliminieren. Für eine gezielte und effiziente Elimination bzw. Reduktion von Spurenstoffen, ist daher eine zusätzliche Behandlungsstufe erforderlich. Diese, der mechanischen, biologischen und chemischen Behandlungsstufe nachgeschaltete Verfahrenstechnik, wird daher als „4. Reinigungsstufe“ bezeichnet [26].

Wie Abbildung 13 entnommen werden kann, stehen für die Elimination der Spurenstoffe unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Diese beruhen auf oxidativen, adsorptiven und physikalischen Wirkmechanismen und haben ihren Ursprung beispielsweise in der Trinkwasseraufbereitung. Für die Anwendung derartiger Verfahren in der Abwasserreinigung existiert derzeit allerdings noch kein Stand der Technik und auch einschlägige Regelwerke sind für einen sicheren Betrieb oder eine sichere Bemessung bisher nicht vorhanden. Für die in grün dargestellten Verfahren der Ozonung sowie der Adsorption mittels Granulierter Aktivkohle (GAK) und Pulveraktivkohle (PAK) liegen jedoch bereits erste Erfahrungen im halb- und großtechnischen Maßstab vor [31]. Sie haben sich als Ergebnis von verschiedenen internationalen und nationalen Studien unter näherer Betrachtung der Kosteneffizienz als wirtschaftlich und zugleich großtechnisch umsetzbar herausgestellt [23]. Aus diesem Grund werden die genannten Verfahren im Folgenden näher vorgestellt. Die Verfahren der Nanofiltration, der Umkehrosmose und der weitergehenden Oxidationsverfahren (Advanced Oxidation Process) sind für einen großtechnischen Einsatz derzeit noch ungenügend untersucht, zu unwirtschaftlich oder nicht ausreichend leistungsfähig.

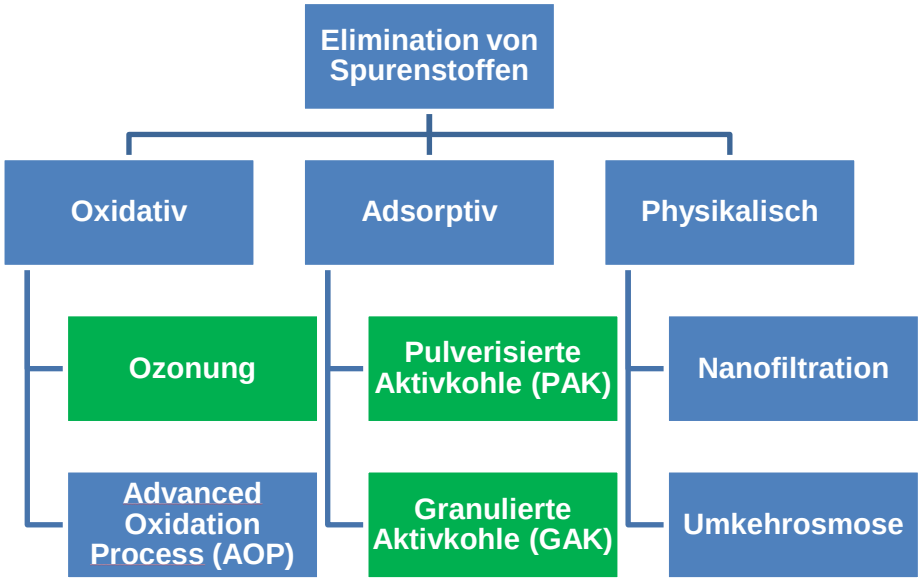

Abbildung 13: Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen

10.4.2 Adsorptive Verfahren

10.4.2.1 Allgemeine Grundlagen

Die Adsorption beschreibt den Vorgang, bei dem sich ein Molekül aus einer gasförmigen oder flüssigen Phase an der Grenzschicht einer festen Phase anlagert. Dabei beruht der Adsorptionsvorgang im Wesentlichen auf der physikalischen Adsorption infolge elektrostatischer Wechselwirkungen (van der Waals-Kräfte) [35].

In der Adsorptionstheorie werden die in Abbildung 14 dargestellten Grundbegriffe verwendet. Der Feststoff, der die Oberfläche für die Adsorption zur Verfügung stellt, wird als Adsorbens bezeichnet; das Molekül, das adsorbiert wird, wird Adsorptiv genannt. Hat sich das Adsorptiv bereits an der Oberfläche des Adsorbens angereichert, wird von Adsorbat gesprochen. Durch die Änderung der Eigenschaften der flüssigen Phase (z. B. Konzentration, Temperatur, pH-Wert) können adsorbierte Moleküle wieder von der Oberfläche gelöst und in die flüssige Phase überführt werden (Desorption). Somit ist dieser Prozess reversibel [46].

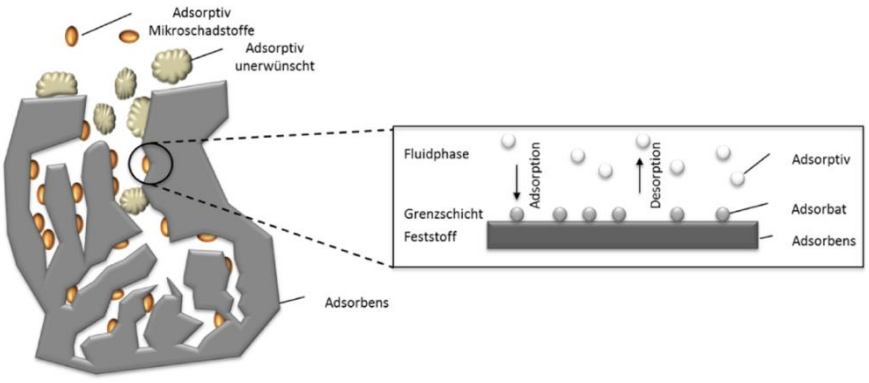

Abbildung 14: Begriffsbestimmung der Adsorption [17]

Zur Elimination von Spurenstoffen kommt als feste Phase sowohl in der Trinkwasseraufbereitung als auch in der Abwasserbehandlung nahezu ausschließlich Aktivkohle zum Einsatz. Aufgrund der porösen Struktur und der damit einhergehenden großen spezifischen Oberfläche von 500 bis 1.500 m²/g, eignet sie sich gut als Adsorbens für organische, unpolare Stoffe [31]. Die adsorptive Stoffentfernung ist umso wirkungsvoller, je stärker ein Stoff unpolar ist, da die Oberfläche des Adsorbens ebenfalls unpolare Eigenschaften aufweist. Die unpolaren organischen Stoffe haben demnach das Bestreben, sich dem polaren Lösungsmittel Wasser zu entziehen und sich an der unpolaren Oberfläche der Aktivkohle anzureichern [35].

