Abwasserzweckverband Nagold

Nagold – Rohrdorf – Ebhausen – Haiterbach – Horb – Altensteig – Waldachtal

An die	zur Kenntnisnahme in der öffentlichen	zur Kenntnisnahme in der nichtöffentlichen	Sitzung am	Beschlussfassung am
Verbandsver-sammlung	☒	☐	20.01.20254	

DS AZV 2025-07

Peter Haselmaier

28.11..2024

Sachstandsbericht über die laufenden Maßnahmen des Verbandes

<u>Kenntnisnahme</u>

Die Verbandsversammlung nimmt den Sachstandsbericht über die laufenden Maßnahmen des Verbands zur Kenntnis.

Jürgen Großmann

Verbandsvorsitzender

Stand beim Zweckverband Klärschlammverbrennung Böblingen ZV kbb und Klärschlammentsorgung im Allgemeinen

- In den vergangenen Verbandsversammlungen des AZV Nagold wurde regelmäßig über den Stand beim Zweckverband Klärschlammverbrennung Böblingen ZV kbb berichtet.
- Im Dezember 2024 fand die Verbandsversammlung des ZV kbb satt.
  In der Sitzung wir mündlich über den Stand der Planungen berichtet.
- Die Mitglieder der Verbandsversammlung des AZV Nagold werden über den weiteren Fortgang der Planungen bei der Klärschlammverbrennung auf dem Laufenden gehalten.
- Die Klärschlammmonoverbrennungsanlage in Böblingen wird nach heutigem Stand nicht vor dem Jahr 2027 in Betrieb gehen. Seither entsorgt der AZV Nagold den Klärschlamm bei der Fa. Birkhof Energie KG in Sulz a. N. . Der Klärschlamm wird dort mit Restwärme aus Biogasanlagen getrocknet anschließend der Verbrennung im Zementwerk zugeführt.
- Der Vertrag mit der Fa. Birkhof Energie KG lief zum Jahresende 2024 aus und wurde von der Verbandsverwaltung um weitere 2 Jahre bis zum 31.12.2026 verlängert. Die Konditionen betrugen bisher 160,65 €/Tonne brutto und erhöhen sich um 5,95 €/Tonne brutto im neuen Vertrag. Im Schnitt müssen ca. 2.400 Tonnen entwässerter Klärschlamm im Jahr entsorgt werden. Die Mehrkosten sind im Haushaltsplan 2025 berücksichtigt.

Sammleraufdimensionierung im Bereich Netto Markt in Haiterbach

- In den vergangenen Verbandsversammlungen des AZV Nagold wurde regelmäßig über den Stand beim Bauvorhaben „Sammleraufdimensionierung im Bereich Netto Markt in Haiterbach" berichtet.
- Die Bauarbeiten sind mittlerweile abgeschlossen und mängelfrei abgenommen.
- Die Gesamtkosten der Maßnahme belaufen sich auf rund 540.000,- € und bewegen sich im Rahmen der Auftragsvergabe. Eine prüffähige Schlussrechnung der Baufirma liegt noch nicht vor.
- Die Maßnahme wird vom Land Baden-Württemberg gefördert. Der Schlussverwendungsnachweis muss bis zum 1.April 2025 dem Regierungspräsidium vorgelegt werden. Der Fördersatz liegt bei 18,72 % der förderfähigen Baukosten die bei rund 450.000,- € liegen.

Jahresbericht 2024 des Gewässerschutzbeauftragten

- Das Ingenieurbüro Lieb bearbeitet derzeit den Jahresbericht 2024. Die Ergebnisse werden in der nächsten Verbandsversammlung vorgestellt. Nach mündlicher Rücksprache mit Herrn Lieb gibt es keine Auffälligkeiten.

Erneuerung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Kläranlage

- die wasserrechtliche Erlaubnis des Landratsamtes Calw vom 20.11.1990 für den Betrieb der Kläranlage und der Einleitung des gereinigten Abwassers in die Nagold enthält eine Befristung bis 31.12.2025.
- Normalerweise ist eine limnologische Gewässeruntersuchung alle 5 Jahre an den Gewässern durchzuführen. Vor Neuerteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis muss das Ergebnis der limnologischen Untersuchung vorliegen. Da die letzte limnologische Untersuchung im Jahr 2020 durchgeführt wurde, ist aktuell keine Gewässeruntersuchung in Auftrag zu geben.
- Der Wasserrechtsantrag muss Daten zu den folgenden Parametern enthalten:
  1. Jahresschmutzwassermenge (Mittelwert der letzten 5 Jahre)
  2. Wassermengenzufluss in Trockenwetter und Regenwetter
  3. Abgaberechtliche Parameter: Nges (Stickstoff), Pges (Phosphor), CSB (chem. Sauerstoffbedarf)

- Die notwendigen Daten werden zeitnah zusammengetragen, so dass der Wasserrechtsantrag zeitnah gestellt werden kann.

Studie Zulaufmengenerhöhung

Im Rahmen der nun vorliegenden Studie wurde vom Ingenieurbüro SAG aus Ulm/Schramberg untersucht, ob der Mischwasserzufluss der Kläranlage Nagold von derzeit 581 l/s auf bis zu 640 l/s erhöht werden kann. Dafür wurden die Zuflüsse 581 l/s, 600 l/s und 640 l/s betrachtet und deren Auswirkungen auf den Betrieb dargestellt.

Im ersten Schritt wurden die bestehende biologische Stufe nachbemessen, um zu überprüfen, ob diese für den ankommenden Mischwasserzufluss und die ankommende Fracht ausreichend groß dimensioniert ist. Im weiteren Verlauf wurden Varianten für den Weiterbetrieb der Kläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation oder die Umstellung auf intermittierende Denitrifikation zusammengestellt. Zusätzlich wurde für beide Denitrifikationsvarianten noch der Bestand sowie der Neubau von zwei neuen Belebungsbeckenstraßen betrachtet.
Aus der Bemessung wurde ersichtlich, dass im Bestand mit vorgeschalteter Denitrifikation der Zufluss maximal auf 600 l/s erhöht werden kann.

Im nachfolgenden wurde die hydraulische Belastung der Kläranlage näher untersucht und welche Auswirkungen eine Erhöhung des Zuflusses auf den Anlagenbetrieb hätte. Dafür wurden Erkenntnisse des Betriebspersonals, eine Vor-Ort Begehung bei Mischwasserzufluss sowie Berechnungen aus dem Programm HYBEKA ausgewertet. Die gemessenen Wasserspiegel vor Ort weichen stark von den berechneten Wasserspiegeln mit HYBEKA ab, so dass davon ausgegangen werden muss, dass die Kläranlage mit dem Programm hydraulisch nicht überrechnet werden kann. Ggf. liegt es an unvollständigen und nicht korrekten Bestandsplänen der Kläranlage.
Es wurde ersichtlich, dass es bei Mischwasserzufluss zum Einstau der Schwelle an den Vorklärbecken, sowie an den Denitrifikationsbecken kommt. Der Strang zwischen Verbindungsschacht und Denitrifikationsbecken wurde weiter untersucht, da es dort zu ca. 50 cm Wasserspiegeldifferenz kommt, der nicht erklärbar ist. Im Zuge dessen wurden große Ansammlungen von Verzopfungen in diesem Bereich gefunden und entfernt. Dies hat die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Verbindungsschacht und den Denitrifikationsbecken auf 30 cm reduziert. Es wird weiter beobachtet, ob der Einstau der Vorklärung dadurch eliminiert bzw. verringert werden kann.

Für den Einstau der Schwelle an der Denitrifikation wird der Bau einer zweiten Ablaufleitung in Richtung Zwischenhebewerk vorgesehen, so dass sich das Wasser nicht in die Denitrifikationsbecken zurückstaut. Die Auswirkung kann jedoch nicht mit dem Hydraulikprogramm HYBEKA errechnet werden, da dieser Teil des Abwasserweges nicht abgebildet werden kann.

Des Weiteren soll die Überfallschwelle in der Denitrifikation verlängert werden, so dass die Überfallhöhe reduziert werden kann. Dies wirkt sich ebenso auf den Wasserspiegel in der Vorklärung aus.
Für alle Varianten sollte zusätzlich eine C-Quelle dosiert werden.

Aus dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit geht hervor, dass sich die Varianten V1 und V2 am wirtschaftlichsten darstellen lassen.

Dementsprechend wird an dieser Stelle empfohlen:

- Die vorgeschaltete Denitrifikation soll weiterhin wie bisher betrieben werden.
- Der Mischwasserzufluss kann maximal auf 600 l/s erhöht werden, da ansonsten die biologische Stufe nicht mehr nachweisbar ist.
- Da die Auswirkungen nicht mit dem Programm zur hydraulischen Berechnung (HYBEKA) überprüft werden kann, sollte bei Regenwetter die Erhöhung auf 600 l/s auf der Kläranlage vor Ort simuliert und die Erkenntnisse erfasst werden.

- Zur hydraulischen Entlastung sollte eine neue Ablaufschwelle in den Denitrifikationsbecken sowie eine zweite Leitung zum Zwischenhebewerk errichtet werden.
- Es wird empfohlen, eine C-Quelledosierung fest zu installieren, um den Prozess der Denitrifikation zu verbessern. Die Auswirkung wurde bereits über Versuche vor Ort bestätigt.

Sollte nach diesen Maßnahmen immer noch ein Einstau der Schwellen am Ablauf der Vorklärung vorhanden sein, muss ggf. der Rücklaufschlamm- und Rezirkulationsstrom gesondert in die Denitrifikationsbecken geführt werden. Dafür sollte die Kläranlage mit dem Programm HYBEKA abbildbar sein, um die Auswirkung identifizieren zu können, bevor eine solch große Maßnahme umgesetzt wird.

Die gesamte Kläranlage inkl. der Rohrsohlen der einzelnen Leitungen und Sohlen von Schächten sollten von einem Vermesser aufgenommen werden. Im Anschluss sollte geschaut werden, ob mit diesen Informationen die Kläranlage hydraulisch abbildbar ist und Realität und Berechnung weitestgehend übereinstimmen. So kann die Auswirkung der Maßnahmen besser abgeschätzt werden. Derzeit stützt sich vieles aus den vor Ort gewonnen Erkenntnissen.

Für den Fall, dass der Verband die vorgeschlagenen Maßnahmen umsetzt belaufen sich die Gesamtkosten auf rund 1,9 Mio €.
Die Kosten gliedern sich wie folgt auf:

	C-Quellendosierung	**Ablaufschwelle DN-Becken**	**Neue Leitung zwischen DN-Becken und Zwischenhebewerk**
Bauarbeiten	100.000		825.550
Maschinentechnik	90.000	41.250	
Prozess- und Verfahrenstechnik	102.500		35.000
EMSR-Technik	85.000		
Gesamtsumme netto	**377.500**	**41.250**	**860.550**
Baunebenkosten (25 %)	94.375	10.313	215.138
Gesamtsumme netto inkl. Nebenkosten	**471.875**	**51.563**	**1.075.688**
Mehrwertsteuer 19 %	89.656	9.797	204.381
Gesamtsumme brutto inkl. Nebenkosten	**561.531**	**61.359**	**1.280.068**
Gesamtsumme Variante 1-2 brutto inkl. Nebenkosten	**1.902.959**		

Anlage zu DS AZV 2025 - 07

SAG INGENIEURE
Süddeutsche Abwasserreinigungs-Ingenieur GmbH

Ingenieurleistungen
für Kläranlagen und Kanalisationen
Gesamtplanung·Abwicklung·Betreuung

Niederlassung Schramberg
Gewerbepark H.A.U. 8 - 78713 Schramberg

Telefon: (0 74 22) 56 01 07 - 0
Fax: (0 74 22) 56 01 07 – 19
www.sag-ingenieure.de

111 Jahre Umweltschutz

VN: P0543Z / 175184

Abwasserzweckverband Nagold

KLÄRANLAGE NAGOLD

Studie

ERHÖHUNG ZULAUFMENGE

- Technischer Bericht -

Aufgestellt: Schramberg, November 2024

Molitor/Döpp

SAG Ingenieure

Beilage 1

Inhalt

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1. VERANLASSUNG

Der Abwasserzweckverband Nagold betreibt die mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage in Nagold. Dort werden die anfallenden Abwässer des Verbandsgebietes gereinigt.

Der zu behandelnde Mischwasserzufluss beträgt gemäß der wasserrechtlichen Erlaubnis vom 01. Dezember 2005 581 l/s.

In der vorliegenden Studie soll überprüft werden, ob der Mischwasserzufluss auf einen Wert von 600 l/s bzw. 640 l/s erhöht werden kann. Zusätzlich findet die Betrachtung noch für den derzeit genehmigten Mischwasserzufluss von 581 l/s statt, da es derzeit bereits hydraulische Engpässe auf der Kläranlage gibt.

Die Überprüfung erfolgt vor dem Hintergrund, dass durch einen höheren Zufluss ggf. erforderliches RÜB-Volumen im Einzugsgebiet der Kläranlage eingespart werden kann.

Die Kläranlage wird verfahrenstechnisch und hydraulisch überrechnet, um zu überprüfen welche Maßnahmen für die Erhöhung des Mischwasserzuflusses erforderlich werden. Für die erforderlichen Maßnahmen wird eine Kostenschätzung durchgeführt.

2. GRUNDLAGEN

2.1 Aufbau der Kläranlage

Der Abwasserzweckverband Nagold betreibt die mechanisch-biologisch-chemische Kläranlage Nagold. Die Schlammstabilisierung findet anaerob statt. Der ausgefaulte Schlamm wird mit einer Zentrifuge entwässert.

