

Inhaltsverzeichnis

Sitzungsdokumente	2
Tagesordnung -öffentlich-	2
Vorlagendokumente	3
TOP Ö 12 Abwasserüberleitung Heroldsberg	3
Sitzungsvorlage SUN/089/2019	3
Erläuterungsbericht SUN/089/2019	7
Kostenzusammenstellung SUN/089/2019	13
Beschluss Markt Heroldsberg SUN/089/2019	15
Übersichtslageplan SUN/089/2019	16
Oberflächenplan Pumpwerk SUN/089/2019	17
Längsschnitt SUN/089/2019	18
TOP Ö 13 Grundsatzbeschluss zur Realisierung einer thermischen Klärschlammverwertungsanlage	19
Sitzungsvorlage SUN/095/2019	19
Erläuterungsbericht SUN/095/2019	23
Sachstand und Geschäftsplan SUN/095/2019	27

TAGESORDNUNG

Sitzung

Sitzung des Werkausschusses Stadtentwässerung und
Umweltanalytik Nürnberg (SUN)



Sitzungszeit

Dienstag, 19.11.2019, 15:00 Uhr

Sitzungsort

Rathaus, Fünferplatz 2, Großer Sitzungssaal

TAGESORDNUNG

Öffentliche Sitzung

- | | |
|---|---------------------------|
| 12. Abwasserüberleitung Heroldsberg
1. Änderungsplan zum Systemplan
Objektplan | Beschluss
SUN/089/2019 |
| Dr. Peter Pluschke | |
| 13. Grundsatzbeschluss zur Realisierung einer thermischen
Klärschlammverwertungsanlage | Beschluss
SUN/095/2019 |
| Dr. Peter Pluschke | |
| 14. Genehmigung der Niederschrift der Sitzung vom 24.09.2019,
öffentlicher Teil | |

Beratung	Datum	Behandlung	Ziel
Werkausschuss Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN)	19.11.2019	öffentlich	Beschluss

Betreff:

**Abwasserüberleitung Heroldsberg
1. Änderungsplan zum Systemplan
Objektplan**

Anlagen:

Erläuterungsbericht
Kostenzusammenstellung
Beschluss Markt Heroldsberg
Übersichtslageplan
Oberflächenplan Pumpwerk
Längsschnitt

Sachverhalt (kurz):

Dem Systemplan zur Überleitung des Abwassers von Heroldsberg nach Nürnberg wurde im WerkA/SUN am 27.09.2016 (TOP 8.4) zugestimmt.

Die Kostenschätzung wurde für diesen Systemplan auf der Basis von Erfahrungswerten der Überleitung Kalchreuth aufgestellt. In der detaillierten Bearbeitung und speziell in der Auswertung der geologischen Verhältnisse hat sich herausgestellt, dass die Kosten von 5,3 Mio. Euro nicht haltbar sind – der Kostenrahmen hat sich auf 10,7 Mio. Euro erhöht. Diese Steigerung ist unter anderem auch mit der drastischen Preissteigerung im Bauwesen verbunden.

Die Kosten belasten den Wirtschaftsplan SUN nicht, da ein Teil über die Abwasserabgabe gedeckt wird und die Restsumme an den Markt Heroldsberg verrechnet wird. In der Vereinbarung wurde eine Sonderkündigungsklausel aufgenommen, die dem Markt Heroldsberg ein Kündigungsrecht eingeräumt hat, sofern die Wirtschaftlichkeit die Maßnahme in Frage stellt.

Der neue Kostenrahmen wurde deshalb dem Marktgemeinderat Heroldsberg am 22.10.2019 zur Entscheidung vorgelegt. In dieser Sitzung hat sich der Marktgemeinderat mit 12 zu 6 Stimmen – und damit eindeutig - für eine Fortführung des Projektes entschieden.

1. Finanzielle Auswirkungen:

- Noch offen, ob finanzielle Auswirkungen

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

(→ weiter bei 2.)