Da es sich bei kommunalem Abwasser um ein Mehrstoffgemisch handelt, konkurrieren die verschiedenen Adsorptive untereinander um die Adsorptionsplätze. Für das Adsorptionsgleichgewicht eines Mehrstoffgemisches ist sowohl die Adsorbierbarkeit als auch die Konzentration der einzelnen Komponenten ausschlaggebend. Gegenüber der Einzelstoffadsorption werden somit für jede betrachtete Einzelkomponente geringere Gelichgewichtsbeladungen erreicht. Der schlechter adsorbierbare Stoff wird durch den besser adsorbierbaren Stoff wesentlich stärker beeinflusst als umgekehrt. Dabei beeinflussen sich die einzelnen Stoffe gegenseitig umso stärker, je ähnlicher dessen Adsorptionseigenschaften sind.

Wie gut sich ein bestimmter Spurenstoff eliminieren lässt, ist somit einerseits von den Eigenschaften des Spurenstoffs und des Abwassers, andererseits von der eingesetzten Aktivkohle abhängig [30]. Dabei wird die Eignung einer Aktivkohle durch die Art des Rohstoffs sowie durch die Art und Weise der Herstellung erheblich beeinflusst. Im Bereich der Abwasser- und Trinkwasserbehandlung kommen insbesondere Aktivkohlen aus kohlenstoffhaltigen Materialien, wie z.B. Stein- und Braunkohle, Holz oder Kokosnussschalen, zum Einsatz [31]. Die Herstellung erfolgt grundsätzlich in zwei Schritten. Im Rahmen eines Verkokungsschrittes wird der Rohstoff zunächst unter Sauerstoffausschluss bei hohen Temperaturen verbrannt. Flüchtige Bestandteile werden ausgetrieben und der prozentuale Kohlenstoffgehalt erhöht [27]. Im Anschluss daran wird die Kohle mit Sauerstoff, Wasserdampf, Luft oder Chemikalien behandelt und somit „aktiviert“. Aufgrund der hierbei in der Kohle entstehenden Risse, Poren und Spalten wird so die große spezifische Oberfläche erzeugt [32]. Auf dem Markt werden zur weitergehenden Abwasserbehandlung derzeit die zwei Grundformen PAK und GAK angeboten [24].

10.4.2.2 Aktivkohleadsorption mittels Pulveraktivkohle (PAK)

Unter PAK wird gemahlene Aktivkohle verstanden, die gemäß DIN EN 12903 mindestens einen 95%igen Masseanteil mit einer Korngröße von unter 150 µm aufweist. Üblicherweise besitzen die am Markt angebotenen Pulveraktivkohlen eine

mittlere Korngröße von 10 µm bis 50 µm [37]. Bei der Auswahl der Pulveraktivkohle ist darauf zu achten, dass diese frei von Fremdstoffen ist, geringen produktionsbedingten Qualitätsschwankungen unterliegt und zur Vermeidung von Verklumpungen einen geringen Wassergehalt aufweist [26].

Zur Behandlung des Abwassers mittels PAK stehen verschiedene verfahrenstechnische Optionen zur Verfügung.

- PAK-Dosierung in einer separaten Adsorptionsstufe
- PAK-Dosierung vor einem Filter
- PAK-Dosierung in das Belebungsbecken

Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Anordnung der Dosierstelle sowie den zur Entfernung der PAK angewendeten Trennverfahren. Dabei muss die PAK zunächst mit dem Abwasser vermischt, dann abgetrennt und abschließend entsorgt werden. Die Zudosierung der PAK erfolgt als Kohle-Wassersuspension [35].

PAK-Dosierung in einer separaten Adsorptionsstufe

Bei der auch als „Ulmer Verfahren“ bekannten Verfahrensweise der Aktivkohleadsorption, erfolgt die PAK-Dosierung in eine separate Adsorptionsstufe, bestehend aus einem Kontakt- und einem Sedimentationsbecken. Um einen weitestgehenden Aktivkohlerückhalt sicherzustellen, wird der Adsorptionsstufe in der Regel zusätzlich eine Filteranlage nachgeschaltet. Zur Veranschaulichung ist das Verfahren auf Abbildung 15 dargestellt. Das chemisch-biologisch vorbehandelte Abwasser fließt aus der Nachklärung in einen Adsorptionsreaktor und wird dort, unter intensiver Durchmischung, mit der zudosierten PAK für eine vorgegebene Zeitspanne (Kontaktzeit) in Kontakt gebracht. Umwälzeinrichtungen sorgen für eine ausreichende Durchmischung und verhindern außerdem das Absetzten der PAK im Kontaktbecken [31].

