

## N<sub>2</sub>O-Vernichtung bei der Schlammverbrennung der ARA Rhein AG

Projekt zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Dokumentversion: *Version 10*

Datum: *07.10.16*

### Inhalt

1	Angaben zur Projekt-/Programmorganisation .....	4
2	Angaben zum Projekt/Programm.....	4
2.1	Projekt-/Programmszusammenfassung .....	4
2.2	Typ und Umsetzungsform .....	5
2.3	Projektstandort .....	6
2.4	Beschreibung des Projektes.....	7
2.4.1	Ausgangslage .....	7
2.4.2	Projekt-/Programmziel .....	9
2.4.3	Technologie .....	11
2.5	Referenzszenario .....	12
2.6	Termine.....	13
3	Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten.....	14
3.1	Finanzhilfen .....	14
3.2	Doppelzählung.....	14
3.3	Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreit sind .....	14
4	Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen.....	15
4.1	Systemgrenze und Emissionsquellen .....	15
4.2	Einflussfaktoren .....	16
4.3	Leakage .....	16
4.4	Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben.....	17
4.5	Referenzentwicklung .....	18
4.6	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) .....	18
5	Nachweis der Zusätzlichkeit .....	20
6	Aufbau und Umsetzung des Monitorings.....	23
6.1	Beschreibung der gewählten Nachweismethode .....	23
6.2	Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen.....	23
6.2.1	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen.....	23

6.2.2	Überprüfung der ex-ante definierten Referenzentwicklung .....	24
6.3	Datenerhebung und Parameter .....	25
6.3.1	Fixe Parameter .....	25
6.3.2	Dynamische Parameter und Messwerte.....	26
6.3.3	Einflussfaktoren .....	28
6.4	Plausibilisierung der Daten und Berechnungen .....	28
6.5	Prozess- und Managementstruktur .....	29
7	Anmerkungen zum Eignungsentscheid .....	30

## Anhang

- A1. Belege für den Umsetzungsbeginn (offen) → erfolgen später nach Registrierungsbescheid
- A2. Zielvereinbarung CO<sub>2</sub> (ZV)  
Verfügung BAFU vom 19.3.14 + Mail der Stiftung KliK vom 26.3.14
- A3. Unterlagen zum Monitoring
  - a MLT 2 – Multikomponenten Gasanalysator NGA 2000
    - Produkte-Datenblatt
    - TÜV – Zertifikat
    - Wartungsprotokoll (Kalibrierung) Periode 23.10.15 bis 4.1.16
  - b Messwertberechnung der N<sub>2</sub>O-Fracht im Prozessleitsystem (PLS) aus den Stundenmittelwerten KW 4 bis 14 / 2016
    - Durchschnittliche gemessene N<sub>2</sub>O-Konzentration
    - Stundenmittelwert Volumenstrom
    - Menge verbrannter Klärschlamm
  - b II Messwertberechnung der N<sub>2</sub>O-Fracht im Prozessleitsystem (PLS) aus den Stundenmittelwerten KW 5 bis 35 / 2016
    - Durchschnittliche gemessene N<sub>2</sub>O-Konzentration
    - Stundenmittelwert Volumenstrom
    - Menge verbrannter Klärschlamm
  - c Messbericht Balewa vom 11.2.16 (Berechnung der Lachgasfrachten)
  - d Messbericht Balewa vom 23.2.16 rev 3 für die Erfassung des Abgas Volumenstroms V
  - e
    - Anlagedaten Monat Nov 2015 mit Angabe der Menge verbrannten Klärschlammes
    - Technische Unterlagen TS- Messgerät HB43-S Compact Halogen Moisture Analyzer von Mettler Toledo
    - Feuchtebestimmung des entwässerten Schlammes (Applikationsblatt)
    - Protokolle Energie und Betriebskosten 2015
- A4. Bericht Schwank 2006 ( Bachelorarbeit: Lachgasentstehung bei Klärschlammverbrennung)
- A5. Resultate über Vorversuche auf der ARA Rhein AG, Febr. März 2014  
(Kap. 3 Vorversuche, Bericht „Lachgas-Reduktion“ vom 12.3.14 von Roger Hurschler, ARA Rhein AG)
- A6. MECHANISMS OF PRODUCTION IN BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT FROM PATHWAY IDENTIFICATION TO PROCESS CONTROL  
(DISS.ETH NO. 21375 ; Pascal Wunderlin 2013)
- A7. Pyrogene N<sub>2</sub>O-Emissionen, [REDACTED], [REDACTED], Umweltcontrolling und Sicherheit
- A8. Aufnahme des Verbrauchs von Altöl in Funktion der Nachbrenner- Temperatur
- A9. Organigramm ARA Rhein AG
- A10. Analysenzertifikat des [REDACTED], Olten
- A11. Excel-Datei „ Wirtschaftlichkeit - Annuitätenberechnung “

## 1 Angaben zur Projekt-/Programmorganisation

Gesuchsteller	ARA Rhein AG Netzibodenstrasse 16, 4133 Pratteln
Kontaktperson Gesuchsteller	Herr Peter Müller +41 61 815 25 10 peter.mueller@ararhein.ch
Einverständnis zur Veröffentlichung	<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach dem Eignungsentscheid durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden. <input checked="" type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass nach dem Eignungsentscheid durch das BAFU die Daten im Feld „Gesuchsteller“ und die Daten im Feld „Kontaktperson Gesuchsteller“ auf der Internetseite des BAFU aufgeschaltet werden.
Projektentwickler/Verfasser der Projekt-/Programm- beschreibung	WASCOM AG Zihlacker 7 6234 Triengen
Kontakt	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="background-color: black; width: 150px; height: 15px;"></div>

## 2 Angaben zum Projekt/Programm

### 2.1 Projekt-/Programmszusammenfassung

- Lachgasreduktion bei der Klärschlammverbrennung durch Verfahrensänderung im Wirbelschichtofen, konkret Temperaturerhöhung in der Nachbrennkammer.
- Durch Messungen wurde gezeigt, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen durch eine Temperaturerhöhung in der Nachbrennkammer reduziert werden können.
- Das Referenzszenario ist der Weiterbetrieb ohne Verfahrensanpassungen (Status Quo)
- Die Temperatur im Ofen der SVA und in der Nachverbrennung soll auf ein Niveau erhöht werden, bei dem die N<sub>2</sub>O-Emissionen ein Minimum erreichen.
- Die entscheidenden Messmethoden für den Nachweis der Emissionsminderungen sind die online- Messungen am Kamin der Klärschlammverbrennung.

## 2.2 Typ und Umsetzungsform

<b>Typ</b>	<input type="checkbox"/> 1.1 Nutzung und Vermeidung von Abwärme <input type="checkbox"/> 2.1 Effizientere Nutzung von Prozesswärme <input type="checkbox"/> 2.2 Energieeffizienzsteigerung in Gebäuden <input type="checkbox"/> 3.1 Produktion von Biogas <input type="checkbox"/> 3.2 Wärmeerzeugung durch Verbrennen von Biomasse <input type="checkbox"/> 3.3 Nutzung von Umweltwärme <input type="checkbox"/> 3.4 Solarenergie <input type="checkbox"/> 4.1 Brennstoffwechsel für Prozesswärme <input type="checkbox"/> 5.1 Effizienzverbesserung bei Personentransport/Güterverkehr <input type="checkbox"/> 5.2 Einsatz von Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen <input type="checkbox"/> 6.1 Methanvermeidung: Abfackelung bzw. energetische Nutzung von Methan <input type="checkbox"/> 6.2 Methanvermeidung aus biogenen Abfällen <input type="checkbox"/> 6.3 Methanvermeidung mittels Einsatz von Futtermittelzusatzstoffen <input type="checkbox"/> 7.1 Vermeidung und Substitution synthetischer Gase <input checked="" type="checkbox"/> 8.1 Vermeidung und Substitution von Lachgas (N <sub>2</sub> O) <input type="checkbox"/> 9.1 Biologische Sequestrierung: Holzprodukte <input type="checkbox"/> andere:
------------	--

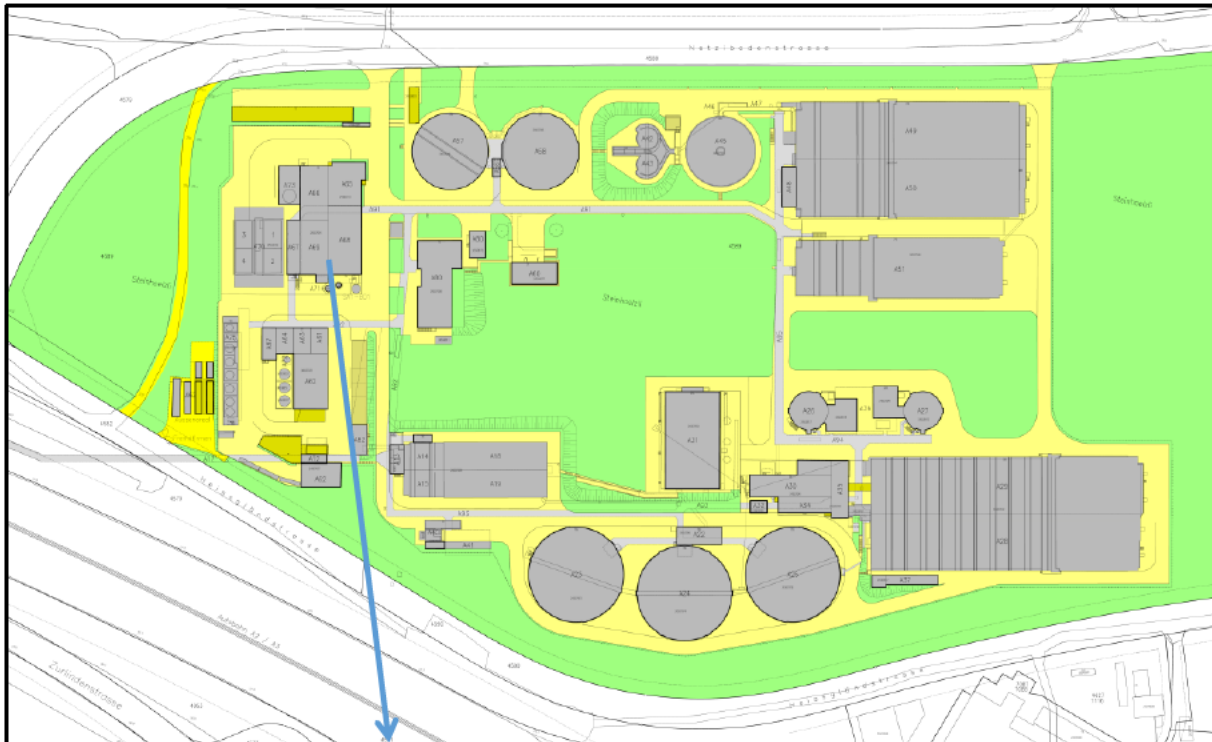
### Umsetzungsform

Einzelnes Projekt

Projektbündel

Programm

## 2.3 Projektstandort



### Detail Schlammverbrennungsanlage (SVA)

#### Legende:

- A67 = Kalklöschanlage (nicht Bestandteil des Projekts)**
- A68 = Ofen 68**
- A69 = Ofen 69 (alt stand by)**
- A71 = Kamin**