- Nein (→ weiter bei 2.)

- Ja

- Kosten noch nicht bekannt

- Kosten bekannt

<u>Gesamtkosten</u>	10.700.000 €	<u>Folgekosten</u>	€ pro Jahr
		<input type="checkbox"/> dauerhaft	<input type="checkbox"/> nur für einen begrenzten Zeitraum
davon investiv	10.700.000 €	davon Sachkosten	€ pro Jahr
davon konsumtiv	€	davon Personalkosten	€ pro Jahr

Stehen Haushaltsmittel/Verpflichtungsermächtigungen ausreichend zur Verfügung?
 (mit Ref. I/II / Stk - entsprechend der vereinbarten Haushaltsregelungen - abgestimmt, ansonsten Ref. I/II / Stk in Kenntnis gesetzt)

- Ja
- Nein

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:
 Kosten werden mit der Abwasserabgabe und dem Markt Heroldsberg verrechnet. Folgekosten entstehen für SUN nicht, da hier eine Komplettverrechnung erfolgt

2a. Auswirkungen auf den Stellenplan:

- Nein (→ weiter bei 3.)

- Ja

- Deckung im Rahmen des bestehenden Stellenplans

- Auswirkungen auf den Stellenplan im Umfang von Vollkraftstellen (Einbringung und Prüfung im Rahmen des Stellenschaffungsverfahrens)

- Siehe gesonderte Darstellung im Sachverhalt

2b. Abstimmung mit DIP ist erfolgt (Nur bei Auswirkungen auf den Stellenplan auszufüllen)

- Ja
 Nein

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

3. Diversity-Relevanz:

- Nein
 Ja

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

Technisches Vorhaben der Abwasserableitung - ohne Auswirkungen auf unterschiedliche Personengruppen. Durch die Maßnahme sind keine Diversity-Aspekte betroffen.

4. Abstimmung mit weiteren Geschäftsbereichen / Dienststellen:

- RA** (verpflichtend bei Satzungen und Verordnungen)

Beschlussvorschlag:

Der Werkausschuss/SUN genehmigt den 1. Änderungsplan zum Systemplan und den Objektplan mit einem Kostenvolumen von 10,7 Mio. Euro für den Bau der Abwasserüberleitung von Heroldsberg nach Nürnberg.

1. Änderungsplan zum Systemplan Objektplan für die Baumaßnahme:

Überleitung Heroldsberg

Erläuterungsbericht

Grundsätzliches

Für das Projekt wurde die Verfahrensweise Systemplan gewählt, um im ersten Schritt die Zweckvereinbarung abschließen zu können. Mit der Erstellung des 1. Änderungsplans zum Systemplan und dem im gleichen Zuge erstellten Objektplan, müssen nun formal immer beide Genehmigungsverfahren mit gleicher Begründung und Summe beschlossen werden.

Aus Gründen der Verwaltungsvereinfachung werden der Systemplan und der Objektplan bei gleichlautenden Summen und Begründungen – in einen Genehmigungsschritt zusammengefasst.

Begründung der Maßnahme

Der Markt Heroldsberg hat die Stadt Nürnberg gebeten, die Möglichkeit der Abwasserüberleitung und damit die Auflassung der Kläranlage zu prüfen. Die anfallenden Abwässer sollen ab Ende 2022 mittels einer Abwasserdruckleitung in das Kanalnetz der Stadt Nürnberg übergeleitet werden. Nachdem die Prüfung positiv verlief wurden zwischen der Gemeinde Heroldsberg und der Stadt Nürnberg eine Zweckvereinbarung unterzeichnet, in der neben den rechtlichen Grundlagen auch festgelegt wurde, dass die Stadt Nürnberg die Planung, die Bauleitung, den Bau und auch den Betrieb und Unterhalt dieser Abwasserüberleitungsanlage übernimmt. SUN/S-1/2 hat die Planung und Bauausführung dieser Abwasserüberleitungsanlage übernommen, welche mit dem vorliegenden Objektplan zur Genehmigung gebracht werden soll.