Abbildung 1: Luftbild der Kläranlage Nagold [Quelle: Kartendienst LUBW, abgerufen am: 03.07.2023]

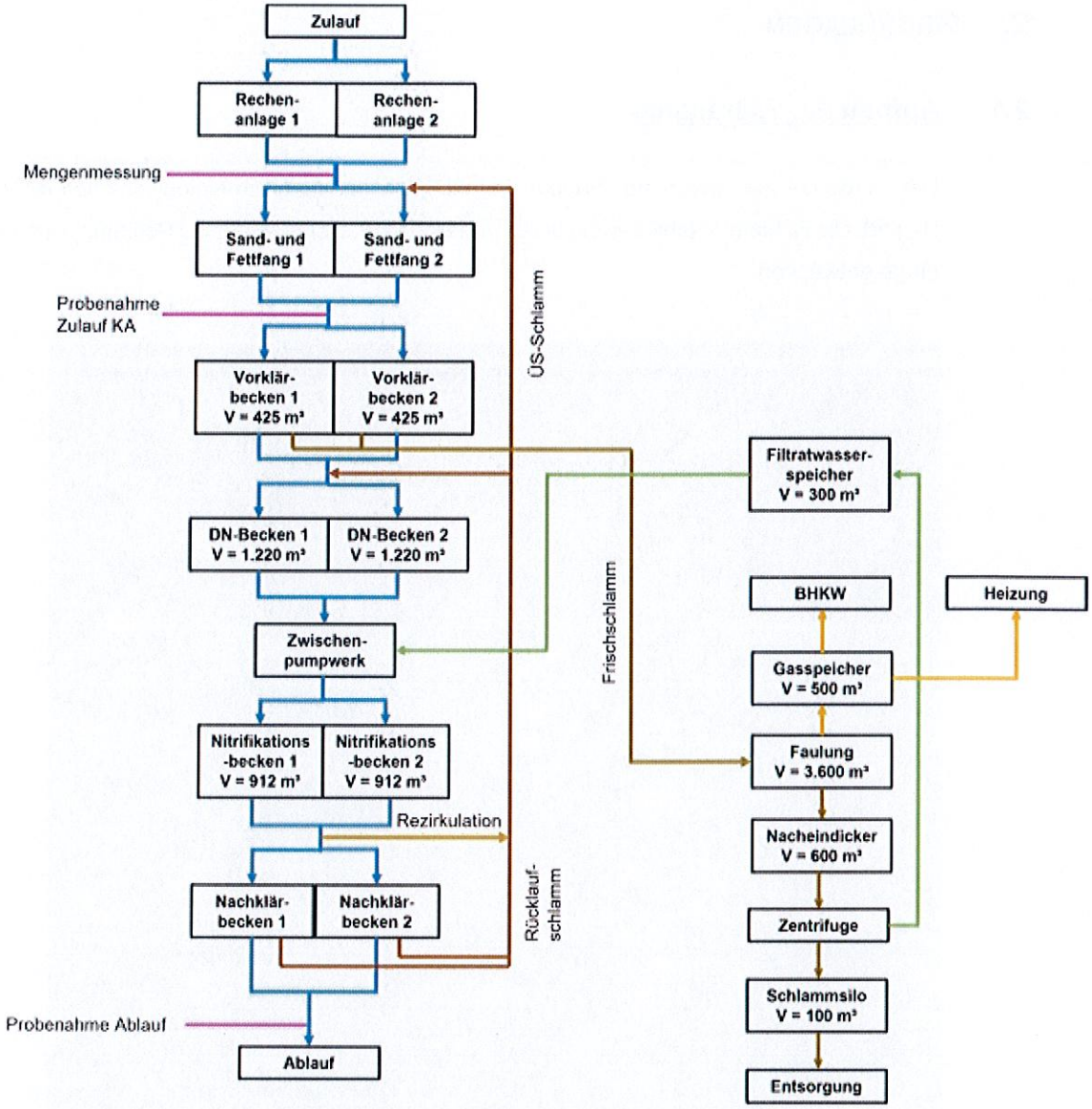


Abbildung 2: Vereinfachtes Grundfließbild der Kläranlage Nagold mit Probenahmestellen

2.1.1 *Mechanische Reinigungsstufe*

Die mechanische Reinigungsstufe besteht auf einer eingehausten zweistraßigen Rechenanlage mit Feinrechen (Spaltweite 6mm), zwei belüfteten Sand- und Fettfängen in Stahlbauweise sowie zwei Vorklärbecken mit Umgehungsleitung.

Zur Erfassung der Wassermenge dient eine Durchflussmengenmessung, welche im Gerinne zwischen Rechenanlage und Sand- und Fettfang installiert ist. Die mengenproportionale Probenahme findet im Verteilbauwerk der Vorklärbecken statt.

In den Vorklärbecken setzen sich Feststoffe ab und werden mittels Schildräumer in die Primärschlammtrichter geschoben. Im Trichter sind Schieber zur Entschlammung installiert. Der Primärschlammabzug wird händisch realisiert. Der Primärschlamm fließt dem Primärschlammschacht an der alten Werkstatt zu und wird von dort aus in den Schlammschacht an der Faulung gepumpt. Zusätzlich ist an dem Räumer ein Schwimmschlammschild angebracht, um den Schwimmschlamm ebenfalls abzutrennen und dem Primärschlammschacht zuführen zu können.

Rechenanlage:

- 2 x Feinrechen
  - Spaltweite = 6 mm
  - 2 x Rechengutwaschpressen

Sand- und Fettfang:

- 2-straßige Anlage
- Sandfangkammer
  - Länge = 23,1 m
  - Breite = 1,65 m
- Druckluftversorgung
- Sandfangräumer
- Sandpumpe zur Sandentnahme
- Sandwaschanlage
- Fettfangkammer
  - Länge = 23,1 m
  - Breite = 0,5 m
- Fetträumer

Vorklärbecken (2 Becken):

- Länge gesamt = 24,2 m
- Breite = 7,0 m
- Volumen nutzbar = 425 m³
- Räumer (Boden- und Schwimmschlammräumer)
- Primärschlammpumpen
  - Zerkleinerer
  - Kreiselpumpe 40 m³/h
  - Kreiselpumpe 60 m³/h

2.1.2 *Biologische Reinigungsstufe*

Die biologische Reinigungsstufe setzt sich aus zwei reinen Denitrifikationsbecken (Rechteckbecken DN-Becken 1, DN-Becken 2), einem Zwischenhebewerk, vier Nitrifikationsbecken (Rechteckbecken) und zwei runden Nachklärbecken zusammen.

Denitrifikation

Die beiden Denitrifikationsbecken wurden im Zuge der Erweiterung der Kläranlage im Jahr 2005 als zwei Umlaufbecken errichtet. In den Zulaufschacht wird zusätzlich der Kreislauf- und Rücklaufschlamm zugeführt.

DN-Becken 1+2:

- Länge je = 2 x 26,7 m
- Breite je = 3,925 m
- Tiefe = 5,67 m
- Volumen = 2 x 1.220 m³
- Vier Rührwerke

Zwischenhebewerk

Von den Denitrifikationsbecken fließt das Wasser zu dem Zwischenhebewerk und wird mit bis zu vier Hebeschnecken auf das Niveau der Nitrifikationsbecken angehoben.

Förderleistung: Q = 2 x 550 l/s
Q = 2 x 280 l/s

Nitrifikation

Über Rohrleitungen wird das Wasser auf die vier Becken aufgeteilt. Der Sauerstoff wird über Membranlüfter eingetragen. Diese sind direkt am Beckenboden montiert.

Über die interne Rezirkulation wird nitrathaltiges Wasser aus der Nitrifikation in die vorgeschaltete Denitrifikation zurückgefördert, um die Stickstoffelimination zu verbessern.

N-Becken 1 bis 4:

- Länge je = 39,5 m
- Breite je = 5,0 m
- Einblastiefe = ca. 4,62 m
- Volumen je = 912 m³ → 4 x 912 m³ = 3.648 m³
- Abzug interne Rezirkulation über einen Regelschieber am Gerinnen zwischen Nitrifikation und Nachklärung

Belüftung N-Becken (Gebläsestation am Nitrifikationsbecken):

- 3 Drehkolbengebläse:
  - je 32 m³/min
- 1 Schraubengebläse:
  - je 32 m³/min

Nachklärung

Die Beschickung der beiden Nachklärbecken erfolgt über ein Gerinne und einem Verteilbauwerk. Der spezifisch schwerere Belebtschlamm setzt sich während der Durchströmung der Becken auf der Sohle ab und wird dann mittels umlaufenden Räumschilds dem zentrisch angeordneten Schlammtrichter zugeführt. Der Schlamm wird durch Überdruckentschlammung aus dem Trichter abgezogen. Mittels zweier Regelschieber wird der Abzug aus den beiden Becken gesteuert.
Der Schwimmschlamm wird auf der Oberfläche vorkomprimiert und in das außenliegende Gerinne gepumpt. Von dort aus fließt der Schwimmschlamm jeweils in den Schwimmschlammschacht und wird von dort aus in den Rezirkulationsschacht gefördert.
Eine Besonderheit der Nachklärbecken ist die Installation von höhenverstellbaren Einlaufbauwerkens.

Nachklärbecken:

- Durchmesser Becken je = 38,0 m
- Durchmesser Mittelbauwerk = 4,7 m
- Tiefe2/3 = 3,05 m
- Schildräumer (1 Arm)
- Schwimmschlammförderung

Überschussschlamm

Der Überschussschlamm wird über einen Regelschieber aus dem Gemisch aus Rücklaufschlamm und Kreislaufschlamm abgezogen und in die Vorklärung gefördert.

ÜS-Pumpwerk:

- Kreiselpumpen 90 m³/h
- Kreiselpumpe 140 m³/h

Rücklaufschlamm

Die Schlammrückführung dient vor allem zur Einhaltung einer konstanten Biomassenkonzentration im Belebungsbecken. Wie die interne Rezirkulation dient auch die RS-Förderung zur Nitratrückführung in die unbelüftete Zone.
Der Rücklaufschlamm wird mit Hilfe von MIDs und Regelschiebern aus den Nachklärbecken abgezogen und läuft im Freispiegel mit dem Kreislaufschlamm über eine Leitung DN 700 in den Zulauf der Denitrifikation.

2.1.3 *Chemische Reinigungsstufe*

Die Phosphor-Elimination wird durch chemische Fällung mittels eisen- und aluminiumhaltiger Fällmittel betrieben. Als Fällmittelbehälter dienen zwei oberirdische Behälter (je 30 m³).
Die Entnahme erfolgt mittels zweier Dosierpumpen, eine dritte Pumpe dient als Reserve. Die Dosierstation ist im Kellergeschoss des alten Schlammentwässerungsgebäudes installiert. Die dazugehörigen Elektro-, Mess- und Steuereinrichtungen sind ebenfalls dort installiert. Die Zugabe des Fällmittels erfolgt kontinuierlich in das Zwischenhebewerk sowie den Ablauf der Belebung. Die 2-Punktfällung wird über einen Phosphatanalyser nachgeregelt.
Zum Schutz vor Leckagen sind die Behälter doppelwandig ausgeführt und mit einer Überfüllsicherung ausgerüstet. Dia Abtankfläche ist WHG-konform hergestellt.

2.1.4 *Ablauf- und Endmessstelle*

Im Ablaufschacht des Nachklärbeckens ist ein automatischer Probenehmer installiert.

Der Ablauf der Kläranlage wird über eine Leitung DN 900 der Nagold zugeführt.

2.1.5 *Schlammbehandlung*

Anaerobe Schlammstabilisierung
Auf der Kläranlage Nagold steht ein Faulbehälter zur anaeroben Schlammstabilisierung zur Verfügung. Das Gemisch aus Primärschlamm und abgesetzten Überschussschlamm aus der Vorklärung wird aus dem Schlammschacht über eine Beschickungspumpe dem Faulbehälter zugeführt.
Der Faulbehälter wird bei einer Temperatur von ca. 33-36°C gefahren. Hier erfolgt bei einer Aufenthaltszeit von ca. 30 Tagen der Prozess der anaeroben Schlammstabilisierung. Die Schlammmenge wird reduziert und energiereiches Faulgas gebildet, das über eine Leitung zum Gasbehälter strömt. Zur Durchmischung und zur Erhaltung der Wärme wird der Schlamm abgezogen, über einen Wärmetauscher geleitet und wieder dem Faulbehälter zugeführt.

Die Durchmischung des Faulbehälters findet mit Hilfe eines Schraubenschauflers statt.

Der Schlamm aus dem Faulbehälter wird in den Schlammstapelbehälter (alter Faulbehälter) verdrängt.

Schlammfaulung:

- Faulbehälter
  - Volumen = 3.600 m³
- Schlammstapelbehälter (alter Faulbehälter)
  - Volumen = 600 m³
- Beschickungspumpe
  - 1 Exzenterschneckenpumpen
  - Zerkleinerer
- Umwälzschlamm (Heizschlamm)-pumpwerk
  - 2 Kreiselpumpen
  - Zerkleinerer

Schlammentwässerung

In der Zentrifuge wird der Schlamm maschinell auf einen Feststoffgehalt von etwa 25-30 % entwässert. Um diesen Feststoffgehalt zu erreichen, wird der Schlamm mit organischen Flockungsmitteln (Polymeren) konditioniert.

Der entwässerte Schlamm wird über eine Dickschlammpumpe einem Schlammsilo zugeführt. Das Schlammsilo besitzt einen Schubboden sowie ein Austrags- und Verladeschnecke. Das Filtratwasser fließt im freien Gefälle in den Filtratspeicher und von dort aus zum Zwischenhebewerk.

Schlammentwässerung:

- Faulschlamm zur Schlammentwässerung
  - 2 Exzenterschneckenpumpen
  - Zerkleinerer
- 1 Zentrifuge
- Austragsschnecke
- Dickschlammpumpe
- Polymerstation
- Filterkuchensilo mit Schubboden
  - Volumen = 100 m³
- Filtratspeicher
  - Volumen = 300 m³
- Dosierpumpe Filtrat
- Entleerungspumpe Filtratspeicher

2.1.6 *Gasspeicherung und -verwertung*

Gasbehälter

Der Niederdruck Gasbehälter mit Füllstandanzeige dient ausschließlich zur Gasspeicherung des produzierten Klärgases.

Gasspeicherung:

- Gasbehälter Niederdruck 25 mbar
  - Volumen= 500 m³

Gasfackel

Die Gasfackel ist als Sicherheitseinrichtung zu sehen. Ist kein Verbraucher in Betrieb und der Behälter zu 100 % gefüllt, so wird das überschüssige Gas mittels Fackel verbrannt.

Gasverwertung

In den beiden Blockheizkraftwerken wird, das in der Schlammfaulung produzierte, Faulgas verbrannt. Dabei entsteht Strom und Wärme zur Verwendung auf der Kläranlage.

2.2 Auswertung der Betriebsdaten

2.2.1 *Hydraulik*

Tabelle 1: Tageswassermengen Q_d [m³/d] und Jahresabwassermenge [m³/a]

Jahr	Mittelwert TW/RW	85 %-Quantil TW/RW	Maximum TW/RW	JAM
	m³/d	m³/d	m³/d	m³/a
2021	18.505	25.140	49.300	
2022	16.433	23.494	46.550	
2023	21.024	32.778	50.000	
2021-2023	**18.654**	**27.790**	**50.000**	

Tabelle 2: Täglicher Trockenwetterzufluss $Q_{T,d}$ [m³/d]

Jahr	Mittelwert TW	85 %-Quantil TW	Maximum TW
	m³/d	m³/d	m³/d
2021	12.698	14.860	18.460
2022	10.969	14.214	16.080
2023	11.475	12.737	23.360
2021-2023	**11.729**	**13.970**	**23.360**

Tabelle 3: Mittlerer Schmutzwasserzufluss [l/s]

Jahr	l/s
2021	56,18
2022	56,2
2023	56,2
MW	**56,19**

Für das Jahr 2023 lagen die Trinkwasserverbräuche für die Berechnung des Schmutzwasserzuflusses noch nicht vor. Aufgrund dessen sind die beiden Werte gleich.