In dem sich daran anschließenden Sedimentationsbecken setzt sich die PAK ab und wird zur Mehrfachbeladung als Rücklaufkohle zurück in das Kontaktbecken und als Überschusskohle in das Belebungsbecken geleitet. Bei Letzterem soll die restliche Adsorptionskapazität der Kohle ausgenutzt werden, bevor sie zusammen mit dem Überschussschlamm aus dem System entfernt wird [39]. Um die Effizienz der Abtrennung durch die Sedimentation zu erhöhen, werden dem Adsorptionsreaktor üblicherweise sowohl Fäll- bzw. Flockungsmittel als auch Flockungshilfsmittel zudosiert. Zum Schutz des Vorfluters kann auf eine zusätzliche Filtereinheit dennoch nicht verzichtet werden. Trotz Flockung enthält die Aktivkohle in der Regel weiterhin schlecht absetzbare Feinanteile [33]

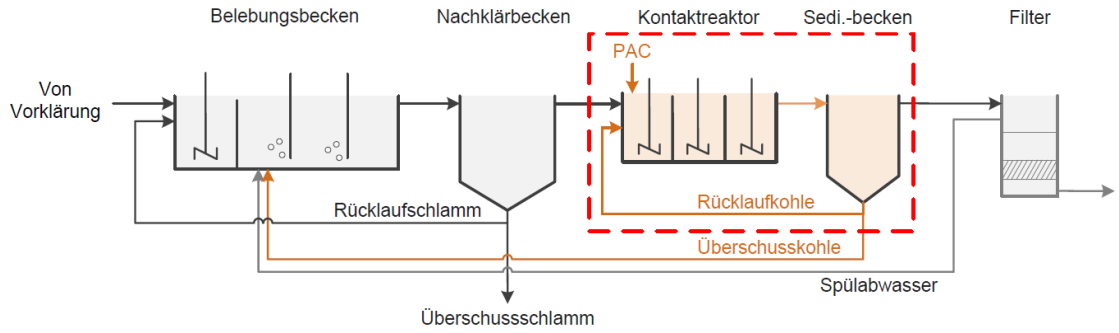

Abbildung 15: Verfahrensfließbild: PAK-dosierung in einer separaten Adsorptionsstufe [24]

Als Filtrationseinheit kommen beispielsweise Sandfilter oder Tuchfilter zum Einsatz. Das bei der Filterrückspülung anfallende, kohlehaltige Spülabwasser wird ebenfalls zurück in das Belebungsbecken geleitet.

PAK-Dosierung vor einem Filter

Bei der in Abbildung 16 aufgezeigten Verfahrensvariante erfolgt die PAK-Dosierung direkt vor eine Filtereinheit wie beispielsweise einen Sandfilter. Dabei dient der Überstauraum des Sandfilters als Raum für den Kontakt zwischen dem Abwasser und der PAK. Die Abtrennung der PAK erfolgt in dem folgenden Filterbett. Im Gegensatz zum Ulmer Verfahren erfolgt die Mehrfachbeladung bei dieser Verfahrensweise durch die im Filterbett eingelagerte Aktivkohle. Die Adsorption findet folglich sowohl im Filterbett des Sandfilters als auch in dem darüberliegenden Überstauraum statt. Das Spülabwasser wird zur Erhöhung der Verweilzeit der PAK im System und somit dessen effizienterer Nutzung zurück in das Belebungsbecken geführt. Diese Anwendungsform bietet sich insbesondere bei Kläranlagen mit bestehenden Filteranlagen an. Bevor derartige adsorptive Reinigungseinheiten integriert werden, ist allerdings zunächst zu prüfen, ob die Filteranlage für eine zusätzliche Feststofffracht ausreichend Kapazitäten aufweist. [37]

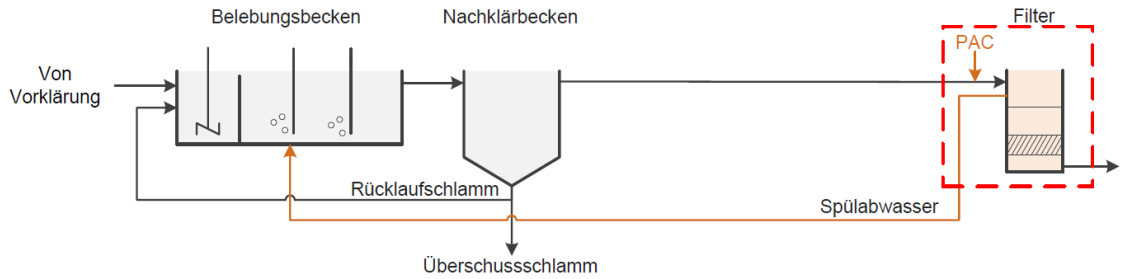

Abbildung 16: Verfahrensfließbild: PAK-Dosierung vor einem Filter [24]

PAK-Dosierung in das Belebungsbecken

Eine weitere Möglichkeit zur Einbringung der Pulveraktivkohle stellt die Dosierung direkt in das Belebungsbecken dar (Abbildung 17). Ein Vorteil dieser Verfahrensform ist, dass sie durch den Wegfall von zusätzlichen Reaktoren ohne größere Investitionskosten in existierende Kläranlagenprozesse integriert werden kann [43]. Auf eine zusätzliche Filtereinheit sollte zur Sicherung des Vorfluters jedoch nicht verzichtet werden. Das vorhandene Belebungsbecken dient bei dieser Verfahrensoption einerseits als biologische Behandlungsstufe und andererseits als Kontaktraum für die Aktivkohle. Aufgrund der im Vergleich zum Ablauf der Nachklärung vorliegenden hohen Hintergrundbelastung mit DOC, ist eine zielgerichtete Adsorption von Spurenstoffen bei einer derartig großen Konkurrenzsituation schwer erreichbar. Insofern ist davon auszugehen, dass die Menge an einzusetzender Kohle deutlich erhöht ist. Neben den damit einhergehenden hohen Betriebskosten wird außerdem ein ausreichend großes Beckenvolumen vorausgesetzt, sodass das biologische Abbauverhalten nicht beeinträchtigt wird. [26],[33]

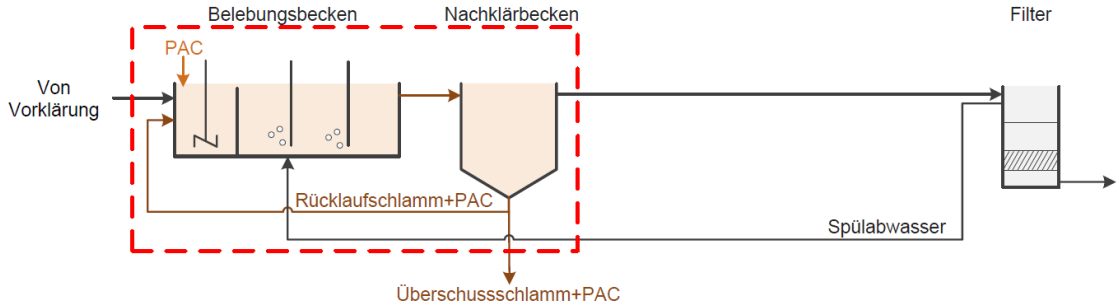

Abbildung 17: Verfahrensfließbild: PAK-Dosierung in das Belebungsbecken [24]