Bisheriger Genehmigungsverlauf:

Der Werkausschuss SUN genehmigte den Systemplan in seiner Sitzung am 27.09.2016 für den Bau der Anlage mit einer ersten überschlägigen Kostenannahme von 5,3 Mio. Euro.

Unterzeichnung einer „Zweckvereinbarung zur Ableitung des Abwassers aus dem Markt Heroldsberg über das Kanalnetz der Stadt Nürnberg zur Reinigung in den Klärwerken der Stadt Nürnberg“, am 07.12.2016

Nochmalige Vorlage des Projekts aufgrund der Kostensteigerung von 5,3 Mio. Euro auf 10,7 Mio. Euro beim Marktgemeinderat. Am 22.10.2019 wurde der Beschluss von 2016 bestätigt und die Verwaltung beauftragt die Maßnahme wie geplant durchzuführen.

Technische Erläuterungen

Das auf dem Kläranlagengelände gesammelte Abwasser der Marktgemeinde Heroldsberg wird mittels hintereinandergeschalteter Pumpenpaare über den vorhandenen Höhenzug, mit einem geodätischen Höhenunterschied von ca. 25 m, abgeleitet. Ab dem Hochpunkt läuft das Abwasser in einer Freigefälledruckleitung Richtung Nürnberg. Nach Querung des Reichswaldes bzw. der Autobahn BAB A3 Nürnberg - Würzburg kommt die Druckleitung im westlichen Randbereich von Buchenbühl zu liegen, bis sie schließlich innerhalb des Flughafengeländes endet. Für die Druckleitungstrasse mit einer Gesamtlänge von etwa 6,06 km sollen überwiegend PE-Rohre mit einem Außendurchmesser OD 315 zur Verwendung kommen.

Für die Herstellung der Druckleitung werden insgesamt vier verschiedene Bauverfahren zu Anwendung kommen:

1. Pflugverfahren mit einer Gesamtlänge von rd. 2085 m: In Bereichen mit gut „verdrängbaren“ Böden (entlang der Gemeindeverbindungsstraße Heroldsberg – Buchenbühl/Kalchreuth und südöstlich von Buchenbühl).
2. Offene Kanalbauweise mit einer Gesamtlänge von rd. 3505 m: In Bereichen mit felsigem Untergrund (hauptsächlich im Bereich der Anhöhe „Buchenbühl“ und östlich von Buchenbühl).
3. HDD-Spülbohrverfahren: Südlich des Kläranlagengeländes Heroldsberg, im Bereich der Gründlach, um hier die Beeinträchtigung des Schutzgebiets „Gründlachtal“ zu minimieren (Länge ca. 210 m).
4. Unterirdischer Rohrvortrieb: Im Bereich der beiden Bahnquerungen, jeweils mit einer Länge von ca. 30 m, um die seitens der Bahn geforderte Sicherheit hinsichtlich von evtl. auftretenden Setzungen einhalten zu können.
5. Unterirdischer Rohrvortrieb: Im Bereich der Autobahnquerung BAB-A3, mit einer Länge von rd. 200 m, um die seitens der Autobahndirektion geforderte Sicherheit hinsichtlich von evtl. auftretenden Setzungen einhalten zu können.

Zur Reinigung der Druckleitung mittels Reinigungsmolch wird der Vorschacht am Pumpwerk und der Endschacht der Freigefälledruckleitung, mit entsprechenden Einbauteilen ausgerüstet. Notwendige Be- und Entlüftungsmöglichkeiten werden durch entsprechende Schachtausrüstungen realisiert. In den restlichen Schächten werden neben Absperrschiebern auch Putzstücken vorgesehen, um hier den Unterhalt der Druckleitung gewährleisten zu können.