Tabelle 4: Fremdwasserzufluss [l/s] und Fremdwasseranteil [%]

Jahr	Minimum	Mittelwert	Maximum	FWA
	l/s	l/s	l/s	%
2021	50,76	85,1	130,97	60,2
2022	36,51	43,34	169,61	56,6
2023	55,14	98,43	263,94	63,7
MW	**47,47**	**75,62**	**188,17**	**60,2**

Für die Bemessung der Rezirkulation wird der maximale 2-Stunden Trockenwetterzufluss benötigt. Der SAG liegt für die Jahre 2016-2018 die Zuflussmenge als 15 Minuten Werte vor. Aus diesen wurde für die Trockenwettertage der 2-h-Mittelwert gebildet und graphisch ausgewertet.

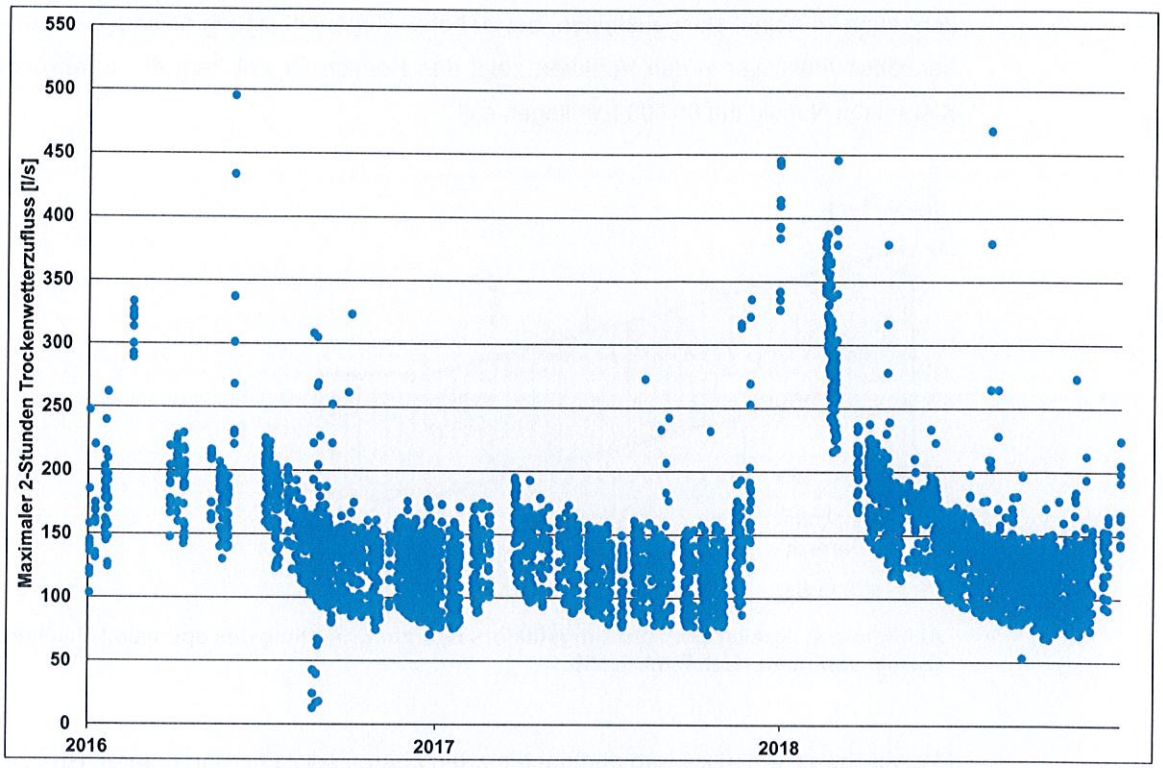


Abbildung 3: Auswertung des maximale 2-Stunden Trockenwetterzufluss (2016-2018)

Aus der Abbildung geht hervor, dass es einige Ausreißer im Bereich des Trockenwetterzuflusses gibt. Der größte Anteil liegt zwischen 75 und 200 l/s. Für die Bemessung wird für $Q_{T,2h,max}$ ein Wert von 250 l/s angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Zuflüsse in den letzten Jahren kaum verändert haben, so dass inkl. der angenommenen Reserve dieser Zufluss weiterhin angesetzt werden kann.

2.2.2 *Berechnung des Mischwasserzuflusses*

Die Berechnung des Mischwasserabflusses erfolgt nach den Vorgaben des DWA Arbeitsblattes A 198. Der Mischwasserabfluss, der von der letzten, der Kläranlage vorgelagerten Mischwasserentlastung zur Kläranlage fließt, errechnet sich aus dem Schmutzwasserzufluss multipliziert mit dem Spreizungsfaktor $f_{S,QM}$ und dem Fremdwasserzufluss. Der Spreizungsfaktor $f_{S,QM}$ kann so festgelegt werden, dass sich ein für die Kläranlagenbelastung und die Niederschlagswasserbehandlung optimaler Mischwasserabfluss einstellt. Bei zu hohem Zufluss zur Kläranlage kann die Ammoniumkon-

zentration im Ablauf stark ansteigen, bei zu hoher Regenentlastung gelangen große Mengen unbehandeltes Abwasser in den Vorfluter. zeigt den Bereich, in welchem der Spreizungsfaktor für die Kläranlage Nagold mit 65.000 EW liegen soll.

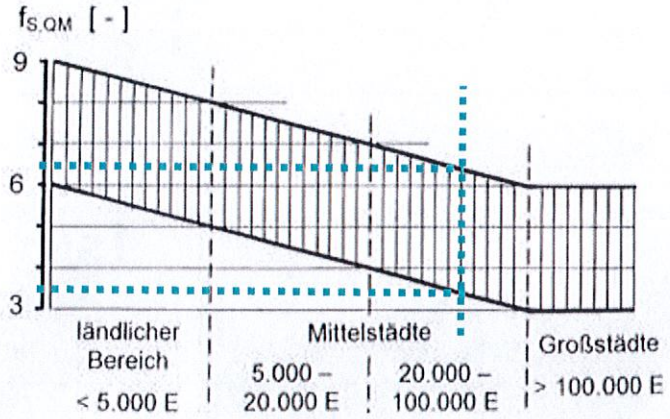


Abbildung 4: Bereich des Spreizungsfaktors $f_{S,QM}$ zur Ermittlung des optimalen Mischwasserabflusses. Quelle: verändert nach DWA-A 198.

Der Mischwasserabfluss wird demnach für den oberen sowie für den unteren Grenzwert berechnet. Außerdem wird der Spreizungsfaktor für den derzeit festgelegten Mischwasserabfluss ermittelt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Berechnung des Mischwasserabflusses Q_M [l/s]

Hydraulik					
Schmutzwasserzufluss	$Q_{S,aM}$	=			56,19 l/s
Fremdwasserzufluss	$Q_{F,aM}$	=			75,62 l/s
Mischwasserzufluss min (laut DWA-A 198)	Q_M	=	$3{,}5\ Q_{s,aM} + Q_{F,aM}$	=	272 l/s
Mischwasserzufluss max (laut DWA-A 198)	Q_M	=	$6{,}5\ Q_{s,aM} + Q_{F,aM}$	=	441 l/s
Mischwasserzufluss IST	Q_M	=	$9{,}0\ Q_{s,aM} + Q_{F,aM}$	=	581 l/s
Mischwasserzufluss NEU 1	Q_M	=	$9{,}33\ Q_{s,aM} + Q_{F,aM}$	=	600 l/s
Mischwasserzufluss NEU 2	Q_M	=	$10{,}04\ Q_{s,aM} + Q_{F,aM}$	=	640 l/s

Der Spreizungsfaktor für den aktuellen Mischwasserabfluss von 581 l/s liegt mit 9,0 schon deutlich über dem von der DWA vorgeschlagenen Bereich. **Mit einer Erhöhung des Mischwasserzuflusses wird der empfohlene Bereich noch weiter überschritten und es wird Regenwasserbehandlung auf der Kläranlage betrieben.**

2.2.3 *Zulauffrachten*

Tabelle 6: CSB-Frachten im Zulauf der Kläranlage [kg/d] inkl. berechnete EW

Parameter	Bezugs-zeitraum	Mittelwert kg/d	85 %-Wert kg/d	Maximum kg/d	$EW_{85\%}$
$B_{d,CSB,ZU}$	2021	4.635	5.727	10.273	49.341
	2022	4.541	5.575	12.346	46.455
	2023	4.527	5.624	9.256	46.870
	2021-2023	**4.567**	**5.673**	**12.346**	**47.276**
$B_{d,CSB,T,ZU}$	2021	4.125	4.782	6.482	39.953
	2022	3.992	4.644	6.077	38.699
	2023	3.911	4.399	6.805	36.660
	2021-2023	**4.018**	**4.602**	**6.805**	**38.350**

Tabelle 7: Gesamtstickstoff-Frachten im Zulauf der Kläranlage [kg/d] inkl. berechnete EW

Parameter	Bezugs-zeitraum	Mittelwert kg/d	85 %-Wert kg/d	Maximum kg/d	$EW_{85\%}$
$B_{d,Nges,ZU}$	2021	447	534	831	52.450
	2022	430	520	817	47.251
	2023	436	518	699	47.093
	2021-2023	**437**	**524**	**831**	**47.660**
$B_{d,Nges,T,ZU}$	2021	408	477	521	44.153
	2022	389	437	604	39.687
	2023	378	408	500	37.079
	2021-2023	**393**	**456**	**604**	**41.477**

Tabelle 8: Gesamtphosphor-Frachten im Zulauf der Kläranlage [kg/d] inkl. berechnete EW

Parameter	Bezugs-zeitraum	Mittelwert kg/d	85 %-Wert kg/d	Maximum kg/d	$EW_{85\%}$
$B_{d,Pges,ZU}$	2021	56	66	97	38.187
	2022	57	68	129	37.695
	2023	55	64	140	35.365
	2021-2023	**56**	**66**	**140**	**36.632**
$B_{d,Pges,T,ZU}$	2021	52	58	77	32.843
	2022	53	60	87	33.227
	2023	51	56	76	30.996
	2021-2023	**52**	**58**	**87**	**32.286**

2.2.4 *Betriebsdaten der biologischen Reinigungsstufe*

Tabelle 9: Temperatur der biologischen Reinigungsstufe [°C]

Parameter	Bezugs-zeitraum	Minimum	Mittelwert	85 %-Quantil	Maximum
		°C	°C	°C	°C
$T_{W,d,BB}$	2021	6,2	11,6	15,2	17,0
	2022	7,0	12,5	16,8	18,2
	2023	8,2	12,9	16,7	19,2
	2021-2023	**6,2**	**12,3**	**16,1**	**19,2**
$T_{W,d,2WM,BB}$	2021	7,7	11,6	15,3	15,8
	2022	7,8	12,5	16,6	17,7
	2023	9,0	12,9	16,8	17,8
	2021-2023	**7,7**	**12,3**	**16,0**	**17,8**

Tabelle 10: TS-Gehalt in der biologischen Reinigungsstufe [g/l]

Parameter	Bezugs-zeitraum	Minimum	Mittelwert	85 %-Quantil	Maximum
		g/l	g/l	g/l	g/l
TS_{BB}	2021	1,8	3,9	4,4	6,9
	2022	2,1	4,1	4,6	5,7
	2023	2,1	4,0	4,4	5,9
	2021-2023	**1,8**	**4,0**	**4,5**	**6,9**

Tabelle 11: Schlammindex in der biolog. Reinigungsstufe aus BT und als 2 Wochen-Mittelwert [ml/g]

Parameter	Bezugs-zeitraum	Minimum	Mittelwert	85 %-Quantil	Maximum
		ml/g	ml/g	ml/g	ml/g
ISV_{BB}	2021	67,0	94,7	116,4	150,0
	2022	47,0	88,0	110,4	129,0
	2023	54,0	79,5	95,0	114,0
	2021-2023	**47,0**	**87,4**	**107,0**	**150,0**
$ISV_{BB,2WM}$	2021	74,1	94,7	119,5	131,8
	2022	57,0	87,9	109,5	115,4
	2023	62,9	79,4	95,1	106,4
	2021-2023	**57,0**	**87,4**	**105,8**	**131,8**

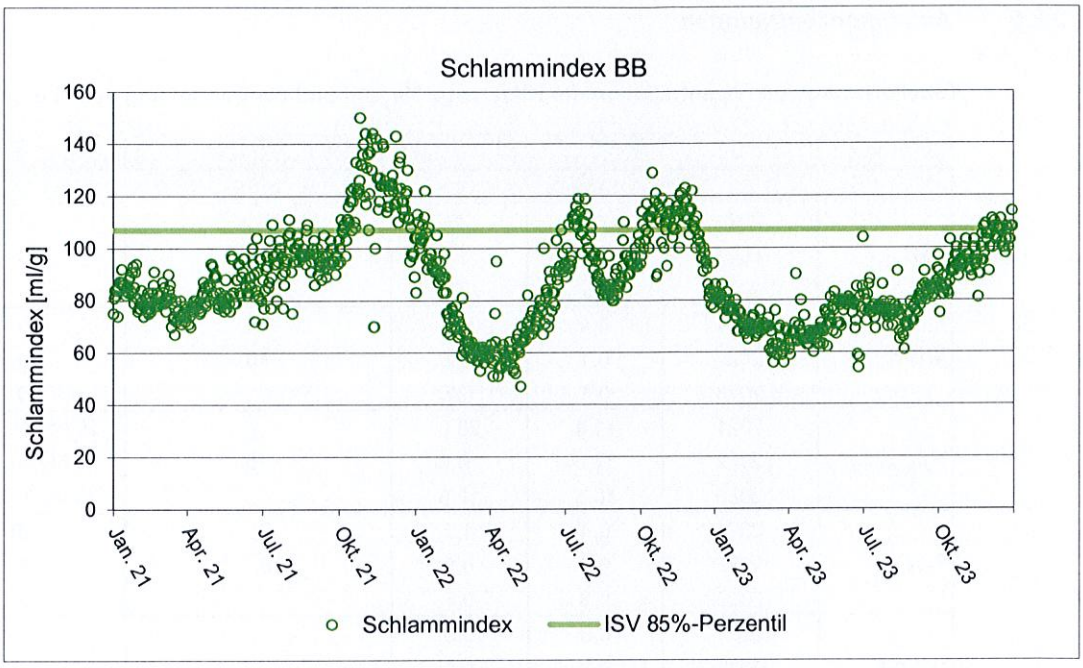


Abbildung 5: Verlauf des Schlammindex im Belebungsbecken (2021-2023)

Aus der Abbildung und der Tabelle geht hervor, dass sich der Schlammindex im Jahr 2023 stabilisiert hat und im Gegensatz zu den an Jahren 2021 und 2022 verringert hat. Das kann damit zusammenhängen, dass in den Jahren 2021 und 2022 jeweils ein Nachklärbecken außer Betrieb war und umgebaut wurde. Dementsprechend war kein stabiler Betrieb über das gesamte Jahr möglich. Im Jahr 2023 waren die Becken wieder ganzjährig in Betrieb.