Kurzübersicht: Merkmale Abwasserbehandlung mittels PAK

- PAK mit Korndurchmesser < 150 µm
- Eine nachgeschaltete Abwasserfiltration kann i.d.R. nicht entfallen
- PAK wird über den Überschussschlamm aus dem System abgezogen
- Mehrschlammanfall
- Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nicht mehr möglich
- Thermische Verwertung des Klärschlammes erforderlich
- PAK-Dosiermenge stark von der DOC-Hintergrundbelastung abhängig
- Hohe Flexibilität und Anpassbarkeit an tatsächliche Belastung
- Spurenstoffe werden dem Abwasser tatsächlich entnommen
- Keine Bildung von Transformationsprodukten
- Verbesserte CSB-Ablaufwerte
- Verbesserte Phosphorentfernung und Feststoffrückhalt möglich
- Keinen Einfluss auf die Keimzahl
- Erhöhter Primärenergieverbrauch und CO_2-Emission durch Kohleherstellung

10.4.2.3 Aktivkohleadsorption mittels granulierter Aktivkohle (GAK)

Im Gegensatz zur PAK wird GAK dem zu behandelndem Abwasserstrom nicht hinzudosiert, sondern liegt als Schüttung in einem Festbettadsorber vor [35]. Dieser Festbettadsorber, oder auch Filteranlage genannt, wird in der Abwasserbehandlung in der Regel als konventioneller abwärts durchströmter Raumfilter oder als Druckkessel errichtet. Die Spurenstoffe werden dabei an der Aktivkohle adsorbiert, während das Abwasser die Kohleschüttung durchströmt. Die Korngrößen der verwendeten Aktivkohle liegen typischerweise zwischen 0,5 mm bis 4 mm [37]. Ein Vorteil der Spurenstoffelimination mittels GAK ist, dass die Aktivkohle nicht mit dem Klärschlamm vermischt wird. Die Überschussschlammmenge wird nicht erhöht und es besteht die Möglichkeit, die mit Spurenstoffen beladene GAK zu reaktivieren und erneut für Adsorptionszwecke einzusetzen. [26]

Wie Abbildung 18 entnommen werden kann, wird der mit GAK gefüllte Festbettadsorber ebenfalls nach der biologischen Behandlungsstufe angeordnet. Neben Spurenstoffen werden im Kornkohlefilter auch die im Ablauf noch vorhandenen Feststoffe zurückgehalten. Je nach Reinigungsleistung der vorangegangenen Behandlungsstufen, führen die Feststoffe so nach unterschiedlich langen Filterlaufzeiten zu erhöhten Druckverlusten. Aus diesem Grund ist der GAK-Filter mit einer Rückspüleinrichtung auszustatten. Das am Ende des Spülvorgangs anfallende Schlammwasser wird zurück in die Belebungsstufe geleitet. Ein GAK-Filter bietet sich insbesondere bei Kläranlagen ohne räumliche Erweiterungsmöglichkeiten und mit bestehenden Sandfilteranlagen an. Diese können ohne hohe Investitionskosten umgerüstet werden. Das bestehende Filtermaterial wird dabei durch GAK ersetzt. [37]

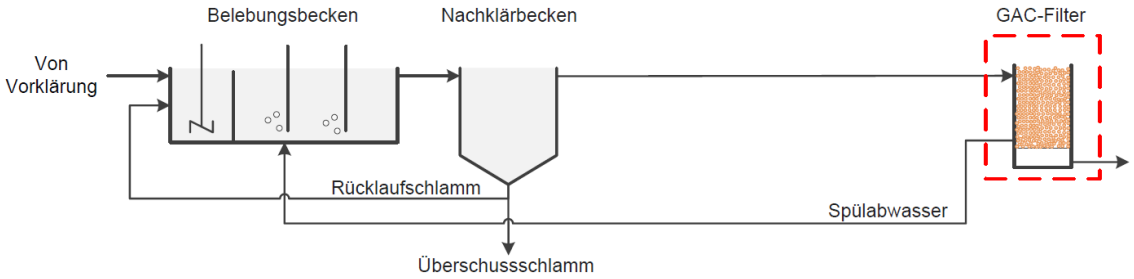

Abbildung 18: Verfahrensfließbild: GAK-Filter nach biologischer Behandlung [24]

Um die Belegung des GAK-Filterbetts mit Feststoffen vorzubeugen, kann je nach Abwasserzusammensetzung eine zusätzliche Filtereinheit vorgeschaltete werden (Abbildung 19). Der GAK-Filter wird dann mit nahezu feststofffreiem Abwasser beschickt, wodurch sich dessen Betriebszeiten verlängern lassen. [39]

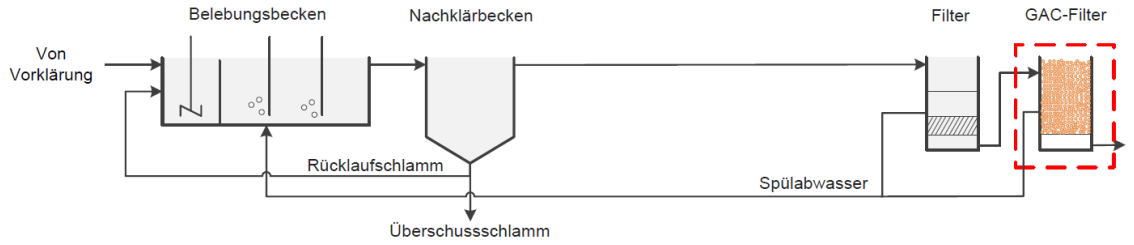

Abbildung 19: Verfahrensfließbild: GAK-Filter nach biologischer Behandlung mit vorgeschalteter Filtereinheit [24]

