



**SALZGITTER  
FLACHSTAHL**

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe



**Salzgitter Flachstahl GmbH**

Eisenhüttenstraße 99  
38239 Salzgitter

**Anlage 5  
Beurteilung der Reinigungsleistung  
der vorhandenen Werkskläranlage**

- Antragsunterlagen für eine gehobene wasserrechtliche Erlaubnis  
für die Einleitung von behandeltem Abwasser in den Lahmanngraben -

Stand: 7. Januar 2020

**Entwurfsverfasser:**  
Dr. Born – Dr. Ermel GmbH  
Finienweg 7  
28832 Achim

  
i. A. Anna Hofmann

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Veranlassung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Planungsgrundlagen .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Bestandsdatenaufnahme .....</b>	<b>5</b>
3.1 Anlagenbeschreibung .....	5
3.2 Abwasserzusammensetzung .....	11
3.3 Einleitungsmenge an mechanisch-biologisch gereinigtem Abwasser .....	13
3.4 Schlammzusammensetzung.....	14
3.4.1 Bewertung der Datengrundlage .....	14
3.4.2 Schlammbilanz (Jahresdurchschnitt).....	16
3.4.3 Auslegungsparameter für die Schlammbehandlung .....	19
3.5 Ableitung der BVT-Schlussfolgerungen für die Werkskläranlage.....	21
3.5.1 Abwasserbehandlung .....	22
3.5.2 Reststoffstrombehandlung .....	24
<b>4. Beurteilung der Qualität des gereinigten Abwassers .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Nachbemessung der Werkskläranlage.....</b>	<b>32</b>
5.1 Rechenanlage .....	32
5.2 Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B).....	33
5.3 Vorklärung.....	34
5.4 Ausgleichsbecken .....	35
5.5 Beschickungspumpwerk .....	36
5.6 Belebung .....	37
5.6.1 Nitrifikation .....	37
5.6.2 Denitrifikation .....	39
5.6.3 Belüftung .....	41
5.6.4 Umwälzung .....	42
5.7 Dosierstationen .....	43
5.7.1 Kohlenstoff-Dosierung (Methanol) .....	43
5.7.2 Phosphorsäure-Dosierung .....	44
5.7.3 Alkaliendosierung (Soda) .....	45
5.8 Nachklärung und Rücklaufschlammförderung.....	47
5.9 Schlammbehandlung .....	49
5.9.1 Primärschlammeindickung .....	49
5.9.2 Überschussschlammeindickung .....	50

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

5.9.3	Primärschlammwässerung.....	51
5.9.4	Überschussschlammwässerung .....	52
5.9.5	Abwurfcontainer / Entsorgung der Klärschlämme .....	53
5.9.6	Trübwasserrückführung .....	54
5.10	Zusammenfassung der Bemessungsergebnisse.....	55
<b>6.</b>	<b>Ableitung von Maßnahmen zur Rückhaltung von Schadstoffen aus dem Schmutzwasser .....</b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b>Mess- und Analyseumfang überwachungspflichtiger Parameter (Eigenüberwachung) .....</b>	<b>59</b>
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>62</b>

## **Anlagenverzeichnis**

**Anlage 5.1 Bestand klärtechnischer Einrichtungen**

**Anlage 5.2 Grundfließbilder**

**Anlage 5.3 Grundlagenermittlung**

**Anlage 5.4 Verfahrenstechnische Berechnungen**

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 3.1: Grundfließbild Abwasserbehandlung (Ist-Zustand) .....	9
Abbildung 3.2: Grundfließbild Schlammbehandlung (Ist-Zustand) .....	10
Abbildung 4.1 Darstellung der CSB- und AFS-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten .....	26
Abbildung 4.2 Darstellung der BSB <sub>5</sub> - und P <sub>ges</sub> -Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten .....	27
Abbildung 4.3 Darstellung der Stickstoff-Konzentrationen im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten .....	28
Abbildung 4.4 Darstellung der Konzentrationen weiterer Parameter im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) .....	29
Abbildung 4.5 Darstellung der Chlorid- und Sulfat-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) .....	30
Abbildung 6.1: Fließschema der um eine Filtration und 4. Reinigungsstufe ergänzten Werkskläranlage .....	58

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 3.1: Ermittelter Ist-Zustand der Werkskläranlage für die betrachteten 3 Lastfälle.....	12
Tabelle 3.2: Bewertung der Datengrundlage .....	14
Tabelle 3.3: Schlamm Bilanz, Jahresdurchschnitt 2015-2017 .....	18
Tabelle 3.4: Schlamm Bilanz, Auslegungsparameter (basierend auf maximale 14-Tage-Mittelwerte) .....	20
Tabelle 4.1 Gegenüberstellung der zu beantragenden Überwachungswerte und der Messdaten aus den Betriebstagebüchern (2015 - 2017) und Sondermessprogramm (2018).....	31
Tabelle 5.1: Reserven und Defizite der Einzelkomponenten der Werkskläranlage .....	55
Tabelle 6.1: Optimierungspotenzial und Zielsetzung/Maßnahmen zur Ertüchtigung einzelner Anlagenkomponenten der Werkskläranlage.....	57
Tabelle 7.1: Mess- und Analyseumfang an der Einleitungsstelle in den Lahmanngraben im Rahmen der Eigenüberwachung der SZFG .....	59
Tabelle 7.2: Mess- und Analyseumfang am Ablauf des Rückhaltebeckens SZ-Üfingen im Rahmen der Eigenüberwachung der SZFG .....	61

### 1. Veranlassung

Die Salzgitter Flachstahl GmbH (SZFG) betreibt auf dem Werksgelände in Salzgitter-Watenstedt eine mechanisch biologische Abwasserbehandlungsanlage für die zentrale Reinigung der anfallenden Abwässer aus den Produktionsanlagen des integrierten Hüttenwerkes der SZFG, der Gewerbe- und Industriebetriebe südlich der Industriestraße Mitte, des Industriegebiets Watenstedt-Ost, sowie der angrenzenden Ortschaften Salzgitter-Drütte, Salzgitter-Immendorf und Salzgitter-Watenstedt. Die Abwasserbeseitigungspflicht in diesem Einzugsgebiet wurde von der Stadt Salzgitter auf die SZFG übertragen.

Der Standort verfügt über eine bestehende gehobene wasserrechtliche Erlaubnis aus dem Jahr 1996 zum Einleiten des behandelten Abwassers aus der Werkskläranlage in den Lahmanngraben (Direkteinleiter). Ferner wird das in den Lahmanngraben eingeleitete gereinigte Abwasser über den Beddinger Graben, die Aue und die ausgebauten Fischau (Zulaufgraben) dem Rückhaltebecken Üfingen zugeführt und von dort aus zurück in die Aue geleitet. Aufgrund der auslaufenden Einleitererlaubnis soll die bestehende gehobene wasserrechtliche Erlaubnis für den Zeitpunkt ab dem 01. Januar 2021 erneuert werden.

Im vorliegenden Dokument wird die Reinigungsleistung der vorhandenen Werkskläranlage beurteilt, welche aus den Hauptkomponenten der Einlaufgruppe (Rechen, Zulaufpumpwerk, Vorklär- und Ausgleichsbecken), der Biologie (Belebung mit nachgeschalteter Denitrifikation und Nachklärung) und der Schlammbehandlung (statische Eindicker und maschinelle Schlammwässerung) besteht. Eine detailliertere Beschreibung der vorhandenen Werkskläranlage ist in Abschnitt 3.1 zu finden.

Zur Beurteilung der aktuellen Reinigungsleistung der Anlage wird eine Nachrechnung auf Basis der Belastungssituation der drei Jahre 2015 bis 2017 vorgenommen. Die Belastungssituation, d. h. die Herleitung der Dimensionierungsgrundlagen erfolgt dabei in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV-DVWK A 198 sowie der Erkenntnisse der unter Leitung von Prof. Dr. R. Kayser im Auftrag der PREUSSAG Stahl AG

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

durchgeführter Untersuchungen zur „Biologischen Stickstoffelimination hemmstoffbelasteter Abwässer am Beispiel eines Eisenhüttenwerkes“, Zacharias (1996).

Im Zuge der Nachbemessung der Werkskläranlage wird für jede einzelne Anlagenkomponente der Berechnungsnachweis erbracht und auf Reserven sowie ggf. vorhandene Defizite (Handlungsbedarf) zur Einhaltung zukünftiger Überwachungswerte hingewiesen. Daraus werden Maßnahmen für eine Ertüchtigung bzw. einen Ausbau der Werkskläranlage oder deren Einzelkomponenten abgeleitet.

Vor dem Hintergrund der zu beantragenden Überwachungswerte (gemäß Mischungsrechnung TP:2, Anlage 3) wird der zukünftige Mess- und Analysenumfang (Eigenüberwachung) an der Einleitungsstelle in den Lahmanngraben und am Ablauf des RHB Üfingen Aue entworfen.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 2. Planungsgrundlagen

Im Zuge der Beurteilung der Reinigungsleistung der vorhandenen Werkskläranlage wurden von der Salzgitter Flachstahl GmbH folgende zur Verfügung gestellte Unterlagen, Pläne und Daten verwendet:

#### Unterlagen:

- Entwurfsbericht, Bau einer biologischen Abwasserreinigungsanlage Werk Salzgitter, 5. Ausfertigung (1992). Erstellt durch das Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Uwe Buss, im Auftrag der PREUSSAG STAHL AG, 12.10.1992, Hannover
- Abschlussbericht, Biologische Reinigung von Stahlwerksabwasser (März 1994) inkl. Nachtrag (1995). Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Braunschweig, Prof. Dr. R. Kayser, Dipl.-Biol. B. Zacharias
- Biologische Stickstoffelimination hemmstoffbelasteter Abwässer am Beispiel eines Eisenhüttenwerks, Bernd Zacharias (1996), Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Braunschweig unter Leitung von Prof. Dr. R. Kayser
- Tabellarische Übersicht Pumpen und Aggregate (Stand 2018)
- Messwerte und -häufigkeiten im Ablauf der Kläranlage und der Regenrückhaltebecken
- HV-Turbo Verdichter – Technisches Datenblatt
- Produktdatenblätter der polymeren Flockungsmittel
- Gehobene Erlaubnis der Abwasserreinigungsanlage

#### Pläne:

- 336.001.0003A – Lageplan, Biologische Abwasserreinigungsanlage
- 336.001.0004B – Anlage Beddingen, Not-Aus-Plan
- 336.003.0071B – Belebungsbecken
- 336.003.0072B – Belüftungsinstallation Fa. Noell, Draufsicht und Schnitte (M 1:100)
- 336.003.0080B – Zulaufmessschacht
- 336.003.0141B – Verteiler NKB
- 336.003.0162B – Nachklärbecken 1, Schnitt
- 336.003.0173B – Nachklärbecken 2, Details



## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

- 336.003.0221B – Pumpwerk für RS- und ÜS-Schlamm
- 336.003.0281B – Energieumwandlungsbauwerk vor Einleitung in den Lahmanngraben
- 336.003.0301B – Gebäude für Druckluftherzeugung, Grundrisse (1:150)
- 336.003.0302B – Gebäude für Druckluftherzeugung, Schnitte (1:150)
- 336.003.0381B – Gebäude für Schlammmentwässerung, Grundrisse
- 336.003.0381B2 – Gebäude für Schlammmentwässerung, Grundrisse
- 336.003.0382B – Gebäude für Schlammmentwässerung, Schnitte
- 336.003.0387B – Sodasilo
- 336.003.0451B – Eindicker Überschussschlamm 3
- Ü-018/07 – Sanierung des Umlaufgrabens zur VK – 3. Bauabschnitt 2008 - Ausführungsplan

### Daten:

- Abwassermengen und Temperaturen der Jahre 2015 bis 2017
- Betriebstagebuchdaten der Jahre 2015 bis 2017
- Schadstoffmessungen – BVT
- Messkampagne AquaEcology: Chemische Parameter mit Diagrammen (30.10.2018) und Ergebnisse des Schadstoffmonitorings (07.12.2018)
- Sonderanalytik Abwasser für das Jahr 2018/2019
- Abwassermengenmessung (Stundendaten) für das Jahr 2016
- Tägliche Schlammengen aus den Monatsberichten der Jahre 2015 – 2018
- Tägliche abgefahrene Schlammengen Absetzgut zur Sinteranlage 2010 – 2018
- Tägliche abgefahrene Schlammengen Überschussschlammengen zur Kokerei 2018
- Tägliche Rücklaufschlammkonzentrationen aus dem Betriebstagebuchdaten der Werkskläranlage für den Zeitraum 2015 – 2017 (Probenstammnr. 205)
- Stichproben zum Parameter „abfiltrierbare Stoffe“ für Februar/März 2019
  - Absetzgut (Primärschlamm) vor und nach Entwässerung
  - Überschussschlamm vor und nach Entwässerung
  - Gesamtzulauf Kläranlage (Probenstammnr. 201)

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### **3. Bestandsdatenaufnahme**

#### **3.1 Anlagenbeschreibung**

##### **Einzugsgebiet**

Die Salzgitter Flachstahl GmbH verfügt seit 1994/1995 über eine werkseigene mechanisch-biologische Abwasserbehandlungsanlage (Werkskläranlage) zur Reinigung der anfallenden Abwässer. In dieser wird neben den auf dem Werksgelände und dem Industriegebiet Süd anfallenden Abwässern (ggf. nach dezentraler Vorbehandlung einzelner Betriebe) auch das kommunale Abwasser aus den Ortsteilen Salzgitter-Drütte, Salzgitter-Immendorf, Salzgitter-Watenstedt, eines Flüchtlingswohnheims sowie das Niederschlagswasser der Werkstraße Salzgitter-Barum und Industriestraße Mitte mitbehandelt. Das Abwasser aus den verschiedenen Orten bzw. Hauptsammlern vereinigt sich vor der Kläranlage und fließt anschließend im freien Gefälle durch die Rechenanlage.

Teile des Niederschlagswassers, die auf dem nordöstlichen Werksgelände anfallen, werden über einen separaten Regenwasserkanal einem Regenwasserbehandlungsbecken zugeführt und anschließend in den Zweigkanal Salzgitter abgeleitet.

Das Prozessabwasser aus der Kokerei und der Kohlenwertstoffanlage wird über eine separate Druckrohrleitung direkt in die biologische Reinigungsstufe der Werkskläranlage geleitet.

##### **Mechanische Reinigungsstufe**

Nach dem Passieren einer Feinrechenanlage mit einem Stababstand von 10 mm wird das Abwasser über das Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B) in den Zulauf der Vorklärung gehoben. Erreicht die Zulaufwassermenge bei starken Niederschlägen eine Menge von  $> 4.500 \text{ m}^3/\text{h}$ , wird die Pumpstation automatisch abgeschaltet und ein Umlaufwehr vor der Rechenanlage geöffnet. Das Mischwasser umströmt die Rechenanlage sowie Pumpstation und fließt mit natürlichem Gefälle in die nachgeschalteten Verfahrensstufen. Der dabei entstehende Rückstau in der Mischwasserkanalisation dient zugleich als Mischwasserspeicher.

Die Vorklärung, in welcher die im Abwasser enthaltenen „absetzbaren Stoffe“ sedimentieren, besteht aus zwei Rechteckbecken. Die abgesetzten Stoffe werden als Primärschlamm abgezogen und gemeinsam mit

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

dem Schwimmschlamm der Schlammbehandlung zugeführt. Vom Vorklärbecken fließt das mechanisch gereinigte Abwasser in das Ausgleichsbecken.

### **Regenüberlaufbecken**

Bei starken Regenereignissen und damit verbunden bei hohen Zulaufwassermengen wird das überschüssige Mischwasser > 3.000 m<sup>3</sup>/h am Vorklärbecken vorbeigeleitet und fließt in das “Regenüberlaufbecken im Nebenschluss“ (RÜB, NS). Ist dieses Becken gefüllt, wird weiter zufließendes Mischwasser an diesem Becken vorbei in das “Regenüberlaufbecken im Hauptschluss“ (RÜB, HS) geleitet und bei Vollerfüllung in den Lahmanngraben abgeschlagen, wobei aufgrund der hohen Niederschlagsanteils und der aufgrund der Schwerkraft und der geringen Fließgeschwindigkeit stattfindenden Absetzvorgänge im Becken dieser Abschlag sehr verdünntes Mischwasser ist.

Sinkt die Gesamtzulaufmenge wieder unter 3.000 m<sup>3</sup>/h und der Wasserspiegel im Ausgleichsbecken unter den Maximalwasserstand, werden beide Regenüberlaufbecken nacheinander automatisch durch Pumpen in das Ausgleichsbecken entleert. Von dort aus gelangt das gespeicherte Mischwasser in die biologische Stufe.

### **Biologische Reinigungsstufe**

Das mechanisch vorbehandelte Abwasser wird aus dem Ausgleichsbecken entnommen und in den Zulauf der biologischen Reinigungsstufe gepumpt. In diese werden noch weitere Teilströme gefördert:

- a) Abwasser aus der Kokerei und Kohlenwertstoffanlage
- b) Zentrat und Trübwasser aus der Schlammbehandlung
- c) Sodalösung zur Regulierung des pH-Wertes in der biologischen Reinigungsstufe
- d) Phosphorsäure als Nährstoff für den Stoffwechsel der Bakterienmasse in der biologischen Stufe
- e) Sonstige Abwässer (z.B. Straßenabläufe und Reinigungswasser auf der Werkskläranlage und Kühlwasser der Schlammschnecken)

Die biologische Reinigungsstufe besteht aus insgesamt vier Belebungsbecken, zwei belüfteten Rundbecken und zwei Kombibecken, mit je einem belüfteten Außenring und einem unbelüfteten Innenkreis. Die

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Becken werden im Normalbetrieb nacheinander durchflossen, wobei in den belüfteten Becken die organische Belastung inklusive der Phenole und Cyanide abgebaut und Ammonium nitrifiziert wird. In den nachgeschalteten unbelüfteten Innenkreisen findet unter Zudosierung von Methanol als externem Kohlenstoff die Denitrifikation und damit Stickstoffelimination statt. Zur optimalen Vermischung des Methanols mit der Bakterienmasse wird dieses nicht direkt in das Belebungsbecken, sondern in eine Kreislaufführung vom Innenkreis des Belebungsbeckens 4 in den Innenkreis des Belebungsbeckens 3 dosiert. Der als letztes durchströmte Außenring des 4. Belebungsbeckens wird belüftet, um eventuell überschüssig dosiertes Methanol abzubauen („Sicherheitsbelüftung“).

Die für die Nitrifikation und Kohlenstoffatmung benötigte Luftmenge wird in einer Druckluftanlage, in der insgesamt 5 Turboverdichter installiert sind, erzeugt und durch entsprechende Verteil- und Belüftungseinrichtungen in die belüfteten Becken eingetragen.

Am Ende der Belebung verlässt das Belebtschlamm-Wassergemisch die biologische Stufe über den Ablaufschacht und wird in einem Verteilerbauwerk zu gleichen Teilen in zwei runde Nachklärbecken geleitet. Der dort abgetrennte Rücklaufschlamm wird über das Rücklaufschlammumpwerk in den Zulauf der biologischen Stufe gepumpt. Das Klarwasser in den Nachklärbecken wird über gelochte Tauchrohre abgezogen und verlässt die Anlage über den Ablaufmessschacht in Richtung der Einleitungsstelle Lahmanngraben.

### **Regenwasserbehandlungsbecken**

Im Rahmen von umfangreichen Arbeiten (Neubau/Umverlegungen) an der Misch- und Regenwasserkanalisation wurde ein unterirdisches Öl- und Schlammfangbecken (Regenwasserbehandlungsbecken) mit einem Volumen von 500 m<sup>3</sup> auf dem Kläranlagengelände errichtet, in dem das Niederschlagswasser aus dem nordöstlichen Werksgelände behandelt und anschließend in den Zweigkanal Salzgitter abgeleitet wird. Das Regenwasserbehandlungsbecken ist nicht Bestandteil der Werkskläranlage und die Einleitung des Niederschlagswassers damit nicht Gegenstand dieses Erlaubnis-antrages. Daher erfolgt im vorliegenden Bericht auch keine weitergehende Betrachtung dessen.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### **Rückhaltebecken**

Über den Lauf von Lahmanngraben - Beddinger Graben - Zweigkanal-Düker - Aue - Zulaufgraben erreicht das gereinigte Abwasser die Rückhaltebecken Üfingen. In dieser 24 ha großen Teichanlage wird die Wasserabgabe in die weiterführende Aue geregelt und ausgeglichen (Hochwasserschutz). Die Rückhaltebecken sind nicht Bestandteil der Werkskläranlage und werden daher im vorliegenden Bericht auch nicht weiter betrachtet.