Aufgrund des Umbaus wird für die Bemessung der biologischen Stufe der 85 %-Wert aus dem Jahr 2023 mit 95 ml/g angesetzt.

2.2.5 *Ablaufkonzentrationen*

Tabelle 12: Ablaufkonzentrationen der Kläranlage Nagold und die Darstellung der Überschreitungen

Parameter	Jahr	Mittelwert	Maximum	gesetzlicher Grenzwert	Überschreitungen
		mg/l	mg/l	mg/l	
CSB	2021	19	38	37	1
	2022	19	37		0
	2023	15	36		0
NH_4-N	2021	0,4	4,9	10	0
	2022	0,1	1,2		0
	2023	0,1	0,7		0
$N_{ges.,anorg.}$	2021	11,4	20,6	15	29 bei T> 12 °C
	2022	11,6	19,3		39 bei T> 12 °C
	2023	10,3	19,5		25 bei T> 12 °C
P_{ges}	2021	0,4	1,2	0,7	19
	2022	0,4	0,9		6
	2023	0,3	0,7		2
ortho-P	2021	0,3	0,9		
	2022	0,3	0,5		
	2023	0,2	0,5		

2.2.6 *Ermittlung Prozessfaktor*

Zur Bestimmung des Prozessfaktors auf der Kläranlage Nagold wurde der Stickstoffstoßfaktor f_N aus der 2h-Mischproben ermittelt.

Tabelle 13: Messreihe des Stoßfaktors f_N

Datum	Stoßfaktor f_N
08.03.2022	1,63
09.03.2022	1,57
10.03.2022	1,63
11.03.2022	2,03
13.03.2022	1,75
14.03.2022	1,89
15.03.2022	1,74
16.03.2022	1,55
17.03.2022	1,79
18.03.2022	1,41
19.03.2022	1,94
20.03.2022	1,60
21.03.2022	1,67
23.03.2022	1,78
Mittelwert	**1,71**

Mit einem mittleren Stoßfaktor von 1,71 und einem Ammoniumgrenzwert von 10 mg/l im Ablauf der Kläranlage wird nach DWA-A 131 ein Prozessfaktor von 1,5 für die Bemessung angesetzt.

Da in der Probenahme die Rückbelastung nicht enthalten ist wird der ermittelte Wert angehoben. Die Rückbelastung beträgt nach DWA-A 131 (2016) ca. 15 %, so dass der Prozessfaktor auch um diese Prozentzahl angehoben wird. An dieser Stelle wird somit mit einem Prozessfaktor von 1,7 gerechnet.

2.3 Bemessungsgrundlagen

2.3.1 Bevölkerungsentwicklung

Das statistische Landesamt Baden-Württemberg gibt für die Stadt Nagold folgende Bevölkerungsentwicklung zwischen 2020 und 2040 an:

Tabelle 14: Bevölkerungsentwicklung Stadt Nagold (Quelle: Statistisches Landesamt BW)

Jahr	Stadt Nagold
2020	22.672
2021	22.717
2022	22.751
2023	22.784
2024	22.819
2025	22.856
2026	22.895
2027	22.935
2028	22.977
2029	23.018
2030	23.056
2031	23.094
2032	23.130
2033	23.165
2034	23.199
2035	23.231
2036	23.262
2037	23.292
2038	23.319
2039	23.345
2040	23.368
Entwicklung 2020-2040 [%]	**3,07**

Für die Nachbemessung im Rahmen der Studie wird eine Erhöhung der Zulauffrachten um 5 % angesetzt.

2.3.2 *Biologische Stufe*

Ausgehend von den ermittelten Betriebsdaten ist die Kläranlage Nagold mit folgenden Betriebsparamatern zu überrechnen:

Tabelle 15: Bemessungsgrundlage

	Dim	Bemessungswert	entsprechende EW
Hydraulische Belastung			
Trockenwetterabfluss	m³/d	11.729	
Trockenwetterabfluss	l/s m³/h	373,5 1.345	
Mischwasserabfluss	l/s m³/h	581 2.092	
Zulauffrachten inkl. 5 % Bevölkerungsprognose			
CSB	kg/d	5.957	49.640
N_{ges}	kg/d	550	50.000
P_{ges}	kg/d	69	38.500
Biologische Stufe			
Rückbelastung Ammonium	kg/d	82,5	
TS_{BB} (Mittelwert)	g/l	4,0	
ISV (85-% Wert 2023)	ml/g	95,0	

3. BEMESSUNG DER VORHANDENEN KLÄRANLAGE

3.1 Nachklärung

Die Überrechnung erfolgt nach den Vorgaben aus dem Arbeitsblatt A 131 der DWA „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen" vom Juni 2016.

Grundlage bilden die zusammengestellten Daten aus Tabelle 15.

Prozessfaktor PF (bei NH_4-N GW von 10 mg/l):	1,7 (vgl. Kapitel 0)
Eindickzeit t_E:	2,0 h
Rücklaufverhältnis:	0,62
Volumenanteil der Denitrifikation (V_D/V_{BB}):	0,40

Tabelle 16: Nachbemessung der beiden runden Nachklärbecken

Eingangsdaten		**NKB 1**	**NKB 2**		
Bemessungszufluss gesamt	Q_M	581		[l/s]	
Bemessungszufluss je Becken	$Q_{M,NKB}$	291	291	[l/s]	
Oberfläche NKB	A_{NKB}	1.125	1.125	[m²]	
Schlammindex	ISV	95	95	[ml/g]	
Eindickzeit	t_E	2,0	2,0	[h]	
TS-Gehalte					
TS im Bodenschlamm	TS_{BS}	13,3	13,3	[kg/m³]	
TS im Rücklaufschlamm	TS_{RS}	9,9	9,9	[kg/m³]	
Rücklaufverhältnis	RV	0,62	0,62	[-]	
TS im Belebungsbecken	TS_{BB}	3,8		[kg/m³]	Max.-Wert
Resultierende Belastung des Nachklärbeckens					
Oberflächenbeschickung	q_A	0,93	0,93	[m/h]	SOLL < 1,60
Vergleichsschlammvolumen	VSV	362	362	[ml/l]	
Schlammvolumenbeschickung	q_{SV}	336	336	[l/m²*h]	SOLL < 500
Nachweis der Beckentiefe					
Klarwasserzone	h_1	0,50	0,50	[m]	
Übergangs- und Pufferzone	$h_{2,3}$	1,67	1,67	[m]	
Eindick- und Räumzone	h_4	0,86	0,86	[m]	
Gesamthöhe	h_{ges}	**3,04**	**3,04**	**[m]**	
vorhande Tiefe		**3,05**	**3,05**	**[m]**	

3.2 Belebungsbecken

Tabelle 17: Nachbemessung der Belebungsbecken mit vorgeschalteter Denitrifikation

Zulauf Belebung					
$Q_{konz.}$				**11.729**	**[m³/d]**
CSB	330,11	[mg/l]	→	3.872	[kg/d]
S_{CSB}	178,43	[mg/l]	→	2.093	[kg/d]
X_{CSB}	151,68	[mg/l]	→	1.779	[kg/d]
TS	118,50	[mg/l]	→	1.390	[kg/d]
N	49,25	[mg/l]	→	578	[kg/d]
P	5,31	[mg/l]	→	62	[kg/d]
Bemessungstemperatur	12	°C			
Erforderliches Schlammalter	12,9	d			
Stickstoffbilanz					
$S_{orgN,AN}$	2,00	[mg/l]	→	23,46	[kg/d]
$S_{NH4,AN}$	0,00	[mg/l]	→	0,00	[kg/d]
$S_{NO3,AN}$	12,00	[mg/l]	→	140,75	[kg/d]
$X_{orgN,BM}$	4,58	[mg/l]	→	53,72	[kg/d]
$X_{orgN,inert}$	2,07	[mg/l]	→	24,23	[kg/d]
$S_{NO3,ZB}$	0,00	[mg/l]	→	0,00	[kg/d]
zu nitrifizierender Stickstoff:	40,61	[mg/l]	→	476,31	[kg/d]
zu denitrifizierender Stickstoff:	28,61	[mg/l]	→	335,56	[kg/d]
Phosphorbilanz					
Phosphor ÜW:	0,3	[mg/l]			
$C_{P,ZB}$	5,31	[mg/l]			
$C_{P,AN}$	0,18	[mg/l]			
$X_{P,BM}$	1,65	[mg/l]			
$X_{P,BioP}$	0,66	[mg/l]			
$X_{P,Fäll}$	2,82	[mg/l]		Fällmittel:	Al+FeCl3
Schlammproduktion				**externer Kohlenstoff**	
$ÜS_{d,C}$	1.476	[kg/d]	$C_{CSB,\ dos}$	**6 mg/l**	
$ÜS_{d,P}$	248	[kg/d]		**$OV_{C,D}$ / (2,86*$S_{NO3,D}$)**	
$ÜS_d$	1.745	[kg/d]	x	1,00 [-]	
Belebungsbecken			**Vorhanden**		
TS_{BB}	3,81	[g/l]			
$M_{TS,BB}$	22.555	[kg]			
V_{BB}	**5.920**	**[m³]**	**6.088 [m³]**		
V_{DN}	2.368	[m³]	**2.440** [m³]		
V_N	3.552	[m³]	**3.648** [m³]		
V_{DN}/V_{BB}	0,40	[-]	**Denitrifikationstyp**		
Prozessfaktor PF	1,70	[-]	vorgeschaltete Denitrifikation		
Rückführverhältnis RF	2,38	[-]			

3.3 Fazit der Bemessung

Die vorhandenen beiden Nachklärbecken sind für einen Mischwasserzufluss von 581 l/s bis zu einem TS_{BB} von 3,81 g/l nachweisbar. Dieser liegt etwas unter dem vorhandenen mittleren TS-Gehalt von 4,0 g/l (vgl. Tabelle 10).
Die klärtechnischen Anforderungen aus dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016) werden mit den vorhandenen Nachklärbecken erfüllt. Weiterhin ist erkennbar, dass mit dem gewählten Rücklaufverhältnis keine weiteren Reserven in der Nachklärung vorhanden sind, so dass das Rücklaufverhältnis mit den vorherrschenden Bedingungen maximal bei 0,62 liegen sollte. Laut Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 131 (2016) sollte das Rücklaufverhältnis für horizontal durchströmte Nachklärbecken bei maximal 0,75 liegen, so dass diese Vorgaben erfüllt werden.

Aus dem klärtechnischen Nachweis der Belebung geht hervor, dass im Prognosefall noch Reserven von 168 m³ (ca. 3 %) vorhandenen sind. Des Weiteren geht aus der Bemessung hervor, dass zur Erreichung der Stickstoffablaufwerte ein kleiner Anteil an C-Quelle in die Denitrifikation dosiert werden sollte. Ein gewisser Anteil an CSB wird derzeit über die Teilumfahrung der Vorklärung in die Denitrifikation geführt. Dieser Strom wird jedoch nur mengentechnisch, aber nicht konzentrationstechnisch erfasst und es findet vor der Belebung keine weitere Probenahme statt, so dass dieser Anteil in der Bemessung nicht berücksichtigt werden kann. Im Rahmen der Bemessung wurde der Abbau der Vorklärung mit Hilfe der Angaben aus dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016) über die Aufenthaltszeit in der Vorklärung ermittelt.

Des Weiteren wird ersichtlich, dass eine Rückführung (RF) von 2,38 erforderlich ist. Bei einem Rückführverhältnis (RV) des Rücklaufschlamms von 0,62 sollte über die Rezirkulation somit die 1,76 fache der Trockenwettermenge ($Q_{T,2h,max}$) zurückgeführt werden. Bei einem angenommenen maximalen 2-Stunden-Trockenwetterzufluss von 250 l/s muss eine maximale Menge von **250 x 1,76 =440 l/s als Kreislaufschlamm** zurückgefördert werden. Steigt die Zulaufmenge wird die Menge der Rezirkulation wieder reduziert, da es bei steigendem Zulauf zu Verdünnungen durch Regenwasser kommt und durch den Rücklaufschlamm Nitrat zurückgefördert wird.

Der Abzug der Rücklaufschlammströme und des Rezirkulationsstromes findet jeweils mit Hilfe von Regelschiebern und Durchflussmessungen statt.

4. SCHWACHSTELLENERMITTLUNG

Aus der Auswertung der Ablaufkonzentrationen geht hervor, dass der Grenzwert des anorganischen Stickstoffs teilweise überschritten wird (vgl. Tabelle 12). Es wird davon ausgegangen, dass zu wenig Nitrat in die Denitrifikationszone zurückgeführt wird und gleichzeitig gegebenenfalls zu viel CSB in der Vorklärung bereits eliminiert wird, so dass in der Denitrifikation zu wenig CSB vorhanden ist der mit dem Nitrat oxidiert werden kann. Somit kann das Nitrat nicht denitrifiziert werden. Aufgrund dessen wird im Rahmen der Studie auch die Rückführung von Rücklauf- und Kreislaufschlamm mit betrachtet, da sich die erforderlichen Mengen bei einer Erhöhung des Zuflusses ebenfalls verändern. Des Weiteren haben diese beiden Ströme Einfluss auf die Hydraulik der Kläranlage.

Die Rezirkulation und der Rücklaufschlamm werden über einen prozentualen Faktor zur Zulaufmenge zurückgefördert. Der Faktor wird händisch auf die Abwassermenge angepasst.