Eine wesentliche Kenngröße der Adsorption mittels GAK-Filter ist das Durchbruchsverhalten der einzelnen Substanzen bzw. Adsorptive. Dieses lässt sich anhand von Durchbruchskurven beschreiben. Eine schematische Beladung eines GAK-Filters sowie eine resultierende Durchbruchskurve sind in Abbildung 20 beispielhaft dargestellt. Bei Inbetriebnahme eines neuen GAK-Filters ist die GAK zunächst unbeladen. Während des Betriebs bildet sich mit zunehmender Betriebszeit eine Beladungszone aus, welche von oben nach unten fortlaufend wächst. Gleichzeitig schrumpft die unbeladene Zone des GAK-Filters. Zwischen der vollständig beladenen und der noch unbeladenen GAK gibt es einen teilweise beladenen Übergangsbereich. Dieser Bereich wird Massentransferzone bezeichnet (MTZ), da in dieser Zone die Adsorption, d. h. die Transportvorgänge am und im GAK-Korn, stattfinden. Erreicht die Massentransferzone das Ende des Filters und damit die unterste GAK-Schicht, steigen die im Ablauf gemessenen Konzentrationen des Adsorptivs. Dieser Konzentrationsanstieg wird als Durchbruch bezeichnet [43].

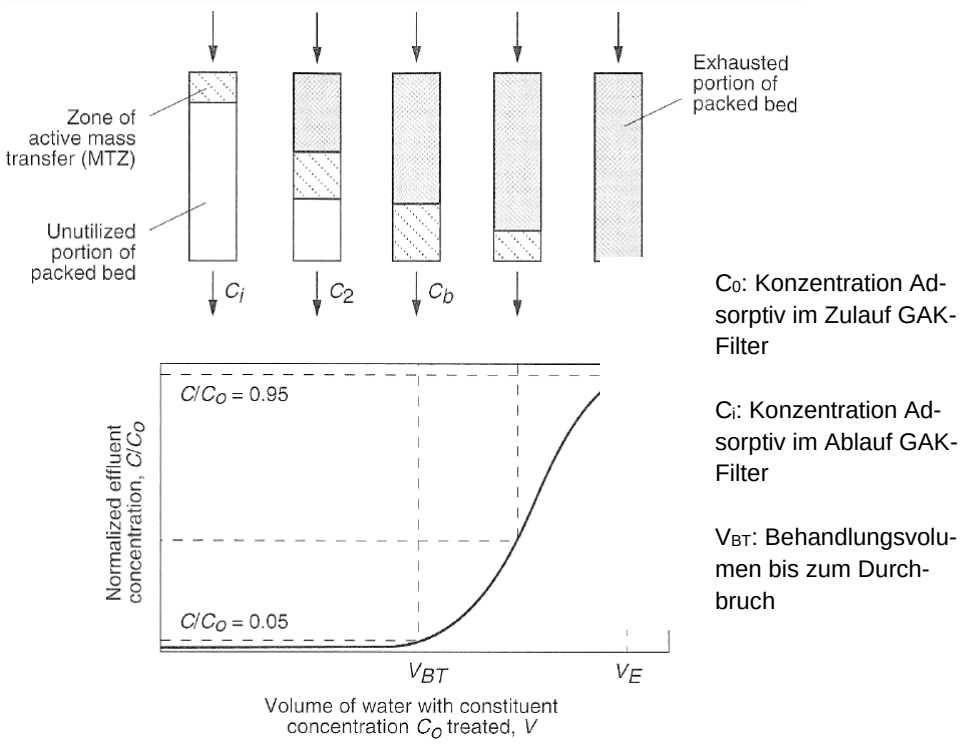

Abbildung 20: Schematische Beladung eines GAK-Filters und resultierende Durchbruchskurve [30]

Kurzübersicht: Merkmale Abwasserbehandlung mittels GAK

- GAK mit Korndurchmesser 0,5 mm bis 4 mm
- Je nach Abwasserzusammensetzung vorgeschaltete Abwasserfiltration nötig
- Höhere Beladung als bei PAK möglich
- Reaktivierung der GAK möglich
- Keine Erhöhung der Überschussschlammenge
- Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung weiter möglich
- Standzeit der GAK von der DOC-Hintergrundbelastung abhängig
- Abschätzung der voraussichtlichen Standzeit / Wirtschaftlichkeit mit höheren Unsicherheiten verbunden
- Geringe Flexibilität, nicht anpassbar an tatsächliche Belastung
- Umrüstung bestehender Sandfilter möglich
- Spurenstoffe werden dem Abwasser entnommen
- Keine Bildung von Transformationsprodukten
- Verbesserte CSB- und AFS-Ablaufwerte
- Bei vorgeschaltetem Filter verbesserte Phosphorentfernung möglich
- Keinen Einfluss auf die Keimzahl
- Erhöhter Primärenergieverbrauch und CO_2-Emission durch Kohleherstellung, durch Reaktivierung im Vergleich zur PAK jedoch verbessert

10.4.3 Oxidative Verfahren

10.4.3.1 Allgemeine Grundlagen

Im Rahmen der Oxidation werden Spurenstoffe durch die Zugabe eines Oxidationsmittels chemisch verändert. Es handelt sich um eine chemische Reaktion, bei dem ein Oxidationsmittel Elektronen aufnimmt, während der zu oxidierende Stoff Elektronen abgibt. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Spurenstoffe soweit zu verändern, dass sie ihre ursprünglichen Eigenschaften verlieren und für die Umwelt keine schädigende Wirkung mehr aufweisen. Darüber hinaus werden Oxidationsmittel z. B. zur Desinfektion oder zur Entfernung von Gerüchen und Färbungen eingesetzt. Bei der Oxidation werden die Spurenstoffe in der Regel jedoch nicht vollständig mineralisiert. Es entstehen Reaktionsprodukte, deren Umweltwirkungen bisher unzureichend erforscht sind. [26],[37]

10.4.3.2 Ozonung

Bei Ozon handelt es sich um ein starkes Oxidationsmittel, das bei Kontakt mit Wasser Hydroxylradikale bildet. Es reagiert auf der einen Seite direkt mit den Wasserinhaltsstoffen und andererseits indirekt durch die gebildeten Hydroxylradikale (OH·). Insbesondere die OH-Radikale sind hochreaktiv und reagieren schnell und unspezifisch mit einer Vielzahl von Wasserinhaltsstoffen. Verschiedene komplexe Bindungen werden dabei aufgebrochen, sodass biologisch schlecht abbaubaren Stoffe in biologisch gut abbaubare Stoffe überführt werden [30]. Die Spurenstoffe werden bei der Ozonung dem Abwasserstrom folglich nicht entnommen, sondern umgewandelt.