Die erforderliche Zugänglichkeit der Schächte wurde bei der Planung der Druckleitungstrasse berücksichtigt. Hier werden in Teilbereichen die vorhandenen Forst- bzw. Holzrückewege entsprechend der Belastung durch die eingesetzten Spülwägen neu aufgeschottert bzw. neue Betriebswege angelegt.

Die Bewirtschaftung der vorhandenen Becken auf dem Kläranlagengelände Heroldsberg ist dem anhängenden Betriebskonzept zu entnehmen.

Umweltrelevante Gesichtspunkte

Allgemeines:

Die geplante Kanalbaumaßnahme verläuft über verschiedene schutzbedürftige Flächen.

- Die Druckleitung quert den geschützten Landschaftsbestandteil „Gründlachtal“ (V LB „Gründlach“) vom 28. Oktober 1986. Die Genehmigung seitens des Landratsamtes Erlangen-Höchstadt (Umweltamt) für die Querung dieses Bereichs liegt mit Schreiben vom 20.06.2018 vor.
- Die Querung der Gräben „Graben Buchenbühl“ und „Kothbrunnengraben“ (Gewässer III Ordnung) wurde beim UWA – Nürnberg beantragt.
- Die Druckleitung verläuft innerhalb des Forstes im Natura 2000-Gebiet DE6533471 Nürnberger Reichswald. Die notwendigen Rodungsanträge wurden bei beiden Verwaltungsbezirken gestellt. Benötigte Aufforstungsflächen wurden vorreserviert. Die FFH- bzw. SPA-VA als Vorbereitung zu einem landschaftspflegerischem Begleitplan ist abgeschlossen. Weiter wird derzeit ein Ingenieurbüro mit der Ausarbeitung des notwendigen Begleitplans beauftragt.

Die in den Ausnahmegenehmigungen/Bescheiden enthaltenen Auflagen bzw. noch zu erwartenden Anforderungen wurden und werden bei der Planung der Trasse bzw. werden bei der Realisierung der Baumaßnahme berücksichtigt.

Baugrund:

Aufgrund der Nähe zur Gründlach ist als Baugrund, vor allem im Bereich des neu geplanten Pumpwerks, mit „Schwemmland“ zu rechnen (Bestätigt durch Bohrungen und Sondierungen auf dem Kläranlagengelände). D.h. um die Bauwerkslasten aus dem Pumpwerk aufnehmen zu können ist hier mit einem erhöhten Aufwand, Bohrpfahlgründung und Bohrpfahlverbau, zu rechnen.

Im Bereich des Baufeldes ist nicht mit kontaminierten Böden zu rechnen. Sollten im Zuge der Baumaßnahme Auffälligkeiten auftreten, ist entsprechend der in den Ausschreibungstexten vorgegebenen Verfahrensweise zu reagieren.

Die Suche nach kriegsrelevanten Altlasten wird vor Beginn der Erdarbeiten durchgeführt.

Grundwasser:

Es ist vor allem im Kläranlagengelände mit einem hoch anstehenden Grundwasser (ab ca. 2,0 m unter GOK) zu rechnen. Das bei der Herstellung der Baugruben anfallende Grundwasser wird nach Zwischenschaltung eines ausreichend bemessenen Sandfanges in das vorhandene Abwassernetz auf dem Kläranlagengelände geleitet.

Bautätigkeit: Während der Baumaßnahme ist in einem gewissen Umfang mit Erschütterungen und Lärm zu rechnen. In diesem Zusammenhang wird vorab eine Information an die betroffenen Bürger ausgegeben. Durch die Bautätigkeit ist keine Kontamination des Untergrundes zu erwarten.

Temporäre baubedingte Störungen während der Vogelbrutzeit sind nicht auszuschließen. Hier wird eine Eingriffsminimierung in Sinne des Minimierungsgebotes beachtet.