Durch die Erhöhung des Wasserspiegels in den Nachklärbecken und somit auch im Gerinne zwischen den Belebungsbecken und den Nachklärbecken können mittlerweile bei Mischwasserzufluss (581 l/s) ca. 2 x 215 l/s an Rücklaufschlamm und 165 l/s an Rezirkulation zurückgeführt werden. Das Rücklaufverhältnis liegt dementsprechend bei 0,74 und die Rezirkulation bei 0,29. Das Rücklaufverhältnis liegt oberhalb des erforderlichen Rücklaufverhältnisses von 0,62.

Aktuell wird im Trockenwetterfall ca. 50 % der Zulaufmenge über die Rezirkulation und ca. 100 % der Zulaufmenge über den Rücklaufschlamm in die Denitrifikation zurückgefördert.
Aus der Bemessung geht hervor, dass zur Einhaltung der Grenzwerte eine Rückführung (RF) von 2,38 erforderlich wird. Dieser Wert bezieht sich auf den maximalen 2-h Trockenwetterzufluss. Dieser wird mit 250 l/s angenommen (vgl. Kapitel 2.2.1).

Bei einem Rücklaufverhältnis RV von 0,62 muss dementsprechend die Rezirkulation mit 1,76 gefahren werden. Daraus ergeben sich für den maximalen 2h-Trockenwetterzufluss Fördermengen von:

Rücklaufschlamm:	$0{,}62 \times Q_{T,2h,max} = 0{,}62 \times 250$ l/s	= 155 l/s
Rezirkualtion:	$1{,}76 \times Q_{T,2h,max} = 1{,}76 \times 250$ l/s	= 440 l/s
Gesamte Rückführung RF:		= 595 l/s

Das Rücklaufverhältnis soll bei jedem Zufluss bei 0,62 liegen. Der Rezirkulationsstrom wird mit steigendem Zufluss ab dem maximalen 2h-Trcokenwetterzufluss sukzessive reduziert, so dass sie Summe aus Rücklaufschlamm und Rezirkulation immer 595 l/s ergibt.

Dementsprechend geht hervor, dass im Trockenwetterfall zu wenig Nitrat in die Denitrifikation zurückgefördert wird.

Die Rückführung sollte automatisiert werden, so dass die Rücklaufschlamm- und die Rezirkulationsförderung an die vorhandenen Zuflüsse angepasst wird und ausreichend Nitrat zurückgefördert werden kann. In diese Regelung kann zusätzlich noch die Nitrat-Messung im Ablauf der Denitrifikation aufgeschaltet werden.

Der Rücklaufschlamm und der Rezirkulationsstrom werden über eine gemeinsame Leitung DN 700 in die Denitrifikation zurückgeführt. Zu Beginn des Projektes wurde davon ausgegangen, dass die Leitung für den erforderlichen Durchfluss zu klein ist. Durch Versuche vor Ort und die Anhebung des Wasserspiegels in den Nachklärbecken und in dem Zulaufgerinne zu den Nachklärbecken kann bestätigt werden, dass die Leitung ausreichend groß dimensioniert ist und so erhalten bleiben kann.

Des Weiteren kommt es zum Einstau der Schwellen der beiden Vorklärbecken bei Mischwasserzufluss sowie zum Einstau der Schwelle am Ende der Denitrifikation.

Die Zuführung des Rücklauf- und Kreislaufschlamms findet im Verbindungsschacht nach der Vorklärung statt. Auch hier kommt es augenscheinlich nach zu großen hydraulischen Verlusten.

Ebenso werden hohe hydraulische Verluste in der Leitung zwischen den Denitrifikationsbecken und Zwischenhebewerk beobachtet. Die Schwelle am Ende der Denitrifikation ist bei Mischwasserzufluss eingestaut. In vor Ort Versuchen wurde versucht diesen Einstau zu eliminieren in dem eine weitere Hebeschnecke im Zwischenhebewerk dazugeschaltet wurde. Dies hat dazu geführt, dass der Wasserspiegel im Pumpensumpf abgesunken ist, jedoch die Schwelle an der Denitrifikation nicht frei wurde. Somit wird davon ausgegangen, dass die Leitung hydraulisch zu klein ist.

Im Rahmen der Studie Erhöhung Zulaufmenge werden die gesamten Leitungen mit betrachtet und hydraulisch überrechnet.

5. VARIANTENBETRACHTUNG

Der Zulauf soll bis zu einem Wert von 640 l/s erhöht werde. Dafür werden drei verschiedene Zulaufmengen betrachtet:

- Q_M = 581 l/s (derzeitig genehmigter Mischwasserzufluss)
- Q_M = 600 l/s
- Q_M = 640 l/s

Aufgrund der hohen Stickstoffwerte wird im Rahmen der Zulauferhöhung auch die Denitrifikation mitbetrachtet.

Für die Bearbeitung werden folgende Varianten untersucht:

1. Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation mit 581 l/s
2. Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation mit 600 l/s
3. Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation mit 640 l/s
4. Umstellung auf intermittierende Denitrifikation mit 581 l/s
5. Umstellung auf intermittierende Denitrifikation mit 600 l/s
6. Umstellung auf intermittierende Denitrifikation mit 640 l/s
7. Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation mit 581 l/s
8. Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation mit 600 l/s
9. Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation mit 640 l/s
10. Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation mit 581 l/s
11. Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation mit 600 l/s
12. Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation mit 640 l/s

Der Neubau der beiden Belebungsbeckenstraßen soll zwischen der Belebungsbeckenstraße 4 und der Nachklärung 1 erfolgen. Das vorhandene DN-Becken wird in den Varianten 7-9 als BioP-Becken betrieben, sodass nur der Rücklaufschlamm zurückgeführt werden muss. Die Rezirkulation erfolgt bei vorgeschalteter Denitrifikation (Varianten 7-9) nur im „oberen" Bereich der Belebungsbecken und der Rezirkulationsstrom muss nicht mit dem Zwischenhebewerk angehoben werden.

Für alle zwölf Varianten wird die Bemessung der Kläranlage nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016) durchgeführt.

5.1 Ergebnisse der Überrechnung der Kläranlage für unterschiedliche Zuflüsse

Die Überrechnung der Kläranlage wird mit einer Belastungsprognose von 5 % durchgeführt.

Tabelle 18: Ergebnisse der Überrechnung bei einem Mischwasserzufluss von 581 l/s

		Mischwasserzufluss 581 l/s inkl. 5 % Bevölkerungszuwachs			
		Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation	Umstellung auf intermittierende Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation
Vorhandenes Belebungsbeckenvolumen	m³	6.088	6.088	5.472	7.912
Erforderliches Schlammalter	d	12,9	12,5	11,9	15,5
V_D/V_{BB}	-	0,40	0,38	0,35	0,5
TS-Gehalt Biologie	g/l	3,81	3,81	3,81	3,81
Dosierung C-Quelle	mg/l	6	57	17	24
	kg/d	70,4	668,6	199,4	281,5
Taktdauer	h		7,33		9,29
Rückführverhältnis (RF)	-	2,38	2,32	2,35	2,41
Rücklaufverhältnis (RV)	-	0,62	0,62	0,62	0,62
erforderliches Rezirkulation (RZ)	-	1,76		1,73	
erforderliches Belebungsbeckenvolumen	m³	5.920	6.073	5.392	7.012

Tabelle 19: Ergebnisse der Überrechnung bei einem Mischwasserzufluss von 600 l/s

		Mischwasserzufluss 600 l/s inkl. 5 % Bevölkerungszuwachs			
		Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation	Umstellung auf intermittierende Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation
Vorhandenes Belebungsbeckenvolumen	m³	6.088	6.088	5.472	7.912
Erforderliches Schlammalter	d	12,9	12,1	11,1	15,5
V_D/V_{BB}	-	0,4	0,36	0,3	0,50
TS-Gehalt Biologie	g/l	3,73	3,73	3,73	3,73
Dosierung C-Quelle	mg/l	6	63	28	24
	kg/d	70,4	738,9	328,4	281,5
Taktdauer	h		7,36		9,29
Rückführverhältnis (RF)	-	2,38	2,31	2,32	2,41
Rücklaufverhältnis (RV)	-	0,60	0,60	0,60	0,60
erforderliches Rezirkulation (RZ)	-	1,78		1,72	
erforderliches Belebungsbeckenvolumen	m³	6.047	6.081	5.248	7.163

Tabelle 20: Ergebnisse der Überrechnung bei einem Mischwasserzufluss von 640 l/s

		Mischwasserzufluss 640 l/s inkl. 5 % Bevölkerungszuwachs			
		Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation	Umstellung auf intermittierende Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation	Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation
Vorhandenes Belebungsbeckenvolumen	m³	6.088	6.088	5.472	7.912
Erforderliches Schlammalter	d	12,9	11,1	10,3	15,5
V_D/V_{BB}	-	0,40	0,30	0,25	0,50
TS-Gehalt Biologie	g/l	3,53	3,53	3,53	3,53
Dosierung C-Quelle	mg/l	6	80	40	24
	kg/d	70,4	938,3	469,2	281,5
Taktdauer	h		7,45		9,29
Rückführverhältnis (RF)	-	2,38	2,27	2,29	2,41
Rücklaufverhältnis (RV)	-	0,55	0,55	0,55	0,55
erforderliches Rezirkulation (RZ)	-	1,83		1,74	
erforderliches Belebungsbeckenvolumen	m³	6.389	6.078	5.312	7.568

Aus der Überrechnung der Kläranlage für die zwölf verschiedenen Varianten wird deutlich, dass das Belebungsbeckenvolumen für alle Varianten bis auf die Variante Beibehaltung der vorgeschalteten Denitrifikation bei einem Zufluss von 640 l/s ausreichend groß ist.

Des Weiteren wird deutlich, dass für die Varianten mit intermittierender Denitrifikation deutlich mehr externe C-Quelle zugegeben werden muss, als bei den Varianten mit vorgeschalteter Denitrifikation. Wie in Kapitel 3.3 erwähnt, wird derzeit CSB über die Teilumfahrung der Vorklärung der Denitrifikation zugeführt. Die vorbeigeführte Wassermenge wird erfasst nicht jedoch die Konzentrationen in diesem Teilstrom, so dass für die Elimination in der Vorklärung weiterhin die Eliminationsleistung nach DWA-A 131 (2016) angesetzt wird. Real kann die Teilumfahrung dazu führen, dass weniger externe C-Quelle zugegeben werden muss als in der Bemessung erforderlich ist.

5.2 Erkenntnisse der Wasserspiegelmessungen bei Mischwasserzufluss

Um die hydraulischen Gegebenheiten bei Mischwasserzufluss beurteilen zu können wurde am 24.01.2024 auf der Kläranlage Nagold ein Mischwasserzufluss getestet. Das Regenüberlaufbecken wurde befüllt und zusätzlich zum eigentlichen Zulauf entleert. Folgende Mengen wurden erfasst:

- Zulaufmenge: 557 l/s
- Rücklaufschlamm 1: 212 l/s
- Rücklaufschlamm 2: 212 l/s
- Rezirkulationsmenge: 185 l/s

Der Wasserspiegel in den Becken und Schächten zwischen Zulauf Vorklärbecken und Pumpensumpf Zwischenhebewerk wurden aufgenommen.
Bei den vorhandenen Zuflüssen war das Vorklärbecken komplett überstaut und hatte eine Wasserfläche. Zusätzlich war die Ablaufschwelle der Denitrifikationsbecken eingestaut.
Im Zwischenhebewerk waren drei Hebeschnecken (die beiden kleinen Schnecken und eine große Schnecke) aktiv.

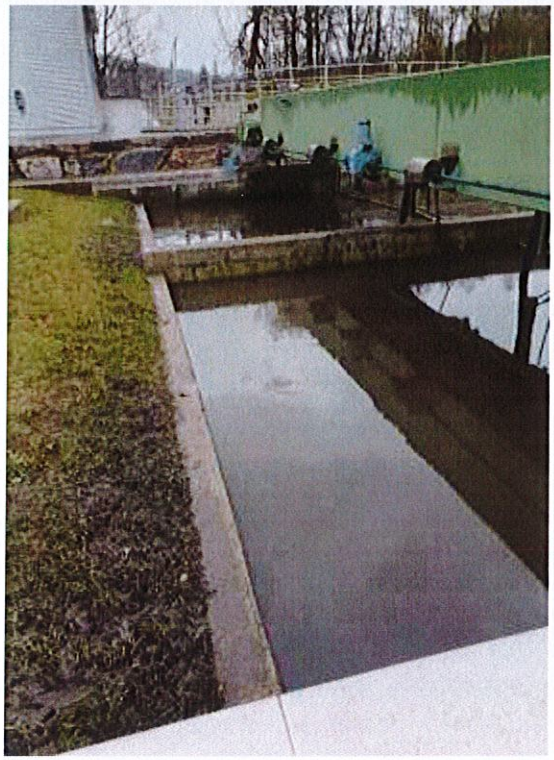
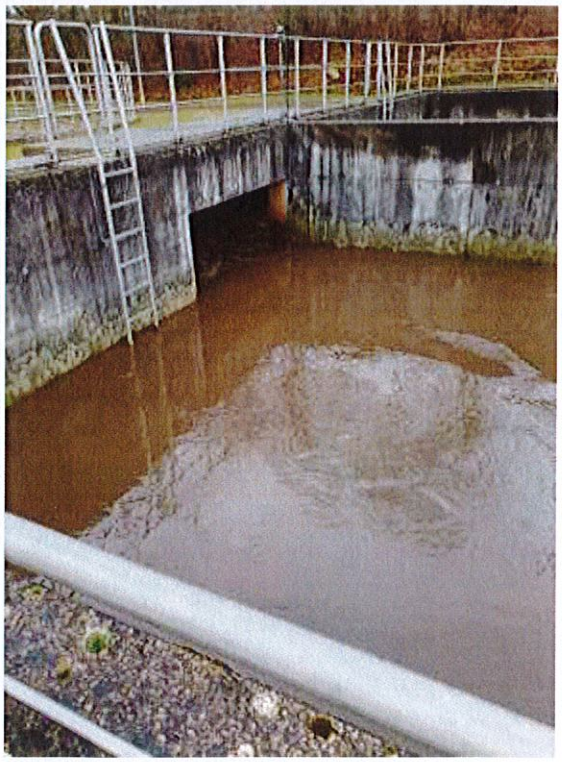



Abbildung 6: Wasserspiegel Ablauf Vorklärung (links) und Ablauf Denitrifikation (rechts)

Auffällig an den Messungen war ein Wasserspiegelunterschied zwischen dem Verbindungsschacht von Rücklaufschlamm, Rezirkulation und Ablauf Vorklärung zu den Denitrifikationsbecken. Das Wasser fließt aus dem Schacht in eine Leitung DN 900 und teilt sich im anschließenden Gerinne über eine mittig angeordnete Trennwand auf die beiden Denitrifikationsbecken auf. Die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Verbindungsschacht und den Denitrifikationsbecken lag bei 50 cm.