Das Verfahren der Ozonung lässt sich in der Regel gut in den bestehenden Anlagenbetrieb integrieren. Wie in Abbildung 21 dargestellt, wird die Verfahrensstufe grundsätzlich nach der Nachklärung angeordnet. Die Anordnung nach der biologischen Behandlungsstufe ist erforderlich, da Ozon nicht nur mit den zu eliminierenden Spurenstoffen, sondern auch mit anderen Inhaltstoffen des Abwassers, wie z. B. Feststoffen, Nitrit oder gelösten organischen Kohlenstoffen (DOC), reagiert. Andernfalls würde der stark erhöhte Ozonverbrauch zu unwirtschaftlich hohen Betriebskosten führen. [19]

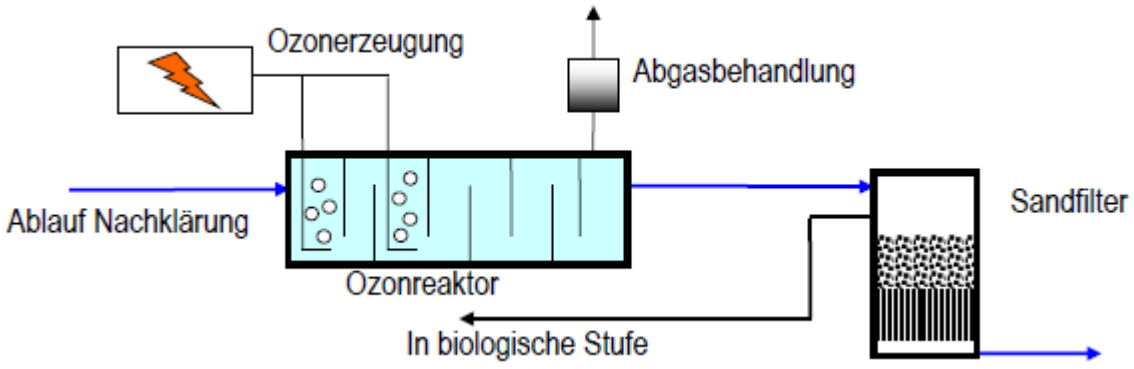

Abbildung 21: Verfahrensfließbild: Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter [6]

Die Ozonungsstufe besteht im Wesentlichen aus den Anlagen zur Ozonerzeugung, einem Ozonreaktor als Kontaktbecken wie auch einer Abgasbehandlung und zugehöriger Mess-, Steuer-, Regel- sowie Sicherheitstechnik. Die Ozonerzeugung beinhaltet dabei einen Ozongenerator und ein entsprechendes Eintragssystem. Da Ozon ein instabiles Gas ist, muss es vor Ort hergestellt und gasförmig in das Abwasser eingetragen werden. Sauerstoff dient hier als Trägergas, welches flüssig (LOX) angeliefert wird. Ozongeneratoren erzeugen das Ozon in der Regel nach dem Prinzip der stillen elektrischen Entladung. Hierbei wird zwischen einer geerdeten Röhre und einer Elektrode eine Mittelspannung angelegt. Es entsteht ein elektrisches Feld, durch welches der Sauerstoffgasstrom geführt wird. Ein Teil, der sich im Sauerstoffgasstrom enthaltenden Sauerstoffmoleküle wird, dabei gespalten und bildet durch die Kollision mit anderen Sauerstoffmolekülen spontan Ozonmoleküle [49]. Das erzeugte Ozon wird über ein Eintragssystem in den Kontaktreaktor geführt und dort mit dem Abwasser vermischt. Der Eintrag erfolgt üblicherweise über Diffusoren oder ein Pumpen-Injektor-System. Diffusoren blasen das Produktgas feinblasig in den Kontaktreaktor, wohingegen das Pumpen-Injektor-System einen Abwasserteilstrom mit Ozon vermischt und in den Reaktor zurückführt. In Abhängigkeit des Anwendungsfalls haben sich beide Eintragssysteme als geeignet erwiesen. Die Kontaktreaktoren können z. B. als kaskadierte Becken, Rohrreaktoren oder Schlaufenreaktoren mit Leitwänden ausgeführt werden. Die Abgasbehandlung dient der Vernichtung des Restozons, sodass Gefährdungen für das Betriebspersonal minimiert werden. Das im Kontaktbehälter entstehende ozonhaltige Abgas wird dabei in einem Katalysator in molekularen Sauerstoff umgewandelt. [19],[37]

Bildung von Transformationsprodukten

Da die Transformationsprodukte im Vergleich zu den Ausgangsstoffen in der Regel gut biologisch abbaubar sind, können sich die entsprechenden BSB_5-Ablaufwerte erhöhen. Wie bereits erwähnt, sind außerdem sowohl die Toxizität als auch die Auswirkungen auf die Umwelt der Transformationsprodukte noch unzureichend untersucht. Daher wird nach heutigem Stand der Wissenschaft eine biologische aktive Nachbehandlungsstufe, beispielsweise in Form eines Sandfilters oder eines Schönungsteiches, empfohlen. Für die aus Aminen bei der Oxidation gebildeten karzinogenen Nitrosamine konnten hierdurch z. B. deutliche Reduktionen beobachtet werden [47]. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang jedoch der Bromdikonzentration im Abwasser zu. Durch die Ozonung von bromidhaltigem Abwasser kann karzinogenes Bromat gebildet werden, welches in der nachfolgenden biologischen Behandlung nicht weiter abgebaut wird. Da Bromat das derzeit einzige bekannte Transformationsprodukt darstellt, für welches eine gesetzliche Regulierung vorliegt, kann dessen Bildung die Anwendung von Ozon limitieren [23]. Leitet eine Kläranlage in ein Gewässer ein, welches der