Dargestellt ist die Anlage ARA Rhein AG, Netzbodenstrasse 16, 4133 Pratteln

## Anlage ARA Rhein aus der Vogelperspektive



### Die Anlage im Überblick

1. Neutralisation Industrieabwasser
2. Vorklärung Industrieabwasser
3. Pumpstation Industrieabwasser
4. Puffertanks Industrieabwasser
5. Vorbelüftung
6. Biologie 1
7. Abluftreinigung
8. Druckluftstation für Biologie
9. Rechen Kommunalabwasser
10. Pumpstation Kommunalabwasser
11. Sandfang Kommunalabwasser
12. Vorklärung Kommunalabwasser
13. Biologie 2
14. Eindicker
15. Werkhof Werkstatt
16. Zentralwarte
17. Schlammannahme
18. Schlammentwässerung
19. Schlammverbrennung
20. Ascheabsetzbecken
21. Rauchgaskamin
22. Tanklager
23. Betriebsgebäude
24. Rohrleitungskanäle
- P Besucherparkplatz

## 2.4 Beschreibung des Projektes

### 2.4.1 Ausgangslage

Die ARA Rhein AG betreibt eine Abwasserreinigungsanlage (ARA), bei der erhebliche Mengen an Klärschlamm anfallen. Dieser Klärschlamm wird in der betriebseigenen Schlammverbrennungsanlage (SVA) energetisch genutzt. Zudem wird Fremdschlamm angenommen und ebenfalls in der SVA verfeuert.

#### Schlammverbrennungsanlage (SVA)

Die SVA besteht aus einem Etagen-Wirbelschichtofen (Ofen 68), welcher über eine oben aufgelagerte Klärschlamm-trocknung verfügt. Neben diesem Ofen 68 gibt es einen älteren Ofen (Ofen 69), welcher ausschliesslich als Backup dient, nicht baugleich ist und eine geringere Kapazität hat. Die vorliegende Projektbeschreibung betrifft ausschliesslich den Ofen 68.

Bei der Verbrennung des Klärschlammes entstehen aus dem im Klärschlamm enthaltenen Stickstoff neben  $N_2$ ,  $NO_x$  auch das klimaschädliche Lachgas  $N_2O$ . Bis dato wird der Ofen der SVA bei einer Temperatur von 600 bis 650°C betrieben, die Nachverbrennung der Abluft bei ca. 830°C. Der Ofen 68 ist für den Betrieb bei diesen genannten Temperaturen konzipiert.

## Schematische Darstellung des Ofen 68

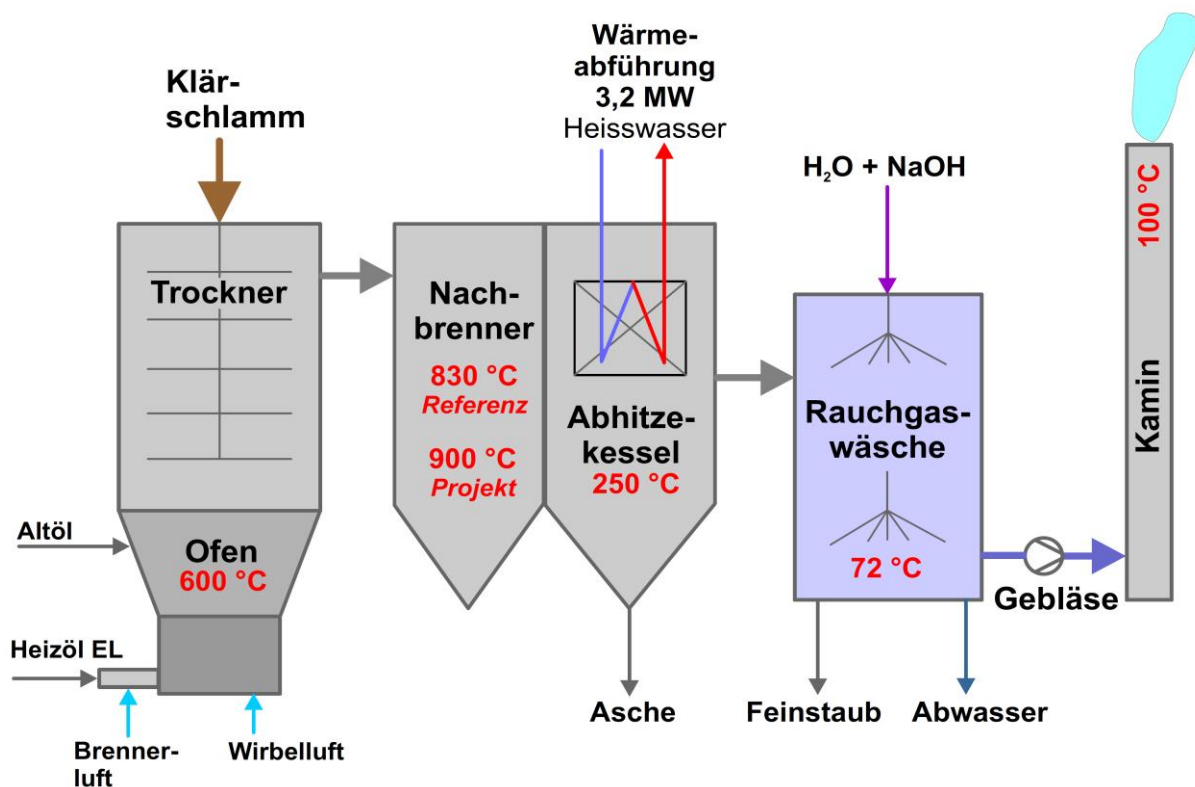


Abbildung 1 Schema der SVA der ARA Rhein

### RTO-Projekt zur Lösung der Geruchsproblematik der ARA

In der ARA entsteht niedrig, mittel und hoch geruchsbelastete Abluft. Bei der hoch belasteten Abluft wird zwischen einem  $\text{O}_2$ -armen und einem  $\text{O}_2$ -reichen Strom unterschieden. Die mittel belastete Abluft wird derzeit über einen Biofilter geführt, welcher den Geruch nicht ausreichend reduziert. Die hoch geruchsbelasteten Abluftströme der ARA werden derzeit als Zuluft über die SVA geführt wodurch VOC sowie Gerüche vernichtet werden.

Die mittel und hoch belasteten Abluftströme der ARA sollen künftig über eine neu errichtete Abluftreinigungsanlage unter Anwendung der Regenerativen Thermischen Oxidation (RTO) geführt werden. Die Errichtung der RTO ist nicht Teil des vorliegenden Projektes, sondern bezweckt ausschliesslich die Lösung der Geruchsproblematik. Als Zusatzeffekt wird eine Erhöhung der Ofenkapazität erreicht, indem die  $\text{O}_2$ -arme hoch belastete Abluft nicht mehr auf dem Ofen verbrannt wird, sondern auf die RTO geleitet wird. (siehe unten).

Diese RTO- Anlage, welche keine physische Verbindung zum SVA-Ofen hat, geht im November 2016 in Betrieb.

### Kapazitätserweiterung im Ofen 68

Der Schlammverbrennungsofen wird über den  $\text{O}_2$ -Anteil in seiner Abluft nach der Nachbrennkammer geregelt. Umgerechnet auf einen Normkubikmeter trockener Luft wird der Sollwert für die  $\text{O}_2$ -Konzentration möglichst konstant gehalten. Der Sollwert für die  $\text{O}_2$ -Konzentration, welcher die Schlamm-Aufgabemenge regelt, variiert jedoch je nach aktueller Schlammzusammensetzung, Feuchte etc. Als Stellglied im Regelprozess dient dabei die Austragsschnecke vom Schlamm-bunker in den Ofen. Durch die variable Drehzahl kann die Last im Ofen eingestellt werden. Weniger Schlamm bedeutet dabei einen grösseren Luftüberschuss im Brennraum und damit einen steigenden Sauerstoffgehalt im Abgas (Schwank, 2006).

Die Kapazität des Schlammverbrennungsofens hängt somit nach der Aufheizphase vom verfügbaren  $\text{O}_2$  in der Zuluft beim Verbrennungsprozess ab. Ist mehr  $\text{O}_2$  vorhanden, kann auch mehr Klärschlamm verbrannt werden. Durch die Umleitung der hoch belasteten  $\text{O}_2$ -armen Abluft von der SVA zur RTO wird zukünftig mehr  $\text{O}_2$  in der Zuluft der SVA vorhanden sein. Dies führt zu der gewünschten Erhöhung der Kapazität des Ofens 68. Die genauen Sauerstoffmengen in der Zuluft des Ofens sind jedoch nicht bekannt und variieren bis dato durch die unterschiedliche Aktivität der Belebung in der ARA.