Im Nachgang wurde überprüft, ob der Schieber vor der Rohrleitung DN 900 komplett geöffnet ist und ob im Gerinne ggf. Verzopfungen oder andere Materialien liegen, die den hydraulischen Verlust erzeugen. Bei der Überprüfung wurde festgestellt, dass der Schieber komplett geöffnet ist sich jedoch kiloweise Verzopfungen an der Trennwand gebildet hatten, die bis in die Rohrleitung DN 900 hineingeragt haben. Diese wurden vom Betriebspersonal entfernt und erneut bei folgenden Zulaufmengen die Wasserspiegeldifferenz gemessen:

- Zulaufmenge: 540 l/s
- Rücklaufschlamm 1: 215 l/s
- Rücklaufschlamm 2: 215 l/s
- Rezirkulationsmenge: 165 l/s

Dies entspricht in etwa den Voraussetzungen vom 24.01.2024 (Fehlmenge: 31 l/s). Die Wasserspiegeldifferenz lag nun nur noch bei 30 cm. Die Vorklärung war nicht mehr komplett überstaut, sondern die Zahnschwelle war lediglich knapp eingestaut.

Im Nachgang soll die Trennwand ca. 20-30 cm gekürzt werden, so dass die Aufteilung erst im Gerinne stattfindet und es wird erneut die Wasserspiegeldifferenz gemessen.

Laut den Aussagen des Betriebspersonals wurde bereits versucht bei Mischwasserzufluss im Zwischenhebewerk zwei große Hebeschnecken und eine kleine Hebeschnecke laufen zu lassen. Damit kann der Einstau der Schwelle an den Denitrifikationsbecken ggf. eliminiert werden. Dieser Betrieb führt dazu, dass das Wasser im Pumpensumpf absinkt, jedoch über den 900er Zulaufkanal zum Hebewerk nicht ausreichend Wasser nachläuft. Augenscheinlich nach, ist die bestehende Rohrleitung für den genehmigten Abwasserzufluss zu klein. Das Absenken des Wasserspiegels im Pumpensumpf führt zum Stromanstieg, da die Förderhöhe der Pumpe somit zunimmt. Aufgrund dessen findet bei Mischwasserzufluss weiterhin der Betrieb von zwei kleinen Hebeschnecken und einer großen Hebeschnecke statt.

5.3 Erkenntnisse aus der hydraulischen Berechnung

Im Rahmen der Studie soll über eine hydraulische Berechnung mit dem Programm HYBEKA die komplette Kläranlage überrechnet werden. Zusätzlich soll mit den erhöhten Zuflüssen überprüft werden, ob diese über die bestehende Kläranlage geleitet werden können bzw. welche Maßnahmen notwendig sind, damit der Zufluss erhöht werden kann.

Die gemessenen Wasserspiegel vor Ort entsprechen nicht den ermittelten über das Programm HYBEKA. Es wird davon ausgegangen, dass die Bestandspläne unzureichend genau sind, so dass die reellen Verhältnisse nicht abgebildet werden können.

Das Programm kann somit im derzeitigen Zustand nicht für die Maßnahmenfindung herangezogen werden.

Derzeit wird die komplette Kläranlage inkl. der Rohrsohlen von einem Vermesser aufgenommen. Wenn die Ergebnisse vorliegen, kann das Programm angepasst und ggf. zur Maßnahmenfindung herangezogen werden.

5.4 Zwischenfazit

Aus der Überrechnung der Kläranlage nach dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016) geht hervor, dass durch die Anpassung des Rücklaufverhältnisses die Kläranlage mit der jetzigen Fahrweise und einer Belastungsprognose von 5 % maximal mit einer Zulaufwassermenge von 600 l/s nachgewiesen werden kann. Das Belebungsbeckenvolumen wäre für den Zufluss von 640 l/s zu klein. In diesem Fall muss das Rücklaufverhältnis reduziert werden, wodurch sich ein kleinerer TS-Gehalt in der Biologie einstellt. Dies führt dazu, dass das Beckenvolumen zu klein ist. Oft sind die Nachklärbecken leistungsstärker als aus der Bemessung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 131 (2016) ermittelt wird. Dies kann jedoch nicht beziffert werden.

Des Weiteren wird aus der Bemessung ersichtlich, dass eine C-Quelle zur Unterstützung der Denitrifikation dazugegeben werden sollte.

Aus den Erkenntnissen der vor-Ort Begehung und den Beobachtungen des Betriebspersonals geht hervor, dass es bereits bei dem Mischwasserzufluss von 581 l/s zu hydraulischen Engpässen auf der Kläranlage kommt. So dass auch ohne eine Zulauferhöhung Maßnahmen auf der Kläranlage Nagold anstehen.

Der Einstau der Schwellen an den Denitrifikationsbecken kann ggf. durch eine zweite Ablaufleitung eliminiert werden. Wenn ausreichend Wasser abfließen kann können auch zwei große Hebeschnecken und eine kleine Hebeschnecke betrieben werden, so dass das Wasser nicht zurückstaut. Des Weiteren sind die Ablaufschwellen an den Denitrifikationsbecken sehr kurz was bei hohen Wassermengen zu einer großen Überfallhöhe führt. Somit steigt der Wasserspiegel im Becken an, was sich wiederum auf den Wasserspiegel in der Vorklärung auswirkt. Mit dem Einbau von Schwellen über die gesamte Beckenbreite kann dem entgegengewirkt werden.

5.5 Variante 1-2: Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation

Bei diesen Varianten wird vorgesehen die Kläranlage weiterhin mit vorgeschalteter Denitrifikation zu betreiben. Der Rücklaufschlamm und die Menge an Rezirkulation muss weiterhin in das Denitrifikationsbecken gefördert werden. Das ankommende Abwasser sowie die gesamte Menge an Rücklaufschlamm und Rezirkulation muss anschließend mit dem Zwischenhebewerk angehoben werden. Die Variante 3 mit einer Erhöhung der Zulaufmenge auf 640 l/s ist rechnerisch nicht nachweisbar (vgl. Tabelle 20), so dass diese Variante nicht weiterbetrachtet wird.

Für die beiden Zuflüsse wird vorgesehen, dass jeweils eine neue Ablaufschwelle mit Ablaufgerinne in den beiden Denitrifikationsbecken installiert wird. Zusätzlich wird eine zweite Leitung zum Zwischenpumpwerk verlegt und eine C-Quellendosierung installiert. Es wird vorgesehen im Bereich der Fällmitteltanks einen weiteren Tank für die C-Quelle zu errichten. Somit kann ebenso wie beim Fällmittel die Dosierstation im Keller des Betriebsgebäudes aufgestellt werden. Des Weiteren kann die vorhandene Abtankplatte zur Anlieferung der C-Quelle ebenso genutzt werden.

Dies führt zu folgenden Investitions- und Betriebskosten:

Tabelle 21: Investitionskosten Variante 1 und 2 (Bestand mit vorgeschalteter Denitrifikation)

	Variante 1 *Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 2** *Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s*
	[€]	[€]
Bau (netto):	926.000	926.000
Maschine + Verf. (netto):	269.000	269.000
EMSR (netto):	85.000	85.000
Summe (netto):	**1.280.000**	**1.280.000**
Nebenkosten: 25%	*320.000*	*320.000*
Summe inkl. Nebenkosten	1.600.000	1.600.000
MwSt.: 19%	*304.000*	*304.000*
Summe (brutto):	**1.904.000**	**1.904.000**

Tabelle 22: Betriebskosten Variante 1 und 2 (Bestand mit vorgeschalteter Denitrifikation)

Betriebskosten		**Variante 1** *V1 Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 2** *V2 Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s*
Strombedarf Zwischenhebewerk	[€/a]	118.400	118.700
Strombedarf Belüftung	[€/a]	110.700	110.700
Strombedarf Rezirkulationspumpwe	[€/a]	-	-
C-Quelle	[€/a]	27.500	27.500
Wartung und Instandhaltung	[€/a]	11.800	11.800
Summe Betriebskosten (brutto)	**[€/a]**	**268.400**	**268.700**

Die beiden Varianten sind gleichwertig zu betrachten.

5.6 Variante 4-6: Umstellung auf intermittierende Denitrifikation

Bei diesen Varianten wird überprüft, ob es wirtschaftlicher ist die gesamte Biologie auf intermittierende Denitrifikation umzustellen. Dies wurde in die Überlegungen mit aufgenommen, da am Anfang des Projektes nicht klar war, ob die Leitung DN 700 ausreichend groß ist, um die gesamte Menge an Rücklaufschlamm und Rezirkulation aufnehmen zu können. Es stand im Raum, ob nicht eine neue Leitung mit einem neuen Pumpwerk errichtet werden muss.
Durch die Wasserspiegelerhöhung der Nachklärbecken und dem Zulaufgerinne zu den Nachklärbecken wurde festgestellt, dass die vorhandene Leitung ausreichend groß ist und die gesamte Menge abgeleitet werden kann, ohne dass es zu einem Rückstau im System kommt.

An dieser Stelle wird trotzdem der Vergleich geführt, um eine eindeutige Tendenz erkennen zu können.

Zur Realisierung dieser Maßnahme muss eine neue Gebläsestation im Bereich der Denitrifikationsbecken errichtet werden. Zusätzlich müssen die Denitrifikationsbecken mit Belüfterelementen und die Nitrifikationsbecken mit Rührwerken ausgestattet werden. Auch wird aus den Ergebnissen ersichtlich, dass eine C-Quellendosierung erforderlich wird. Aufgrund der hohen Menge wird die Errichtung eines Tanks mit einer Dosierstation vorgesehen. Dieser soll im Bereich der beiden Fällmitteltanks errichtet werden. Somit kann die vorhandene Abtankfläche für alle Chemikalien genutzt werden und die Dosierstation kann ebenso im Keller des Betriebsgebäudes errichtet werden. Zur Behebung der hydraulischen Engpässe muss auch bei diesen Varianten die Ablaufschwelle und das Ablaufgerinne in den Denitrifikationsbecken ergänzt und eine zweite Leitung zum Zwischenhebewerk verlegt werden.
Dies führt zu folgenden Investitions- und Betriebskosten:

Tabelle 23: Investitionskosten Variante 4 bis 6 (Bestand mit intermittierender Denitrifikation)

	Variante 4 *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 5** *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s*	**Variante 6** *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s*
	[€]	[€]	[€]
Bau (netto):	1.450.000	1.450.000	1.450.000
Maschine + Verf. (netto):	862.000	862.000	862.000
EMSR (netto):	390.000	390.000	390.000
Summe (netto):	**2.702.000**	**2.702.000**	**2.702.000**
Nebenkosten: 25%	*675.500*	*675.500*	*675.500*
Summe inkl. Nebenkosten	3.377.500	3.377.500	3.377.500
MwSt.: 19%	*641.725*	*641.725*	*641.725*
Summe (brutto):	**4.019.000**	**4.019.000**	**4.019.000**

Tabelle 24: Betriebskosten Variante 4 bis 6 (Bestand mit intermittierender Denitrifikation)

Betriebskosten		Variante 4 *V4* *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s*	Variante 5 *V5* *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s*	Variante 6 *V6* *Bestand - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s*
Strombedarf Zwischenhebewerk	[€/a]	59.200	58.500	56.600
Strombedarf Belüftung	[€/a]	125.200	126.200	129.500
Strombedarf Rezirkulationspumpwe	[€/a]	-	-	-
C-Quelle	[€/a]	261.400	288.800	366.800
Wartung und Instandhaltung	[€/a]	31.000	31.000	31.000
Summe Betriebskosten (brutto)	**[€/a]**	**476.800**	**504.500**	**583.900**

Die drei Varianten unterscheiden sich durch die unterschiedlichen Betriebskosten der C-Quelle.

5.7 Variante 7-9: Neubau Biologie 5+6 mit vorgeschalteter Denitrifikation

Diese Variante sieht vor die biologische Stufe zu erweitern. In diesem Fall würden zwischen der Belebungsbeckenstraße 4 und der Nachklärung 1 zwei weitere Belebungsbecken mit den gleichen Abmessungen wie die bisherigen Becken errichtet werden. Das bisherige DN-Becken wird zur biologischen Phosphorelimination genutzt, so dass nur der Rücklaufschlamm in dieses Becken gefördert werden muss. Die Rezirkulation findet ausschließlich in den sechs Belebungsbeckenstraßen statt, in dem das nitratreiche Wasser vom Ende der Nitrifikation in den Denitrifikationsteil zurückgefördert wird. Für alle sechs Straßen wird ein solches Pumpwerk vorgesehen. Die bestehende Rezirkulationsleitung kann außer Betrieb genommen werden. Des Weiteren muss in allen Becken für den Denitrifikationsbereich Rührwerke errichtet werden.

Der Volumenanteil der biologischen Phosphorelimination darf nicht zu dem eigentlichen Belebungsbeckenvolumen dazugezählt werden, so dass bei diesen Varianten rechnerisch weniger Belebungsbeckenvolumen zur Verfügung steht (vgl. Tabelle 18 bis Tabelle 20).

Auch wird aus den Ergebnissen ersichtlich, dass eine C-Quellendosierung erforderlich wird. Aufgrund der erforderlichen Menge wird die Errichtung eines Tanks mit einer Dosierstation vorgesehen. Dieser wird im Bereich der bestehenden Fällmitteltanks vorgesehen. Zur Behebung der hydraulischen Engpässe muss auch bei diesen Varianten die Ablaufschwelle und das Ablaufgerinne in den Denitrifikationsbecken ergänzt und eine zweite Leitung zum Zwischenhebewerk verlegt werden.