### **Schlammwässerung**

Der aus der Vorklärung abgezogene Primärschlamm (Absetzgut) wird statisch eingedickt und mit einer Zentrifuge entwässert. Anschließend wird er in der Sinteranlage dem Erz zugegeben und so dem Verhüttungsprozess zur Verwertung der Inhaltsstoffe zur Verfügung gestellt.

Der Überschussschlamm aus der Belebung wird ebenfalls statisch eingedickt und mit einer weiteren Zentrifuge entwässert. Anschließend wird er in der Kokerei zusammen mit der Kohle verkocht. Die Verkokung als solches ist ein reduzierender Prozess, der das Entstehen insbesondere von Dioxinen und Furanen ausschließt.

Der Bestand der klärtechnischen Einrichtungen der Kläranlage ist in Anlage 5.1 aufgeführt und die Kläranlage mit den wesentlichen Verfahrensstufen der Abwasser- und Schlammbehandlung in den nachfolgenden zwei Grundfließbildern (Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2) dargestellt.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

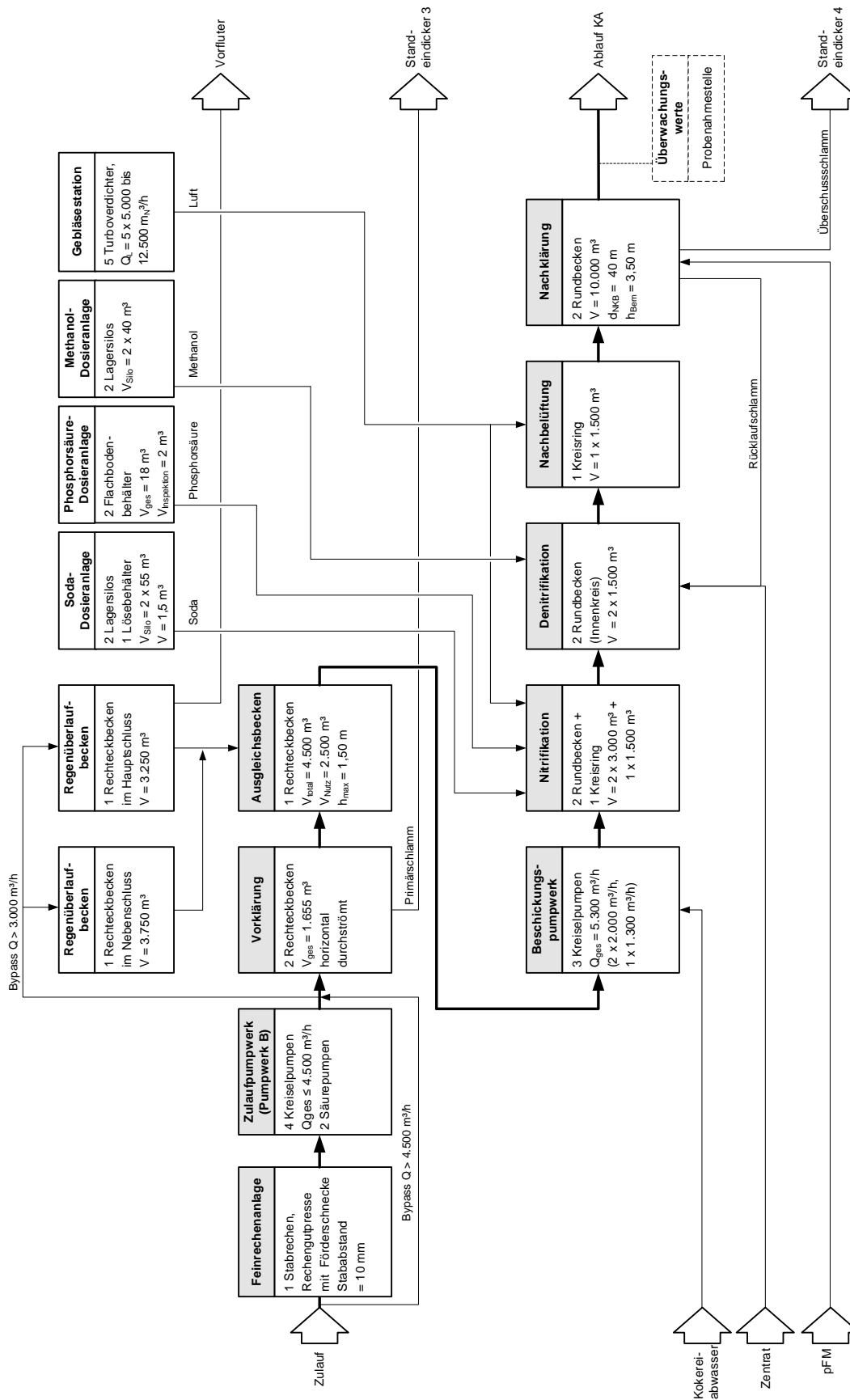


Abbildung 3.1: Grundfließbild Abwasserbehandlung (Ist-Zustand)

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

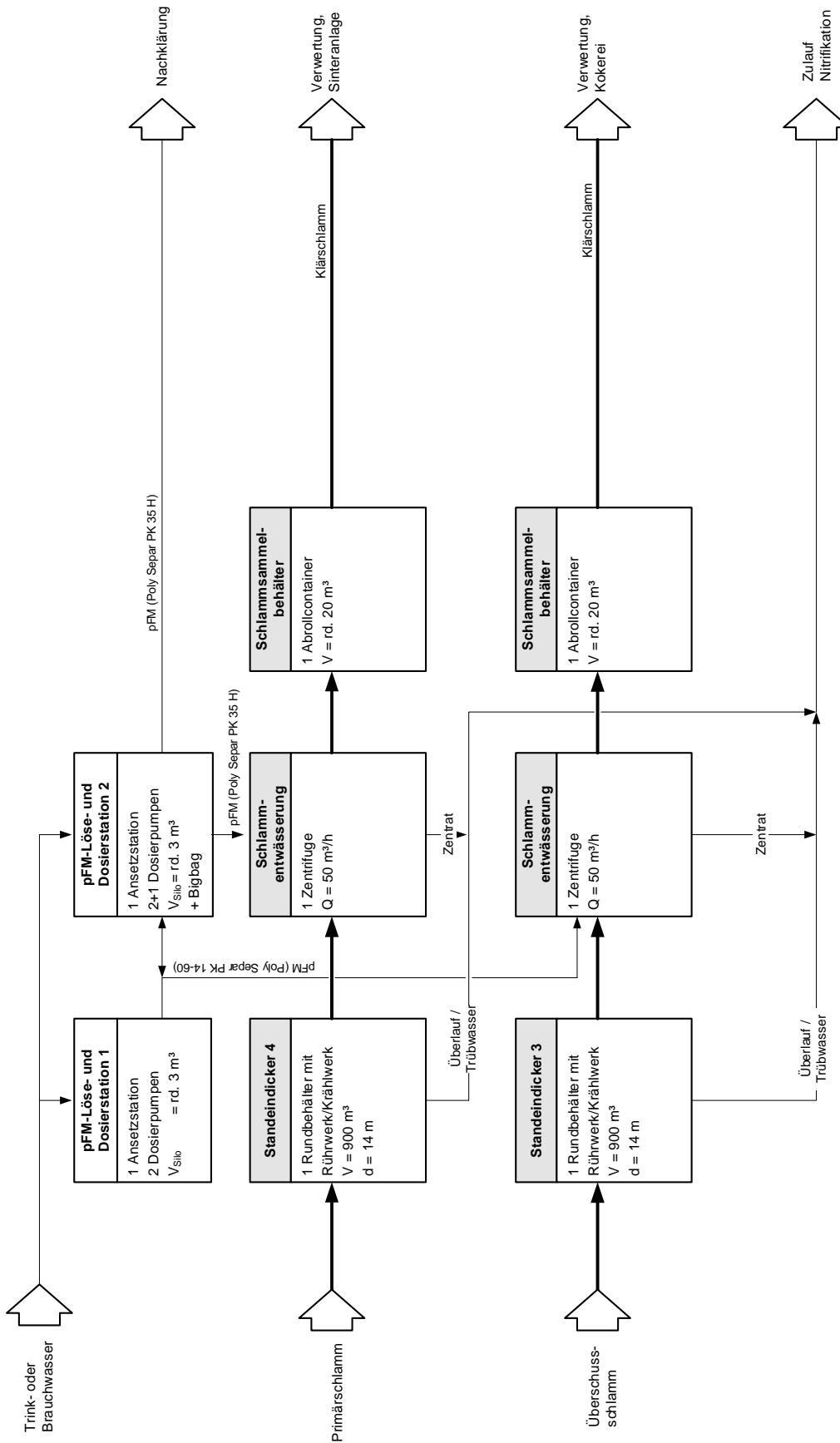


Abbildung 3.2: Grundfließbild Schlammbehandlung (Ist-Zustand)

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 3.2 Abwasserzusammensetzung

Die Belastungssituation d. h. die Herleitung der Dimensionierungsgrundlagen der Werkskläranlage erfolgt auf Basis der Betriebstagebücher (2015 bis 2017) in Anlehnung an das DWA Arbeitsblatt-A 198 und ist ausführlich in Anlage 5.3 beschrieben. Hierbei wurde der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) als Leitparameter definiert und es wurden die folgenden 3 Lastfälle unterschieden:

- **Lastfall 1: Bemessungslastfall**      T = 15,0 °C
- **Lastfall 2: Mittlere Belastung**      T = 21,5 °C
- **Lastfall 3: Maximale Temperatur**      T = 26,0 °C

Zur Ermittlung der Abwassermengen und -zusammensetzung im Zulauf zur biologischen Stufe stehen gemäß Kapitel 2 folgende Daten zur Verfügung:

- Betriebstagebuchdaten der Jahre 2015 bis 2017 (inkl. Abwassermengen und Temperaturen)
- Messkampagne AquaEcology: Chemische Parameter mit Diagrammen (30.10.2018) und Ergebnisse des Schadstoffmonitorings (07.12.2018)
- Sonderanalytik Abwasser für das Jahr 2018/2019
- Abwassermengenmessung (Stundendaten) der Jahre 2015 bis 09/2017

Als Grundlage für die Nachbemessung der Belebung dienen einerseits der Ablauf der Vorklärung, das dem Nitrifikationsbecken 1 zufließende Kokereiabwasser sowie der Rücklauf aus der Schlammbehandlung (Summe aus Trübwasser/Überlauf der Standeindicker und Zentrat der Schlammwässerung), welcher im Folgenden vereinfacht als Trübwasser bezeichnet wird. Als externe Belastung wird die Summe aus Zulauf Rechen und Kokereiabwasser bezeichnet, da diese Abwässer von außen der Kläranlage zufließen.

Die extern, d.h. von außen der Werkskläranlage zufließende CSB-Fracht (als 85-Perzentil über alle Tage) beträgt 4.613 kg/d und entspricht einem Einwohnerwert von 38.444 EW<sub>120</sub>. Dies entspricht einer Zuordnung der Werkskläranlage zur Größenklasse 4 (10.000 bis 100.000 EW).



## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Die Bemessungswerte für die drei betrachteten Lastfälle im Ist-Zustand sind in Tabelle 3.1 zusammengefasst. Für die ausführliche Herleitung und eine vollumfassende Grundlagenermittlung wird auf Anlage 5.3 verwiesen.

**Tabelle 3.1: Ermittelter Ist-Zustand der Werkskläranlage für die betrachteten 3 Lastfälle**

	Lastfall			LF 1	LF 2	LF 3
				Bemessungs- lastfall	Mittlere Be- lastung	Maximale Temperatur
	Lastfall-Temperatur	T	[°C]	15	21,5	26
Allgemein	Schlammindex	ISV	[ml/g]	55		
	Mittel TW-Zufluss (VKB <sub>ab</sub> )	Q <sub>T,d</sub>	[m <sup>3</sup> /d]	33.300	29.900	30.800
	Kokereiabwasser	Q <sub>Kok</sub>	[m <sup>3</sup> /d]	1.400	1.300	1.300
	Trübwasser	Q <sub>Trüb</sub>	[m <sup>3</sup> /d]	310	330	370
	Mittel TW-Zufluss (ext.)	Q <sub>d,konz</sub>	[m <sup>3</sup> /d]	34.700	31.200	32.100
	Jahreszufluss Biologie (ext.)	Q <sub>a,ZB</sub>	m <sup>3</sup> /a	13.000.000		
Zulauf Biologie inkl. Kokerei und Trübwasser						
Frachten	CSB-Fracht	B <sub>d,CSB</sub>	[kg/d]	4.300	3.510	4.300
	CSB <sub>filtr</sub> -Fracht	B <sub>d,CSB,filtr</sub>	[kg/d]	3.840	3.149	3.840
	BSB <sub>5</sub> -Fracht	B <sub>d,BSB5</sub>	[kg/d]	1.891	1.555	1.891
	AFS-Fracht	B <sub>d,AFS</sub>	[kg/d]	1.345	1.048	1.345
	TKN-Fracht	B <sub>d,TKN</sub>	[kg/d]	1.251	1.017	1.251
	NH <sub>4</sub> -Fracht	B <sub>d,NH4-N</sub>	[kg/d]	748	604	748
	NO <sub>3</sub> -Fracht	B <sub>d,NO3-N</sub>	[kg/d]	84	65	84
	P <sub>ges</sub> -Fracht	B <sub>d,Pges</sub>	[kg/d]	20,7	16,2	20,7
Konzentrationen	CSB-Konzentration	C <sub>CSB</sub>	[mg/l]	124	113	134
	CSB <sub>filtr</sub> -Konzentration	C <sub>CSB,filtr</sub>	[mg/l]	111	101	120
	BSB <sub>5</sub> -Konzentration	C <sub>BSB5</sub>	[mg/l]	54	50	59
	AFS-Konzentration	C <sub>AFS</sub>	[mg/l]	39	34	42
	TKN-Konzentration	C <sub>TKN</sub>	[mg/l]	36	33	39
	NH <sub>4</sub> -Konzentration	C <sub>NH4-N</sub>	[mg/l]	22	19	23
	NO <sub>3</sub> -Konzentration	C <sub>NO3-N</sub>	[mg/l]	2,4	2,1	2,6
	P <sub>ges</sub> -Konzentration	C <sub>Pges</sub>	[mg/l]	0,6	0,5	0,6

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

	Lastfall			LF 1	LF 2	LF 3
				Bemessungs- lastfall	Mittlere Be- lastung	Maximale Temperatur
Verhältnisswerte	CSB <sub>fiit</sub> /CSB	C <sub>CSB,fiit</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,89	0,90	0,89
	BSB <sub>5</sub> /CSB	C <sub>BSB5</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,44	0,44	0,44
	AFS/CSB	X <sub>TS</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,31	0,30	0,31
	TKN/CSB	C <sub>TKN</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,29	0,29	0,29
	NH <sub>4</sub> -N/CSB	C <sub>NH4-N</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,17	0,17	0,17
	NO <sub>3</sub> -N/CSB	C <sub>NO3-N</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,02	0,02	0,02
	P <sub>ges</sub> /CSB	C <sub>P</sub> /C <sub>CSB</sub>	[mg/mg]	0,00	0,00	0,00

### 3.3 Einleitungsmenge an mechanisch-biologisch gereinigtem Abwasser

Die Einleitungsmenge an mechanisch-biologisch gereinigtem Abwasser aus der Werkskläranlage in den Lahmanngraben wird kontinuierlich im Mengenschacht in der Nachklärung erfasst. Sie entspricht relativ genau der Zulaufmenge der biologischen Stufe, d.h. dem Ablauf der Vorklärung zuzüglich des Zuflusses aus der Kokerei, der über eine separate Druckrohrleitung direkt in den Zulauf der Belebung gefördert wird. Damit entspricht die maximale Einleitungsmenge an mechanisch-biologisch gereinigtem Abwasser 3.060 m<sup>3</sup>/h bzw. 850 l/s.

Im Betrachtungszeitraum von 2015 bis 2017 wurde eine maximale tägliche Einleitungsmenge von 72.750 m<sup>3</sup>/d gemessen. Dies entspricht nahezu der maximalen stündlichen Einleitungsmenge über 24 h von 73.440 m<sup>3</sup>/d. Da nicht auszuschließen ist, dass zukünftig tatsächlich 24 h lang die maximale Abwassermenge behandelt und eingeleitet wird, wird die maximale tägliche Einleitmenge mit 73.440 m<sup>3</sup>/d angesetzt.

Die eingeleiteten jährlichen Abwassermengen hängen aufgrund der Mischwasserkanalisation stark von der Menge und Verteilung des jährlichen Niederschlages ab. Im relativ regenreichen Jahr 2017 wurde eine Menge von insgesamt rund 14,2 Mio. m<sup>3</sup> mechanisch-biologisch gereinigten Abwassers eingeleitet. Da noch regenreichere Jahre nicht auszuschließen sind, wird die maximale jährliche Einleitmenge mit 15 Mio. m<sup>3</sup> festgelegt.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

### 3.4 Schlammzusammensetzung

#### 3.4.1 Bewertung der Datengrundlage

Im Hinblick auf die Konsistenz zur Nachbemessung der Abwasserreinigung wird der Betrachtungszeitraum der Schlammengen über drei Jahre von 2015- 2017 gewählt. Für die Erstellung einer Schlamm Bilanz wird zusätzlich die mittlere Schlammmenge des Überschussschlamm des Jahres 2018 herangezogen. Zum Teil fehlende Angaben werden mit Annahmen aus Erfahrungswerten und teilweise aus Werten des Entwurfsberichts von 1992 zur Dimensionierung der Schlammbehandlung auf der WKA ergänzt. In der nachfolgenden Tabelle 3.2 ist die Datenqualität dargestellt:

**Tabelle 3.2: Bewertung der Datengrundlage**

Parameter	Anzahl der Messungen	Mittelwert	Bewertung
<b>Primärschlamm</b>			
PS-Menge (Dünnschlamm), $Q_{PS}$	keine	-	-
TR-Konzentration aus Vorklärung	keine	-	-
PS-Menge, eingedickt	täglich	92 m <sup>3</sup> /d	plausibel
TR-Konzentration vor Entwässerung	3 Stichproben	12,8 g/l	Werte im erwartbaren Bereich, geringe Datendichte
PS-Menge, entwässert	täglich	2,1 m <sup>3</sup> /d	plausibel
TR-Konzentration nach Entwässerung	3 Stichproben	1,1 g/l	Messung falsch, Werte deutlich zu gering
<b>Überschussschlamm</b>			
ÜS-Menge (Dünnschlamm), $Q_{ÜS}$	täglich	100 m <sup>3</sup> /d	plausibel
RS, TR-Konzentration, $C_{RS} = C_{ÜS}$	täglich	11,6 g/l	plausibel
ÜS-Menge, eingedickt, $Q_{ÜSE}$	täglich	51 m <sup>3</sup> /d	plausibel
TS-Konzentration vor Entwässerung	3 Stichproben	26 g/l	Werte im erwartbaren Bereich, geringe Datendichte
ÜS-Menge, entwässert $Q_{ÜSEW}$	täglich (2018)	1,8 m <sup>3</sup> /d	plausibel, jedoch anderer Betrachtungszeitraum

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Parameter	Anzahl der Messungen	Mittelwert	Bewertung
TS-Konzentration nach Entwässerung	3 Stichproben	1,3 g/l	Messung falsch, Werte deutlich zu gering
<b>Trübwasser</b>			
Trübwassermenge (Summe)	täglich	325 m <sup>3</sup> /d	plausibel
TS-Konzentration	wöchentlich	185 mg/l	plausibel

Die Messungen zur TR-Konzentration im Primär- und Überschussschlamm vor und nach der Entwässerung haben eine sehr geringe Datendichte. Hier werden bei der Erstellung der Schlammbilanz Erfahrungswerte sowie Annahmen aus dem Entwurfsbericht von 1992 mit hinzugezogen.