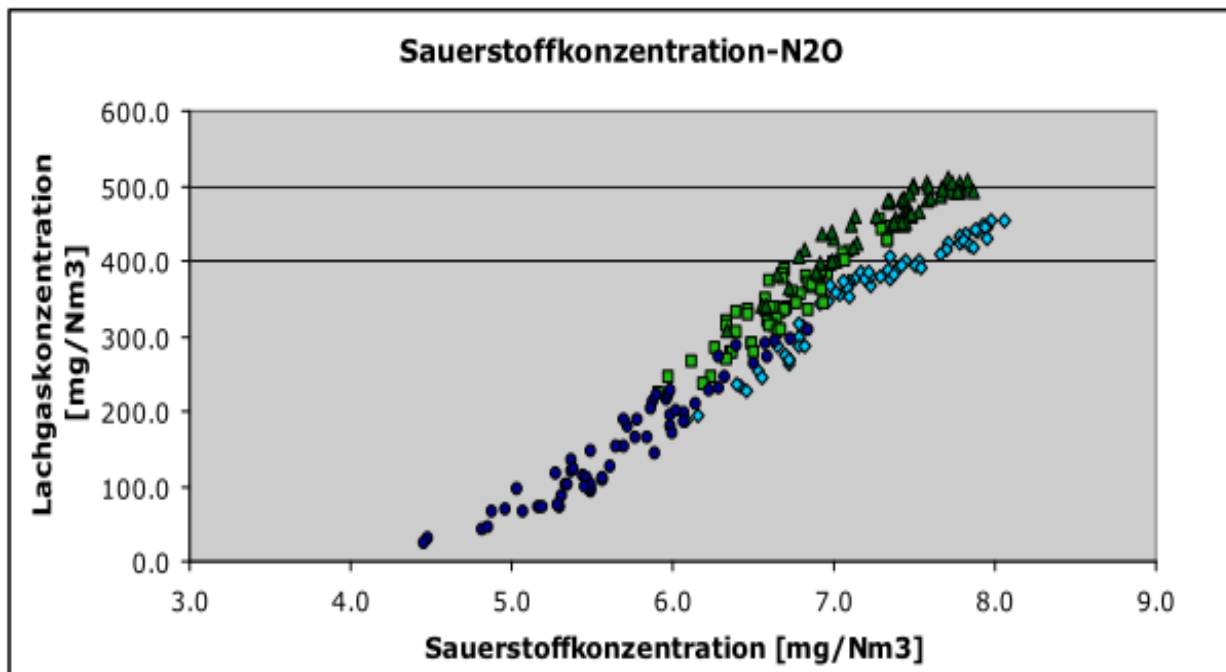
## 2.4.2 Projekt-/Programmziel

### Abhängigkeit der Lachgasemission von Schlammmenge und O<sub>2</sub> Verfügbarkeit

Der Zusammenhang zwischen O<sub>2</sub> in der Abluft des SVA Ofens und der N<sub>2</sub>O-Konzentration wurde durch Messungen bei genau definierten Zuständen bzw. Bedingungen (quasi Laborbedingungen) analysiert. Es besteht eine sehr deutliche Korrelation zwischen höherer O<sub>2</sub>-Konzentration und steigender N<sub>2</sub>O Bildung, die allerdings in der Praxis des täglichen Betriebs – wie weiter unten beschrieben - eine untergeordnete Rolle spielt. Die folgende Grafik zeigt diesen Zusammenhang:

*In den Darstellungen sind jeweils die Messungen einer Stunde (=60 Datenpunkte) in einer Farbe dargestellt. Die Messpunkte sind so gewählt, dass sie einen N<sub>2</sub>O-Emissionsbereich von 20 – 500 mg/Nm<sup>3</sup> umfassen (Gilt für die Abbildungen 2 bis 4).*

*Dies entspricht ziemlich genau den maximalen und minimalen Werten, die bei der momentanen Feuerungsparameter im Ofen auftreten.*



**Abbildung 2: N<sub>2</sub>O-Konzentration im Kamin der SVA in Abhängigkeit der O<sub>2</sub>-Konzentration im Nachbrenner. Messwerte, die in der gleichen Stunde aufgezeichnet wurden haben die gleiche farbliche Kennzeichnung. (Bericht Lukas Schwank , siehe Anhang A4)**

Wie oben erwähnt, ist die O<sub>2</sub>-Konzentration im Nachbrenner der Steuerparameter für die Regelung des Ofens. Diese Konzentration wird als Regelgröße möglichst konstant gehalten, muss aber je nach aktueller Schlammzusammensetzung, Feuchte etc. stündlich bis täglich variiert werden (Im Gegensatz zu einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage unterliegt unsere Industriekläranlage stündlichen Änderungen der Zuläufe, der Fremdschlammengen, dem Sauerstoffgehalt in der Zuluft zur SVA etc.). Der Wegfall der O<sub>2</sub>-armen hoch belasteten Abluft im SVA-Ofen (welche zukünftig auf der RTO behandelt wird) hat deshalb keinen Einfluss auf die N<sub>2</sub>O-Menge pro aufgegebenen Tonne Klärschlamm.

### Technologie für die Vernichtung des N<sub>2</sub>O

Durch Messungen wurde gezeigt, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen durch eine Temperaturerhöhung in der Nachbrennkammer reduziert werden können.

Die Temperaturerhöhung in der Nachbrennkammer um 50-100°C wird über die Umwälzluft im Ofen geregelt. Die O<sub>2</sub>-Konzentration in der Abluft des Ofens bleibt dabei aber weiterhin das Stellglied zur Regelung des Ofens und konstant. Durch die Wärmerückgewinnung in der Nachbrennkammer entsteht trotz erhöhter Temperatur nur ein sehr geringer Mehrverbrauch an Altöl.

Folgende Grafik zeigt die N<sub>2</sub>O-Konzentration in Abhängigkeit der Temperatur im Nachbrenner

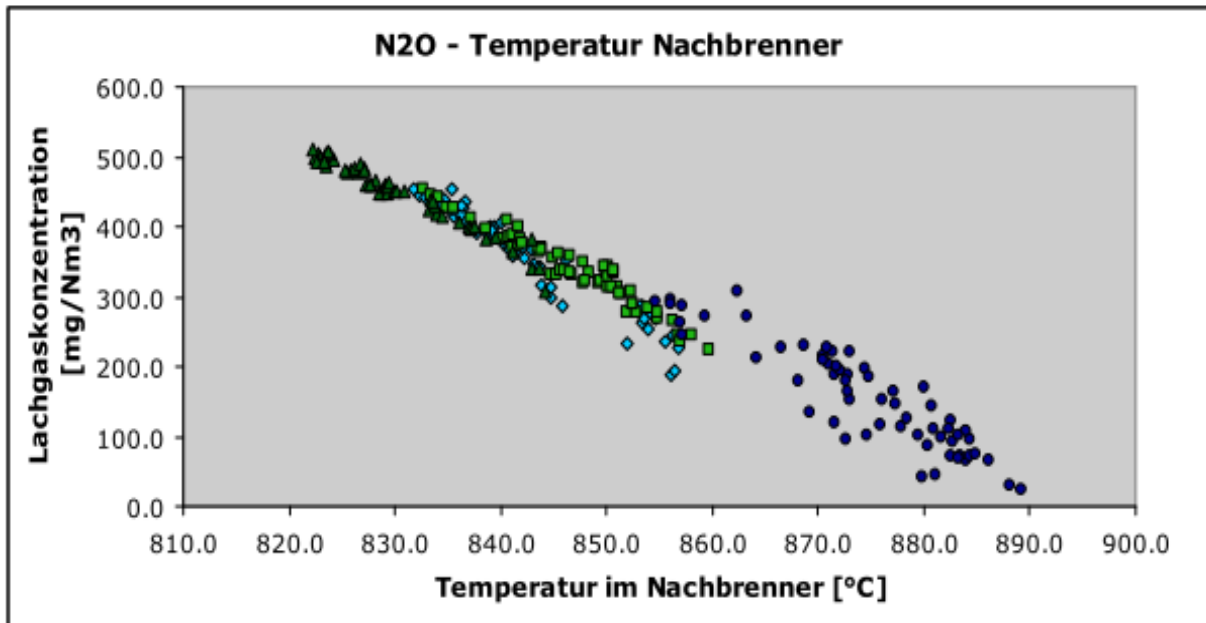


Abbildung 3: Abhängigkeit der N<sub>2</sub>O-Konzentration im Kamin der SVA von der Temperatur im Nachbrenner (Bericht Lukas Schwank , siehe Anhang A4)

Das Projekt nutzt diesen Effekt. Durch die Erhöhung der Temperatur in der Nachbrennkammer des Ofens 68 sollen die N<sub>2</sub>O-Emissionen massgeblich reduziert werden.

Gleichzeitig konnte gezeigt werden, dass die Konzentration der Stickoxide durch die Temperaturerhöhung im Nachbrenner nicht beeinflusst wird:

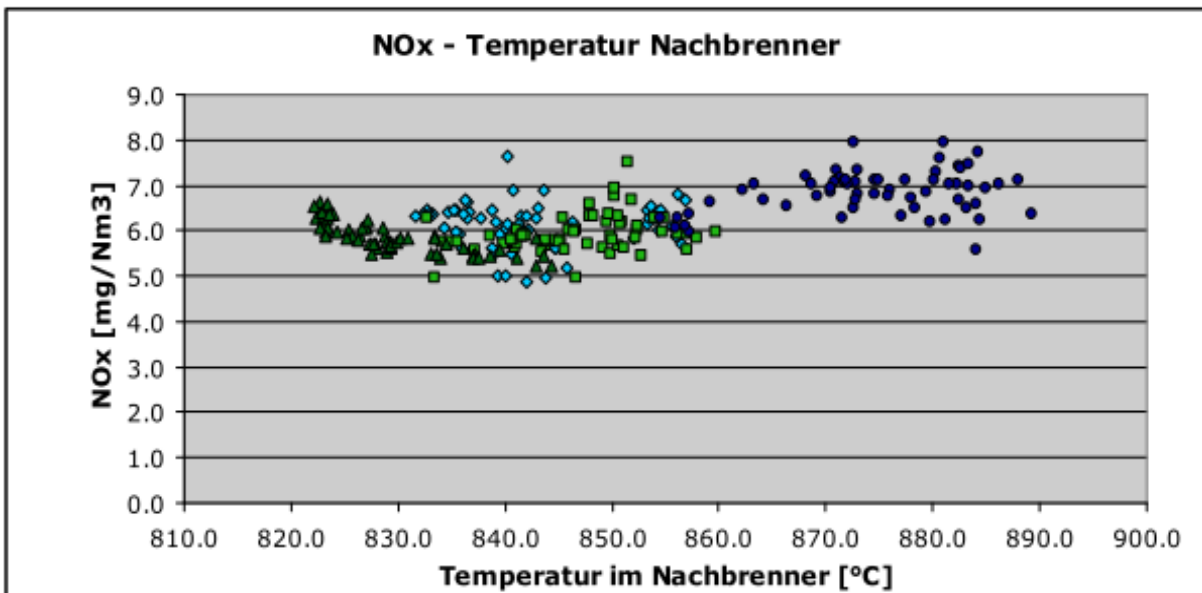


Abbildung 4: Abhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Emissionen von der Temperatur im Nachbrenner (Bericht Lukas Schwank , siehe Anhang A4)