Dies führt zu folgenden Investitions- und Betriebskosten:

Tabelle 25: Investitionskosten Variante 7 bis 9 (Neubau Biologie mit vorgeschalteter Denitrifikation)

	Variante 7 *Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 8** *Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s*	**Variante 9** *Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 640 l/s*
	[€]	[€]	[€]
Bau (netto):	3.736.000	3.736.000	3.736.000
Maschine + Verf. (netto):	925.000	925.000	925.000
EMSR (netto):	315.000	315.000	315.000
Summe (netto):	**4.976.000**	**4.976.000**	**4.976.000**
Nebenkosten: 25%	*1.244.000*	*1.244.000*	*1.244.000*
Summe inkl. Nebenkosten	6.220.000	6.220.000	6.220.000
MwSt.: 19%	*1.181.800*	*1.181.800*	*1.181.800*
Summe (brutto):	**7.402.000**	**7.402.000**	**7.402.000**

Tabelle 26: Betriebskosten Variante 7 bis 9 (Neubau Biologie mit vorgeschalteter Denitrifikation)

Betriebskosten		**Variante 7** *V7 Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 8** *V8 Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s*	**Variante 9** *V9 Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 640 l/s*
Strombedarf Zwischenhebewerk	[€/a]	59.200	58.500	56.600
Strombedarf Belüftung	[€/a]	112.100	114.300	116.900
Strombedarf Rezirkulationspumpwe	[€/a]	-	-	-
C-Quelle	[€/a]	77.900	128.400	183.400
Wartung und Instandhaltung	[€/a]	44.400	44.400	44.400
Summe Betriebskosten (brutto)	**[€/a]**	**293.600**	**345.600**	**401.300**

Die drei Varianten unterscheiden sich vor allem durch die unterschiedlichen Betriebskosten der externen C-Quelle.

5.8 Variante 10-12: Neubau Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation

Auch beim Neubau der Biologie wird überprüft, ob die Umstellung auf intermittierende Denitrifikation wirtschaftlicher ist im Vergleich zur vorgeschalteten Denitrifikation.

Diese Variante sieht vor wie die Varianten 7-9 die biologische Stufe zu erweitern. In diesem Fall würden zwischen der Belebungsbeckenstraße 4 und der Nachklärung 1 zwei weitere Belebungsbecken mit den gleichen Abmessungen wie die bisherigen Becken errichtet werden. Die Denitrifikation wird intermittierend betrieben, so dass keine Rezirkulation erforderlich wird. Das derzeitige DN-Becken sowie die sechs Längsbecken werden alle intermittierend betrieben.
Die bestehende Rezirkulationsleitung kann außer Betrieb genommen werden.
Zur Realisierung dieser Maßnahme muss zusätzlich zu den neu errichteten Becken eine neue Gebläsestation im Bereich der Denitrifikationsbecken errichtet werden. Zusätzlich müssen die Denitrifikationsbecken mit Belüfterelementen und die Nitrifikationsbecken mit Rührwerken ausgestattet werden. Auch wird aus den Ergebnissen ersichtlich, dass eine C-Quellendosierung erforderlich wird. Diese soll im Bereich der beiden Fällmitteltanks errichtet werden. Somit kann die vorhandene Abtankfläche für alle Chemikalien genutzt werden und die Dosierstation kann ebenso im Keller des Betriebsgebäudes errichtet werden. Aufgrund der hohen Menge wird die Errichtung eines Tanks mit einer Dosierstation vorgesehen. Zur Behebung der hydraulischen Engpässe muss auch bei diesen Varianten die Ablaufschwelle und das Ablaufgerinne in den Denitrifikationsbecken ergänzt und eine zweite Leitung zum Zwischenhebewerk verlegt werden.

Dies führt zu folgenden Investitions- und Betriebskosten:

Tabelle 27: Investitionskosten Variante 10 bis 12 (Neubau Biologie mit intermittierender Denitrifikation)

	Variante 10 *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 11** *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s*	**Variante 12** *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s*
	[€]	[€]	[€]
Bau (netto):	4.335.000	4.335.000	4.335.000
Maschine + Verf. (netto):	1.320.000	1.320.000	1.320.000
EMSR (netto):	610.000	610.000	610.000
Summe (netto):	**6.265.000**	**6.265.000**	**6.265.000**
Nebenkosten: 25%	*1.566.250*	*1.566.250*	*1.566.250*
Summe inkl. Nebenkosten	7.831.250	7.831.250	7.831.250
MwSt.: 19%	*1.487.938*	*1.487.938*	*1.487.938*
Summe (brutto):	**9.319.000**	**9.319.000**	**9.319.000**

Tabelle 28: Betriebskosten Variante 10 bis 12 (Neubau Biologie mit intermittierender Denitrifikation)

Betriebskosten		**Variante 10** *V10* *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s*	**Variante 11** *V11* *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s*	**Variante 12** *V12* *Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s*
Strombedarf Zwischenhebewerk	[€/a]	59.200	58.500	56.600
Strombedarf Belüftung	[€/a]	117.800	117.800	117.800
Strombedarf Rezirkulationspumpwe	[€/a]	-	-	-
C-Quelle	[€/a]	110.000	110.000	110.000
Wartung und Instandhaltung	[€/a]	60.200	60.200	60.200
Summe Betriebskosten (brutto)	**[€/a]**	**347.200**	**346.500**	**344.600**

6. GEGENÜBERSTELLUNG UND BEWERTUNG DER VARIANTEN

Die zur monetären Bewertung durchgeführte Kostenvergleichsrechnung erfolgt nach den Vorgaben der „Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Richtlinie)" (8. Auflage) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Dabei findet der Kostenvergleich auf Basis der Jahreskosten statt. Diese setzen sich aus den jeweiligen Kapital- und Betriebskosten zusammen.

Für die Kostenvergleichsrechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Nutzungsdauer Bautechnik: 30 a
- Nutzungsdauer Klärtechnische Einrichtung: 15 a
- Nutzungsdauer EMSR-Technik: 15 a
- Realzinssatz: 3,0 % p.a.

In Tabelle 29 sind die Investitionskosten inkl. Nebenkosten und Mehrwertsteuer sowie die Betriebs- und Jahreskosten der 8 betrachteten Varianten zusammengefasst.

Tabelle 29: Kostengegenüberstellung

	Investitionskosten	Betriebskosten	Jahreskosten
	[€ brutto]	[€/a brutto]	[€/a brutto]
Variante 1: Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s	1.904.000	268.400	359.908
Variante 2: Bestand - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s	1.904.000	268.700	360.208
Variante 4: Bestand - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s	4.019.000	476.800	689.636
Variante 5: Bestand - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s	4.019.000	504.500	717.336
Variante 6: Bestand - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s	4.019.000	583.900	807.467
Variante 7: Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 581 l/s	7.402.000	293.600	644.029
Variante 8: Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 600 l/s	7.402.000	345.600	696.029
Variante 9: Neubau Biologie - Vorgeschaltete Denitrifikation 640 l/s	7.402.000	401.300	751.729
Variante 10: Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 581 l/s	9.319.000	347.200	916.200
Variante 11: Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 600 l/s	9.319.000	346.500	915.500
Variante 12: Neubau Biologie - Intermittierende Denitrifikation 640 l/s	9.319.000	344.600	913.600

In Abbildung 7 sind die Investitionskosten grafisch gegenübergestellt. Die Bestandsvarianten mit vorgeschalteter Denitrifikation haben die niedrigsten Investitionskosten von rund 1,9 Mio. € brutto. Aufgrund des Neubaus von zwei Belebungsbeckenstraßen sind die Varianten Neubau der Straßen 5 und 6 mit intermittierender Denitrifikation die teuersten Varianten mit rund 9,3 Mio. € brutto.

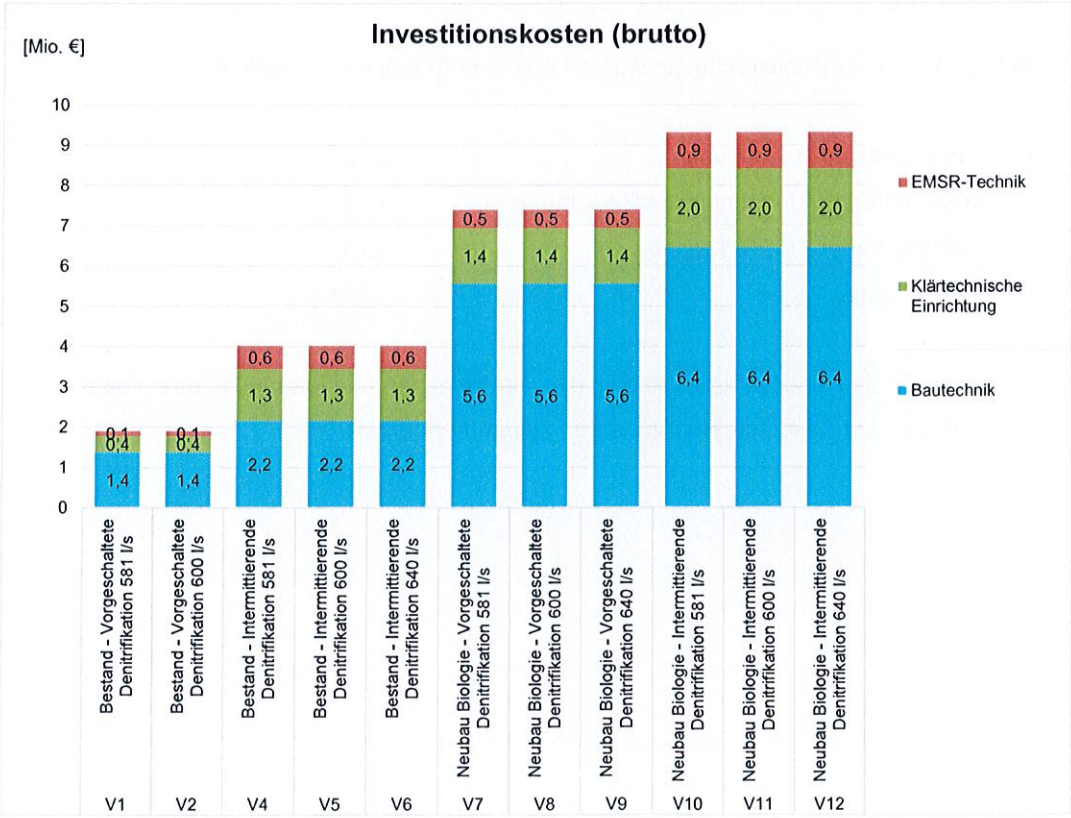


Abbildung 7: Gegenüberstellung der Investitionskosten (brutto)

Die jährlichen Kosten, die durch den Betrieb der einzelnen Verfahren hinzukommen, sind in Abbildung 8 dargestellt. Ausschlaggebend sind vor allem die Kostenanteile für die Dosierung der externen C-Quelle.

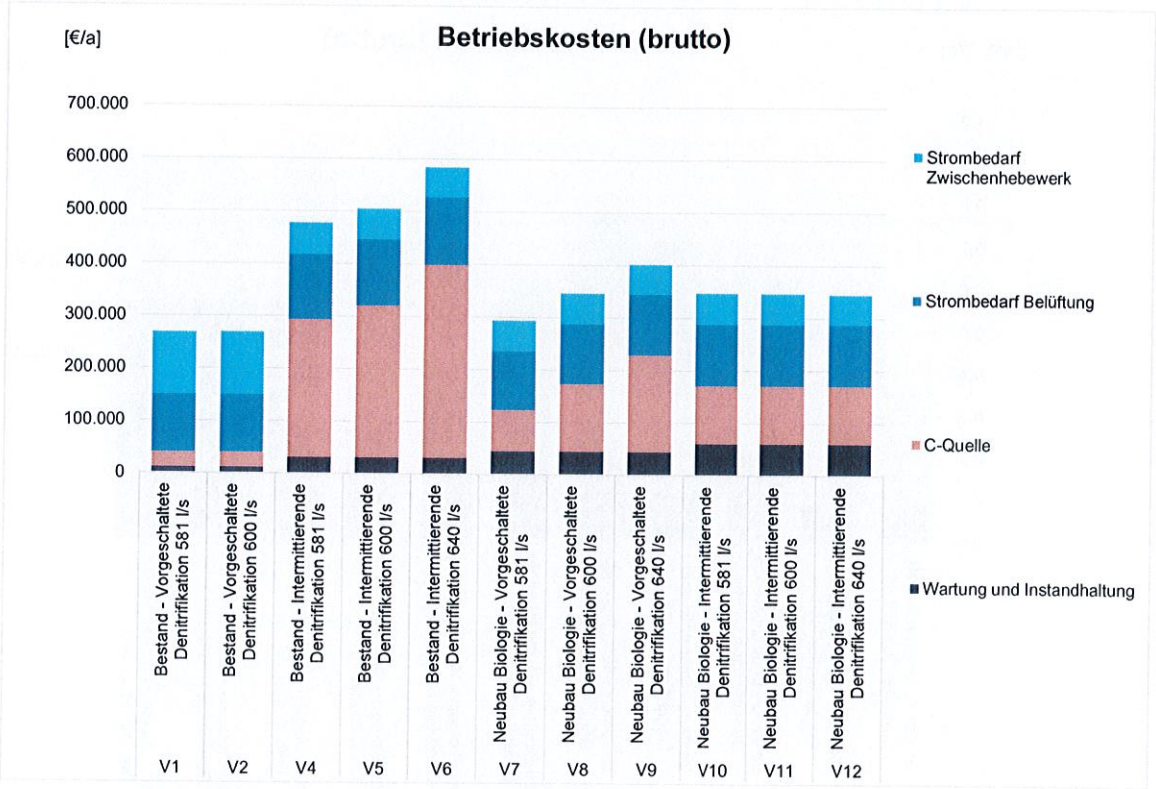


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Betriebskosten (brutto)

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass die Varianten mit vorgeschalteter Denitrifikation aufgrund der geringeren Dosierung einer C-Quelle geringere Betriebskosten besitzen als die Varianten mit intermittierender Denitrifikation. Hier unterscheidet sich der Neubau der Biologie 5+6 mit intermittierender Denitrifikation deutlich von der Bestandsvariante mit intermittierender Denitrifikation. Dies kommt daher, dass bei dem Neubau aufgrund des höheren Volumens ein Denitrifikationsvolumen von 50 % des Gesamtvolumens angesetzt werden konnte. Dies führt zur Einsparung im Bereich der C-Quellen-Dosierung. Der Strombedarf der Bestandsvariante mit vorgeschalteter Denitrifikation (V1 und V2) ist hingegen aufgrund der höheren Menge, die mit dem Zwischenhebewerk gefördert werden muss, größer als bei den anderen Varianten.

Die Jahreskosten setzten sich aus den Investitionskosten, umgerechnet in Kapitalkosten, und den Betriebskosten zusammen. Abbildung 9 zeigt die Jahreskosten inkl. Nebenkosten und Mehrwertsteuer der einzelnen Varianten.