Trinkwassergewinnung dient, wird von der zuständigen Behörde für die Bromatkonzentration im Ablauf in der Regel der zulässige Trinkwasserwert von 10 µ/l gefordert [16]. Für sonstige Gewässer wird z. B. vom Schweizer Ökotoxzentrum ein Grenzwert von 50 µ/l empfohlen [42]. Nach Wunderlin et al. (2015) sorgen steigende spezifische Ozondosen tendenziell für eine erhöhte Bromatbildung. Das Bromatbildungspotenzial und die damit einhergehende Eignung des Abwassers für eine Ozonung, ist im Vorfeld zunächst abzuklären. Neben geogenen Quellen konnten als Bromid-Emittenten bisher unter anderem Einrichtungen der Abfallentsorgung, Niederschläge oder die chemische Industrie identifiziert werden [28]. [24]

Kurzübersicht: Merkmale Abwasserbehandlung mittels Ozon

- Keine Erhöhung der Überschussschlammenge
- Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung weiter möglich
- Ozonmenge von der DOC-Hintergrundbelastung abhängig
- Hohe Flexibilität und Anpassbarkeit an tatsächliche Belastung
- Spurenstoffe werden dem Abwasser nicht entnommen sondern umgewandelt
- Bildung von Transformationsprodukten
- Nachgeschaltete biologisch aktive Abwasserfiltration nötig
- Verbesserte Phosphorentfernung und Feststoffrückhalt möglich
- Reduzierung der Keimzahl (Hygienisierung), jedoch keine Desinfektion!
- Höherer Energiebedarf auf der Kläranlage
- Insgesamt geringere CO_2-Emissionen als Aktivkohleverfahren
- Erhöhte Sicherheitsanforderungen bzgl. des Arbeitsschutzes
- Gute Integrierbarkeit in bestehende Anlage, geringer Flächenbedarf

10.4.3.3 Advanced Oxidation Processes (AOP)

Neben der Ozonung sind zur Vollständigkeit außerdem die erweiterten Oxidationsverfahren, kurz AOP (Advanced Oxidation Processes), zu nennen. Auch mit diesen Verfahren lässt sich durch hochreaktive Hydroxyl-Radikale ein großes Spektrum an den im Abwasser enthaltenen Spurenstoffen entfernen. Sie werden häufig zur Reinigung von Industrieabwässern eingesetzt, bei denen problematische Stoffe in sehr hohen Konzentrationen vorliegen. Als Verfahrenskombination kommt beispielsweise die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (UV) bei gleichzeitiger Zugabe von Wasserstoffperoxid infrage. Für die Behandlung von kommunalem Abwasser liegen bisher allerdings kaum Ergebnisse vor. Aufgrund eines hohen Energie- bzw. Betriebsmittelverbrauchs werden sie nach heutigem Wissensstand für die Abwasserbehandlung als nicht realisierbar eingestuft [37].

10.4.4 Physikalische Verfahren

Zu den im Rahmen einer Spurenstoffelimination infrage kommenden physikalischen Verfahren zählen in erster Linie Membranfiltrationsverfahren. An dieser Stelle sind z.B. die Umkehrosmose oder die Nanofiltration zu nennen. Ähnlich wie die erweiterten Oxidationsverfahren, werden sie für den Einsatz in der Abwasserbehandlung infolge des hohen Energiebedarfs, mangelnder Betriebserfahrungen sowie einer nicht gelösten Entsorgungsproblematik des anfallenden Konzentrats derzeit nicht empfohlen [37].

10.5 Auswahl eines geeignetten Verfahrens

Um kläranlagenspezifisch ein geeignetes Verfahren auswählen zu können, sind weitergehende Untersuchungen durchzuführen und entsprechende Randbedingungen im Rahmen einer Machbarkeitsstudie festzulegen. Die Festlegung des Reinigungsziels sollte hierbei idealerweise in Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen. Grundsätzlich können hierfür folgende Empfehlungen gegeben werden [23],[39]:

Standard-Abwasserparameter – Eigenschaften und Zusammensetzung

- Auswertung der Ablaufmengen der Kläranlage über mehrere Jahre
- Ablaufqualität DOC, CSB,
- Ablaufqualität AFS,
- Ablaufqualität Bromid,
- Ablaufqualität Nitrit

Spurenstoffsituation – Festlegung von Indikatorsubstanzen

Stoffscreening / Erweitertes Monitoring für Spurenstoffe

- Beprobung Zulauf und Ablauf der biologischen Behandlungsstufe
- Empfehlung: mind. zwei 24h-Mischprobe bei Trockenwetter und Regenwetter
- Untersuchung von Leitparametern sowie standortspezifischen Stoffen
- Festlegung von Indikatorsubstanzen
- Datenverdichtung mit reduziertem Parameterumfang, Empfehlung: mind. fünf 24h-Mischproben bei Trockenwetter Gewässer-Monitoring
- Probennahmen vor und nach der Kläranlageneinleitung zur Bewertung des Einflusses auf das Gewässer

Festlegung der Bemessungswassermenge und Reinigungsziel

- Misch- / Trennkanalisation
- Prüfung Voll- oder Teilstrombehandlung

- Empfehlung: mind. $Q_{T,max}$ bzw. $Q_{T,h,max}$
- Empfehlung Reinigungsziel: 80 %ige Elimination der Indikatorsubstanzen bezogen auf den Zulauf der biologischen Behandlungsstufe

In Tabelle 56 ist für eine Auswahl von Indikatorsubstanzen beispielhaft aufgezeigt, welche Stoffe sich tendenziell besser mittels Aktivkohle und welche sich besser durch den Einsatz von Ozon eliminieren lassen.