Es wurde 2015 - 2017 die tägliche, in der Sinteranlage verwertete Primärschlammmenge dokumentiert. Die Primärschlammmenge wird daher basierend auf diesen Werten bilanziert, da hier eine hohe Datengenauigkeit zu erwarten ist. Die Überschussschlammmenge kann sowohl am Überschussschlammabzug (Mengen- und TS-Messung vorhanden) als auch über die Entsorgungsmengen (Bezugsjahr 2018) ermittelt werden. Es werden nachfolgend beide Bezugspunkte mittels der Nachbemessung der Biologie auf Plausibilität geprüft.

### Abschätzung der Überschussschlammmengen

In der Nachbemessung der Biologie wurde für den mittleren Lastfall eine Überschussschlammproduktion von rd. 1.260 kg TS/d berechnet. In der Auswertung der Schlammdaten von 2015-2017 wird eine durchschnittliche TS-Fracht im Überschussschlamm von rd. 1.270 kg TS/d über die TS-Konzentration im Rücklaufschlamm und der täglichen ÜS-Menge ( $Q_{d,ÜS}$ ) ermittelt.

Die tägliche TS-Fracht, die über die verwertete Menge aus dem Jahr 2018 und einem TS-Gehalt von rd. 24 % berechnet wird, beträgt rd. 440 kg<sub>TS</sub>/d. Dies erscheint deutlich zu gering. Dieser Wert wird daher nicht weiter betrachtet. Es wird somit eine mittlere TS-Fracht von 1.270 kg/d, die sich aus dem Überschussschlammabzug ergibt (s.o.), angesetzt.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Abschätzung der Primärschlammengen

Der Primärschlammanfall der WKA kann aufgrund des hohen mineralischen Anteils nicht über das Standard-Arbeitsblatt der DWA für die Bemessung von einstufigen biologischen Kläranlagen (DWA-A 131, 2016) abgeschätzt werden.

Da die abgezogene Primärschlammmenge sowie TS-Konzentration nicht ermittelt wird, wird die verwertete Menge an Primärschlamm, die zur Sinteranlage transportiert wird, herangezogen. Zur Ermittlung der TS-Fracht in der abtransportierten Menge wird ein TS-Gehalt im entwässerten Schlamm von 52 % angenommen. Dieser Wert entspricht den im Rahmen von Entwässerungsversuchen ermittelten Wert (Entwurfsbericht 1992).

### **3.4.2 Schlamm Bilanz (Jahresdurchschnitt)**

Unter Berücksichtigung der Messwerte aus dem Betrachtungszeitraum 2015-2017 sowie der durchgeführten Plausibilitätsprüfung anhand einer theoretischen Schlammproduktion in der Biologie wurde eine Schlamm Bilanz erstellt. Die Schlamm Bilanz ist in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Beim Primärschlamm liegt die höchste Datendichte bei den verwertete Schlammengen, die zur Sinteranlage transportiert und dort verwertet werden. Über diese Schlammmenge und den angesetzten TS-Gehalt von 52 % wurde die Schlamm Bilanz aufgebaut. Mit der gemessenen Dickschlammmenge des Primärschlammes nach dem Eindicker und den drei vorhandenen Stichproben korreliert die ermittelte TS-Fracht. Die Primärschlammförderung aus der Vorklärung und die dazugehörige TS-Konzentration wird nicht ermittelt, so dass diese Werte entsprechend auf Annahmen bzw. Berechnungen resultieren.

Beim Überschussschlamm werden die tägliche Überschussschlammmenge und die TS-Fracht (berechnet über die Konzentration aus dem Rücklaufschlamm) als Grundlage für die Schlamm Bilanz herangezogen. Die Schlammfracht korreliert mit der theoretisch zu erwartenden Überschussschlammproduktion. Die TS-Fracht wurde bis zur Verwertung, d.h. dem Transport in die Kokerei, entsprechend über Entfernungsraten ermittelt. Über die täglich gemessene Schlammmenge nach dem Eindicker wird eine TS-Konzentration von 22 g/l ermittelt, die im Bereich der drei vorhandenen Stichproben (im Mittel bei 25,9 g/l) liegt. Nach der Schlamm entwässerung ergibt sich mit einem TS-Gehalt von im Mittel 24 % eine tägliche Schlammmenge von 4,5 m<sup>3</sup>/d.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

Das Trübwasser wird in einem Trübwasserbehälter zusammengeführt. Die Trübwassermenge wird gesamt erfasst, so dass hier der im Mittel gemessene Wert von 325 m<sup>3</sup>/d herangezogen wird. Die TS-Konzentration im Trübwasser wird wöchentlich ermittelt und liegt im Mittel bei 185 mg/l.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Tabelle 3.3: Schlamm Bilanz, Jahresdurchschnitt 2015-2017

	Parameter	Abk.	Wert	Einheit	Bemerkung
Primärschlamm (= „Absetzgut“ )	<b>Dünnschlamm (aus Vorklärung)</b>				
	Menge	Q <sub>d,PS</sub>	125	m <sup>3</sup> /d	berechnet
	TS-Fracht	B <sub>d,PS</sub>	1.247	kg/d	Annahme, Abscheidung Eindicker: 90 %
	TS-Konzentration	CTS	10	g/l	Annahme aus Entwurf (1992)
	<b>Dickschlamm (aus Eindicker)</b>				
	Menge	Q <sub>d,PSE</sub>	92,3	m <sup>3</sup> /d	Mittelwert 2015-2017
	TS-Fracht	B <sub>d,PSE</sub>	1.122	kg/d	Annahme, Abscheidung Zentrifuge: 95 %
	TS-Konzentration	CTS	12,2	g/l	berechnet, im Messbereich der Stichproben
	<b>entwässerter Schlamm</b>				
	Menge	Q <sub>d,PSEW</sub>	2,1	m <sup>3</sup> /d	Mittelwert 2015-2017
	TS-Fracht	B <sub>d,PSEW</sub>	1.066	kg/d	berechnet
	TS-Konzentration	CTS	52	%	Annahme aus Entwurf (1992)
	Überschussschlamm	<b>Dünnschlamm (aus Belebung)</b>			
Menge		Q <sub>d,ÜS</sub>	100	m <sup>3</sup> /d	Mittelwert 2015-2017
TS-Fracht		B <sub>d,ÜS</sub>	1.271	kg/d	Mittelwert 2015-2017
TS-Konzentration		CTS	12,7	g/l	berechnet, oberhalb des Mittelwertes
<b>Dickschlamm (aus Eindicker)</b>					
Menge		Q <sub>d,ÜSE</sub>	51	m <sup>3</sup> /d	Mittelwert 2015-2017
TS-Fracht		B <sub>d,ÜSE</sub>	1.144	kg/d	Annahme: Abscheidung von 90 %
TS-Konzentration		CTS	22	g/l	berechnet, im Messbereich der Stichproben
<b>entwässerter Schlamm</b>					
Menge		Q <sub>d,ÜSEW</sub>	4,5	m <sup>3</sup> /d	berechnet
TS-Fracht		B <sub>d,ÜSEW</sub>	1.087	kg/d	Annahme: Abscheidung von 95 %
TS-Konzentration		CTS	24	%	Annahme gem. SZFG: 23-25 %
Trübwasser		<b>Trübwasser, gesamt</b>			
	Menge	Q <sub>d,Trüb</sub>	325	m <sup>3</sup> /d	Mittelwert 2015-2017
	TS-Fracht	B <sub>d,Trüb</sub>	60	kg/d	berechnet
	TS-Konzentration	CTS	185	mg/l	Mittelwert (wöchentliche Messung)

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### **3.4.3 Auslegungsparameter für die Schlammbehandlung**

Die Berechnung der Schlammengen zur Dimensionierung der Anlagenteile der Schlammbehandlung erfolgte über die Ermittlung des maximalen 14-Tage-Mittelwerts der gemessenen Schlammdaten aus dem Betrachtungszeitraum 2015-2017. In der nachfolgenden Tabelle 3.4 sind die entsprechenden Auslegungsdaten für die einzelnen Anlagenteile der Schlammbehandlung aufgeführt.

Bei der WKA der Salzgitter Flachstahl GmbH werden der Primärschlamm in der Sinteranlage und der Überschussschlamm in der Kokerei verwertet. Es wird daher die organische Trockensubstanz, die bspw. für Faulungsprozesse relevant ist, nicht näher betrachtet.



## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Tabelle 3.4: Schlamm Bilanz, Auslegungsparameter (basierend auf maximale 14-Tage-Mittelwerte)

	Parameter	Abk.	Wert	Einheit	Bemerkung
Primärschlamm (= „Absetzgut“)	<b>Dünnschlamm (aus Vorklärung)</b>				
	Menge	Q <sub>d,PS</sub>	487	m <sup>3</sup> /d	berechnet
	TS-Fracht	B <sub>d,PS</sub>	4.870	kg/d	berechnet (90 % TS-Trennung, Eind.)
	TS-Konzentration	CTS	10	g/l	Annahme
	<b>Dickschlamm (aus Eindicker)</b>				
	Menge	Q <sub>d,PSE</sub>	145	m <sup>3</sup> /d	max. 14-Tage Mittelwert (2015-2017)
	TS-Fracht	B <sub>d,PSE</sub>	4.380	kg/d	berechnet (95 % TS-Trennung, Entw.)
	TS-Konzentration	CTS	30,2	g/l	berechnet
	<b>entwässerter Schlamm</b>				
	Menge	Q <sub>d,PSEW</sub>	8,0	m <sup>3</sup> /d	max. 14-Tage Mittelwert (2015-2017)
	TS-Fracht	B <sub>d,PSEW</sub>	4.160	kg/d	berechnet
	TS-Konzentration	CTS	52	%	Annahme (Versuche aus Entwurf 1992)
	Überschussschlamm	<b>Dünnschlamm (aus Belebung)</b>			
Menge		Q <sub>d,ÜS</sub>	271	m <sup>3</sup> /d	max. 14-Tage Mittelwert (2015-2017)
TS-Fracht		B <sub>d,ÜS</sub>	3.440	kg/d	berechnet
TS-Konzentration		CTS	12,7	g/l	Mittelwert 2015-2017
<b>Dickschlamm (aus Eindicker)</b>					
Menge		Q <sub>d,ÜSE</sub>	137	m <sup>3</sup> /d	max. 14-Tage Mittelwert (2015-2017)
TS-Fracht		B <sub>d,ÜSE</sub>	3.100	kg/d	berechnet (90 % TS-Trennung)
TS-Konzentration		CTS	22,6	g/l	berechnet
<b>entwässerter Schlamm</b>					
Menge		Q <sub>d,ÜSEW</sub>	12,3	m <sup>3</sup> /d	berechnet
TS-Fracht		B <sub>d,ÜSEW</sub>	2.950	kg/d	berechnet (95 % TS-Trennung)
TS-Konzentration		CTS	24	%	Annahme
Trübwasser		<b>Trübwasser, gesamt</b>			
	Menge	Q <sub>d,Trüb</sub>	541	m <sup>3</sup> /d	max. 14-Tage Mittelwert (2015-2017)
	TS-Fracht	B <sub>d,Trüb</sub>	100	kg/d	berechnet
	TS-Konzentration	CTS	185	mg/l	Mittelwert (wöchentliche Messung)

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### **3.5 Ableitung der BVT-Schlussfolgerungen für die Werkskläranlage**

Als BVT-Schlussfolgerungen werden Dokumente bezeichnet, welche die besten verfügbaren Techniken (BVT) zur Emissionsminderung in den Industrieanlagen einer Branche beschreiben und aus den umfangreicheren BVT-Merkblättern der Europäischen Kommission abgeleitet werden. Diese charakterisieren eine Branche mit ihren typischen Produktionsprozessen, den Umweltbelastungen und Techniken zur Emissionsbegrenzung sowie die mit den Techniken verbundenen Kosten und Umweltwirkungen.

Bisher sind von der EU-Kommission nur für wenige Branchen verbindliche BVT-Schlussfolgerungen veröffentlicht worden. Auf die am Standort der SFZG produzierenden Unternehmen (Indirekteinleiter) kann das Merkblatt zur Eisen- und Stahlerzeugung nach der Industrie-Emissionen-Richtlinie 2010/75/EU (März 2012) angewendet werden. Für weitere Branchen sind zum Zeitpunkt der Antragsausarbeitung keine BVT-Schlussfolgerungen bekannt. Dieses Unterkapitel enthält in Folge dessen nicht notwendigerweise eine abschließende Liste aller möglichen Maßnahmen/Techniken, die bei der Bestimmung der BVT für die Werkskläranlage der SZFG in Erwägung kommen können.

Nachfolgend werden die aus den BVT-Schlussfolgerungen resultierenden Forderungen an die Abwasserbehandlung und den Entsorgungsweg der Reststoffströme (bspw. Klärschlamm) dargestellt. Die einzelnen Abwasserkataster betreffende Technologien zur Wassereinsparung am Standort und Anforderungen an das Abwasser vor der Vermischung mit den übrigen Indirekteinleitern sind den einzelnen Katastern der Betriebe zu entnehmen und nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

Zudem werden die einzelnen, das Prozessabwasser betreffenden, branchenspezifischen Anhänge der Abwasserverordnung auf mögliche Anforderungen an die Abwasser- und Reststoffstrombehandlung der Werkskläranlage untersucht und nachfolgend aufgeführt.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### **3.5.1 Abwasserbehandlung**

Die BVT für die Abwasserbewirtschaftung der Eisen- und Stahlerzeugung besteht darin, verschiedene Arten von Abwasser zu vermeiden, zu sammeln und zu trennen, um die interne Kreislaufführung zu maximieren und jeden Abwasserstrom mit geeigneten Verfahren zu behandeln.

Aus der Grundlagenermittlung in Anlage 5.3 geht hervor, dass die maßgebliche stoffliche Belastung der Werkskläranlage (über 50 % der CSB- und TKN-Frachten) durch das Kokereiabwasser verursacht wird. Nachfolgend werden demnach hauptsächlich die zu erwägenden Maßnahmen/Techniken (oder deren Kombinationen) sowie damit verbundene Überwachungsmaßnahmen beschrieben, die aus den Bestimmungen der BVT für Kokereien resultieren.

Das Abwasser aus dem Verkokungsprozess und der Reinigung des Koksofengases ist vor der Einleitung in die Abwasserbehandlungsanlage bereits durch einen oder eine Kombination der folgenden Prozesse vorzubehandeln, um die mit dem BVT-Merkblatt assoziierten Emissionswerte einzuhalten bzw. zu unterschreiten (Merkblatt zur Eisen- und Stahlerzeugung, 2012):

- Entfernung von Teer und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) durch die Nutzung von Flockungsmitteln und einer anschließenden Flotation, Sedimentation und Filtration, entweder als Einzelmaßnahme oder in Kombination, da PAKs toxisch auf die Mikroorganismen im Belebtschlamm wirken.
- Wirksame Ammoniak-Strippung unter Verwendung von alkalischen Stoffen und Dampf.

Gemäß betrieblichem Abwasserkataster A 05 – Kokerei (einschl. Kohleeinblasanlage) wird im Anschluss an die Kohlenwertstoffanlage der SZFG vor der Einleitung in die Abwasserbehandlungsanlage ein Abtreiber / Entsäurer eingesetzt. Dieser Prozess entspricht der geforderte Vorbehandlung nach Punkt II der BVT.

Das vorbehandelte Abwasser aus der Kokerei kann biologisch und chemisch behandelt werden, wobei das aerob-biologische System mit Belebtschlamm die am Häufigsten angewendete Technik ist, sei es in Verbindung mit einem Wirbelbett oder mit der Denitrifikation und Nitrifikation, was den Stand der Technik auch für die Entfernung von Stickstoff darstellt.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Belebtschlamm-Systeme mit einem niedrigen Nährstoff/Mikroorganismen-Verhältnis (N/M) sowie einer hohen Rezirkulationsrate bei Abwasserbehandlungsanlage mit ausschließlicher Nitrifikation sind aus Umweltsicht zu bevorzugen, um auch schwer abbaubare organische Verbindungen mit hoher Wirksamkeit zu mineralisieren.

Für strenge Ablaufgrenzwerte bezüglich aller Stickstoffverbindungen durch die lokalen Behörden haben sich Anlagenkonzepte mit einer Kombination aus Nitrifikation und Denitrifikation als mehrstufiges System bewährt. Diese können zudem, wie sich in der Praxis gezeigt hat, sinnvoll durch folgende Stufen weiter ausgestaltet sein:

- Ausgleichsbecken,
- Belüftungsbecken mit vorgeschalteter Denitrifikation (erste Denitrifikationsstufe),
- Zwischenklärung,
- Nitrifikationsbecken (Festbett-/Tropfkörperverfahren),
- Zweite Denitrifikationsstufe mit Methanoldosierung als externe Kohlenstoffquelle,
- Nachbelüftung zur Aufsättigung des Belebtschlammes,
- abschließende Klärung.

Darüber hinaus kann eine Einstellung des pH-Wertes im biologischen Reaktor durch Natronlauge/Schwefelsäure, eine Phosphorsäure-Dosierung sowie eine nachgeschaltete Filtrationsstufe (etwa ein Gegenstrom-Sandfilter) zur Entfernung sehr feiner biologischer Flocken im Überlauf des Absetzbeckens, erforderlich sein.

Andere Techniken zur Abscheidung von Schwebstoffen wie Flotation oder eine gemeinsame Behandlung mit kommunalem Abwasser sind gemäß BVT möglich, sofern die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind.

Im Vergleich mit der bestehenden Anlagenkonfiguration der Werkskläranlage, wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, zeigt sich, dass die derzeit am Standort eingesetzten Techniken weitestgehend den BVT-Schlussfolgerungen für die Abwasserbewirtschaftung der Eisen- und Stahlerzeugung, insbesondere dem

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Teil für die Kokereien entsprechen. Die Werkskläranlage verfügt neben der nachgeschalteten Denitrifikation mit Nachbelüftung über alle der oben genannten erforderlichen Systemkomponenten und Dosiereinrichtungen (Phosphorsäure, Methanol, Soda), um die Ablaufgrenzwerte sicher einzuhalten. Lediglich eine nachgeschaltete Filtrationsstufe zur Entfernung sehr feiner Flocken im Ablauf der Nachklärung ist nicht vorhanden.

### **3.5.2 Reststoffstrombehandlung**

Die bei der Abwasserbewirtschaftung der Eisen- und Stahlerzeugung im Allgemeinen anfallende Reststoffe variieren in Abhängigkeit der auf der Werkskläranlage angewendeten Reinigungsverfahren. Die BVT besteht darin mit den Prozessrückständen, welche weder vermieden noch recycelt werden können, in kontrollierter Art und Weise umzugehen, d.h. diese intern oder extern zu verwerten. Dazu gehören das Rechengut, der Primärschlamm (auch als Absetzgut bezeichnet) und der entwässerte Überschussschlamm des Belebtschlammverfahrens (Klärschlamm).

Der in der Vorklärung abgesetzte Primärschlamm, weist auf Grund der überwiegenden Herkunft des Abwassers aus den Hüttenbetrieben, einen hohen Anteil von mineralischen Feststoffen, vor allem Metalle auf. Daher wird der abgezogene Primärschlamm nach Eindickung und Entwässerung als Stoffstrom der Erzvorbehandlung (Sinteranlage) zugeführt.

Nach Anhang 46 Teil B Abs. 2 AbwV ist Belebtschlamm aus Abwasserbehandlungsanlagen, in der Abwasser, dessen Schadstofffracht im Wesentlichen aus der Steinkohleverkokung stammt (hier > 50 %), behandelt wird, der Einsatzkohle in Koksöfen beizumischen. Auf der Werkskläranlage wird der Überschussschlamm zunächst sedimentiert (eingedickt), entwässert und anschließend zur Kokerei transportiert. Diese Art der Verwertung deckt sich mit den BVT der Eisen- und Stahlerzeugung.