Daten der Maßnahme

Projektnummer:	95400.038
Umfang der Baumaßnahme:	Kläranlagengelände Heroldsberg: <ul style="list-style-type: none">- 1 Stk. Pumpwerk- 1 Stk. Sandfang- 3 Zwischenschächte- 40 m Freispiegelkanal Rahmenprofil RH 1500/600 STB- 95 m Freispiegelkanal DN 500, GFK- Anpassung der Nach- und Zwischenklärbecken
	Druckleitung: <ul style="list-style-type: none">- 5.840 m Druckleitung OD 315, PE 100, SDR17- 220 m Freispiegelkanal DN 500, GFK- 17 Durchlaufschächte- 5 Be- und Entlüftungsschächte
	Freispiegelkanal: <ul style="list-style-type: none">- 220 m Freispiegelkanal DN 500, GFK- 1 Molchentnahmeschacht- 4 Regelschächte
Geplantes Bauverfahren:	<ul style="list-style-type: none">- 3505 m offene Bauweise- 2085 m Pflugverfahren- 210 m HDD-Spülbohrverfahren- 260 m unterirdischer Rohrvortrieb

- Eigentumsverhältnisse:
1. Kläranlagengelände der **Marktgemeinde Heroldsberg**. Die erforderliche Grunddienstbarkeit wird in der Verwaltungsvereinbarung festgeschrieben.
 2. Reichswaldquerung: Das **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**, sowie das **Landratsamt Erlangen-Höchstadt** stimmen dem Vorhaben zu. Die Einzelvereinbarung gemäß der bestehenden Rahmenvereinbarung zwischen dem SUN und dem **Bayerischen Staatsforsten AöR** stehen noch aus, ist aber in Aussicht gestellt.
 3. Unterquerung der Bahnstrecke im Bereich des Forstes und im Bereich des Flughafengeländes. Antrag zur Querung der Bahnstrecke bei der **DB-Immobilien** derzeit in Bearbeitung.
 4. Unterquerung der Bundesautobahn BAB 3 Nürnberg - Würzburg. Der Gestattungsvertrag mit der **Autobahndirektion Nordbayern** steht noch aus. Diesbezüglich wurden bereits Details in Ortsterminen abgestimmt.
 5. Privatfläche des **Flughafens Nürnberg**. Der Querung dieser Fläche wurde mündlich zugestimmt, eine Grunddienstbarkeit aufbauend auf den landschaftspflegerischen Begleitplan steht derzeit noch aus.

Öffentlich rechtliche Belange:

Die Ausnahmegenehmigungen für die Querung des 60 m Schutzstreifens der Gründlach wurde am 20.06.2018 vom Landratsamt Erlangen-Höchstadt erteilt. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens wurde das Wasserwirtschaftsamt Nürnberg beteiligt.

Es wurde gemäß Auflage des Landratsamts Erlangen-Höchstadt und des Umweltamts der Stadt Nürnberg eine Verträglichkeitsabschätzung von einem durch SUN beauftragten Diplombiologen durchgeführt. Der darauf basierende landschaftspflegerische Begleitplan ist derzeit in der Beauftragung.

Alle Pläne stehen in Abstimmung mit SUN/S-1/3 (Kanalbetrieb).

Geplante Bauzeit:

08/2020 – 12/2022 in parallellaufenden Baulosen:

Los 1: Umbau der Kläranlage (02/2021 – 10/2022)

Los 2: Druckleitung (offene Verlegung, Pflugverfahren) (08/2020 – 01/2022)

Los 3: Unterirdischer Rohrvortrieb und Freispiegelkanal (01/2021 – 10/2021)

Los 4: HDD-Spülbohrung (10/2021 – 01/2022)

Los 5: Maschinentchnik (09/2022 – 12/2022)

Los 6: Elektrotechnik (09/2022 – 12/2022)

Abbruchkosten:

0,00 Euro

Kostenanschlagssumme: 10.700.000,00 Euro

Geplante Finanzierung: Die Finanzierung der Maßnahme „Überleitung Heroldsberg; 95400.038“, ist im Wirtschaftsplan mit 6.801.000,00 € enthalten. Die restlichen Mittel in Höhe von 3.899.000 € werden bei der weiteren Fortschreibung des Wirtschaftsplanes berücksichtigt.