Die Messresultate, dargestellt in Abbildung 2, 3 und 4 sind der Bachelorarbeit 2006, Lachgasentstehung bei Klärschlammverbrennung von Lukas Schwank, entnommen. (Betreuung durch Prof. Rudolf von Rohr in Zusammenarbeit mit der ARA Rhein AG, Pratteln 03.04 – 11.07.2006 ; ETH Zürich Institut für Verfahrenstechnik)

→ Anhang A4

Zudem wurden die Zusammenhänge bei neueren Messungen der ARA Rhein AG bestätigt (Bericht „Lachgas-Reduktion“ Resultate über Vorversuche auf der ARA Rhein AG, Febr. März 2014; Kap. 3: Vorversuche, vom 12.3.14 von Roger Hurschler, ARA Rhein AG).

→ Anhang A5

Zusätzliche theoretische Informationen liefert die Dissertation ETH NO. 21375 von Pascal Wunderlin (Mechanism of N<sub>2</sub>O-production in biological wastewater treatment; from pathway identification to process control).

→ Anhang A6

Ebenfalls zu vergleichbaren Erkenntnissen kommt [REDACTED] Umweltcontrolling und Sicherheit im Bericht Pyrogene N<sub>2</sub>O-Emissionen

→ Anhang A7

### 2.4.3 Technologie

#### Reduktion der N<sub>2</sub>O Emissionen

Die Temperatur im Ofen der SVA und in der Nachverbrennung soll auf ein Niveau erhöht werden, bei dem die N<sub>2</sub>O-Emissionen ein Minimum erreichen. Es wird erwartet, dass der Ofen um 50-100 °C über dem derzeitigen Temperaturniveau betrieben werden muss, um dieses Ziel zu erreichen. Das optimale Temperaturniveau für den Ofen und die Nachverbrennung soll nach Umsetzung des Projektes durch Messung ermittelt und die Anlage entsprechend justiert werden. Ziel ist es, die N<sub>2</sub>O-Emissionen um mindestens 70% zu reduzieren.

Der Betrieb auf erhöhtem Temperaturniveau bringt Investitionen und Mehraufwand mit sich:

- Geringfügig höherer Ölverbrauch des Ofens 68
- Mehrkosten durch erhöhten Wartungsaufwand
- Erhöhter Verschleiss an kritischen Teilen wie z.B. dem Ascheaustrag
- Erhöhter Verschleiss an der Schamottierung des Ofens
- Höheres Risiko von Schäden am Ofen
- Änderung der automatischen Temperaturregelung in der Siemens PCS7 Steuerung
- Zusätzliche Investitionen in die Messtechnik und Softwareentwicklung für die Auswertung der Messresultate für die genaue Berechnung der Emissionsminderung

Zudem steigt das Risiko eines Ausfalls von Ofen 68 durch die Temperaturerhöhung an. Bei einem Ausfall des Ofen 68 kann zwar der Ofen 69 hochgefahren werden, um die Schlammverbrennung weiterhin aufrecht zu erhalten, Ofen 69 hat jedoch eine geringere Kapazität als Ofen 68. Fremdschlamm kann somit in der Periode des Ausfalls von Ofen 68 nur bedingt angenommen werden, was zu Verdienstauffällen bei ARA Rhein führt. Zudem fallen bei jedem Hochfahren von Ofen 69 erhebliche Kosten (z.B. Brennstoffbedarf) an.

## 2.5 Referenzszenario

### Vergleich verschiedener Szenarien

Zur Vernichtung der N<sub>2</sub>O Emissionen in der Abluft der ARA Rhein können folgende technischen Lösungen zur Anwendung kommen:

1. Thermische Vernichtung des Lachgases in einer nachgeschalteten Abluftreinigungsanlage vom Typ RTO (Regenerativ-Thermische-Oxidation), welche die Abluft der SVA vom N<sub>2</sub>O befreit (**R1**) (Nicht zu verwechseln mit dem RTO-Projekt zur Vernichtung der Geruchsemissionen der ARA)
2. Katalytische Vernichtung des N<sub>2</sub>O in der Abluft der SVA (**R2**)
3. Therm. Vernichtung des N<sub>2</sub>O in der Nachbrennkammer der SVA durch Temperaturerhöhung (**R3**)
4. Weiterführung der Ist-Situation inkl. der RTO-Anlage zur Reinigung der Abluft aus der ARA (**R4**). Es bestehen keine Vorschriften zur Emissionsbegrenzung von N<sub>2</sub>O in der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung (LRV).

Um das wahrscheinlichste Referenzszenario auszuwählen, werden diese in der folgenden Tabelle verglichen:

Szenarien / Kriterium	R1	R2	R3 (Projektszenario)	R4
<b>Investitionskosten</b>	Hoch, ca. 30 mal höhere Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit nicht gegeben	Hoch, ca. 25 mal höhere Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit nicht gegeben	Mittel	0
<b>Zusätzliche Betriebskosten</b>	Hoch (Ammoniumlösung, Brennstoff)	Mittel (Ammoniumlösung, Brennstoff, Katalysatortausch)	Mittel	0
<b>NO<sub>x</sub> Grenzwerte eingehalten</b>	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Risiko des Ofenausfalls erhöht</b>	Nein	Nein	Ja Siehe Wirtschaftlichkeitsanalyse	Nein
<b>Tauglich als Referenzszenario</b>	Nein	Nein	-	Ja

Hinweis: Die Referenzszenarien R1 und R2 entsprechen nicht der üblichen Praxis (siehe Bemerkungen unter „Übliche Praxis“ auf Seite 23)

### Bewertung der Szenarien

Im Vergleich der Varianten wird klar, dass der Weiterbetrieb der Ist-Situation (**R4**) das wahrscheinlichste Referenzszenario darstellt, da keine Investitions- oder zusätzliche Betriebskosten anfallen, sowie das Risiko des Ausfalls von Ofen 68 nicht erhöht wird. Ausserdem bestehen bis dato keine Vorschriften zur Begrenzung der N<sub>2</sub>O Emissionen.

### Referenzszenario in Bezug auf die verbrannte Schlammmenge

Der Abzug der hochbelasteten O<sub>2</sub>-armen Abluft bewirkt eine Erhöhung der Verbrennungskapazität der SVA und führt dadurch zu einem Anstieg der totalen N<sub>2</sub>O-Emissionsfracht. Wie im Pkt. 2.4.3 Technologie dargelegt, steigen die spezifischen N<sub>2</sub>O-Emissionen durch die höhere Schlammaufgabe jedoch nicht an, da der Ofen über den Sauerstoffgehalt in der Abluft geregelt wird. Das bedeutet, dass der O<sub>2</sub>-Gehalt im Nachbrenner sowie die N<sub>2</sub>O-Konzentration in der Abluft im Referenzszenario auch bei höheren Schlammengen konstant bleiben.

Das eingangs erwähnte RTO-Projekt zur Lösung der Geruchsproblematik der ARA wird in jedem Fall durchgeführt, da die Geruchsemissionen der ARA Rhein seit längerem ein grosses Problem darstellen. Die mit diesem Projekt einhergehende Erhöhung der Kapazität der SVA würde auch bei Nichtrealisierung des Emissionsreduktionsprojekts erreicht, da die ARA Rhein als Geschäftsziel mehr Fremdschlamm verbrennen möchte.

## 2.6 Termine

Termine	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	1. August 2016	Beauftragung der Verfahrensänderungen (z.B. Anpassung Automation) Unmittelbar nach dem Zeitpunkt der Registrierung (Erwartete Registrierungsverfügung per 1.8.16)
Wirkungsbeginn	1. September 2016	Die für das Projekt notwendigen Verfahrensänderungen können in ca.1 Monat realisiert werden

	Anzahl Jahre	Spezifische Bemerkungen
Dauer des Projektes (Projektlaufzeit)	15 Jahre	Bis Ende der Lebensdauer des Ofens 68 (geschätzte 15 Jahre)

	Datum	Spezifische Bemerkungen
Beginn 1. Kreditierungsperiode:	1. August 2016	Umsetzungsbeginn
Ende 1. Kreditierungsperiode:	31. Juli 2023	

### **3 Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten**

#### **3.1 Finanzhilfen**

Gibt es für das Projekt/Programm bzw. Vorhaben zugesprochene oder erwartete Finanzhilfen?

- Ja  
 Nein

#### **3.2 Doppelzählung**

Ist es möglich, dass die erzielten Emissionsverminderungen auch anderweitig quantitativ erfasst und/oder ausgewiesen werden (=Doppelzählung)?

- Ja  
 Nein

Die ARA Rhein AG hat eine Zielvereinbarung mit dem Bund zur Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe. Der Altölkonsum wird in der Zielvereinbarung berücksichtigt. Im Falle einer Reduktion des Altölverbrauchs wird die Zielvereinbarung angepasst und somit sichergestellt, dass keine Doppelzählung stattfindet.

#### **3.3 Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind**

Weisen das Projekt oder die Vorhaben des Programms Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind?