Über die spezifische Verwertung bzw. Entsorgung des Rechenguts aus der mechanischen Vorreinigung wird in den BVT-Schlussfolgerungen keine Aussage gemacht. Derzeit erfolgt die Abholung und Verwertung des Rechenguts der Werkskläranlage durch den Städtischen Regiebetrieb (SRB) Salzgitter.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 4. Beurteilung der Qualität des gereinigten Abwassers

Die im Bezugszeitraum 01/2015 bis 12/2017 ausgewerteten Ablaufkonzentrationen der Werkskläranlage beziehen sich auf den Ablauf der Nachklärung (Probenstamm-Nr. 203) sowie auf das im Rahmen des Teilprojektes 7 (TP 7, Anlage 8) durchgeführte Messprogramm. Für die Einleitung des gereinigten Abwassers sind die im Rahmen von Teilprojekt 2: Mischungsberechnung (TP 2, Anlage 3) ermittelten (bzw. zu beantragenden) Überwachungswerte in der nachfolgenden Tabelle 4.1 aufgeführt und auf Einhaltung überprüft worden. Daraus resultierende konkrete Maßnahmen für den Kläranlagenbetrieb bzw. zur Rückhaltung von Schadstoffen aus dem Abwasser können Kapitel 6 entnommen werden.

Alle Überwachungswerte sind nach der bestehenden gehobenen Erlaubnis in der qualifizierten Stichprobe nachzuweisen und werden im Probenameschacht hinter der Nachklärung gemessen.

#### **CSB- und AFS-Konzentration im Ablauf der Nachklärung**

Im Bezugszeitraum liegt die CSB-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage zwischen 8 und 120 mg/l, wobei der zu beantragende Überwachungswert lediglich von zwei Messwerten im gesamten Untersuchungszeitraum von 3 Jahren überschritten wurde. Der 85-Perzentilwert von 46 mg/l unterschreitet sowohl den derzeitigen ( $\ddot{U}W_{\text{CSB,aktuell}} = 80 \text{ mg/l}$ ) als auch den zu beantragenden Überwachungswert ( $\ddot{U}W_{\text{CSB,zuk}} = 75 \text{ mg/l}$ ) deutlich (Abbildung 4.1).

Für die AFS-Konzentration im Ablauf der Kläranlage liegt gemäß bestehender Erlaubnis kein Grenzwert vor. Zukünftig ist voraussichtlich mit einem Überwachungswert für diesen Parameter im Bereich von 20 mg/l zu rechnen. Aus Abbildung 4.1 ist ersichtlich, dass dieser Wert sowohl durch den 85-Perzentilwert als auch den Mittelwert überschritten wird. Vor diesem Hintergrund sind Maßnahmen zu ergreifen, um zukünftig die Einhaltung des zu beantragenden Grenzwertes sicherzustellen.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

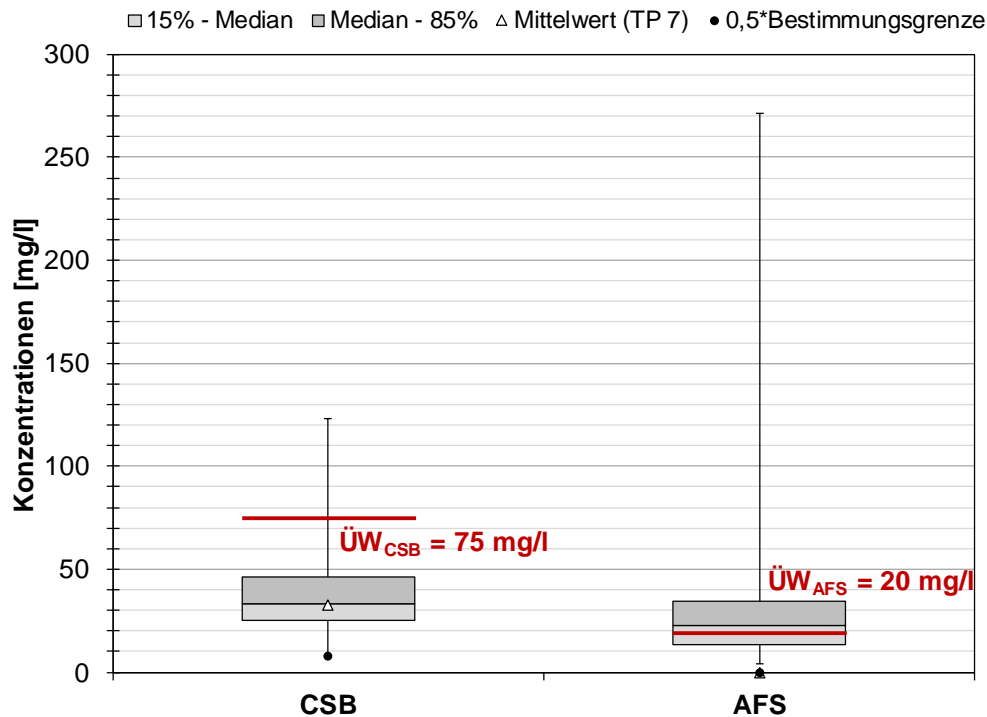


Abbildung 4.1 Darstellung der CSB- und AFS-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten

### BSB<sub>5</sub>- und P<sub>ges</sub>-Konzentration im Ablauf der Nachklärung

Die zulässige BSB<sub>5</sub>-Konzentration im Ablauf der Kläranlage von 19 mg/l gemäß Mischungsrechnung (TP 2, Anlage 3) wird über den gesamten Betrachtungszeitraum eingehalten (Abbildung 4.2). Der 85-Perzentilwert ist mit 5,0 mg/l um knapp ein Vierfaches geringer als der zu beantragende Überwachungswert.

Die Gesamtphosphor-Konzentration im Ablauf der Kläranlage unterliegt einer verhältnismäßig großen Streubreite von 0,05 bis 1,10 mg/l, wobei der zu beantragende Überwachungswert von 1,0 mg/l nur von wenigen Ausreißern und auch nur geringfügig überschritten wird. Der 85-Perzentilwert liegt mit 0,62 mg/l deutlich unterhalb des Überwachungswertes (Abbildung 4.2). Das Sondermessprogramm im Zuge des TP 7 hat gezeigt, dass gut 25 % dessen partikulärer Herkunft sind. Dieser Anteil kann auf die AFS-Konzentration im Ablauf der Nachklärung zurückgeführt werden. Mit einer Reduktion der AFS-Konzentration, etwa durch eine zusätzliche nachgeschaltete Reinigungsstufe, kann somit auch eine Verminderung der P<sub>ges</sub>-Konzentration einhergehen.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

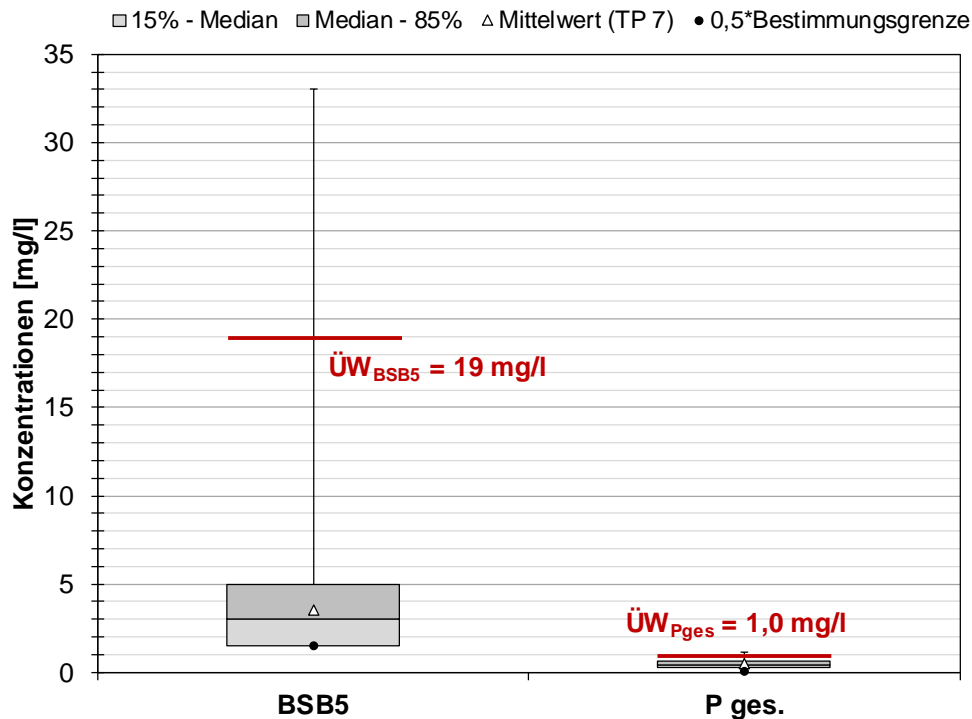


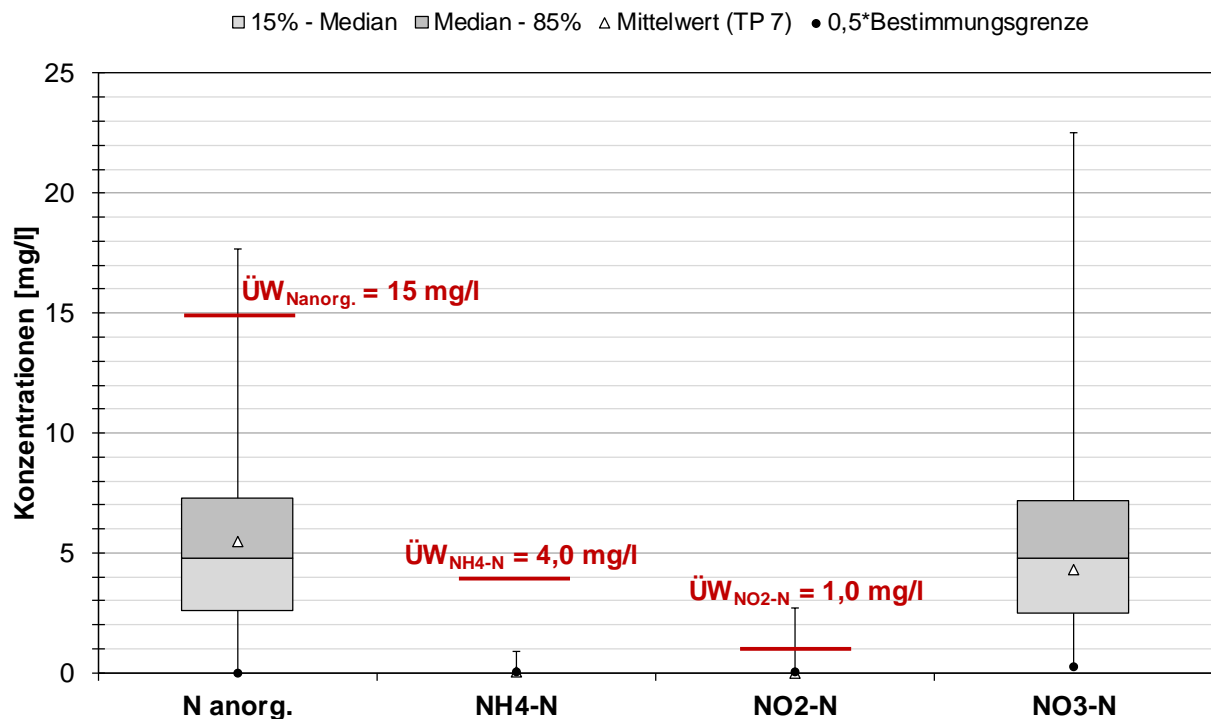
Abbildung 4.2 Darstellung der BSB<sub>5</sub>- und P<sub>ges</sub>-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten

### Stickstoffverbindungen

Die im Betrachtungszeitraum gemessenen, für die Antragsunterlagen der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis relevanten, Stickstoff-Verbindungen (N<sub>anorg</sub>, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N) weisen bis auf wenige Ausreißer durchweg geringere Konzentrationen im Kläranlagenablauf auf als gemäß der bestehenden Erlaubnis zulässig ist. Die zu beantragenden Überwachungswerte entsprechen den bisherigen Anforderungen und werden demnach sowohl im Jahresmittel als auch im 85-Perzentilwert eingehalten (Abbildung 4.3).



## Anlage 5 – Beurteilung der WKA



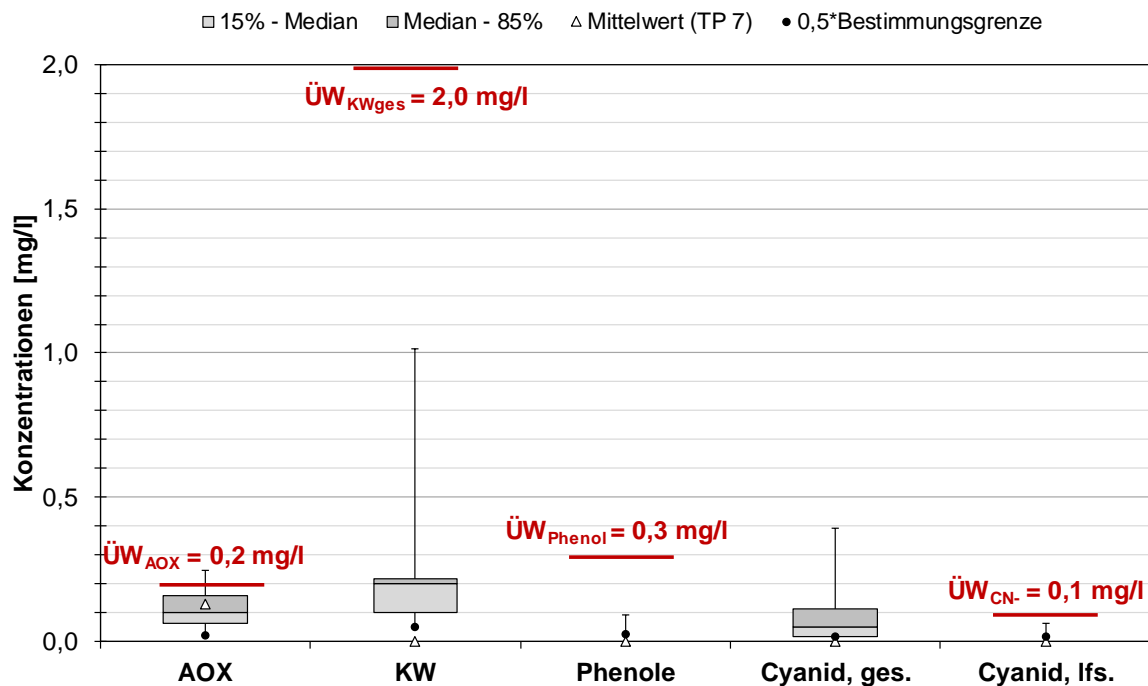
**Abbildung 4.3** Darstellung der Stickstoff-Konzentrationen im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017) mit den zu beantragenden Überwachungswerten

### Weitere Parameter der Abwasserverordnung (AbwV)

Gemäß Teil C und D der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV sind weitere Parameter im Ablauf der Werkskläranlage einzuhalten. Dazu gehören auch adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) und leicht freisetzbare (lfs.) Cyanide. Der Grenzwert für AOX liegt bei 200 µg/l und wird mit einer Ablaufkonzentration von 158 µg/l im 85-%-Perzentil sicher eingehalten. Im Bezugszeitraum 2015 bis 2017 lagen bei einer monatlichen Beprobung insgesamt zwei Messwerte oberhalb des Grenzwertes.

Der zu beantragende Überwachungswert für Cyanid (lfs.) wird ebenfalls eingehalten. Für die Parameter Kohlenwasserstoff-Index (KW) und Phenole liegen die gemessenen Konzentrationen deutlich unterhalb der zu beantragenden Überwachungswerte. Es ist zu beachten, dass für Phenol lediglich 2 von 150 Messwerten im Zeitraum 01/2015 bis 12/2017 oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l lagen. Die KW-Konzentration lag hingegen zu rund 95 % oberhalb der spezifischen Bestimmungsgrenze (0,01 mg/l). In Abbildung 4.4 ist die Hälfte der Bestimmungsgrenze der Parameter punktuell dargestellt.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

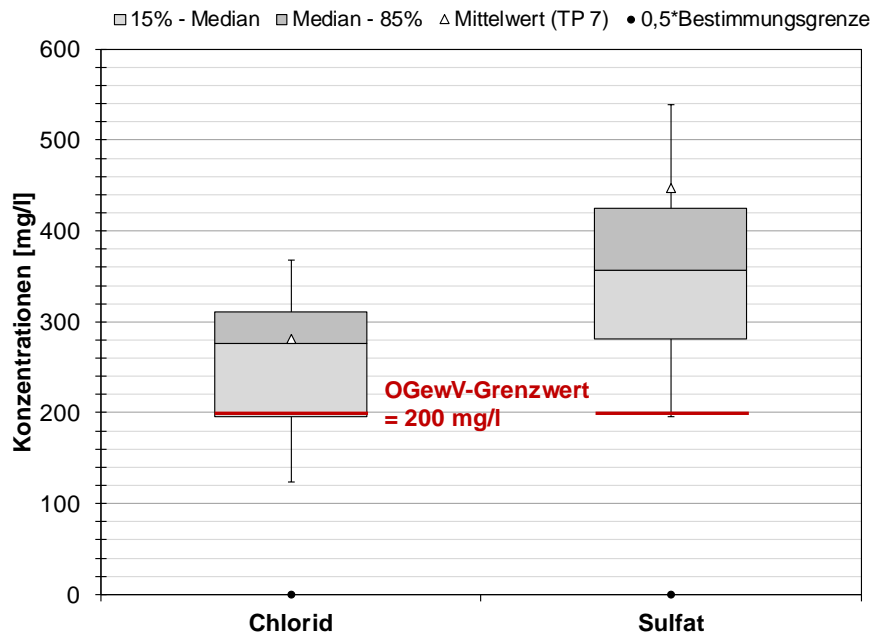


**Abbildung 4.4** Darstellung der Konzentrationen weiterer Parameter im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017)

### Chlorid- und Sulfatkonzentration

Für die Verbindungen Chlorid  $\text{Cl}^-$  und Sulfat  $(\text{SO}_4)^{2-}$  existieren gemäß bestehender Einleitererlaubnis keine Grenzwerte für den Ablauf der Werkskläranlage. Im Rahmen des TP 2: Mischungsberechnung wurden darüber hinaus keine zu beantragenden Überwachungswerte festgelegt, sodass diese Parameter für die Reinigungsleistung der Kläranlage aus Sicht der Abwasserverordnung nicht von Relevanz sind. Es ist jedoch zu beachten, dass gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) im nachgelagerten Gewässerkörper ein Jahresmittelwert von 200 mg/l für beide Parameter einzuhalten ist. Diese Thematik wird im gewässerökologischen Gutachten detailliert betrachtet und ist nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes zur Nachbemessung der Werkskläranlage.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA



**Abbildung 4.5** Darstellung der Chlorid- und Sulfat-Konzentration im Ablauf der Werkskläranlage als Boxplot (2015-2017)

Zur abschließenden zusammenfassenden Darstellung sind in Tabelle 4.1 die zu beantragenden Überwachungswerte der oben genannten sowie weiterer relevanter Parameter den Messdaten aus den Betriebstagebüchern (2015-2017) und aus dem Sondermessprogramm (TP 7, 2018) gegenübergestellt. Es ist zu beachten, dass für einige Parameter, wie etwa Chrom, Kupfer oder Cyanide eine hohe Anzahl der Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze lag.

Aus der Tabelle 4.1 wird deutlich, dass für alle Parameter, ausgenommen der abfiltrierbaren Stoffe (AFS), der jeweilige zu beantragende Überwachungswert sowohl im Mittel als auch im 85-Perzentil eingehalten wird.