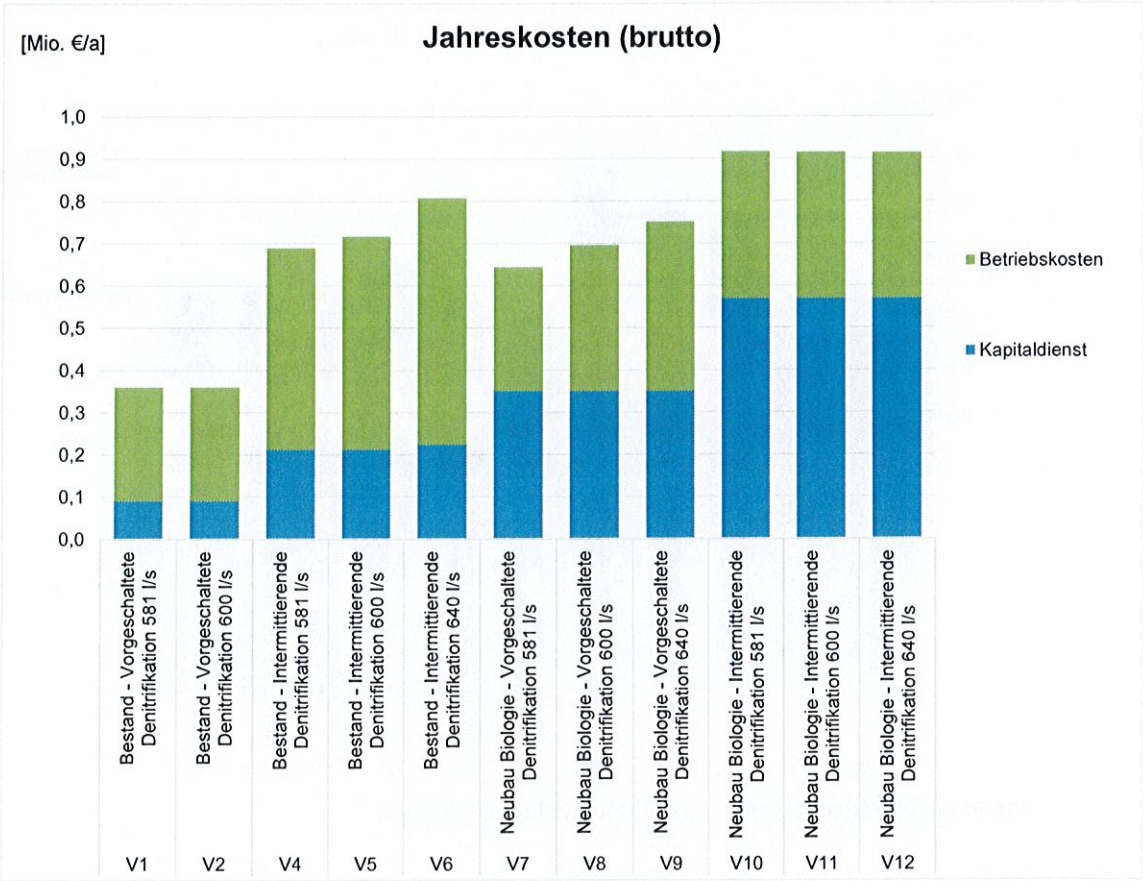


Abbildung 9: Gegenüberstellung der Jahreskosten (brutto)

Die Varianten V1 und V2 sind deutlich die wirtschaftlichsten Varianten im Gegensatz zu den anderen dargestellten Varianten.

Hingegen wird erkennbar, dass mit diesen Varianten lediglich eine Erhöhung der Zulaufmenge auf 600 l/s möglich ist.

7. FAZIT UND SCHLUSSBEMERKUNG

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob der Mischwasserzufluss der Kläranlage Nagold von derzeit 581 l/s auf bis zu 640 l/s erhöht werden kann. Dafür wurden die Zuflüsse 581 l/s, 600 l/s und 640 l/s betrachtet und deren Auswirkungen auf den Betrieb dargestellt.

Im ersten Schritt wurden die bestehende biologische Stufe nachbemessen, um zu überprüfen, ob diese für den ankommenden Mischwasserzufluss und die ankommende Fracht ausreichend groß dimensioniert ist. Im weiteren Verlauf wurden Varianten für den Weiterbetrieb der Kläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation oder die Umstellung auf intermittierende Denitrifikation zusammengestellt. Zusätzlich wurde für beide Denitrifikationsvarianten noch der Bestand sowie der Neubau von zwei neuen Belebungsbeckenstraßen betrachtet.
Aus der Bemessung wurde ersichtlich, dass im Bestand mit vorgeschalteter Denitrifikation der Zufluss maximal auf 600 l/s erhöht werden kann. Dementsprechend wurden von erstmals 12 Varianten nur noch 11 Varianten weiter betrachtet.

Im nachfolgenden wurde die hydraulische Belastung der Kläranlage näher untersucht und welche Auswirkungen eine Erhöhung des Zuflusses auf den Anlagenbetrieb hätte. Dafür wurden Erkenntnisse des Betriebspersonals, eine vor-Ort Begehung bei Mischwasserzufluss sowie Berechnungen aus dem Programm HYBEKA ausgewertet. Die gemessenen Wasserspiegel vor Ort weichen strak von den berechneten Wasserspiegeln mit HYBEKA ab, so dass davon ausgegangen werden muss, dass die Kläranlage mit dem Programm hydraulisch nicht überrechnet werden kann. Ggf. liegt es an unvollständigen und nicht korrekten Bestandsplänen der Kläranlage.
Es wurde ersichtlich, dass es bei Mischwasserzufluss zum Einstau der Schwelle an den Vorklärbecken, sowie an den Denitrifikationsbecken kommt. Der Strang zwischen Verbindungsschacht und Denitrifikationsbecken wurde weiter untersucht, da es dort zu ca. 50 cm Wasserspiegeldifferenz kommt, der nicht erklärbar ist. Im Zuge dessen wurden große Ansammlungen von Verzopfungen in diesem Bereich gefunden und entfernt. Dies hat die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Verbindungsschacht und den Denitrifikationsbecken auf 30 cm reduziert.
Es wird weiter beobachtet, ob der Einstau der Vorklärung dadurch eliminiert bzw. verringert werden kann.

Für den Einstau der Schwelle an der Denitrifikation wird der Bau einer zweiten Ablaufleitung in Richtung Zwischenhebewerk vorgesehen, so dass sich das Wasser nicht in die Denitrifikationsbecken zurückstaut. Die Auswirkung kann jedoch nicht mit dem Hydraulikprogramm HYBEKA errechnet werden, da dieser Teil des Abwasserweges nicht abgebildet werden kann.

Des Weiteren soll die Überfallschwelle in der Denitrifikation verlängert werden, so dass die Überfallhöhe reduziert werden kann. Dies wirkt sich ebenso auf den Wasserspiegel in der Vorklärung aus.
Für alle Varianten sollte zusätzlich eine C-Quelle dosiert werden.

Aus dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit geht hervor, dass sich die Varianten V1 und V2 am wirtschaftlichsten darstellen lassen.

Dementsprechend wird an dieser Stelle empfohlen:

- Die vorgeschaltete Denitrifikation soll weiterhin wie bisher betrieben werden.
- Der Mischwasserzufluss kann maximal auf 600 l/s erhöht werden, da ansonsten die biologische Stufe nicht mehr nachweisbar ist.
- Da die Auswirkungen nicht mit dem Programm zur hydraulischen Berechnung (HYBEKA) überprüft werden kann, sollte bei Regenwetter die Erhöhung auf 600 l/s auf der Kläranlage vor Ort simuliert und die Erkenntnisse erfasst werden.
- Zur hydraulischen Entlastung sollte eine neue Ablaufschwelle in den Denitrifikationsbecken sowie eine zweite Leitung zum Zwischenhebewerk errichtet werden.
- Es wird empfohlen, eine C-Quelledosierung fest zu installieren, um den Prozess der Denitrifikation zu verbessern. Die Auswirkung wurde bereits über Versuche vor Ort bestätigt.

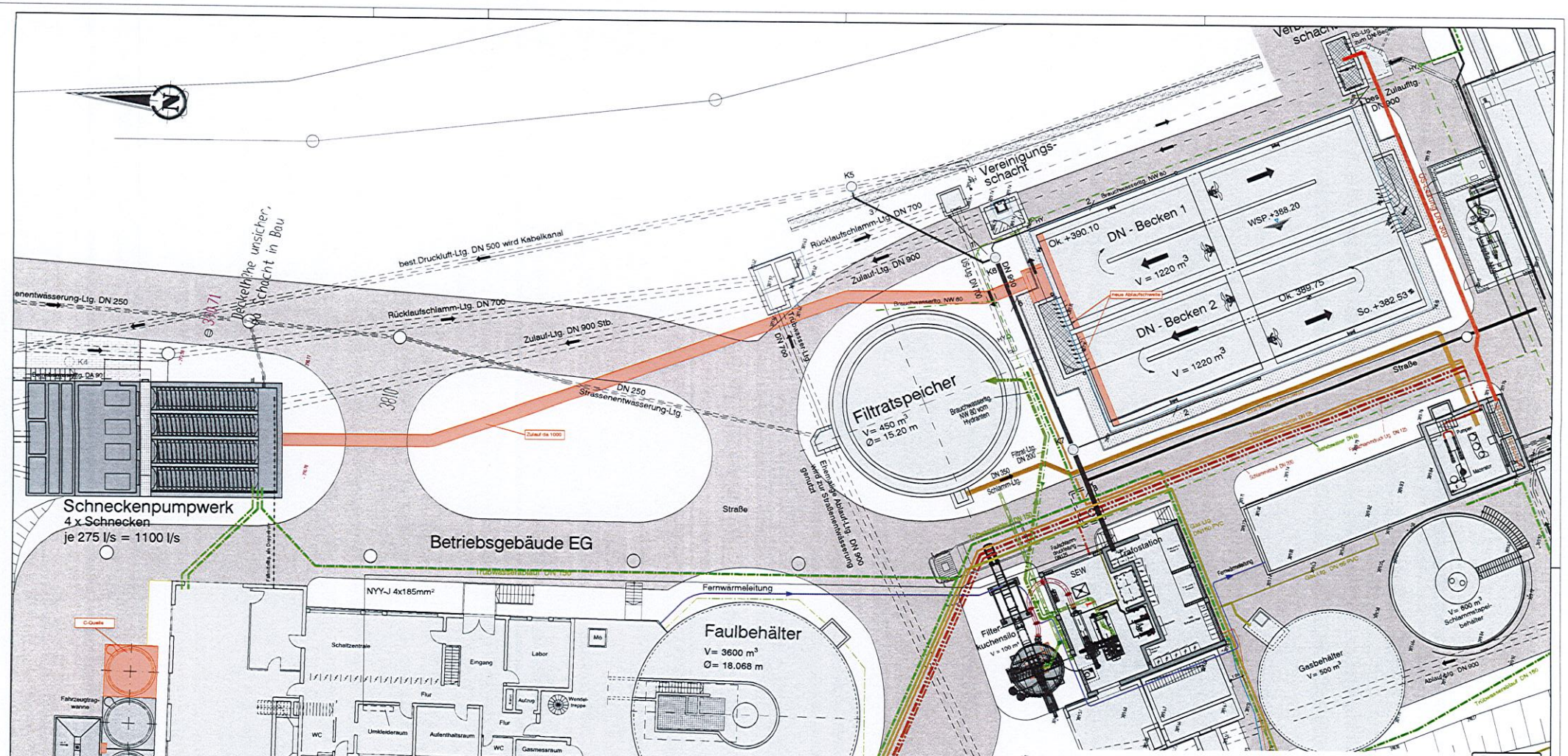
Sollte nach diesen Maßnahmen immer noch ein Einstau der Schwellen am Ablauf der Vorklärung vorhanden sein, muss ggf. der Rücklaufschlamm- und Rezirkulationsstrom gesondert in die Denitrifikationsbecken geführt werden. Dafür sollte die Kläranlage mit dem Programm HYBEKA abbildbar sein, um die Auswirkung identifizieren zu können, bevor eine solch große Maßnahme umgesetzt wird.

Die gesamte Kläranlage inkl. der Rohrsohlen der einzelnen Leitungen und Sohlen von Schächten sollten von einem Vermesser aufgenommen werden. Im Anschluss sollte geschaut werden, ob mit diesen Informationen die Kläranlage hydraulisch abbildbar ist und Realität und Berechnung weitestgehend übereinstimmen. So kann die Auswirkung der Maßnahmen besser abgeschätzt werden. Derzeit stützt sich vieles aus den vor Ort gewonnen Erkenntnissen.

Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Novellierung der EU-Kommunalabwasserrichtlinie, welche im November 2024 im EU-Rat beschlossen wurde, zu strengeren Grenzwerten kommen kann. Es ist bis zum Zeitpunkt der Abgabe der vorliegenden Studie noch nicht bekannt, wie die Umsetzung in nationales Recht aussieht und inwieweit sich die Grenzwerte für die Kläranlage Nagold verschärfen. Sollten dahingehend neue Erkenntnisse vorliegen, kann es sein, dass zur Erreichung der neuen Grenzwerte weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Aufgestellt:	Schramberg, November 2024 Molitor / Döpp	Anerkannt:	_____ Ort / Datum
	_____ **SAG Ingenieure**		_____ **Die Bauherrschaft**

Anlage zu DS ARU 2025-07



LEGENDE

- Mauerwerk
- Mauerfertigteile
- Stahlbeton
- Planung
- Bestand Bauwerk
- Bestand Asphalt

Bemerkung:

Sämtliche Maße sind Fertigmaße und sind vom Unternehmer zu prüfen. Für die Stärke der Bauteile ist die statische Berechnung maßgebend. Alle vom Wasser benetzten Ecken und Kanten sind ab- bzw. auszurunden.Oberkanten von Wänden sind durch Einlegen von Dreikantleisten zu brechen.

Objekt: Kläranlage Nagold		
Bauherr: Abwasserzweckverband Nagold, Burgstraße 10, 72202 Nagold		Abwasserzweckverband Nagold
Verfasser: Süddeutsche Abwasserreinigungs-Ingenieur GmbH, Hörvelsinger Weg 23, 89081 Ulm, www.sag-ingenieure.de		SAG INGENIEURE
Projekt: Erhöhung Zulaufmenge		Projektnummer: 543-Z
Planinhalt: Lageplanausschnitt Variante 1-2: Beibehaltung vorgeschaltete Denitrifikation (Q= 581 l/s, 600 l/s)		Leistungsphase: Studie
gefertigt: Rauser	Datum: 19.11.2024	Maßstab: 1 : 150
geprüft: Döpp	Freigabe: 19.11.2024	Plannummer: 1543-Z-101

A1 841 x 594

Di. 19 Nov 2024 +11:06