- Ja  
 Nein

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen des hier beschriebenen Bescheinigungsprojekts liegen ausserhalb des Perimeters der Abgabebefreiung (Zielvereinbarung mit dem Bund zur Befreiung von der CO<sub>2</sub>-Abgabe). (Siehe Verfügung BAFU vom 19.3.14, sowie das Mail der Stiftung KliK vom 26.3.14 → Anhang A2) Auswirkungen bez. CO<sub>2</sub>-Emissionen siehe Bemerkungen unter Kap. 3.2

## 4 Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen

### 4.1 Systemgrenze und Emissionsquellen

Die Berechnung der Emissionsreduktion wird nach folgender Methodik durchgeführt:

Das Referenzszenario für die Berechnung der Emissionsreduktionen ist der Weiterbetrieb von Ofen 68 wie bisher.

Die spezifischen N<sub>2</sub>O-Emissionen pro t verbranntem Klärschlamm ändern sich wie oben erläutert mit der Kapazitätserweiterung durch Abzug der hochbelasteten O<sub>2</sub>-armen Abluft von der SVA nicht.

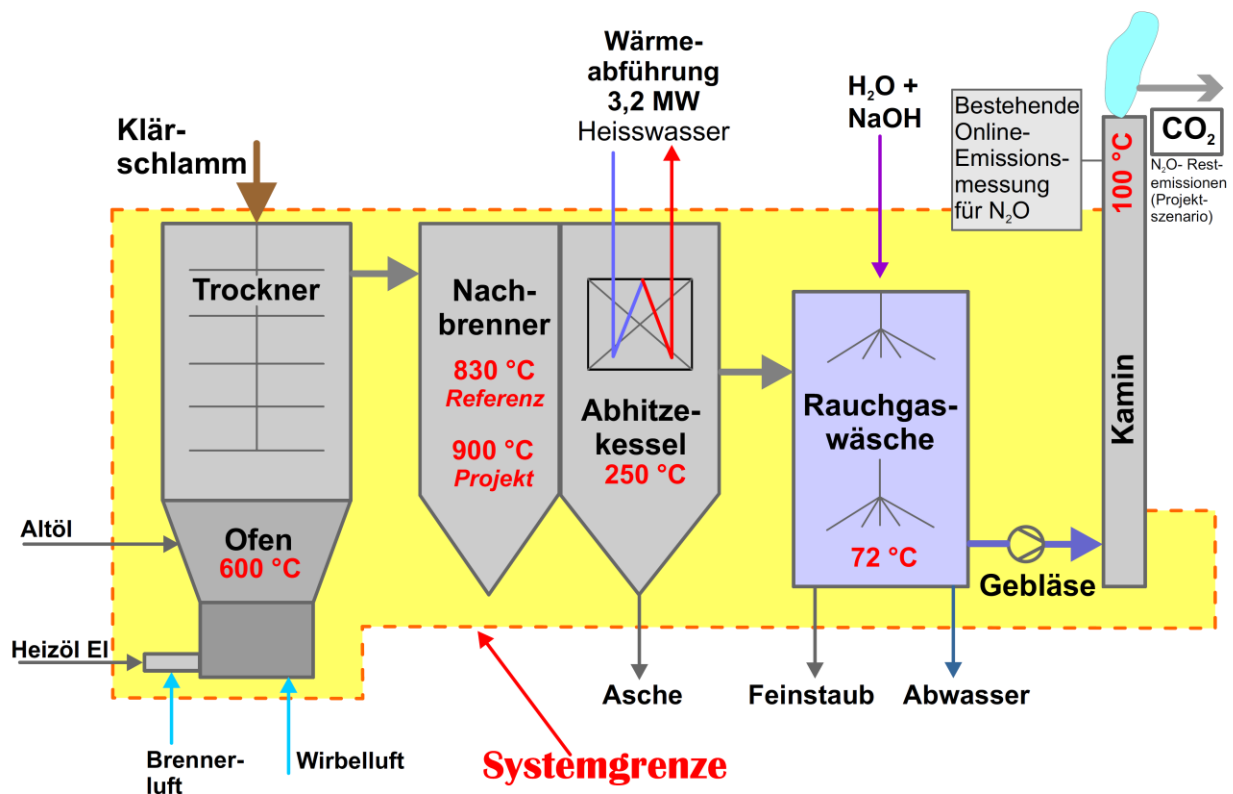
Die berücksichtigten Emissionsquellen sind die Lachgasemissionen aus der Schlammverbrennung sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Altöl.

Für die Aufheizung des Ofens wird Heizöl EL verwendet. Diese Aufheizphase verläuft im Projekt- wie im Referenzszenario gleich ab, sodass der Verbrauch an Heizöl EL keine Relevanz hat.

Pro Jahr finden 1 bis 2 Aufheizphasen statt (nach Revisionsunterbrüchen).

Es besteht kein kausaler Zusammenhang zwischen Verbrauch von Heizöl EL und erhöhter Temperatur im Nachbrenner.

#### Systemgrenze



### Direkte und indirekte Emissionsquellen

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projektmissionen/ Emissionen der Vorhaben	Dosiermenge Altöl	CO <sub>2</sub>	ja	Erhöhte Emissionen durch höhere Dosierung von Altöl in den Wirbelschichtofen infolge der Erhöhung der Temperatur in der Nachverbrennung
		CH <sub>4</sub>	nein	
	N <sub>2</sub> O- Emissionen im Kamin	N <sub>2</sub> O	ja	N <sub>2</sub> O-Emissionen (Projektszenario)
		andere	nein	
Referenzentwicklung des Projekts oder Vorhabens	Dosiermenge Altöl	CO <sub>2</sub>	ja	Emissionen durch Dosierung von Altöl in den Wirbelschichtofen (Referenzszenario)
		CH <sub>4</sub>	nein	
	N <sub>2</sub> O- Emissionen Im Kamin	N <sub>2</sub> O	ja	N <sub>2</sub> O-Emissionen Referenzszenario (Status Quo)
		andere	nein	

### 4.2 Einflussfaktoren

Das Ziel des Projektes ist ausschliesslich die Reduktion der Lachgasemissionen mittels Erhöhung der Temperatur im Nachbrenner. Dieses Ziel bleibt über die Kreditierungsperiode gleich und es sind keine Vorgaben und Entwicklungen erkennbar, welche das Projekt beeinflussen. Unabhängig davon besteht eine kleine Wahrscheinlichkeit, dass zukünftig in der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung (LRV) ein Grenzwert für Lachgas eingeführt wird. In einem solchen Szenario würden jedoch Übergangsfristen gewährt, welche über die Kreditierungsperiode hinausgehen.

Der verfahrenstechnische Unterschied zwischen Projekt- und Referenzszenario ist ausschliesslich eine Temperaturerhöhung im Nachbrenner. Dies bedingt ein leicht höherer Verbrauch beim Brennstoff Altöl, welcher dem Ofen zugeführt werden muss. Daneben sind keine weiteren Emissionen und Betriebsmitteländerungen betroffen.

Da das Industrieabwasser zuerst mit Kalk neutralisiert werden muss, enthält dieser KS einen etwas grösseren anorganischen Anteil. Somit ist möglich, dass die Klärschlammzusammensetzung (kommunaler vs. industrieller KS) einen Einfluss auf die Lachgasemissionen hat. Die Klärschlammzusammensetzung wird im Monitoring als Einflussfaktor überwacht.

### 4.3 Leakage

Es gibt keine Verlagerung von Emissionen, die nicht unmittelbar dem Projekt zugeordnet werden können; d.h: Leakage = 0



#### 4.4 Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben

Die Projektemissionen bestehen einerseits aus den nach Projektumsetzung noch verbleibenden N<sub>2</sub>O-Emissionen und andererseits aus dem erhöhten Brennstoffverbrauch im Ofen der SVA.

Letzterer steigt infolge der Temperaturerhöhung im Nachbrenner gegenüber der Referenz leicht an. Zur Beheizung des Wirbelschichtofens wird Altöl verwendet.

→ Anhang A10 (Analysezertifikat des [REDACTED], Olten)

Die höhere Temperatur im Nachbrenner bedingt einen leicht höheren Verbrauch an Altöl

→ Anhang A8 (Aufnahme des Verbrauchs von Altöl in Funktion der Nachbrenner- Temperatur)

Der Verbrauch verläuft entlang einer linearen Kurve leicht steigend.

Dies entspricht einem Öl- Mehrverbrauch von ca. 40 t pro Jahr bei einer angenommenen verbrannten Klärschlammmenge von 8'300 t/a. Der Jahresverbrauch an Altöl beträgt ca. 3'000 t

Die über die Dauer des Projekts erwarteten Projektemissionen E<sub>P</sub> werden wie folgt berechnet:

$$E_P = A_p * t * GWP + \ddot{O}_m * t$$

E<sub>P</sub> = Erwartete Projektemissionen ( t CO<sub>2</sub>eq )

A<sub>p</sub> = Erwartete Aktivitätsrate (in t N<sub>2</sub>O pro Jahr)

GWP = Spezifisches Treibhauspotential für N<sub>2</sub>O ( t CO<sub>2</sub>eq je t N<sub>2</sub>O) = 298

t = Nutzungsdauer ab Wirkungsbeginn bis Ende der 1. Kreditierungsperiode  
(ab 1.9.2016 bis 31.7.2023 = 6,917 Jahre)

Ö<sub>m</sub> = CO<sub>2</sub>-Emission durch den Öl-Mehrverbrauch beim Projektszenario = t CO<sub>2</sub>eq / a

A<sub>p</sub> in t N<sub>2</sub>O pro Jahr entspricht bildlich gesprochen dem Integral über ein Zeitintervall (z.B. 1 Kalenderjahr) aufgezeichnet durch die online gemessene N<sub>2</sub>O-Konzentration (mg/Nm<sup>3</sup>), multipliziert mit dem ebenfalls über den im gleichen Zeitintervall online aufgezeichneten Volumenstrom V (Nm<sup>3</sup> / Zeitintervall), geteilt durch 10<sup>9</sup>.

$$A_P = D_P * M_P$$

$$D_P = D_{RE} * (1 - 0.7)$$

D<sub>P</sub> = Durchschnittliche spezifische N<sub>2</sub>O-Emission pro t verbrannten Klärschlamm TS (KS) im Projektszenario

$D_{RE}$  = Durchschnittliche spezifische  $N_2O$ -Emission pro t verbrannten Klärschlamm TS (KS) im Referenzszenario

$M_P$  = Verbrannte Menge KS in t pro Jahr

#### Erwartete spezifische Projektemission $D_P$

Mit dem geplanten Projekt soll die spezifische  $N_2O$ -Emission pro t KS um 70 % reduziert werden.

d.h. von  $\emptyset$  0,004 t  $N_2O$  / t KS (Referenzszenario) auf  $\emptyset$  0,0012 t  $N_2O$  / t KS (Projektszenario)

Diese erwartete Reduktion basiert im Besondern auf den Messungen der ARA Rhein AG

(Bericht „Lachgas-Reduktion“ Resultate über Vorversuche auf der ARA Rhein AG, Febr. März 2014;

Kap. 3: Vorversuche, vom 12.3.14 von Roger Hurschler, ARA Rhein AG) → Anhang A5

und den theoretischen Untersuchungen

→ Anhang A4, A6 und A7.