Im gesamten Bezugszeitraum lagen drei, der nach Teil D der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV erfassten Parameter, geringfügig oberhalb des zu beantragenden Grenzwertes. Darunter Chrom gesamt und Blei mit bis zu zwei Messwerten bei einer wöchentlichen bzw. monatlichen Beprobung sowie Nickel. Die Überschreitungshäufigkeit von Nickel beläuft sich auf knapp 2 % der werktägig erfassten Werte.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Werkskläranlage für die aktuelle stoffliche Belastung weitestgehend ausreichend dimensioniert ist. Maßnahmen, die sich aus der bisherigen Reinigungsleistung sowie der detaillierten Nachbemessung der Werkskläranlage im folgenden Kapitel 0 ergeben, werden in Kapitel 6 beschrieben.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

**Tabelle 4.1 Gegenüberstellung der zu beantragenden Überwachungswerte und der Messdaten aus den Betriebstagebüchern (2015 - 2017) und Sondermessprogramm (2018)**

Parameter	Abk.	Einheit	ÜW-Wert (zu beantragen)	Anzahl (**)	Mittelwert (2015-2017)	Mittelwert (TP 7)	Maximum (2015-2017)	85%-Wert (2015-2017)	Kommentar
<b>Parameter gemäß Teil C der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV</b>									
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	mg/l	75,0	304 (2)	35,25	32,83	117,00	46,00	ok
Biologischer Sauerstoffbedarf	BSB5	mg/l	19,0	152 (50)	3,50	3,55	32,00	5,00	ok
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l	20,0	764 (0)	24,97	-	266,80	34,50	zu hoch
Gesamter gebundener Stickstoff	TN <sub>b</sub>	mg/l	16,0	-	-	n.V.	-	-	n.V.
Ammonium-Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	3,0	764 (696)	0,06	0,05	0,90	0,05	ok
Stickstoff, gesamt anorganisch	N <sub>anorg</sub>	mg/l	15,0	744 (0)	4,90	5,48	16,80	7,30	ok
Nitrit-Stickstoff	NO <sub>2</sub> -N	mg/l	1,0	765 (751)	0,06	0,00	2,70	0,05	ok
Gesamtphosphor	P <sub>ges</sub>	mg/l	1,0	761 (6)	0,44	0,49	1,10	0,60	ok
Eisen	Fe	mg/l	3,0	6	-	0,65	-	-	ok
Aluminium	Al	mg/l	0,7	-	-	0,14	-	-	ok
Kohlenwasserstoffe, gesamt	KW <sub>ges</sub>	mg/l	2,0	158 (9)	0,18	-	1,00	0,22	ok
Fluorid, gelöst	F <sub>gel</sub>	mg/l	19,0	-	-	9,57	-	-	ok
Giftigkeit gegenüber Fischeiern	G <sub>Ei</sub>	-	2,0	4	-	1,00	-	-	ok
<b>Parameter gemäß Teil D der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV</b>									
Adsorbierbare org. gebundene Halogene	AOX	mg/l	0,2	34 (0)	0,11	0,13	0,22	0,16	ok
Arsen	As	mg/l	0,3	53	-	0,003	-	-	ok
Benzol und Derivate	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	mg/l	0,05	-	n.V.	-	-	-	n.V.
Blei	Pb	mg/l	0,03	39 (24)	0,01	-	0,03	0,02	ok
Cadmium	Cd	mg/l	0,005	40 (40)	0,0005	-	0,0005	0,0005	ok
Chlor, freies	Cl <sub>frei</sub>	mg/l	0,02	-	-	0,015	-	-	ok
Chrom VI	Cr <sub>VI</sub>	mg/l	0,02	-	-	0,015	-	-	ok
Chrom, gesamt	Cr <sub>ges</sub>	mg/l	0,03	173 (134)	0,008	-	0,06	0,01	ok
Cyanid, leicht freisetzbar (lfs)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1	255 (240)	0,02	-	0,06	0,02	ok
Hydrazin	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	mg/l	1,5	2	-	0,0045	-	-	ok
Kupfer	Cu	mg/l	0,05	173 (166)	0,01	-	0,02	0,01	ok
Nickel	Ni	mg/l	0,05	760 (162)	0,02	-	0,20	0,02	ok
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenol	mg/l	0,3	150 (148)	0,03	0,00	0,09	0,03	ok
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	PAK	mg/l	0,004	6	-	0,00024	-	-	ok
Quecksilber	Hg	mg/l	0,001	39 (25)	0,00039	-	0,0010	0,0007	ok
Silber	Ag	mg/l	0,003	2	-	0,0005	-	-	ok
Sulfid, leicht freisetzbar	Sulfid <sub>f</sub>	mg/l	0,1	-	-	0,05	-	-	ok
Thiocyanat	SCN <sup>-</sup>	mg/l	3,5	2	-	0,88	-	-	ok
Vanadium	V	mg/l	3,5	2	-	0,010	-	-	ok
Zink	Zn	mg/l	2	765 (0)	0,20	0,1800	1,48	0,26	ok
Zinn	Sn	mg/l	1,5	-	-	0,00	-	-	ok
<b>Zusätzliche Parameter</b>									
Chlorid		mg/l	-	36 (0)	263,83	280,83	356,00	310,45	ok
Sulfat		mg/l	-	36 (0)	357,22	446,67	520,00	424,50	ok

\*\* Anzahl Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 5. Nachbemessung der Werkskläranlage

Auf Basis der hergeleiteten Dimensionierungsgrundlagen in Anlage 5.3 werden im Rahmen der Nachbemessung für jede Einzelkomponente der Berechnungsnachweis erbracht und auf ggf. vorhandene Reserven und Defizite hingewiesen (vgl. Anlage 5.4). Als Berechnungsgrundlage dienen im Wesentlichen die in Anlage 5.4 aufgeführten Quellen, geltende DWA-Regelwerke und DIN-Normen sowie die Angaben in Anlage 5.3 Abschnitt 1.1 zur Systematik der Grundlagenermittlung.

#### 5.1 Rechenanlage

Das Ziel der vorhandenen Feinrechenanlage ist es, Grob- und Feinstoffe aus dem Abwasser zu entfernen. Die zurückgehaltenen Feststoffe werden einer Verwertung zugeführt.

##### Bestand

Das zu reinigende Abwasser wird aus den verschiedenen industriellen Anfallsorten bzw. Hauptsammlern vor der Kläranlage vereinigt und fließt anschließend im freien Gefälle durch die Rechenanlage in Richtung Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B). Die Kompaktanlage der Fa. Noggerath besteht aus einem rd. 75 ° geneigten Stabrechen (Feinrechen) sowie einer Rechengutpresse mit seelenloser Förderschnecke.

##### Nachbemessung

Die Rechenanlage wird maßgeblich über den maximalen Abwasserzufluss ( $Q_{\max}$ ) und die Durchströmungsgeschwindigkeit zwischen den Rechenstäben bemessen, damit die hydraulischen Verluste nicht zu groß werden. Bei zu hoher Geschwindigkeit nimmt zudem die Rückhalteleistung ab. Gemäß DIN 19569-2 (2017) ist bei  $Q_{\max}$  und nicht belegtem Rechen eine Durchströmungsgeschwindigkeit zwischen den Stäben von 1,2 m/s nicht zu überschreiten. Unter den gegebenen Abmessungen des Rechens, (Spaltweite  $e = 10$  mm, Rechenweite  $b_R = 2$  m, Stabdicke  $s = 5$  mm) ergibt sich mit einem gewählten Belegungsfaktor  $f_B$  von 0,4 und einer Wassertiefe hinter dem Rechen von 1,3 m (bei  $Q_{\max}$ ) die Fließgeschwindigkeit  $v$  zu 1,16 m/s.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### Bewertung:

Die Anforderungen für Rechenanlagen werden ausreichend eingehalten. Zudem sind die Stahlwerksabwässer weitestgehend frei von typischem kommunalen Rechengut, wodurch sich der Belegungsfaktor und damit die Fließgeschwindigkeit vor dem Rechen in der Praxis weiter reduziert. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.2 Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B)**

Über das Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B) wird das über den Rechen vorgereinigte Abwasser in den Zulaufgraben der Vorklärung gehoben. Erreicht die Zulaufwassermenge bei starken Niederschlägen eine Menge von  $> 4.500 \text{ m}^3/\text{h}$ , wird die Pumpstation automatisch abgeschaltet und ein Umlaufwehr vor der Rechenanlage geöffnet. Demnach beträgt der für die Nachbemessung des Zulaufpumpwerks maßgebende maximaler Abwasserzufluss ( $Q_{\max}$ )  $4.500 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Bestand

Derzeit werden im Zulaufpumpwerk 4 Kreiselpumpen (3+1) betrieben, wobei die maximalen Fördermengen der Pumpen unterschiedlich sind (2 Pumpen à  $2.150 \text{ m}^3/\text{h}$  sowie je eine Pumpe à  $1.800 \text{ m}^3/\text{h}$  und  $900 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Mit den wechselnden Wassermengen im Kläranlagenzulauf werden entsprechend Pumpen verschiedener Leistung (1 x 37 kW, 3 x 55 kW) gewählt. Die zulässige Förderhöhe beträgt 6,5 bzw. 7 m.

### Nachbemessung

Die Bemessung des Zulaufpumpwerkes bzw. der Kreiselpumpen basiert auf der manometrischen Förderhöhe, welche an dieser Stelle konservativ entsprechend der Rechenverluste abgeschätzt wurde, sowie der maximal erforderlichen Fördermenge von  $Q_{\max} = 4.500 \text{ m}^3/\text{h}$ . Bei einem Wirkungsgrad von  $\eta = 50 \%$  ergibt sich die erforderliche Pumpenleistung zu rd. 49 kW. Die maximal vorhandene Förderkapazität unter Berücksichtigung einer Reservepumpe beträgt derzeit  $4.850 \text{ m}^3/\text{h}$  und ist damit größer als die bei maximalem Zufluss zu fördernde Abwassermenge.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Bewertung

Die vorhandenen Kreiselpumpen weisen sowohl eine ausreichende Förderleistung ( $P_{\text{vorh.}} > 49 \text{ kW}$ ) als auch eine ausreichende Fördermenge auf und sind damit für die aktuelle hydraulische Belastung der Werksklär-anlage ausreichend dimensioniert. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.3 Vorklärung**

Das Vorklärbecken dient zum Abscheiden von organischen Stoffen aus dem Abwasser unter Einwirkung der Schwerkraft (Absetzen), um die folgende biologische Stufe zu entlasten und den Sauerstoffbedarf im Belebungsbecken zu senken.

### Bestand

Auf der Werkskläranlage werden 2 horizontal durchströmte Rechteckbecken mit insgesamt  $1.655 \text{ m}^3$  und einem Längsräumer (Zwillingsräumer) der Fa. SEW Eurodrive betrieben. Das mechanisch gereinigte Abwasser wird anschließend dem Ausgleichsbecken zugeführt.

### Nachbemessung

Für die Bemessung sind die Aufenthaltszeit  $t_A = 0,5\text{--}2 \text{ h}$  entsprechend der Funktion des Vorklärbeckens und die Flächenbeschickung  $q_A = 2,5\text{--}4,0 \text{ m}^3/\text{h}$  maßgebend. Zudem sollte eine Überfallkantenbeschickung von  $30 \text{ m}^3/(\text{m}^*\text{h})$  bei Mischwasserzufluss  $Q_M$  nicht überschritten werden.

Bei dem für die Vorklärung maßgebenden maximalen Zufluss ( $Q_{\text{max}}$ ) von  $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$  und einer Überfallkantenlänge ( $l_k$ ) von rund  $40 \text{ m}$  (= Beckenlänge) ergibt sich eine Überfallkantenbeschickung von bis zu  $75 \text{ m}^3/(\text{m}^*\text{h})$ . Bei maximalen Trockenwetterzufluss beträgt diese noch rund  $44 \text{ m}^3/(\text{m}^*\text{h})$ .

Auf Grundlage des maximalen Trockenwetterzufluss  $Q_{T,h,\text{max}} = 1.750 \text{ m}^3/\text{h}$  und einem verfügbaren Gesamt-Becken volumen von  $1.655 \text{ m}^3$  wurde eine Aufenthaltszeit ( $t_A$ ) in der Vorklärung von  $0,9 \text{ h}$  und eine Oberflächenbeschickung ( $q_A$ ) von  $2,65 \text{ m}^3/\text{h}$  berechnet.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Bewertung

Sowohl die Aufenthaltszeit, als auch die Oberflächenbeschickung liegen in einem für kommunale Kläranlagen üblichen Bereich, so dass die Vorklärung als ausreichend angesehen werden kann. Es ist jedoch anzumerken, dass aufgrund der relativ hohen Überfallkantenbeschickung sowohl beim bemessungsrelevanten Mischwasserzufluss als auch bei Trockenwetter ein erhöhter Feststoffeintrag in nachgelagerte Stufen nicht ausgeschlossen werden kann.

### **5.4 Ausgleichsbecken**

Das Ausgleichsbecken dient als Pufferbecken, um den Zulauf zur Belebung zu vergleichmäßigen und das bei hohen Zulaufmengen ( $Q_{\max} > 3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ) in den Regenüberlaufbecken gespeicherte Mischwasser anschließend (bei sinkender Gesamtzulaufmenge) hydraulisch entkoppelt der biologischen Stufe bzw. dem Beschickungspumpwerk zuzuführen (siehe Abschnitt 3.1).

### Bestand

Das Ausgleichsbecken ist als Rechteckbecken mit einem Gesamtvolumen von  $4.500 \text{ m}^3$  und einem maximalen Füllstand von  $h_{\max} = 1,5 \text{ m}$  ausgeführt. Es werden 4 Rührwerke mit Tauchmotor und einer Leistung von je  $2,5 \text{ kW}$  betrieben.

### Nachbemessung

Die Bemessung des Ausgleichsbeckens beruht im Wesentlichen auf der mittleren Aufenthaltszeit entsprechend der Funktion als Pufferbeckens. Ausgehend von einem mittleren Zufluss ( $Q_{\text{mittel}}$ ) von  $1.410 \text{ m}^3/\text{h}$  und einem maximalen Zufluss ( $Q_{\max}$ ) von  $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$  ergibt sich die Aufenthaltszeit von minimal  $0,82 \text{ h}$  (bei  $Q_{\max}$ ) und  $2,5 \text{ h}$  (bei  $Q_{\text{mittel}}$ ).

Für die erforderliche Umwälzung des Beckens ergibt sich unter Berücksichtigung des Beckenvolumens und der damit notwendigen spezifischen Leistungsdichte ( $W_{R1}$ ) von  $1,50 \text{ W}/\text{m}^3$  eine erforderliche Rührwerksleistung ( $P_{W,\text{erf}}$ ) von insgesamt  $6,9 \text{ kW}$ .



## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Bewertung

Das Ausgleichsbecken ist gemäß der Nachbemessung ausreichend dimensioniert. Die Rührwerke sind mit einer vorhandenen Leistung von insgesamt 10 kW hinreichend bemessen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Berechnung unter Annahme einer für Belebtschlamm typischen Leistungsdichte erfolgt. Das Stahlwerksabwasser ist auf Grund seiner Beschaffenheit weniger gut in „Schwebe“ zu halten.

In Folge der im Betrieb festgestellten Absatzproblematik wurde bereits durch die SZFG eine Strömungssimulation beauftragt und es werden Maßnahmen zur Optimierung der Strömungssituation (Einbau einer Leitwand, Anpassung der Rührwerke) vorgenommen.

### **5.5 Beschickungspumpwerk**

Über das Beschickungspumpwerk wird das mechanisch vorgereinigte Abwasser in den Zulauf der biologischen Stufe angehoben, welche daraufhin im Freigefälle durchflossen wird.

### Bestand

Derzeit werden im Beschickungspumpwerk 3 Pumpen betrieben, wobei die maximale Fördermenge je Pumpe unterschiedlich ist (2 Pumpen à 2.000 m<sup>3</sup>/h und 1 Pumpe à 1.300 m<sup>3</sup>/h). Mit den wechselnden Wassermengen im Ablauf des Ausgleichsbeckens werden entsprechend Pumpen verschiedener Leistung (2 x 120 kW, 1 x 63 kW) gewählt. Die zulässige Förderhöhe beträgt 12,2 m bzw. 11.5 m.

### Nachbemessung

Die Bemessung des Beschickungspumpwerks bzw. der Kreiselpumpen basiert auf der manometrischen Förderhöhe, welche sich aus der geodätischen Förderhöhe  $H_{\text{geo}}$  (Höhenunterschied) und der Verlusthöhe  $\sum H_{\text{vi}}$  (Rohrleitungsverluste, Ein- und Austrittsverluste, u.a.) zusammensetzt, und der für das Beschickungspumpwerk maßgebenden maximalen Zulaufmenge ( $Q_{\text{max}}$ ) von 3.000 m<sup>3</sup>/h. Die erforderliche Förderhöhe ergibt sich aus der Wasserspiegeldifferenz zwischen Belebungsbecken 1 (Nitrifikation) und dem Beschickungspumpwerk zzgl. der konservativ abgeschätzten Verlusthöhe zu 12,20 m.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Bei einem Wirkungsgrad von  $\eta = 65 \%$  ergibt sich die erforderliche Gesamt-Pumpenleistung zu rd. 153 kW. Die vorhandene maximale Förderkapazität unter Berücksichtigung einer Reservepumpe beträgt 3.300 m<sup>3</sup>/h und ist damit größer, als die bei maximalem Zufluss zu fördernde Abwassermenge.

### Bewertung

Die vorhandenen Pumpen weisen sowohl eine ausreichende Förderleistung ( $P_{\text{vorh.}} = 263 \text{ kW} > 153 \text{ kW}$ ) als auch eine ausreichende Fördermenge auf und sind damit für die aktuelle hydraulische Belastung der Werkskläranlage ausreichend dimensioniert. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

## **5.6 Belebung**

Die biologische Stufe mit einem Volumen von 12.000 m<sup>3</sup> wird als nachgeschaltete Denitrifikation mit anschließender Sicherheitsbelüftung betrieben. Auf Grund der Besonderheit der Abwasserzusammensetzung im Zulauf der Belebung (vgl. Abschnitt 3.2) und der im Vergleich zu kommunalen Kläranlagen untypischen Verfahrensweise erfolgt die verfahrenstechnische Nachbemessung der Belebung nicht nach dem DWA-A 131 sondern nach den Vorgaben von Zacharias (1996). Nachfolgend werden die wesentlichen Berechnungsergebnisse aufgeführt. Für die detaillierte verfahrenstechnische Berechnung sei auf Anlage 5.4. verwiesen.

### **5.6.1 Nitrifikation**

Bei dem auf der Werkskläranlage eingesetzten Verfahren wird in den ersten Reaktoren der Belebung zunächst das im Zulauf der Belebung vorhandene Ammonium zu Nitrat oxidiert und im Anschluss (nachgeschaltet) das gebildete Nitrat unter Zudosierung einer Kohlenstoffquelle (Methanol) denitrifiziert. Nach den Denitrifikationsbecken ist ein Nachbelüftungsbecken angeordnet.

### Bestand

Auf der Werkskläranlage werden 9.000 m<sup>3</sup> (2 x 3.000 m<sup>3</sup>, 2 x 1.500 m<sup>3</sup>) des vorhandenen Belebungsbecken-Volumens als Nitrifikation (inkl. Nachbelüftung) betrieben. Die Belüftung erfolgt über Rohrbelüfter

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

(mittelblasig) der Fa. Preussag Noell Wassertechnik. Zusätzlich zu dem Abwasservolumenstrom aus der mechanischen Stufe fließt der Belebung und damit der Nitrifikation (Becken 1) das Kokereiabwasser (rd. 60 m<sup>3</sup>/h) sowie das Trübwasser aus der Schlammbehandlung (Rücklauf) zu. Darüber hinaus werden bedarfsweise Phosphor (Phosphorsäure) und Alkalien (Soda-Lösung) in den Zulauf dosiert. Der maximale Zulauf zur Belebung ( $Q_{\max, \text{BBzu}}$ ) beträgt inklusive des Kokereiabwassers rund 3.060 m<sup>3</sup>/h.