SUN wird die erforderlichen Mittel zunächst vorfinanzieren. In der Ausarbeitung der noch ausstehenden Verwaltungsvereinbarung wird die Marktgemeinde Heroldsberg an SUN während der Vertragsdauer ab Inbetriebnahme für max. 56 Jahre ein jährliches Nutzungsentgelt für die Druckleitung in Höhe der tatsächlichen Zins- und Abschreibungsbeträge aus den Herstellungskosten entrichten. Zusätzlich erstattet die Marktgemeinde Heroldsberg auch die tatsächlich anfallenden Betriebs- und Unterhaltskosten gegen Nachweis (s. Personal- und Sachkosten).

Die Zahlung erfolgt jeweils im Voraus für ein halbes Jahr zum 01.01. und zum 01.07. des Jahres.

Die Finanzierung der Maßnahme ist somit gesichert, der Nürnberger Gebührenzahler ist nicht mit der Maßnahme belastet.

	Jahr	Wirtschaftsplan 2018 - 2022	erwarteter Mittelbedarf
	Vorjahre	165.000,00 €	194.058,64 €
	2019	300.000,00 €	100.000,00 €
	2020	1.800.000,00 €	1.400.000,00 €
	2021	2.000.000,00 €	4.600.000,00 €
	2022	1.000.000,00 €	3.600.000,00 €
	Folgejahre	1.536.000,00 €	805.941,36 €
Gesamt:		<u>6.801.000,00 €</u>	<u>10.700.000,00 €</u>
Gerundet:		<u>6.801.000,00 €</u>	<u>10.700.000,00 €</u>

Wirtschaftlichkeits- und Folgekostenberechnung:

Personal- und Sachkosten:

Neuerstellung Kanäle	6060,00 m	x	5,25 €/m a	=	31.815,00 €/a
Neuerstellung Pumpwerk	1St	x	18.000,00 €/St a	=	18.000,00 €/a

Abschreibung Kanäle:

Erschließung und Erneuerung	1,80%	x	7.383.596,55 €		132.904,74 €/a
-----------------------------	-------	---	----------------	--	----------------

Abschreibung Sonderbauwerke:

Pumpwerk, baulicher Teil	2,00%	x	2.438.537,34 €		48.770,75 €/a
Pumpwerk, techn. Teil (M + E)	6,67%	x	877.866,11 €		58.553,67 €/a

kalkulatorische Zinsen

auf 50 % der Gesamtkosten	4,50%	x	5.350.000,00 €	=	240.750,00 €/a
---------------------------	-------	---	----------------	---	----------------

Gesamt : 258.750,00 €/a

Gerundet : **258.800,00 €/a**

Die künftig anfallenden Folgekosten betragen ca. **258.800,00 €/Jahr** und werden durch den Markt Heroldsberg im Rahmen der Kostenrechnung getragen.

Nürnberg, 28.10.2019
 Stadtentwässerung und
 Umweltanalytik Nürnberg
 Abwasserableitung
 Kanalbau (SUN/S-1/2)
 i.A.

Kraus
 (-7198)