### 4.5 Referenzentwicklung

Basis für die spezifische  $N_2O$ -Referenzemission  $D_{RE}$  ist der Durchschnitt der von der Kalenderwoche 4 bis 14 / 2016 bzw. Kalenderwoche 5 bis 35 / 2016 am Kamin gemessenen aufsummierten  $N_2O$ -Emission, geteilt durch die in der gleichen Periode erfasste Menge Klärschlamm (KS) und beträgt 0,004 t  $N_2O$  / t KS. Der Wert basiert auf folgenden Messdaten

a) auf dem Durchschnittswert der  $N_2O$ -Online-Messung am Kamin (Basis: Stundenmittelwerte)

b) auf den Stundenmittelwerten des Volumenstrom am Kamin

c) der Menge verbrannten Klärschlamm

Siehe Messwertberechnung der  $N_2O$ -Fracht im Prozessleitsystem (PLS) aus den Stundenmittelwerten KW 4 bis 14 / 2016 → Anhang A3 b bzw. KW 5 bis 35 / 2016 → Anhang A3 b II (Excel-Datei von ARA Rhein AG)

$$E_{RE} = A_{RE} * t * GWP$$

$E_{RE}$  = ex-ante -Referenzentwicklung [in t  $CO_2eq$ ]

$A_{RE}$  = ex-ante- Aktivitätsrate (in t  $N_2O$  pro Jahr)

$GWP$  = Spezifisches Treibhauspotential für  $N_2O$  ( t  $CO_2eq$  je t  $N_2O$ )

$t$  = Nutzungsdauer ab Wirkungsbeginn bis Ende der 1. Kreditierungsperiode  
(ab 1.9.2016 bis 31.7.2023 = 6,917 Jahre)

$$D_{RE} = A_{RE} / M_{RE}$$

$D_{RE}$  = Spezifische durchschnittliche  $N_2O$ -Emission pro t KS

$M_{RE}$  = Verbrannte Menge KS in t pro Jahr = 8'300 t KS / a ( $\emptyset$  der Jahre 2014 + 2015)

### 4.6 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante)

$$A_{RE} = D_{RE} * M_{RE}$$

$A_{RE} = 0,004 * 8'300 = 33,2$  t  $N_2O$  pro Jahr

$$E_{RE} = A_{RE} * t * GWP$$

$E_{RE} = 33,2 * 6,917 * 298 = 68'434$  t  $CO_2eq$ ; resp. = **9'894 t  $CO_2eq$  / a**

Es wird davon ausgegangen, dass in der 1. Kreditierungsperiode durchschnittlich die gleiche Menge Klärschlamm verbrannt wird und die spezifische  $N_2O$ -Projektemission sich nicht wesentlich verändert.

$$M_P = M_{RE} = 8300 \text{ t/a}$$

Daraus ergibt sich:

$$A_P = D_P * M_P$$

$$A_P = 0,0012 * 8'300 = 9,96 \text{ t N}_2\text{O} / \text{a}$$

$$E_P = A_P * t * GWP + \ddot{O}_m * t$$

$$E_P = 9,96 * 6,917 * 298 + 96 * 6,917 = 20'530 + 664 = 21'194 \text{ t CO}_2\text{eq} ; \text{ resp.} = \mathbf{3'064 \text{ t CO}_2\text{eq} / \text{a}}$$

Der Mehrverbrauch von Altöl beträgt konservativ geschätzt = 40 t/a

$$\text{CO}_2\text{- Emissionsfaktor } EF_{\text{Altöl}} = 2,41 \text{ t CO}_2 / \text{t Altöl}$$

(siehe Abb. 9 Emissionsfaktor und Heizwerte, Kap 10 aus der BAFU-Dokumentation „CO<sub>2</sub>-Abgabebefreiung ohne Emissionshandel“)

$$\ddot{O}_m = 40 \text{ t Altöl} / \text{a} * 2,41 \text{ t CO}_2 / \text{t Altöl} = 96 \text{ t CO}_2\text{eq} / \text{a}$$

$$ER_{\text{gesamt}} = ERE - EP - \text{Leakage}$$

$$ER_{\text{gesamt}} = \mathbf{9'894 \text{ t CO}_2\text{eq pro Jahr} - 3'064 \text{ t CO}_2\text{eq pro Jahr} - 0 = \mathbf{6'830 \text{ t CO}_2\text{eq} / \text{a}}$$

Zusammenstellung der N<sub>2</sub>O-Emissionsminderungen

Kalenderjahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO <sub>2</sub> eq)	Erwartete Projekt-emissionen (in t CO <sub>2</sub> eq)	Schätzung der Leakage (in t CO <sub>2</sub> eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO <sub>2</sub> eq)
1. Kalenderjahr: 2016 (0,333 a)	3'298	1'021	0	2'277
2. Kalenderjahr: 2017	9'894	3'064	0	6'830
3. Kalenderjahr: 2018	9'894	3'064	0	6'830
4. Kalenderjahr: 2019	9'894	3'064	0	6'830
5. Kalenderjahr: 2020	9'894	3'064	0	6'830
6. Kalenderjahr: 2021	9'894	3'064	0	6'830
7. Kalenderjahr: 2022	9'894	3'064	0	6'830
8. Kalenderjahr: 2023 (0,583 a)	5'772	1'787	0	3'985

In der 1. Kreditierungsperiode (6,917 Jahre)	68'437	21'754	0	47'243
Über die Projektlaufzeit (15 Jahre)	148'410	45'960	0	102'450

Erklärungen zu den Annahmen für die Aufteilung der Emissionen auf die verschiedenen Kalenderjahre:

1. Kalenderjahr: Wirkungsbeginn 1.9.16 bis 31.12.16 entspricht 4 Monate resp. 0,333 a

8. Kalenderjahr: 1.1.23 bis Ende 1 Kreditierungsperiode 31.7.23 entspricht 7 Monate resp. 0,583 a





### **Übliche Praxis**

Keine der in der Schweiz (wahrscheinlich sogar weltweit) betriebenen Klärschlamm-Verbrennungsanlagen (SVA) betreibt derzeit ein System zur Reduktion der N<sub>2</sub>O Emissionen, ohne ein Bescheinigungsprojekt eingereicht zu haben. Neben der ARA Rhein gibt es schweizweit verschiedene Anlagen, in welcher ein ähnlicher Ofen wie bei ARA Rhein betrieben wird. In der näheren Umgebung ist das z.B. die [REDACTED]. Die beiden Basler Anlagen haben eine vergleichbare Ofentechnologie und werden bis heute mit ähnlichen Temperaturen betrieben. N<sub>2</sub>O Emissionen werden auch bei ProRheno wie bei allen anderen Anlagen (Ausnahme: Anlage Real Abwasser, Emmen) bisher nicht reduziert. Bis dato hat als einzige Klärschlamm-Verbrennungsanlage Real Abwasser Emmen (LU) ein Projekt für Lachgasabscheidung gemäss Art. 5, CO<sub>2</sub>- Verordnung registriert. Dabei werden die N<sub>2</sub>O Emissionen durch eine der Rauchgasreinigung nachgeschaltete RTO-Anlage (Regenerativ-Thermische-Oxidation) reduziert. Dies wäre auch für die ARA Rhein eine Alternative, wurde jedoch wegen Komplexität und hohen Investitionskosten nicht weiter verfolgt (siehe Bewertung der Referenzszenarien). Bei der SVA Real Abwasser in Emmen wäre infolge der Ofentechnologie die einfachere Technologie der N<sub>2</sub>O- Reduktion, wie bei der ARA Rhein vorgesehen, nicht möglich gewesen. Mit Ausnahme der Anlage Real Abwasser Emmen und neu der ARA Rhein ist die übliche Praxis daher die unverminderte Emission von N<sub>2</sub>O in die Atmosphäre.

## 6 Aufbau und Umsetzung des Monitorings

### 6.1 Beschreibung der gewählten Nachweismethode

Die entscheidenden Messmethoden für den Nachweis der Emissionsminderungen sind folgende:

- a) N<sub>2</sub>O- Online-Messung am Kamin (Messung der N<sub>2</sub>O- Konzentrationsmessung in ppm/m<sup>3</sup>  
Normierung und Umrechnung auf mg/Nm<sup>3</sup> im PLS  
(siehe Messbericht Balewa vom 11.2.16, → Anhang A3 c)

- b) Volumenstrommessung vor dem Kamin.  
Der gesamte Volumenstrom V setzt sich aus den folgenden 3 Teilströmen zusammen:  
-) Rauchgasvolumenstrom aus der Verbrennung vom Rauchgasgebläse  
-) Kühlluft Hohlwelle  
-) Aufheizluft

Der Rauchgas-Volumenstrom wird indirekt über die Drehzahl des Rauchgasgebläses gemessen resp. berechnet. Die beiden anderen Luftströme Hohlwellen-Kühlluft und Aufheizluft sind konstant, da sie mit konstanter Drehzahl betrieben werden.