### Nachbemessung

Die Nachbemessung der Nitrifikation wird basierend auf den in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 ermittelten Belastungsdaten für die drei Lastfälle bei  $Q_{d, \text{konz}}$  (vgl. Abschnitt 3.2) als iterativer Vorgang durchgeführt. Zunächst erfolgt die Ermittlung des spezifischen Überschussschlammanfalls  $\ddot{U}_d$  nach Zacharias (1996) über das angesetzte Schlammalter  $t_{\text{TS, ang.}}$ , den Temperaturfaktor für die endogene Atmung  $F_T$  und der  $\text{BSB}_5$ -Konzentration des Zulaufes. Auch wenn der Kohlenstoff des Zulaufes nicht direkt zur Denitrifikation genutzt wird, wird dieser sich über die endogene Atmung ( $\text{OV}_C$ ) indirekt auf die Höhe des denitrifizierbaren Stickstoffs  $S_{\text{NO}_3, \text{D}}$  aus (Zacharias, 1996). Aus dem Belebungsbeckenvolumen, dem  $V_D/V_{\text{BB}}$ -Verhältnis und der organischen Trockensubstanz im Belebungsbecken (= 5 g/l; vgl. Abschnitt 5.8) wird dann das tatsächlich vorhandene Gesamtschlammalter bzw. aerobe Schlammalter berechnet. Dieser iterative Vorgang wird wiederholt, bis das angesetzte Schlammalter ( $t_{\text{TS, ang}}$ ) dem berechneten Schlammalter ( $t_{\text{TS}}$ ) entspricht. Der Überschussschlammanfall im Bemessungslastfall beträgt  $\ddot{U}_d = 1.931 \text{ kg/d}$  und das vorhandene Gesamtschlammalter  $t_{\text{TS}} = 31,1 \text{ d}$  bzw. das vorhandene aerobe Schlammalter 23,3 d.

Der Sicherheitsfaktors  $\text{SF}_{\text{vorh.}}$  (heute Prozessfaktor PF) wurde gemäß DWA-A 131 (2000) über die maximale Wachstumsrate Cyanid abbauender Bakterien (limitierender Faktor) von  $\mu_{\max} = 0,20 \text{ 1/d}$  (bei 15 °C Bemessungstemperatur) und das vorhandene aerobe Schlammalter zu 4,7 im Bemessungslastfall bestimmt.

Eine umfassende Bilanzierung der Phosphorkonzentrationen, Schlammproduktion sowie Säurekapazität kann den verfahrenstechnischen Berechnungen in Anlage 5.4 sowie Kapitel 5.7 entnommen werden.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

### Bewertung

Nach der Dissertation von Zacharias (1996) ist für die Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen auf Hüttenwerken ein Sicherheitsfaktor  $SF_{\text{erf.}}$  von 2,30 einzuhalten. Das erforderliche aerobe Schlammalter beträgt damit gemäß der Berechnung des Arbeitsblatt DWA-A 131 (2000) im Bemessungslastfall (15 °C) 11,5 d. Das Verhältnis aus  $SF_{\text{erf.}}/SF_{\text{vorh.}}$  gibt den Ausnutzungsgrad der Nitrifikation an und beträgt 49 % (17 % bei mittlerer Temperatur, Lastfall 2). Demzufolge weist die Nitrifikation aktuell eine Reserve von rund 50 % auf. Es sind keine Maßnahmen erforderlich

### **5.6.2 Denitrifikation**

Die Denitrifikation dient zur Umwandlung des im Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) gebundenen Stickstoffs zu molekularem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) vorwiegend durch heterotrophe Bakterien unter Abbau von organischer Substanz (CSB).

### Bestand

Auf der Werkskläranlage besteht die Denitrifikation aus zwei Rundbecken (Innenkreis der Kombibecken) von insgesamt 3.000 m<sup>3</sup> (2 x 1.500 m<sup>3</sup>), die mit jeweils zwei Rührwerken für eine optimale Durchmischung ausgestattet sind. Auf Grund des sehr geringen C/N-Verhältnisses wird externer Kohlenstoff in Form von Methanol zudosiert.

### Nachbemessung

Die Nachbemessung der Denitrifikation erfolgt über die zu denitrifizierende Nitratstickstoffkonzentration im Ablauf der Nitrifikationsbecken. Als maßgebliche Konzentration wird die im Zuge der Grundlagenermittlung (Anlage 5.3) ermittelte Stickstoffbelastung im Zulauf der Belebung herangezogen, welche das nitrathaltige Kokereiabwasser sowie das Trübwasser (Rücklauf) berücksichtigt.

Die im Tagesmittel zu denitrifizierende Nitratstickstoffkonzentration  $S_{\text{NO}_3, \text{D}}$  ergibt sich gemäß DWA-A 131 (2000) wie folgt:

$$S_{\text{NO}_3, \text{D}} = C_{\text{N, ZB}} - S_{\text{orgN, AN}} - S_{\text{NH}_4, \text{AN}} - S_{\text{NO}_3, \text{AN}} - X_{\text{orgN, BM}} \text{ [mg/l]}$$

mit

$$C_{\text{N, ZB}} = \text{Konzentration des Gesamtstickstoffs im Zulauf zur Belebung [mg/l],}$$

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

$S_{\text{orgN,AN}}$	=	Konzentration des gelösten, organischen Stickstoffs im Ablauf Nachklärung [mg/l],
$S_{\text{NH}_4,\text{AN}}$	=	Konzentration des gelösten, Ammonium-Stickstoffs im Ablauf Nachklärung [mg/l],
$S_{\text{NO}_3,\text{AN}}$	=	Konzentration des gelösten, Nitrat-Stickstoffs im Ablauf Nachklärung [mg/l],
$X_{\text{orgN,BM}}$	=	Konzentration des in die Biomasse eingebauten, organischen Stickstoffs [mg/l].

Für den Anteil  $X_{\text{orgN,BM}}$  ist zudem der durch die extern dosierte CSB-Fracht (Methanol) zusätzlich in die Biomasse eingebaute, organische Stickstoff zu berücksichtigen. Die Berechnung erfolgt iterativ über die Stöchiometrie, um bei gegebener Nitratstickstoff-Konzentration im Ablauf (zu beantragender Überwachungswert von  $N_{\text{anorg}}$ ) ausreichend CSB für eine vollständige Denitrifikation zu dosieren (Annahme  $C_{\text{CSB,dos}} = 4 * S_{\text{NO}_3,\text{D}}$ ). Der externe Kohlenstoffbedarf beträgt im Bemessungslastfall 3.341 kg/d (3.066 kg/d bei 21,5 °C, LF 3). Die vorhandene Denitrifikationsrate  $r_{\text{D,vorh}}$  beläuft sich auf 0,08 (g N) / (g oTS \* d).

Der Sauerstoffverbrauch  $OV_{\text{C,D}}$  in den Denitrifikationsbecken wird direkt aus der CSB-Bilanz berechnet. Dabei wird der Sauerstoffverbrauch für die Denitrifikation um den Faktor 0,75 für die verminderte Umsetzung mit Nitrat als Elektronenakzeptor reduziert und mit dem vorhandenen Volumenanteil der Denitrifikation ( $V_{\text{D}} = 3.000 \text{ m}^3$ ;  $V_{\text{D}}/V_{\text{BB}} = 0,25$ ) multipliziert.

Eine ausführliche Darstellung der Nachbemessung sowie Stickstoffbilanz kann den verfahrenstechnischen Berechnungen in Anlage 5.4 entnommen werden.

### Bewertung

Ausgehend von den Anforderungen gemäß der Dissertation von Zacharias (1996) und dem Entwurf „Bau einer Biologischen Abwasserreinigungsanlage Werk Salzgitter“ wurde eine maximal zulässige Denitrifikationsrate von  $r_{\text{D,max}} = 0,37 \text{ (g N)/(g oTS * d)}$  angesetzt. Im Verhältnis mit der vorhanden Denitrifikationsrate  $r_{\text{D,vorh}}/r_{\text{D,max}}$  ergibt sich ein Ausnutzungsgrad der Denitrifikation von 23 % bei maximaler Belastung (21 % bei mittlerer Belastung). Damit ist die vorhandene Denitrifikation für die aktuelle Belastung vollkommen ausreichend, sodass keine Maßnahmen erforderlich sind.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 5.6.3 Belüftung

Sauerstoff ist für die aeroben Stoffwechselprozesse bei der biologischen Abwasserbehandlung von grundlegender Bedeutung. In diesem Zusammenhang werden Belüfterelemente eingesetzt, über die je nach Bedarfsfall von Drucklufizerzeugern (hier Turboverdichtern) ein bestimmter Luftvolumenstrom in die Belüftungsbecken eingetragen wird. Daraus ergibt sich die minimale und maximale Luftbeaufschlagung, welche von den Belüfterelementen aufgenommen werden muss (DWA-M 229-2, 2017).

#### Bestand

Auf der Werkskläranlage wird zur Belüftung der Nitrifikationsbecken bzw. der Einheit zur Nachbelüftung das System HELIXOR, Fa. Preussag Noell Wassertechnik eingesetzt, welches aus rund 628 Rohrbelüftern (mittelblasig) mit einer Einblastiefe  $t_E$  von rund 6,3 m besteht. Die maximale stündliche Luftbeaufschlagung beträgt nach Herstellerangaben 80 m<sup>3</sup>/h pro Belüfter. Die maximale stündliche Luftbeaufschlagung der vorhandenen Rohrbelüfter ( $n_{\text{Belüft}} = \text{rd. } 628 \text{ Stück}$ ) beträgt unter Berücksichtigung der Herstellerangaben in Summe 50.240 m<sup>3</sup>/h.

Die Druckluftversorgung erfolgt über HV Turboverdichter (4+1) mit einer Fördermenge von je 5.000 bis 12.500 m<sup>3</sup>/h. Damit belüftet sich der Förderbereich unter Berücksichtigung eines Reserveaggregates insgesamt auf 5.000 bis 50.000 m<sup>3</sup>/h.

#### Nachbemessung

Die Nachbemessung des Belüftungssystems nach dem DWA-Merkblatt 229-1 beruht vornehmlich auf der Berechnung des maximalen und des minimalen Sauerstoffbedarfs  $OV_h$ . Dementsprechend wird die erforderliche Sauerstoffzufuhr  $OC$  (auch SOTR, Standard Oxygen Transfer Rate) und auch die erforderliche Luftmenge  $Q_{L, \text{erf.}}$  für den maximalen und den minimalen Lastfall berechnet.

Der maximale Sauerstoffbedarf ( $OV_{h, \text{max}}$ ) zur Dimensionierung des Belüftungssystems ergibt sich bei der zu erwartenden maximalen Schmutzfrachten sowie der maximalen Jahrestemperatur und somit aus dem Lastfall 3 entsprechend der Berechnung der Nitrifikation in Kapitel 5.6.1 zu 411,6 kg O<sub>2</sub>/h. Der minimale Sauerstoffbedarf ( $OV_{h, \text{min}}$ ) resultiert gemäß der verfahrenstechnischen Berechnungen (vgl. Anlage 5.4) aus der Kohlenstoffatmung des Bemessungslastfalls (Lastfall 1, 15 °C) und beträgt 135,7 kg O<sub>2</sub>/h. Als

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Stoßfaktoren für den Sauerstoffverbrauch zur Abdeckung der 2-h Spitzen gegenüber dem 24-h Mittel wurden für die Kohlenstoff-Elimination  $f_c = 1,15$  und für die Nitrifikation  $f_n = 1,50$  angesetzt.

Die tatsächlich erforderliche Sauerstoffzufuhr OC wurde nach dem DWA-A 131 (2000) für den minimalen und maximalen Bedarf über den Grenzflächenfaktor  $\alpha$  (alpha-Wert = 0,50), der unter anderem abhängig von dem verwendeten Belüftungssystem, der Temperatur und der Hemmung der O<sub>2</sub>-Lösungsgeschwindigkeiten (z.B. infolge von Tensiden, Ölen, Belebtschlamm u.a.) berechnet. Unter Berücksichtigung der spezifischen Standardsauerstoffzufuhr  $SSOTR = 6,5 \text{ g O}_2/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$  und einer Einblastiefe von 6,3 m ergibt sich die erforderliche stündliche Luftbeaufschlagung zur Dimensionierung der Belüfterelemente bzw. Drucklufterzeuger:

- Maximaler Luftbedarf  $Q_{L,max} = 26.890 \text{ m}^3/\text{h}$
- Minimaler Luftbedarf  $Q_{L,min} = 8.330 \text{ m}^3/\text{h}$

### Bewertung

Sowohl der maximale als auch minimale Luftbedarf für die biologische Stufe werden durch den Förderbereich der Turboverdichter (4+1) von 5.000–50.000 m<sup>3</sup>/h abgedeckt. Die maximale stündliche Luftbeaufschlagung der Rohrbelüfter wird nicht überschritten. Somit ist das vorhandene Belüftungssystem für die aktuelle Belastung ausreichend. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.6.4 Umwälzung**

Die Umwälzung im Denitrifikationsbecken dient der Homogenisierung der Abwasserinhaltsstoffe und zur Verhinderung des Absetzens partikulärer Inhaltsstoffe.

### Bestand

Es werden jeweils zwei Tauchmotorrührwerke pro Denitrifikationsbecken (2 x 1.500 m<sup>3</sup>) der Fa Flygt mit einer Leistung von je 2 kW eingesetzt. Diese sind halbseitig unterhalb der begehbaren Belebungsbeckensbrücke montiert.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Nachbemessung

Um Ablagerungen zu vermeiden wird für Belebtschlamm als Anhaltspunkt für die Auswahl und Bewertung der Aggregate eine Leistungsaufnahme der Rührwerke bezogen auf das zu durchmischenden Volumen mit rund 2–5 W/m<sup>3</sup> angegeben (DWA-M 229-2, 2017).

Bei einer Leistungsdichte von 1,75 W/m<sup>3</sup> (für Beckenvolumen  $V_D = 1.001$  bis 2.000 m<sup>3</sup>) ergibt sich die erforderliche Rührwerksleistung zu insgesamt 2,6 kW pro Denitrifikationsbecken.

### Bewertung

Die installierten Rührwerke sind mit einer vorhandene Leistung von insgesamt 4 kW pro Denitrifikationsbecken ( $P_{W,Deni,erf.} = 2,6$  kW) und unter Annahme einer den Anforderungen des Beckens entsprechenden Rührwerksanordnung, hinreichend bemessen. Ein ablagerungsfreier Betrieb und eine ausreichend hohe Durchmischung können gewährleistet werden. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

## **5.7 Dosierstationen**

### **5.7.1 Kohlenstoff-Dosierung (Methanol)**

Bei Anwendung der nachgeschalteten Denitrifikation ist auf Grund des geringen C/N-Verhältnisses i.d.R. die Zugabe von externem Kohlenstoff (hier Methanol) erforderlich, um günstige Nährstoffverhältnisse für die Belebtschlambakterien zu schaffen und die Grenzwerte für Stickstoffverbindungen im Kläranlagenablauf einzuhalten.

### Bestand

Für die Methanol-Dosierung auf der Werkskläranlage stehen 2 Lagersilos (2 x 40 m<sup>3</sup>) und eine Dosierstation mit 2 Pumpen der Fa. Bran + Lübbe und einer Leistung von je 2,2 kW zur Verfügung. Die Fördermenge beträgt insgesamt 0,6 m<sup>3</sup>/h. Das Methanol wird zur besseren Ausnutzung in die Rezirkulationsleitung vom Innenkreis des Belebungsbeckens 3 in den Innenkreis des Belebungsbeckens 3 dosiert. Es wird eine rund 95-prozentige Lösung mit einer Wirksubstanz von 1.185 kg CSB/m<sup>3</sup> Produkt (bzw. 1,5 kg CSB/kg Produkt) eingesetzt. Die Dichte beträgt  $\rho_{CH_3OH} = 790$  kg/m<sup>3</sup>.



## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Nachbemessung

Grundlage für die Nachrechnung der Kohlenstoffdosierung sind die erforderliche, externe CSB-Fracht aus der Nachbemessung der Denitrifikation in Abschnitt 5.6.2 und die Art der C-Quelle (hier Methanol).

Aus der täglich dosierten CSB-Fracht  $B_{d,CSB,dos} = 3.066 \text{ kg CSB/d}$  ergibt sich über die Wirksubstanz ein Methanolbedarf von rund  $2,6 \text{ m}^3/\text{d}$  und  $944 \text{ m}^3/\text{a}$ . Im Spitzenlastfall sind maximal  $0,18 \text{ m}^3/\text{h}$  zu dosieren, was der für die Dosierpumpen erforderlichen Förderleistung  $Q_{\text{Pumpe,erf.}}$  entspricht.

Bei einem vorhandenen Lagervolumen von  $80 \text{ m}^3$  beträgt die rechnerisch ermittelte Vorhaltezeit des Methanols 30 Tage.

### Bewertung

Die Methanol-Dosierung ist mit einer ausreichenden Lagerkapazität und Förderleistung ausgelegt. Die zwei vorhandenen Dosierpumpen können mit insgesamt  $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$  den erforderlichen Methanolbedarf auch zu Spitzenzeiten decken. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

## **5.7.2 Phosphorsäure-Dosierung**

Auf Grund des sehr geringen C/P-Verhältnisses und der in der Belebung stattfindenden Umsetzungsprozesse besteht ein Phosphordefizit. Demzufolge muss Phosphor (in Form von Phosphorsäure) dosiert werden, um ausgewogene Nährstoffverhältnisse für die biologischen Abbauvorgänge der Belebtschlamm Bakterien zu schaffen. Bei der aeroben Abwasserreinigung sollte das C:N:P-Verhältnis zwischen 100:10:1 und 100:5:1 liegen.

### Bestand

Derzeit erfolgt die Phosphorsäure-Dosierung über eine Ansetzstation mit 2 Dosierpumpen der Fa. Jesco mit einer Leistung von je  $0,25 \text{ kW}$  und einer Fördermenge von je  $19 \text{ l/h}$ . Für die Lagerung der P-Säure stehen zwei Flachbodenbehälter ( $V_{\text{ges}} = 18 \text{ m}^3$ ) und ein Inspektionsbehälter ( $2 \text{ m}^3$ ) zur Verfügung. Die Phosphorsäure (75-prozentig) wird in das Nitrifikationsbecken 1 dosiert. Die Wirksubstanz beträgt  $0,375 \text{ kg P/l}$  bei einer Dichte von  $1.580 \text{ kg/m}^3$ .

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Nachbemessung

Zur Ermittlung des zu dosierenden Phosphors ist eine Phosphorbilanz für die drei verschiedenen Lastfälle nach DWA-A 131 aufzustellen. Unter Berücksichtigung der vorhandenen Phosphorkonzentration im Zulauf der Biologie bzw. im Ablauf der Nachklärung sowie des (durch vermehrte biologisch P-Elimination) in die Biomasse eingebauten Phosphors ergibt sich der externe Phosphatbedarf zu  $S_{PO_4, dos.} = 1,44 \text{ mg PO}_4\text{-P/l}$  bzw. rund 124 l Phosphorsäure pro Tag im maximalen Lastfall (26 °C). Der jährliche Bedarf beläuft sich auf ca. 413 m<sup>3</sup>/a, was für das vorhandene Lagervolumen eine Vorhaltezeit von rund 145 Tagen bedeutet.

Die erforderliche Förderleistung der Dosierpumpen ergibt sich aus der maximal zu dosierenden Phosphorsäure-Menge und einem Spitzenlastfaktor zu rund 7,8 l/h.

### Bewertung

Der rechnerisch ermittelte Phosphorsäure-Bedarf (bei mittlerer Belastung, LF 2) übersteigt die tatsächlich dosierte Tagesmenge im Betrachtungszeitraum 2015 bis 2017 etwa um den Faktor 5. Der Tagesbedarf betrug im Mittel 22 l/d. Bezogen auf die stündlich maximal dosierte Menge liegt die Abweichung noch bei einem Faktor von 3.