Tabelle 56: Reinigungsleistung der Verfahren für ausgewählte Indikatorsubstanzen (Zwickenpflug et al., 2010 und KomM-NRW, 2016)

Indikatorsubstanzen	PAK / GAK	Ozon
Carbamazepin	gut	gut
Clarithromycin	mäßig/gut	gut
Diclofenac	gut	gut
Metoprolol	gut	mäßig/gut
Sulfamethoxazol	mäßig	gut
Benzotriazol	gut	mäßig

Erst wenn alle Voruntersuchungen abgeschlossen sind, kann mit der Bemessung der unterschiedlichen Anlagenteile der jeweiligen Behandlungsverfahren begonnen werden. Für die abschließende Verfahrensempfehlung müssen neben der monetären Bewertung weitere Kriterien berücksichtigt werden. Einige Beispiele sind nachstehend aufgeführt

Weitere Kriterien für die Verfahrensauswahl

- Einbindung in den bestehenden Kläranlagenbetrieb
- Flächenverfügbarkeit
- Nutzbare Bauwerke
- Zusätzliche Reinigungseffekte (P_{ges}, CSB, AFS)
- Mitarbeiterqualifikation
- Betriebsaufwand
- Vorhandene Klärschlammentsorgungswege

Das auf den Ergebnissen einer Machbarkeitsstudie in Abhängigkeit der Kosten-Nutzen-Seite priorisierte Verfahren ist einem nächsten Schritt durch Vorversuche abzusichern. Diese können im Labor bzw. idealerweise in Form von Pilotversuchen durchgeführt werden. Da jedes Abwasser unterschiedlich ist, ist dessen Eignung für das gewählte Verfahren nachzuweisen. Für die Verfahren der Adsorption ist z. B. das Adsorptionsverhalten der Spurenstoffe anhand von Schüttelversuchen

zu untersuchen. Für den Einsatz von Ozon sind Ozonzehrungstests durchzuführen wodurch die Kontaktzeit und die Ozondosis abgeschätzt werden können.

10.6 Ausblick Stadt Melle

Wie aus den vorangestellten Erläuterungen hervorgeht, ist die Wahl eines geeigneten Verfahrens von einer großen Anzahl an Einflussfaktoren abhängig. Insbesondere die örtlichen Randbedingungen und das angestrebten Reinigungsziel sind von großer Bedeutung. Im Rahmen einer konkreten Machbarkeitsstudie ist in einem ersten Schritt somit zunächst die Qualität der Datengrundlage zu verbessern. Hierfür ist insbesondere ein Stoffscreening im Zu- und Ablauf der biologischen Behandlungsstufe durchzuführen. Darüber hinaus sind Gewässeruntersuchungen oberhalb sowie unterhalb der Einleitstelle sinnvoll, um den Einfluss der Einleitung auf die Qualität des Vorfluters und damit auf die Zielerreichung der europäischen WRRL bewerten zu können. Die Ergebnisse sollten ebenfalls mit der zuständigen Wasserbehörde abgestimmt werden. Erst danach lassen sich entscheidende Parameter wie die Größe des Bemessungszuflusses oder die Auswahl von Indikatorsubstanzen festlegen und die Frage nach dem Flächenbedarf oder der zu erwartenden Kosten beantworten. Es lassen sich zwar Aussagen darüber treffen, dass das Verfahren der Ozonung beispielsweise gegenüber der nachgeschalteten PAK-Adsorption mit einem geringeren Flächenverbrauch einhergeht, ob eine Ozonung jedoch am Ende unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Seite zum Einsatz kommen kann, lässt sich ohne eine separate Untersuchung nicht seriös beantworten.

In Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen wurden folgende Kriterien zur Priorisierung des weiteren Ausbaus der Kläranlagen erarbeitet:

Eindeutige Kriterien sind u.a.:

- Ausbaugröße > 500.000 EW
- Einleitung in Grundwasser
- Einleitung in Gewässer mit ungünstigen Untergrundverhältnissen

Eine weitergehende Prüfung wird u.a. in folgenden Fällen empfohlen.

- Ausbaugröße > 100.000 EW
- Belastungsschwerpunkt
- Einleitung in Trinkwasserschutz-, Naturschutz-, oder anderen Schutzgebieten

Abgeleitet aus den Machbarkeitsstudien in NRW und den bereits realisierten Anlagen in Baden-Württemberg und der Schweiz, können die spezifischen Kosten je nach Verfahren und Ausbaugröße der Kläranlage zwischen 0,10 € und 0,25 € pro m³ behandelter Abwassermenge schwanken.

Abschließend ist festzuhalten, dass für eine verbindliche Einführung einer 4. Reinigungsstufe zunächst rechtliche Voraussetzungen geschaffen werden müssen. In Deutschland müssten hierfür Anforderungen zu Spurenstoffen im Anhang 1 der Abwasserverordnung festgelegt werden und ggf. das Abwasserabgabengesetz angepasst oder andere Instrumente zur Finanzierung dieser weitergehenden Abwasserbehandlung eingeführt werden [21]. Die alleinige Finanzierung über eine Erhöhung der Abwasserabgabe wird schon seit Jahren kontrovers diskutiert und von den Kommunalverbänden abgelehnt. Vor dem Hintergrund des Verursacherprinzips fordern Wasser- und Umweltverbände dagegen die Hersteller- und Produktverantwortung stärker zu berücksichtigen. Dies wird wiederum von den Herstellern abgelehnt. Einigkeit herrscht jedoch darüber, dass die Einführung weitergehender Reinigungstechniken bereits heute in begründeten Fällen sinnvoll ist [40]. Der in einigen Bundesländern, wie z. B. Baden-Württemberg oder NRW, erarbeitete Orientierungsrahmen (siehe Kapitel 10.3), macht Vorschläge für eine Entscheidungshilfe.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Variante 1, mit Errichtung einer Zentralkläranlage und einer Ausbaugröße von insgesamt knapp 100.000 EW am ehesten von zukünftigen Regelegungen betroffen sein könnte. Sollte nachgewiesen werden, dass das Verfehlen der Ziele der WRRL mit der Abwassereinleitung in Zusammenhang steht, könnten jedoch auch kleinere Kläranlagen der Stadt Melle betroffen sein.