Der gesamte Volumenstrom, berechnet aus der Drehzahl des Rauchgasgebläses, wird auf Normbedingungen trocken in Nm<sup>3</sup>/h umgerechnet

(siehe Messbericht Balewa vom 23.2.16 → Anhang A3 d)

- c) Erfassung der verbrannten Klärschlammmenge (Trockensubstanz TS)  
d) Altölverbrauch (Lieferscheine ██████████)

### 6.2 Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen

#### 6.2.1 Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen

$$E_{R \text{ gesamt}} = E_{RE} - E_P - \text{Leakage}$$

$E_{R \text{ gesamt}}$  = effektive Emissionsverminderungen (t CO<sub>2</sub>eq/a)

$E_{RE}$  = effektive Emissionen in der Referenzentwicklung (t N<sub>2</sub>O/a)

$E_P$  = effektive Projektemissionen (t N<sub>2</sub>O/a)

Leakage = 0 (keine Leakage)

Die effektiven Projektemissionen  $E_P$  werden wie folgt berechnet:

$$E_P = A_P * GWP + \ddot{O}_P * EF_{\text{Altöl}}$$

$E_P$  = effektive Projektemissionen (t CO<sub>2</sub>eq)

$A_P$  = effektive Aktivitätsrate (in t N<sub>2</sub>O / a)

GWP = Spezifisches Treibhauspotential für N<sub>2</sub>O (t CO<sub>2</sub>eq je t N<sub>2</sub>O) = 298

$\ddot{O}_P$  = Altölverbrauch im Projektszenario (t Altöl)

$EF_{\text{Altöl}}$  = Emissionsfaktor vom Altöl = 2,41 t CO<sub>2</sub>eq / t Altöl

$$A_P = K_P * V / 10^9 \text{ (t N}_2\text{O pro Jahr)}$$

$K_P$  = Online gemessene und normierte N<sub>2</sub>O-Konzentration in mg/Nm<sup>3</sup>

V = Abgasvolumenstrom normiert in Nm<sup>3</sup> pro Jahr

Die Berechnung der Menge KS (TS) erfolgt im PLS aus den verschiedenen Teilmengen der intern und extern angelieferten Schlammmenge, multipliziert mit dem jeweiligen täglich 3 x im Labor gemessenen TS-Gehalt. Die Werte sind im Protokoll Betriebskosten festgehalten.

→ Anhang A3 e – Betriebskosten 2015

Der Altölverbrauch wird aus den Lieferscheinen des Lieferanten ( ) im PLS aufsummiert und im Protokoll Energie festgehalten.

→ Anhang A3 e – Energie 2015

Jeweils ca. 3 x pro Woche wird Altöl angeliefert. Es findet keine nennenswerte Stapelung von Altöl auf der Anlage statt.

## 6.2.2 Überprüfung der ex-ante definierten Referenzentwicklung

Die für die ex-post-Referenzentwicklung wichtigen Parameter sind:

a)  $D_{RE}$  = Durchschnittliche spezifische  $N_2O$ -Emission pro t KS

Dieser Wert bildet die Basis für die Berechnung der anrechenbaren Emissionsminderungen und wird aus den aufgezeichneten Daten der Kalenderwochen 5 bis 14 / 2016 berechnet. Die  $N_2O$ -Emissionen werden zwar bereits seit mehreren Jahren gemessen, waren jedoch bis Januar 2016 nicht sehr aussagekräftig. Seit Jan 2016 ist ein neues Messgerät im Betrieb.

Siehe Messwertberechnung der  $N_2O$ -Fracht im Prozessleitsystem (PLS) aus den Stundenmittelwerten vom KW 4 bis 14 / 2016 → Anhang 3 b (Excel-Datei von ARA Rhein AG)

Dieser Wert wurde für die verbleibenden 4,5 Monate seit Projektantrag bis zum geplanten Wirkungsbeginn (1.9.16) noch genauer berechnet und aus dem Durchschnitt der beiden Betrachtungsperioden ex-ante definitiv festgelegt.

b)  $\ddot{O}_{RE\ spez}$  = Spezifischer Referenzverbrauch von Altöl hinterlegt als spezifischer Wert pro t verbrannten KS im PLS

$$E_{RE} = A_{RE} * GWP + \ddot{O}_{RE} * EF_{Altöl}$$

$E_{RE}$  = Ex-post -Referenzentwicklung [in t  $CO_2eq/a$ ]

$A_{RE}$  = Ex-post- Aktivitätsrate (in t  $N_2O$  pro Jahr)

$GWP$  = Spezifisches Treibhauspotential für  $N_2O$  ( t  $CO_2eq$  je t  $N_2O$ )

$\ddot{O}_{RE}$  = Jährlicher Altölverbrauch (Referenz)

$EF_{Altöl}$  = Emissionsfaktor vom Altöl = 2,41 t  $CO_2eq$  / t Altöl

$$A_{RE} = D_{RE} * M_{RE}$$

$D_{RE}$  = Spezifische durchschnittliche  $N_2O$ -Emission pro t KS

$M_{RE}$  = Verbrannte Menge KS pro Jahr

$$\ddot{O}_{RE} = \ddot{O}_{RE\ spez} * M_{RE}$$

$\ddot{O}_{RE\ spez}$  berechnet sich aus dem Altölverbrauch 2015 geteilt durch die verbrannte KS-Menge 2015 multipliziert mit dem  $CO_2eq$  - Emissionsfaktor für Altöl ( $EF_{Altöl}$ )

$$\ddot{O}_{RE\ spez} = 0,35 * 2,41 \text{ (t Altöl / t KS * } EF_{Altöl}) = 0,82 \text{ t } CO_2eq / \text{ t KS}$$



## 6.3 Datenerhebung und Parameter

### 6.3.1 Fixe Parameter

<b>Parameter 1</b>	GWP = 298
Beschreibung des Parameters	Spezifisches Treibhauspotential für N <sub>2</sub> O
Einheit	-
Datenquelle	Projekte und Programme zur Emissionsminderung im Inland, A3, Tabelle 13

<b>Parameter 2</b>	EF <sub>Altöl</sub> = 2,41
Beschreibung des Parameters	CO <sub>2eq</sub> - Emissionsfaktor für Altöl
Einheit	t CO <sub>2eq</sub> / t Altöl
Datenquelle	Abb. 9 Emissionsfaktor und Heizwerte, Kap 10 aus der BAFU-Dokumentation „CO <sub>2</sub> -Abgabebefreiung ohne Emissionshandel

<b>Parameter 3</b>	D <sub>RE</sub> = 0,004
Beschreibung des Parameters	Ex-ante durchschnittliche spezifische N <sub>2</sub> O-Emission pro t KS
Einheit	t N <sub>2</sub> O / t KS
Datenquelle	<p>Basis für die spezifische N<sub>2</sub>O-Referenzemission D<sub>RE</sub> ist die von der Kalenderwochen 5 bis 14 / 2016 am Kamin gemessene aufsummierte N<sub>2</sub>O-Emission, geteilt durch die in der gleichen Periode erfasste Menge Klärschlamm (KS)</p> <p>Der Wert basiert auf folgenden Messdaten, gemessen vom KW 4 bis 14 /2016 (Stundenmittelwerte)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Durchschnittliche N<sub>2</sub>O-Konzentration am Kamin</li> <li>b) Stundenmittelwert Volumenstrom am Kamin</li> <li>c) Menge verbrannten Klärschlamm</li> </ul> <p>und wird nach folgender Formel berechnet</p> $\frac{\sum(N_2O - \text{Konzentration} \times \text{Volumenstrom})}{\text{Menge verbrannter Klärschlamm}}$ <p>→ (siehe Unterlagen zum Monitoring; Anhang A3 b ) Dieser Wert wurde für die verbleibenden 4,5 Monate seit Projektantrag bis zum geplanten Wirkungsbeginn (1.9.16) noch genauer berechnet und aus dem Durchschnitt der beiden Betrachtungsperioden ex-ante definitiv festgelegt. → (siehe Unterlagen zum Monitoring; Anhang A3 b II)</p>
Genauigkeit der Messmethode	+/- 15 % basierend auf der Summe der Messunsicherheiten der N <sub>2</sub> O-Messung (± 5.3%) und der Volumenstrommessung (± 10%) Bei einer grösseren Abweichung muss der fixe Parameter angepasst werden
Verantwortliche Person	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter

<b>Parameter 4</b>	$\ddot{O}_{RE\ spez.} = 0,82$
Beschreibung des Parameters	Ex-ante im PLS abgelegter durchschnittlicher spezifischer Altölverbrauch pro t KS
Einheit	t CO <sub>2eq</sub> / t KS
Datenquelle	Die Daten für den spezifischen Ölverbrauch basieren auf folgenden 2 Protokollen aus dem Betriebs-Informationen-System der ARA Rhein (BIS): a) Protokoll Energie (Beispiel → Anhang A3 e – Energie 2015) Dort ist die Menge Altöl (Bezeichnung Schweröl) aufgeführt. Die Ölmenge wird vom Prozessleitsystem (PLS) aufgezeichnet (Lieferscheine Lieferfirma) und an das BIS übermittelt b) Protokoll Betriebskosten (Beispiel → Anhang A3 e – Betriebskosten 2015) Dort sieht man die vom PLS aufgezeichnete Schlammmenge (KS TS) Der TS-Gehalt wird im Labor ermittelt und in das BIS eingegeben, wo zusammen mit den im PLS ermittelten Mengen die KS- Menge TS berechnet wird. Aus diesen beiden Daten wurde der spezifische Ölverbrauch $\ddot{O}_{RE\ spez.}$ berechnet.
Verantwortliche Person	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter

### 6.3.2 Dynamische Parameter und Messwerte

<b>Parameter 5</b>	$K_P$
Beschreibung des Parameters	Online gemessene N <sub>2</sub> O-Konzentration im Abgas am Kamin der Klärschlammverbrennung: N <sub>2</sub> O Messgrösse für die Berechnung von $A_p$ = erwartete Aktivitätsrate (in t N <sub>2</sub> O pro Jahr) und $D_p$ = spezifische N <sub>2</sub> O-Fracht pro t KS (Projekt)
Einheit	ppm/m <sup>3</sup> Umrechnung resp. Normierung durch das Prozessleitsystem (PLS) auf Normdruck 1013 mbar, Normtemperatur 273,15 °C; trocken → mg/Nm <sup>3</sup> ( siehe Messbericht Balewa vom 11.2.16, → Anhang A3 c
Datenquelle	Kontinuierlicher Gasanalysator MLT 2 – Multikomponenten Gasanalysator NGA 2000 → Anhang A3 a (Produkte-Datenblatt; TÜV–Zertifikat; Wartungsprotokoll)
Beschreibung Messablauf	Kontinuierliche Messung
Kalibrierungsablauf	Regelmässige automatische Kalibrierung s. als Beispiel Wartungsprotokoll (Kalibrierung) Periode 23.10.15 bis 4.1.16 → Anhang A3 a Zusätzlich wird regelmässig (ca. alle 2 Jahre) durch ein externes Messinstitut eine Überprüfung der N <sub>2</sub> O- Messung inkl. Frachtberechnung durchgeführt. Siehe Messbericht Balewa vom 11.2.16 → Anhang A3 c Zusätzlich werden die Emissionswerte inkl. Lachgas alle 3 Jahre im Zusammenhang mit der LRV vom Umweltschutzamt BL überprüft
Genauigkeit der Messmethode	+/- 5,3 % (Relative erweiterte Messunsicherheit gemäss Zertifikat TÜV Rheinland vom 20.8.2013 → Anhang A3 a
Verantwortliche Person	Dieter Eidenpentz, Laborleiter
<b>Parameter 6</b>	V

Beschreibung des Parameters	<p>Online gemessener resp. berechneter Abgasvolumenstrom am Kamin:</p> $V = V_{\text{Rauchgas}} + V_{\text{Kühlluft Hohlwelle}} + V_{\text{Heizluft}}$ <p><math>V_{\text{Rauchgas}}</math> = berechnetes und normiertes Rauchgasvolumen in Funktion der Drehzahl des Rauchgasgebläses</p> <p><math>V_{\text{Kühlluft Hohlwelle}} + V_{\text{Heizluft}}</math> werden als konstante Volumenströme festgelegt (konstante Gebläsedrehzahl).</p> <p>Messgrösse für die Berechnung von <math>A_p</math> = erwartete Aktivitätsrate (in t N<sub>2</sub>O pro Jahr)</p>
Einheit	<p>m<sup>3</sup>/h</p> <p>Umrechnung resp. Normierung durch das PLS auf Normdruck 1013 mbar und Normtemperatur 273,15 °C ; trocken → Nm<sup>3</sup>/h</p>
Datenquelle	Drehzahl des Rauchgasgebläses
Beschreibung Messablauf	Kontinuierliche Messung
Kalibrierungsablauf	<p>Regelmässige Messung und Kalibrierung aller drei Teilströme alle 2 Jahre durch eine externes Messinstitut</p> <p>Siehe Messbericht Balewa vom 23.2.16 rev 3</p> <p>→ Anhang A3 d</p>
Genauigkeit der Messmethode	+ - 10 %
Verantwortliche Person	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter

<b>Parameter 7</b>	M <sub>RE</sub>
Beschreibung des Parameters	<p>Jährlich im Ofen 68 verbrannte Klärschlammmenge TS (Trockensubstanz)</p> <p>Berechnung im PLS aus den verschiedenen Zuströmen von intern und extern angeliefertem Dünnschlamm</p>
Einheit	Tonnen pro Jahr (TS)
Datenquelle	<p>Aufsummierung der verbrannten Klärschlammmenge, korrigiert auf die Trockensubstanzmenge (TS) mit regelmässigen Messungen mit dem Halogen Moisture Analyser HB43-S von METTLER TOLEDO</p> <p>→ Anhang A3 e</p>
Beschreibung Messablauf	Regelmässige Chargen-Messung KS
Kalibrierungsablauf	Regelmässige Kalibrierung HB43-S Halogen Moisture Analyser
Genauigkeit der Messmethode	+ - 0,15 %
Verantwortliche Person	Dieter Eidenpentz, Laborleiter

<b>Parameter 8</b>	Ö <sub>P</sub>
Beschreibung des Parameters	Altölverbrauch
Einheit	t Altöl/a
Erhebungsinstrument	Pro Jahr eingekaufte Altölmenge (aufsummierte Tonnage aus den Lieferscheinen der Firma ██████████)
Beschreibung Messablauf	Aufsummierung des Altölverbrauchs und Dokumentierung im PLS
Genauigkeit der Messmethode	+ - 1 %
Verantwortliche Person	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter

### 6.3.3 Einflussfaktoren

<b>Einflussfaktor 1</b>	Klärschlammzusammensetzung
Beschreibung des Einflussfaktors	Die verbrannte Menge Klärschlamm stammt einerseits aus Abwasser aus der Industrie und andererseits aus kommunalem Abwasser. Der Anteil aus Industrieabwasser beträgt im Mittel 70%.
Wirkungsweise auf die Projektemissionen bzw. die Emissionen der Vorhaben des Programms oder die Referenzentwicklung	Da das Industrieabwasser zuerst mit Kalk neutralisiert werden muss, enthält dieser KS einen etwas grösseren anorganischen Anteil. Die ex-ante vorliegenden spezifischen N <sub>2</sub> O-Emission D <sub>RE</sub> könnten bei grösseren Änderungen dieses Verhältnisses KS aus Industrie- oder kommunalem Abwasser ändern.  Sollte sich der Anteil Industrieabwasser im Verlauf der Kreditierungsphase um mehr als 10% ändern (<60% und >80%) wird der Parameter 3 (D <sub>RE</sub> ) neu geprüft.
Datenquelle	Die Aufsummierung der KS- Menge (TS) erfolgt im PLS aus den verschiedenen Teilmengen der intern und extern angelieferten Schlammmenge, multipliziert mit dem jeweiligen im Labor gemessenen TS-Gehalt  Die verschiedenen jährlich angelieferten Schlammengen (Industrie oder Kommunal) sind im Protokoll Betriebskosten aufgeführt.

### 6.4 Plausibilisierung der Daten und Berechnungen

<b>Dynamischer Parameter / Messwert 1</b>	D <sub>PM</sub> Berechnung von D <sub>PM</sub> : $A_{PM} = K_{PM} * V_M / 10^9$ (t N <sub>2</sub> O pro Monat) K <sub>PM</sub> = Online gemessene und normierte N <sub>2</sub> O-Konzentration in mg/Nm <sup>3</sup> pro Monat V <sub>M</sub> = Abgasvolumenstrom normiert in Nm <sup>3</sup> pro Monat $D_{PM} = A_{PM} / M_{PM}$ D <sub>PM</sub> = Durchschnittliche spezifische N <sub>2</sub> O-Emission pro t verbrannte Menge Klärschlamm TS (KS) M <sub>PM</sub> = Verbrannte Menge KS in t pro Monat
Einheit	t N <sub>2</sub> O / t KS und pro Monat
Datenquelle	Tabelle aus dem PLS generiert
Art der Plausibilisierung	Werden diese monatlichen Durchschnittswerte D <sub>PM</sub> in einer Tabelle mit dem im PLS abgelegten Wert D <sub>RE</sub> verglichen, können bei grösseren Abweichungen folgende Gründe vorliegen: a) unerwartete Abweichungen bez. Abscheiderate (Erwartete Abscheiderate = 70%). b) Allfällige Messfehler c) Relevante Änderungen in der Klärschlammzusammensetzung

## 6.5 Prozess- und Managementstruktur

### Monitoringprozess

Verantwortlich für die im Zusammenstellung der für das Monitoring wichtigen Daten ist der Betriebsleiter Assistent der ARA Rhein AG, Hr. Roger Hurschler. das 4-Augenprinzip ergänzt der Geschäftsführer der ARA Rhein AG, Hr. Peter Müller.

### Qualitätssicherung und Archivierung

Alle Daten werden im PLS abgelegt und über 10 Jahre archiviert.

### Verantwortlichkeiten

Datenerhebung	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter
Verfasser des Monitoringberichts	Roger Hurschler, Betriebsleiter Assistent
Qualitätssicherung	Dieter Eidenpentz, Laborleiter
Datenarchivierung	Hubert Goldstein, EMSR-Leiter

## 7 Anmerkungen zum Eignungsentscheid

FAR 2.1.2: Um sicherzustellen, dass die Anforderungen der LRV an Anlagen zum Verbrennen von Klärschlamm (Anhang 2 Ziffer 71 LRV) eingehalten werden, ist bei der Erstverifizierung zu zeigen, dass die Anlage von der kantonalen Fachstelle für Luftreinhaltung bewilligt wurde.

FAR 2.3.1: Sobald es zu einer Anpassung des Emissionsziels der ARA Rhein kommt, bei welcher die Mehremissionen aus Altöl durch das Kompensationsprojekt nicht zur Erreichung des Emissionsziels berücksichtigt wird, müssen diese Mehremissionen als Projektemissionen angerechnet werden.

FAR 2.4.2: Die Belege für den Umsetzungsbeginn müssen im Rahmen der ersten Verifizierung vorgelegt werden.

FAR 3.5.4: Wie geplant sollen 2 mal pro Jahr für ca. 12 h (4-6 h Umstellung und 4 h Messphase) die Bedingungen des Referenzszenarios wieder hergestellt werden (tiefere bisherige Temperatur im Nachbrenner, aber mit Betrieb der RTO-Anlage), um DRE zu plausibilisieren. Falls der Durchschnitt der beiden neu gemessenen Werten für DRE stärker als die "Genauigkeit der Messmethode" vom bisherigen Wert abweicht, soll mit Hilfe einer aussagekräftigen Messreihe ein neuer Wert von DRE bestimmt werden. Allfällige Abweichungen der O<sub>2</sub>-Verhältnisse in der Abluft des SVA, vom in der Projektbeschreibung definierten Soll-Wert, sind in die Gesamtbetrachtung miteinzubeziehen. Das Vorgehen ist jeweils explizit vom Verifizierer zu prüfen. Gemäss CAR 5.2.2 soll diese Überprüfung des DRE mit einem Sauerstoff-Sollwert von 6-8% durchgeführt werden.

Ort, Datum	Name, Funktion und Unterschrift des Gesuchstellers
Pratteln, 07.10.16	Hr. Peter Müller, Geschäftsführer ARA Rhein AG