Da im Betrachtungszeitraum keine Betriebsstörungen oder Grenzwertüberschreitungen in Folge eines Phosphordefizits aufgetreten sind, ist davon auszugehen, dass der tatsächliche P-Säurebedarf in der Praxis geringer ist, als der rechnerisch ermittelte Wert.

In beiden Fällen ist die Phosphorsäure-Dosierung mit einer ausreichenden Lagerkapazität und Förderleistung ausgelegt. Die vorhandenen Dosierpumpen (1+1) verfügen im berechneten Spitzenlastfall über eine Reserve von 60 %. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.7.3 Alkaliendosierung (Soda)**

Durch die Nitrifikation wird die Säurekapazität (Konzentration von Hydrogencarbonat) des Abwassers vermindert. Dies führt zu einer Abnahme des pH-Wertes im Belebungsbecken, was zu einer Schädigung der Schlammflocke und damit zum Abtrieb von Biomasse sowie ggf. zur Unterschreitung des

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

Mindestschlammalters für Nitrifikanten (hier für Cyanid abbauenden Bakterien maßgeblich) führt (DWA-A 131, 2016).

### Bestand

Die Alkaliendosierung auf der Werkskläranlage erfolgt derzeit durch eine  $\text{CaCO}_3$ -Löse- und Dosiereinrichtung mit 2 Dosierkreispumpen der Fa. KSB mit einer Leistung von je 7,5 kW. Es können pro Pumpe bis zu 20 m<sup>3</sup>/h dosiert werden. Die zu dosierende Menge wird über 2 Lagersilos (2 x 55 m<sup>3</sup>) und 1 Lösebehälter (1,5 m<sup>3</sup>) bereitgestellt. Die Zugabe der Soda-Lösung erfolgt in das Nitrifikationsbecken 1.

### Nachbemessung

Die Bemessung der Alkaliendosierung (Soda) wird über eine Bilanzierung der verbleibenden Säurekapazität im Belebungsbecken vorgenommen. Diese ist gemäß DWA-A 131 für den ungünstigsten Lastfall, d.h. in der Regel bei weitgehender Nitrifikation und eingeschränkter Denitrifikation sowie höchster Fällmitteldosierung zu ermitteln. Der Term für die Fällmitteldosierung kann in Ermangelung einer Fällung entfallen. Die Säurekapazität sollte an keiner Stelle den Wert  $S_{\text{KS,erf.}} = 1,5 \text{ mmol/l}$  unterschreiten.

Die Säurekapazität auf der Werkskläranlage nimmt durch Nitrifikation, unter Einrechnung des Rückgewinns aus Denitrifikation, auf minimal 4,4 mmol/l im Ablauf der Nachklärung ab, wodurch keine Alkaliendosierung erforderlich ist. Der Bedarf beträgt für die aktuelle Belastung damit rechnerisch 0 l/h.

Die maximal dosierte Sodamenge im Betrachtungszeitraum 01/15 bis 12/17 betrug 2,9 m<sup>3</sup>/h, wobei lediglich ab Oktober 2016 eine Dosierung erfolgt ist.

### Bewertung

Gemäß der Nachbemessung ist keine Alkaliendosierung erforderlich, was mit dem derzeitigen Kläranlagenbetrieb übereinstimmt. In den Jahren 2015 bis 2017 hat lediglich teilweise eine Dosierung erfolgt. Die vorhandene Leistung der Dosierpumpen (1+1) liegt mit 20 m<sup>3</sup>/h weit über der maximal dosierten Alkalienmenge im Betrachtungszeitraum. Es sind keine Maßnahmen erforderlich.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 5.8 Nachklärung und Rücklaufschlammförderung

Die Nachklärbecken haben die Aufgabe den belebten Schlamm vom gereinigten Abwasser zu trennen und diesen einzudicken, damit er als Rücklaufschlamm abgezogen und zu Teilen wieder dem Abwasser zugegeben werden kann.

#### Bestand

Die Werkskläranlage verfügt über 2 horizontal durchströmte Rundbecken ( $D_{NB} = 40,0$  m) mit Schildräumer und Einlaufbauwerk ( $D_{MB} = 3,0$  m). Daraus resultiert eine Gesamt-Beckenoberfläche von  $2.506$  m<sup>2</sup> sowie eine maßgebende Beckentiefe von  $4,6$  m nach  $2/3$  des Fließweges.

Der Rücklaufschlammabzug erfolgt in einem zentralen Schlammtrichter über 3 Kreiselpumpen (2+1) der Fa. KSB mit einer Leistung von je  $15$  kW. Die Fördermenge beträgt jeweils  $800$ – $1.500$  m<sup>3</sup>/h.

#### Nachbemessung

##### **Nachklärbecken**

Gemäß der ausführlichen verfahrenstechnischen Berechnung in Anlage 5.4 nach den Bemessungsregeln des Arbeitsblattes DWA-A 131 (2016) sowie der Empfehlungen der einschlägigen Literatur ergibt sich für den maximalen Abwasserzufluss  $Q_{max} = 3.060$  m<sup>3</sup>/h und der für die vorgegeben Betriebsverhältnisse zulässigen Flächenbeschickung  $q_{A,zul} = 1,32$  m/h eine erforderliche Gesamt-Beckenoberfläche von  $2.313$  m<sup>2</sup>. Daraus resultiert unter Berücksichtigung des maßgebenden ISV =  $55$  l/g und eines Rückführverhältnis  $RV = 0,75$  eine Flächenbeschickung von  $q_{A,res} = 1,20$  m/h und die erforderliche Beckentiefe nach  $2/3$  des Fließweges  $h_{ges,erf} = 4,6$  m. Die maximale Trockensubstanz im Belebungsbecken  $TS_{BB,max}$  ist gleich  $6,9$  kg/m<sup>3</sup>.

##### **Mittelbauwerk**

Die Nachbemessung des Mittelbauwerkes nach DWA-A 131 hat für die vorgegeben Geometrie gemäß der Bestandspläne und daraus resultierende Bemessungsgrößen (siehe Anlage 5.4) eine Eintrittsgeschwindigkeit  $v_E = 1,17$  m/s ins Mittelbauwerk (Richtwert =  $0,3$ – $1,5$  m/s), einen Geschwindigkeitsgradient  $G = 235,3$  1/s (Richtwert =  $40$ – $80$  1/s) sowie eine horizontale Strömungsgeschwindigkeit am Einlaufquerschnitt von  $0,1$  m/s (Richtwert =  $0,5$ – $0,7$  m/s) ergeben.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Die Einlaufgestaltung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Durchströmung und Leistungsfähigkeit der Nachklärbecken. Als optimal gilt, wenn die Summe aus eingeleiteter kinetischer und potenzieller Energie im Einlaufbereich ein Minimum erreicht. Dieser Zustand wird durch die densimetrische Froude-Zahl gekennzeichnet (DWA, 2016). Hier beträgt die densimetrische Froude-Zahl 0,3.

### **Rücklaufschlammförderung**

Der anfallende Rücklaufschlammstrom hängt gemäß DWA-A 131 vom Rücklaufschlammverhältnis RV, dem maximalen Zufluss  $Q_{\max} = 3.060 \text{ m}^3/\text{h}$  sowie dem minimalen und maximalen Trockenwetterzufluss  $Q_{T,h,\min} = 940 \text{ m}^3/\text{h}$  bzw.  $Q_{T,h,\max} = 1.750 \text{ m}^3/\text{h}$  ab. Demnach ergibt sich die erforderliche Rücklaufschlammförderung zu  $Q_{RS,\text{erf}} = 1.750 \text{ bis } 2.295 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $2 \times 1.500 \text{ m}^3/\text{h}$ ) bzw.  $Q_{RS,\min} = 940 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $> 800 \text{ m}^3/\text{h}$ ), was dem gleichzeitigen Betrieb von zwei Rücklaufschlammumpen entspricht bzw. über der Mindestfördermenge einer Pumpe liegt.

### Bewertung

Die vorhandene Gesamt-Beckenoberfläche der Nachklärbecken ist für die aktuelle Belastung ausreichend. Aus dem Verhältnis der Trockensubstanz im Belebungsbecken  $TS_{BB,\text{vorh.}} / TS_{BB,\max}$  resultiert für die Nachklärung ein Ausnutzungsgrad von rund 73 % (mit  $TS_{BB,\text{vorh.}} = 5,0 \text{ g/l}$ ).

Bei der Nachbemessung des Einlaufbauwerkes fällt auf, dass dessen Geometrie keine idealen Bedingungen für die Leistungsfähigkeit des Nachklärbeckens schafft. Zwar wird der Richtwert für die Eintrittsgeschwindigkeit ins Einlaufbauwerk eingehalten, jedoch der Geschwindigkeitsgradient, als Maß für eine gute Flockenbildung in der Einlaufkammer deutlich überschritten. Die Froude-Zahl und horizontale Strömungsgeschwindigkeit am Einlaufquerschnitt unterschreiten die Empfehlungen nach DWA-A 131.

Auf Grund dessen wurden von AG bereits Strömungssimulationen für eine mögliche Optimierung des Mittelbauwerkes beauftragt.

Durch das 2+1-System der Rücklaufschlammumpen wird der gesamte Bereich der zu fördernden Rücklaufschlammmenge abgedeckt. Die Pumpen sind ausreichend dimensioniert.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 5.9 Schlammbehandlung

Nachfolgend werden die einzelnen Anlagenteile der Schlammbehandlung nachbemessen und bewertet. Als Datengrundlage liegen die maximalen 14-Tage-Mittelwerte (siehe Kapitel 3.4.3) zu Grunde. Die detaillierte Nachbemessung ist in Anlage 5.4 beigelegt.

#### 5.9.1 Primärschlammeindickung

Das Ziel der vorhandenen statischen Eindickung ist eine Volumenreduzierung des Primärschlammes durch Sedimentation des Schlammes, des Abzugs des Trübwassers aus der oberen Zone (Klarwasserzone) und des Abzugs des eingedickten Schlammes aus der bodennahen Schlammschicht.

##### Bestand

Der Primärschlamm wird aus der Vorklärung über die Primärschlammumpfen abgezogen und in die statische Eindickung gefördert. Die statische Eindickung wird hier mit einem konstanten Wasserspiegel betrieben und entspricht einem Durchlaufbehälter.

Der statische Eindicker ist ein Rundbehälter ( $V = 900 \text{ m}^3$ ,  $d = 14 \text{ m}$ ,  $H_{\max} = 6,1 \text{ m}$ ) mit Krählwerk. Der eingedickte Primärschlamm wird über die Exzentrerschneckenpumpen zur Entwässerung gefördert. Das Trübwasser wird in einen Sammelbehälter (Pumpensumpf) des Trübwassers geleitet und von dort in die Belebung gepumpt.

##### Nachbemessung

Die statische Eindickung als Durchlaufbehälter wird maßgeblich über die Oberflächenbelastung bemessen: Für einen Rundbehälter ist unter Berücksichtigung der Feststofffracht von  $B_{d,TS} = 4.870 \text{ kg/d}$  ein minimaler Durchmesser ( $d_{\text{erf}}$ ) von 8,8 m erforderlich. Berücksichtigt man die empfohlenen Höhen für die Klarwasserzone und Schlammschicht ( $H_{\min} = 3 \text{ m}$ ) ergibt sich daraus ein erforderliches Beckenvolumen von  $V_{\text{erf}} = 365 \text{ m}^3$ .

##### Bewertung

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

Die vorhandene statische Eindickung für die Primärschlammeindickung ist ausreichend bemessen. Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

### 5.9.2 Überschussschlammeindickung

Der Überschussschlamm wird analog zum Primärschlamm über einen statischen Eindicker eingedickt.

#### Bestand

Der statische Eindicker für den Überschussschlamm ist baugleich zum Primärschlamm. Der Schlamm Spiegel wird variabel gefahren. Da es aber kein redundantes Eindickbauwerk gibt, wird er nicht als Standeindicker, sondern mehr als Durchlaufeindicker betrieben und demnach als Durchlaufeindicker nachbemessen.

#### Nachbemessung

Die statische Eindickung als Durchlaufbehälter wird maßgeblich über die Oberflächenbelastung bemessen: Für einen Rundbehälter ist unter Berücksichtigung der Feststofffracht von  $B_{d,TS} = 3.440 \text{ kg/d}$  ein minimaler Durchmesser ( $d_{\text{erf}}$ ) von 12,1 m erforderlich. Berücksichtigt man die empfohlenen Höhen für die Klarwasserzone und Schlamm Schicht ( $H_{\text{min}} = 3 \text{ m}$ ) ergibt sich daraus ein erforderliches Beckenvolumen von  $V_{\text{erf}} = 342 \text{ m}^3$ .

Die statische Eindickung als Standeindicker wird maßgeblich über einen Tagesausgleich für die Schlammmenge bemessen (DWA-M 361). Daraus würde ein Beckenvolumen von rd.  $270 \text{ m}^3$  resultieren.

#### Bewertung

Die vorhandene statische Eindickung für die Überschussschlammeindickung ist ausreichend bemessen. Sie wird zudem über einen variablen Höhenstand bewirtschaftet. So können anaerobe Verhältnisse und Nährstoffrücklösungen aus dem Überschussschlamm vermieden werden. Es sind somit keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 5.9.3 Primärschlammmentwässerung

#### Bestand

1) Primärschlammförderung:

1 +1 Exzentrerschneckenpumpen mit einer Förderleistung von  $Q = 15 - 45 \text{ m}^3/\text{h}$

2) Konditionierung:

Konditionierung (festes polymeres Flockungsmittel, pFM) in einem pFM-Ansatzbehälter (2.000 l)

sowie Exzentrerschneckenpumpen (1 +1)

spezifische Dosiermenge: 3 g WS/kg TS

3) Entwässerung:

1 Zentrifuge mit einer maximalen Fördermenge von  $Q_{\text{max}} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Nachbemessung

Bei den aktuellen Betriebszeiten von 7 d/Woche sowie rd. 3 h/d ist die vorhandene Zentrifuge mit  $Q_{\text{max}} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$  für den Auslegungslastfall ausreichend ausgelegt. Die Primärschlammumpen können ebenfalls den Primärschlamm entsprechend in die Zentrifuge fördern.

Bei einer spezifischen pFM-Dosierung von 3 g WS/kg TS für die PS-Entwässerung werden 0,45 kg Wirksubstanz (WS) pro Betriebsstunde erforderlich. Dies entspricht einer Anwendungslösung von 90 l/h bei einer Anwendungskonzentration von 0,5 %. Mit der entsprechenden Ansatz- (15 min) und Reifezeit (45 min) muss ein Kammervolumen von 90 l vorgehalten werden. Der stündliche Betriebswasserbedarf liegt bei 360 l/h. Bei einem Einsatz von festem pFM, das in Big-Bags angeliefert wird, muss lediglich 2-mal pro Jahr ein Big-Bag angeliefert werden.

Im Auslegungsfall sind rd. 47  $\text{m}^3/\text{h}$  an Zentratanfall zu erwarten. Das Zentratanfall wird in die Pumpenvorlage geleitet.

#### Bewertung

Die vorhandenen Primärschlammförderpumpen sowie die Zentrifugen sind ausreichend ausgelegt. Die Primärschlammmentwässerung verfügt aufgrund der aktuell niedrigen Betriebszeiten über entsprechende Reserven, die noch ausgenutzt werden können.



## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

Die pFM-Ansetzstation ist ebenfalls mit einer ausreichenden Ansetzzeit und die pFM-Dosierpumpen mit einer ausreichenden Förderleistung ausgelegt. Die entsprechende Ansetzlösung kann zur Verfügung gestellt werden.

Ein Big-Bag ist bei der geringen pFM-Dosierung rd. 1 Jahr bzw. 50 Wochen in Nutzung. Es ist somit gegen Ende der vorhandenen pFM-Menge ein neuer Big Bag vorzusehen. D.h. es ist nur kurzfristig eine Lagerfläche für einen zusätzlichen Big Bag erforderlich.

Es sind für die Primärschlammmentwässerung keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.9.4 Überschussschlammmentwässerung**

#### Bestand

1) Überschussschlammförderung:

1 +1 Exzentrerschneckenpumpen mit einer Förderleistung von  $Q = 15 - 45 \text{ m}^3/\text{h}$

2) Konditionierung:

Konditionierung (flüssiges polymeres Flockungsmittel, pFM) in einem pFM-Ansetzbehälter

(2.000 l) sowie Exzentrerschneckenpumpen (1 +1)

spezifische Dosiermenge: 10 g WS/kg TS

3) Entwässerung:

1 Zentrifuge mit einer maximalen Fördermenge von  $Q_{\text{max}} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$

#### Nachbemessung

Bei aktuellen Betriebszeiten von 7 d/Woche sowie rd. 3 h/d ist die vorhandene Zentrifuge mit  $Q_{\text{max}} = 50 \text{ m}^3/\text{h}$  für den Auslegungslastfall ausreichend ausgelegt. Die Überschussschlammumpen können ebenfalls den Überschussschlamm entsprechend in die Zentrifuge fördern.

Bei einer spezifischen pFM-Dosierung von 10 g WS/kg TS für die ÜS-Entwässerung werden 1,13 kg WS pro Betriebsstunde erforderlich. Dies entspricht einer Anwendungslösung von rd. 230 l/h bei einer Anwendungskonzentration von 0,5 %. Mit der entsprechenden Ansetz- (15 min) und Reifezeit (45 min) muss ein Kammervolumen von rd. 230 l vorgehalten werden. Der stündliche Betriebswasserbedarf liegt bei ca.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

900 l/h. Bei einem Einsatz von flüssigem pFM, das in IBC-Containern angeliefert wird, muss lediglich alle 24 Wochen der IBC ausgetauscht werden.

Im Auslegungsfall sind rd. 37 m<sup>3</sup>/h an Zentratanfall zu erwarten. Das Zentrat wird in die Pumpenvorlage geleitet.

### Bewertung

Die vorhandenen Überschussschlammförderpumpen sowie die Zentrifugen sind ausreichend ausgelegt. Die Überschussschlammwässerung verfügt aufgrund der aktuell niedrigen Betriebszeiten über entsprechende Reserven, die noch ausgenutzt werden können.

Die pFM-Ansetzstation ist ebenfalls mit einer ausreichenden Ansetzzeit und die pFM-Dosierpumpen mit einer ausreichenden Förderleistung ausgelegt. Die entsprechende Ansetzlösung kann zur Verfügung gestellt werden.

Für die pFM-Bereitstellung wird flüssiges pFM in IBC-Containern bereitgestellt. Diese müssen im Auslegungsfall alle 24 Wochen ausgetauscht werden. D.h. es ist nur kurzfristig eine Lagerfläche für einen IBC vorzusehen.

Es sind für die Überschussschlammwässerung keine Maßnahmen erforderlich.

### **5.9.5 Abwurfcontainer / Entsorgung der Klärschlämme**

#### Bestand

Der entwässerte Überschuss- sowie der entwässerte Primärschlamm aus den Zentrifugen werden in Abrollcontainern abgeworfen. Ein Abrollcontainer fasst etwa 20 m<sup>3</sup>.

Der Primärschlamm besitzt einen hohen mineralischen Anteil und durch die auf dem Hüttenwerk spezifischen Prozessen einen hohen Anteil an Sintermaterial (Sedimentation von Sinter in der Vorklärung). Daher wird der entwässerte Primärschlamm der Sinteranlage zugeführt.

Der Überschussschlamm wird nach der Entwässerung in der vorhandenen Kokerei thermisch verwertet.

## **Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

---

### Nachbemessung

Für die Berechnung der durchschnittlichen Transport- bzw. Entleerungsfrequenz der Abrollcontainer werden die durchschnittlichen Schlammengen aus Tabelle 3.3 verwendet.

Im Jahresdurchschnitt wird der Primärschlamm rd. alle 9-10 Tage abgefahren und in der Sinteranlage verwendet. Der Überschussschlamm wird rd. alle 4-5 Tage abgefahren und in der Kokerei verwertet.

### Bewertung

Da auf der Werkskläranlage und dem Werksgelände der SZFG ein 7-tägiger Betrieb durchgeführt wird, sind die ermittelten Transportintervalle ausreichend. Es können mit der Speicherkapazität von > 4 Tagen kleinere Zeiträume wie bspw. Feiertage überbrückt werden.

Die Kreislaufführung des Primärschlammes durch eine Zuführung des Schlammes in die Sinteranlage ist aufgrund des hohen Sinteranteils sinnvoll. Eine Zuführung des entwässerten Überschussschlammes in die Kokerei entspricht dem Stand der Technik. Dies entspricht dem Anhang 46, Teil B, Absatz 2 der AbwV sowie der entsprechenden BVT-Schlussfolgerungen für die Eisen- und Stahlerzeugung, (Kapitel 9, Absatz 57).

Es sind somit keine weiteren Maßnahmen für die Schlammsammlung und -entsorgung erforderlich.

## **5.9.6 Trübwasserrückführung**

### Bestand

Das Trübwasser aus den statischen Eindickern sowie das Zentrat aus den Zentrifugen wird in einer Pumpenvorlage gesammelt und daraus in den Zulauf der biologischen Stufe geführt.

### Bewertung

Die einstufige biologische Abwasserbehandlung auf der WKA besitzt keine anaeroben Behandlungsschritte wie bspw. eine anaerobe biologische P-Elimination oder eine anaerobe Schlammstabilisierung (Faulung), woraus entsprechend Nährstoffrücklösungen resultieren könnten.

Das Trübwasser enthält somit vernachlässigbar geringe Nährstoffkonzentrationen, die keine wesentliche Rückbelastung hinsichtlich der N- und P-Frachten darstellen, so dass eine direkte Zufuhr aus

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

verfahrenstechnischer Sicht unkritisch ist. Hydraulisch gesehen entspricht im Jahresmittel die Trübwasser-rückführung einer Rückbelastung von rd. 1 % und ist demnach vernachlässigbar. Somit sind für die Trübwasserrückführung keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

### 5.10 Zusammenfassung der Bemessungsergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse der Bemessung der Einzelkomponenten der Werkskläranlage sind anhand von spezifischen Kennzahlen in Tabelle 6.1 zusammengefasst. Anhand dessen werden Reserven und Defizite ausgewiesen

**Tabelle 5.1: Reserven und Defizite der Einzelkomponenten der Werkskläranlage**

Anlagenkomponente	Kennzahl	Abk.	Istwert	Einheit	Ausnutzung
<b>EINLAUFGRUPPE</b>					
Rechenanlage	Fließgeschwindigkeit	v	1,16	m/s	97 %
Zulaufpumpwerk (Pumpwerk B)	max. Fördermenge	Q <sub>max</sub>	4.500	m <sup>3</sup> /h	93 %
Vorklärung	Aufenthaltszeit	t <sub>A</sub>	0,9	h	47 %
	Oberflächenbeschickung	q <sub>A</sub>	2,65	m/h	66 %
	Überfallkantenbeschickung	q <sub>k</sub>	75	m <sup>3</sup> /(m*h)	250 %
Ausgleichsbecken	Aufenthaltszeit	t <sub>A,min</sub>	0,82	h	61 %
	Rührwerksleistung	P <sub>W</sub>	6,8	kW	67 %
Beschickungspumpwerk	max. Fördermenge	Q <sub>max</sub>	3.000	m <sup>3</sup> /h	91 %
<b>BIOLOGIE</b>					
Nitrifikation	Sicherheitsfaktor	SF	4,7	-	49 %
Denitrifikation	Denitrifikationsrate	r <sub>D</sub>	0,09	gN/g oTS*d	23 %
Belüftung	Fördermenge	Q <sub>L,max</sub>	26.890	m <sup>3</sup> /h	54 %
Umwälzung	Rührwerksleistung	P <sub>W</sub>	2,6	kW	66 %
<b>DOSIERSTATIONEN</b>					
Methanol	Förderleistung	Q <sub>Pumpe</sub>	0,18	m <sup>3</sup> /h	30 %
Phosphorsäure	Förderleistung	Q <sub>Pumpe</sub>	7,8	m <sup>3</sup> /h	41 %
Alkaliendosierung	Förderleistung	Q <sub>Pumpe</sub>	2,9*	m <sup>3</sup> /h	15 %
<b>NACHKLÄRUNG</b>					
Nachklärbecken	Trockensubstanz im Belebungsbecken	TS <sub>BB</sub>	5,00	kg/m <sup>3</sup>	72,8 %

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Anlagenkomponente	Kennzahl	Abk.	Istwert	Einheit	Ausnutzung
Rücklaufschlamm	Förderleistung	Q <sub>Pumpe</sub>	2.295	m <sup>3</sup> /h	76,5 %
<b>SCHLAMMBEHANDLUNG</b>					
PS-Eindickung	Oberflächenbelastung	qA	32	kgTS/(m <sup>2</sup> *d)	40 %
ÜS-Eindickung	Oberflächenbelastung	qA	22	kgTS/(m <sup>2</sup> *d)	45 %
PS-Entwässerung	max. Fördermenge & Betriebszeit	Q	50	m <sup>3</sup> /h	< 40 %
ÜS-Entwässerung	max. Fördermenge & Betriebszeit	Q	50	m <sup>3</sup> /h	< 40 %
PS-Eindickung	Oberflächenbelastung	qA	32	kgTS/(m <sup>2</sup> *d)	40 %
ÜS-Eindickung	Oberflächenbelastung	qA	22	kgTS/(m <sup>2</sup> *d)	45 %

*\*Wert basiert auf Betriebstagebuchdaten, bemessungstechnisch keine Alkaliendosierung erforderlich*

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

### 6. Ableitung von Maßnahmen zur Rückhaltung von Schadstoffen aus dem Schmutzwasser

Vor dem Hintergrund der zukünftig einzuhaltenden Überwachungswerte werden zunächst Maßnahmen diskutiert, für die eine Ertüchtigung bzw. ein Ausbau der Werkskläranlage oder deren Einzelkomponenten lohnenswert und sinnvoll erscheinen.

Die Nachbemessung der Werkskläranlage in Kapitel 0 hat ergeben, dass die Anlagenbestandteile sowohl hydraulisch als auch für die stoffliche Belastung ausreichend dimensioniert sind. Lediglich für einzelne Komponenten wurde Optimierungspotenzial erkannt. Dies betrifft die Vorklärung, das Ausgleichsbecken und das Mittelbauwerk der Nachklärung (Tabelle 6.1).

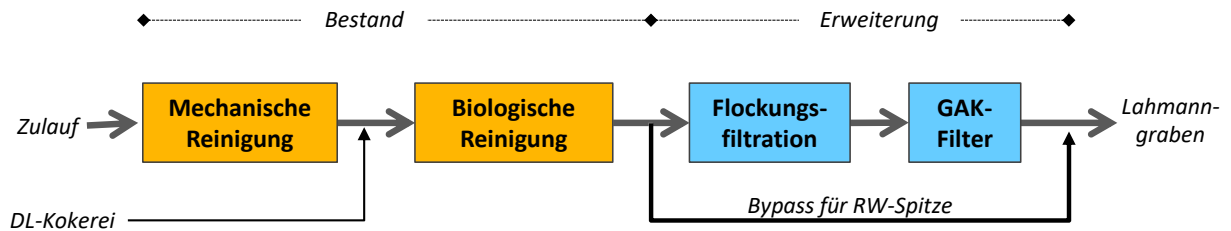
**Tabelle 6.1: Optimierungspotenzial und Zielsetzung/Maßnahmen zur Ertüchtigung einzelner Anlagenkomponenten der Werkskläranlage**

Anlagenkomponente	Defizit	Zielsetzung / Maßnahmen
<b>Vorklärung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufenthaltszeit vergleichsweise gering (&lt; 0,9 h)</li> <li>- relativ hohe Überfallkantenbeschickung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduktion des Schlammanfalls im Ausgleichsbecken</li> <li>- Strömungssimulation zur Optimierung der Feststoffabscheidung</li> </ul>
<b>Ausgleichsbecken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufenthaltszeiten hoch (&gt; 2,5 h)</li> <li>- Schlammablagerungen im Betrieb erkannt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachrüstung von Rührwerken und Leitwänden</li> <li>- Strömungssimulation zur Verhinderung von Ablagerungen</li> </ul>
<b>Nachklärung (Mittelbauwerk)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geometrie des Mittelbauwerks reduziert die Leistungsfähigkeit des Nachklärbeckens</li> <li>- Überschreitung des Geschwindigkeitsgradienten</li> <li>- Unterschreitung der horizontalen Strömungsgeschwindigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimierung des Mittelbauwerks z.B. Reduktion der Höhe der Einlaufschlitze <math>h_0</math> und Steigerung der Einlauftiefe <math>h_E</math></li> <li>- Strömungssimulation zur Optimierung und damit Reduktion der AFS-Konzentration im Ablauf</li> </ul>

Der Vergleich der aktuellen Ablaufwerte mit den zu beantragenden Überwachungswerten zeigt (vgl. Kapitel 4), dass ausschließlich bzgl. des Parameters AFS ein Handlungsbedarf gegeben ist. Als Maßnahmen zum Rückhalt von abfiltrierbaren Stoffen aus dem Abwasser wird daher eine weitergehende Reinigungsstufe im Anschluss an die Nachklärung empfohlen, wie bspw. eine Flockungsfiltration. Durch die Kombination mit

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

einer Filtration über Aktivkohle oder eine Ozonung (4. Reinigungsstufe) können darüber hinaus noch weitere Stoffe, die für die Qualität des Gewässers entscheidend sind, reduziert werden. Ein vereinfachtes Anlagenschema, das die Integration einer solchen Reinigungsstufe in den Fließweg der bestehenden Werkskläranlage veranschaulicht, ist nachfolgend dargestellt.



**Abbildung 6.1:** Fließschema der um eine Filtration und 4. Reinigungsstufe ergänzten Werkskläranlage

Eine derartige Erweiterung der Werkskläranlage wird die Konzentrationen einer Vielzahl von Stoffen im Ablauf der Werkskläranlage deutlich reduzieren und damit entscheidend zur Verbesserung der Qualität des Vorfluters beitragen, da dieser maßgeblich aus dem Ablauf der Werkskläranlage gespeist wird. Allerdings ist die Umsetzung mit erheblichen zeitlichen und monetären Aufwendungen verbunden. Aus heutiger Sicht wird für die Planung und den Bau einer solchen Erweiterung ein Zeitraum von mindestens 3 Jahren benötigt, weshalb eine Inbetriebnahme frühestens zum Ende des Jahres 2023 möglich erscheint.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

### 7. Mess- und Analyseumfang überwachungspflichtiger Parameter (Eigenüberwachung)

Vor dem Hintergrund der zu beantragenden gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis der SZFG wurde der bisherige Mess- und Analyseumfang (Eigenüberwachung) an der Einleitungsstelle in den Lahmanngraben und am Ablauf des RHB Üfingen Aue in Anlehnung an die bestehende Einleitererlaubnis vom 01.01.1996 erfasst und durch zusätzliche Parameter erweitert.

In Tabelle 7.1 ist ein Entwurf des zukünftigen Mess- und Analyseumfangs an der Einleitungsstelle in den Lahmanngraben bzw. am Ablauf des Rückhaltebeckens SZ-Üfingen dargestellt. Es wird unterschieden nach Probenahmeort, Parameter und Häufigkeit der Probenahme.

Die Einleitungsstelle in den Lahmanngraben (bzw. Probenahmestelle) befindet sich in der Gemarkung Watenstedt, Flur 4, Flurstück 5/61 und hat folgende UTM-Koordinaten:

Rechtswert 32.596.653

Hochwert 5.781.551.

**Tabelle 7.1: Mess- und Analyseumfang an der Einleitungsstelle in den Lahmanngraben im Rahmen der Eigenüberwachung der SZFG**

Parameter	Abk.	Einheit	bis 31.12.2020	ab 01.01.2021
			Häufigkeit	Häufigkeit
Abwassermenge	Q	m <sup>3</sup> /h	k	k
pH-Wert	pH	-	k	k
Temperatur	T	°C	k	k
Leitfähigkeit	LF	mS/cm	k	k
Trübung	-	TE/F	k	k
<b>Parameter gemäß Teil C der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV</b>				
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	mg/l	w	w
Biologischer Sauerstoffbedarf	BSB <sub>5</sub>	mg/l	w	w
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	mg/l	wt*	wt*
Ammonium-Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	wt	wt
Stickstoff, gesamt anorganisch	N <sub>anorg</sub>	mg/l	wt	wt
Nitrit-Stickstoff	NO <sub>2</sub> -N	mg/l	wt	wt
Gesamtphosphor	P <sub>ges</sub>	mg/l	wt	wt



**Anlage 5 – Beurteilung der WKA**

Parameter	Abk.	Einheit	bis 31.12.2020	ab 01.01.2021
			Häufigkeit	Häufigkeit
Eisen	Fe	mg/l		wt
Aluminium	Al	mg/l		m
Kohlenwasserstoffe, gesamt	KW <sub>ges</sub>	mg/l	m	m
Fluorid, gelöst	F <sub>gel</sub>	mg/l		m
Giftigkeit gegenüber Fischeiern	G <sub>Ei</sub>	-		m
<b>Parameter gemäß Teil D der produktionsrelevanten Anhänge der AbwV</b>				
Adsorbierbare org. gebundene Halogene	AOX	mg/l	m*	m*
Arsen	As	mg/l		m
Benzol und Derivate	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	mg/l		m
Blei	Pb	mg/l	m	m
Cadmium	Cd	mg/l	m	m
Chlor, freies	Cl <sub>frei</sub>	mg/l		m
Chrom VI	Cr <sub>VI</sub>	mg/l		m
Chrom, gesamt	Cr <sub>ges</sub>	mg/l	m	m
Cyanid, leicht freisetzbar (lfs)	CN <sup>-</sup>	mg/l		m
Hydrazin**	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	mg/l		
Kupfer	Cu	mg/l	m	m
Nickel	Ni	mg/l	m	m
Phenolindex nach Destillation und Farbstoffextraktion	Phenol	mg/l	m	m
Polycyclische aromat. Kohlenwasserstoffe	PAK	mg/l		m
Quecksilber	Hg	mg/l	m	m
Silber	Ag	mg/l		m
Sulfid, leicht freisetzbar	Sulfid <sub>fr</sub>	mg/l		m
Thiocyanat	SCN <sup>-</sup>	mg/l		m
Vanadium**	V	mg/l		
Zink	Zn	mg/l	m	m
Zinn	Sn	mg/l		m
<b>Zusätzliche Parameter</b>				
organischer Kohlenstoff gesamt	TOC	mg/l	w	w
Nitrat-Stickstoff	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	wt	wt
Cyanid, gesamt	CN	mg/l	m	m
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	mg/l	m	m
Sulfat	SO <sub>2</sub> <sup>-4</sup>	mg/l	m	m

k = kontinuierlich; wt = werktätlich (Mo-Fr); w = wöchentlich; m = monatlich

\*Stichprobe

\*\*keine Messung erforderlich, da kein Einsatz im EZG der Werkskläranlage (s. Anlage 3.1)

Die Probenahmestelle am Ablauf des Rückhaltebeckens SZ-Üfingen befindet sich in der Aue und hat folgende UTM-Koordinaten:

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

Rechtswert 32.596.282

Hochwert 5.786.643.

**Tabelle 7.2: Mess- und Analyseumfang am Ablauf des Rückhaltebeckens SZ-Üfingen im Rahmen der Eigenüberwachung der SZFG**

Parameter	Abk.	Einheit	bis 31.12.2020	ab 01.01.2021
			Häufigkeit	Häufigkeit
Abwassermenge	Q	m³/h	k	k
pH-Wert	pH	-	k	k
Temperatur	T	°C	k	k
<b>Abwasserabgaberelevante Parameter gemäß AbwAG</b>				
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	mg/l	m	m
Gesamtphosphor	P <sub>ges</sub>	mg/l	m	m
Stickstoff, gesamt anorganisch	N <sub>anorg</sub>	mg/l	m	m
Adsorbierbare org. gebundene Halogene	AOX	mg/l	m*	m*
Quecksilber	Hg	mg/l		**
Cadmium	Cd	mg/l		**
Chrom, gesamt	Cr <sub>ges</sub>	mg/l		**
Nickel	Ni	mg/l	m	**
Blei	Pb	mg/l		**
Kupfer	Cu	mg/l		**
Giftigkeit gegenüber Fischeiern	G <sub>Ei</sub>	-		**
<b>Zusätzliche Parameter</b>				
Ammonium-Stickstoff	NH <sub>4</sub> -N	mg/l	m	m
Nitrit-Stickstoff	NO <sub>2</sub> -N	mg/l	m	m
Nitrat-Stickstoff	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	m	m
organischer Kohlenstoff gesamt	TOC	mg/l	m	m
Eisen	Fe	mg/l		m
Zink	Zn	mg/l	m	m

*k = kontinuierlich; wt = werktätlich (Mo-Fr); w = wöchentlich; m = monatlich*

*\*Stichprobe*

*\*\*Kein Messumfang festgelegt, da die parameterspezifischen Schwellenwerte gemäß Anlage zu § 3 AbwAG in den Jahren 2015 bis 2017 nicht überschritten wurden und aufgrund der Abwasserzusammensetzung auch zukünftig nicht überschritten werden (s. Anlage 3.2)*

Die Ergebnisse der Eigenüberwachung werden mit den dazugehörigen Volumenströmen am Ablauf Nachklärung bzw. Rückhaltebecken SZ-Üfingen in geeigneter Form auf Datenträgern festgehalten und der Wasserbehörde für jedes Kalenderjahr übergeben.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

### 8. Zusammenfassung

Die von der Salzgitter Flachstahl GmbH (SZFG) betriebene Werkskläranlage in Salzgitter-Watenstedt dient der zentralen Reinigung der anfallenden Abwässer aus den Produktionsanlagen des integrierten Hüttenwerkes der SZFG, der Gewerbe- und Industriebetriebe sowie angrenzender Ortschaften. Die mechanisch biologische Abwasserbehandlungsanlage ist aktuell der Größenklasse 4 (38.444 EW<sub>120</sub>) zuzuordnen.

Aufgrund der auslaufenden Einleitererlaubnis soll die bestehende gehobene wasserrechtliche Erlaubnis zum Einleiten des gereinigten Abwassers in den Lahmanngraben (Direkteinleiter) für den Zeitpunkt ab dem 01. Januar 2021 erneuert werden.

Im Rahmen des vorliegenden Berichtes wurde für die Belastungssituation der Jahre 2015 bis 2017 die bestehende Kläranlage verfahrenstechnisch nachgerechnet und hinsichtlich der Reinigungsleistung beurteilt. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Werkskläranlage weitestgehend dem aktuellen Stand der Technik entspricht und auch die aus den betreffenden BVT-Schlussfolgerungen hervorgehenden Anforderungen erfüllt.

Lediglich hinsichtlich einzelner weniger Komponenten und bezüglich der abfiltrierbaren Stoffe im Ablauf der Kläranlage besteht Optimierungspotential. Basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Nachmessungen wird empfohlen, Optimierungsmaßnahmen in der Einlaufgruppe (Ausgleichs- und Vorklärbecken) und Nachklärung (Mittelbauwerk) vorzunehmen und dabei das Werkzeug der Strömungssimulationen zu nutzen.

Um die Konzentration an abfiltrierbaren Stoffen im Ablauf dauerhaft zu senken und damit die Einhaltung des in der Zukunft zu erwartenden Grenzwertes für diesen Parameter zu gewährleisten, wird die Erweiterung der Werkskläranlage um eine zusätzliche Reinigungsstufe mit Flockungsfiltration und ggf. 4. Reinigungsstufe empfohlen. Da dieses mit einem entsprechenden Planungs- und Realisierungsaufwand verbunden ist, wird eine Umsetzung bis zum Jahr 2024 als realistisch eingestuft.

## Anlage 5 – Beurteilung der WKA

---

Aufgestellt:	Dr. Born - Dr. Ermel GmbH	
	Achim, den 17.05.2019	AHO/MD
Geprüft:	Achim, den 12.06.2019	TO
Überarbeitet:	Dr. Born - Dr. Ermel GmbH	
	Achim, den 07.01.2020	AHO