**Abwasserüberleitung Heroldsberg
Kostenzusammenstellung**

Ansatz	Titel	Kosten (brutto)
010 Eigenleistung	Eigenleistung	844.072,38
	Verrechnung U nach S	75.000,00
	ILV an SUN/S-1/2	25.000,00
020 Prüfung und Gutachten	Baugrundaufschlüsse Bohrung und Sondierung	55.268,75
	Druckstoßberechnung	3.034,50
	Baugrundschrufe Baggerschrufe	6.781,38
	Kampfmittelerkundung für Schrufe	1.130,50
	Geländeaufnahme	12.199,85
	Konkretisierung Druckstoßberechnung	1.785,00
	Druckstoßberechnung zur Reduzierung Pumpenleistung	1.071,00
	Kampfmittelerkundung	25.000,00
030 Nebenkosten	Entgelt für Bohrung/ Sondierungen	5.199,40
	Sondernutzungen	5.000,00
	Bescheid Querung Gründlach	334,15
	Veröffentlichung	2.500,00
	2 x Gestattungsvertrag Bahn	10.000,00
	Rahmenvereinbarung Forst	1.200,00
	1 x Gestattungsvertrag Autobahn	250,00
	2 x Genehmigung Grabenquerungen	600,00
	Antrag auf Bauwasserhaltung	240,00
	Bauüberwacher Bahn	50.000,00
Ausnahmegenehmigung Luftfahrtbundesamt	70,00	
040 Planung	Geotechnische Bericht	46.843,58
	Infrastrukturdaten Heroldsberg	186,83
	FFH-Verträglichkeitsprüfung	1.357,79
	Vermessung Schrufe	1.009,85
	Relevanzprüfung	666,40
	Landschaftspflegerischer Begleitplan	27.500,00
	Ausgleichsfläche Wiederaufforstung	359.283,60
	Baufeldfreimachung (Rodung/Mulchen)	100.000,00
Ingenieurleistung E-M-Technik	164.971,16	
050 Bauarbeiten	Los 1: Umbau Kläranlage	2.438.537,34
	Los 2: Druckleitung (offene Verlegung, Pflugverfahren)	2.273.134,91
	Los 3: Vortrieb und Freispiegelkanal	2.476.734,74
	Los 4: Spülbohrung	319.450,74
	Los 5: Maschinenteknik	663.740,74
	Los 6: Elektrotechnik	214.125,37
	1 x Wiederherstellung Forstraße	55.000,00
060 sonstige Kosten	Unvorhergesehenes 4%	431.720,05

Gesamtkosten:

10.700.000,00

Nürnberg, 25.10.2019
Stadtentwässerung und
Umweltanalytik Nürnberg
Abwasserableitung
Kanalbau (SUN/S-1/2)
i.A.

Pfeifer
(8579)



Markt Heroldsberg • Postfach 20 • 90560 Heroldsberg

Stadt Nürnberg
 Stadtentwässerung und Umweltanalytik
 Adolf-Braun-Straße 33
 90429 Nürnberg

Hauptstraße 104 • 90562 Heroldsberg
 Telefon: 0911 51857-0
 Fax: 0911 51857-40
 E-Mail: gemeinde@heroldsberg.de
www.heroldsberg.de

Rathaus

Ansprechpartner/in: Herr Kühnlein
 Telefon: 0911 51857-20
 E-Mail: m.kuehnlein@heroldsberg.de
 1. Obergeschoss, Zimmer 1.3

Heroldsberg, 23.10.2019

Abwasserentsorgung Markt Heroldsberg – Überleitung nach Nürnberg

Sehr geehrter Herr Dr. Pluschke,
 sehr geehrter Herr Hagspiel,

mit Schreiben vom 07.10.2019 haben Sie uns ein Angebot zur Realisierung der Überleitung des Abwassers von Heroldsberg nach Nürnberg zukommen lassen. Das Angebot wurde von uns überprüft und dem Marktgemeinderat zur Beschlussfassung vorgelegt. Grund für die erneute Vorlage im Marktgemeinderat war das in § 5 Abs. 3 der Zweckvereinbarung vom 07.12.2016 vereinbarte außerordentliche Kündigungsrecht des Marktes.

Nach eingehender Diskussion im Marktgemeinderat hat dieser am 22.10.2019 mehrheitlich beschlossen, dass auf Grundlage der von Ihnen vorgelegten Kostenberechnung mit der Durchführung der Baumaßnahmen begonnen werden soll

Wir bedanken uns bei Ihnen für bisherige Unterstützung bei diesem großen Projekt und freuen uns auf eine weiterhin gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

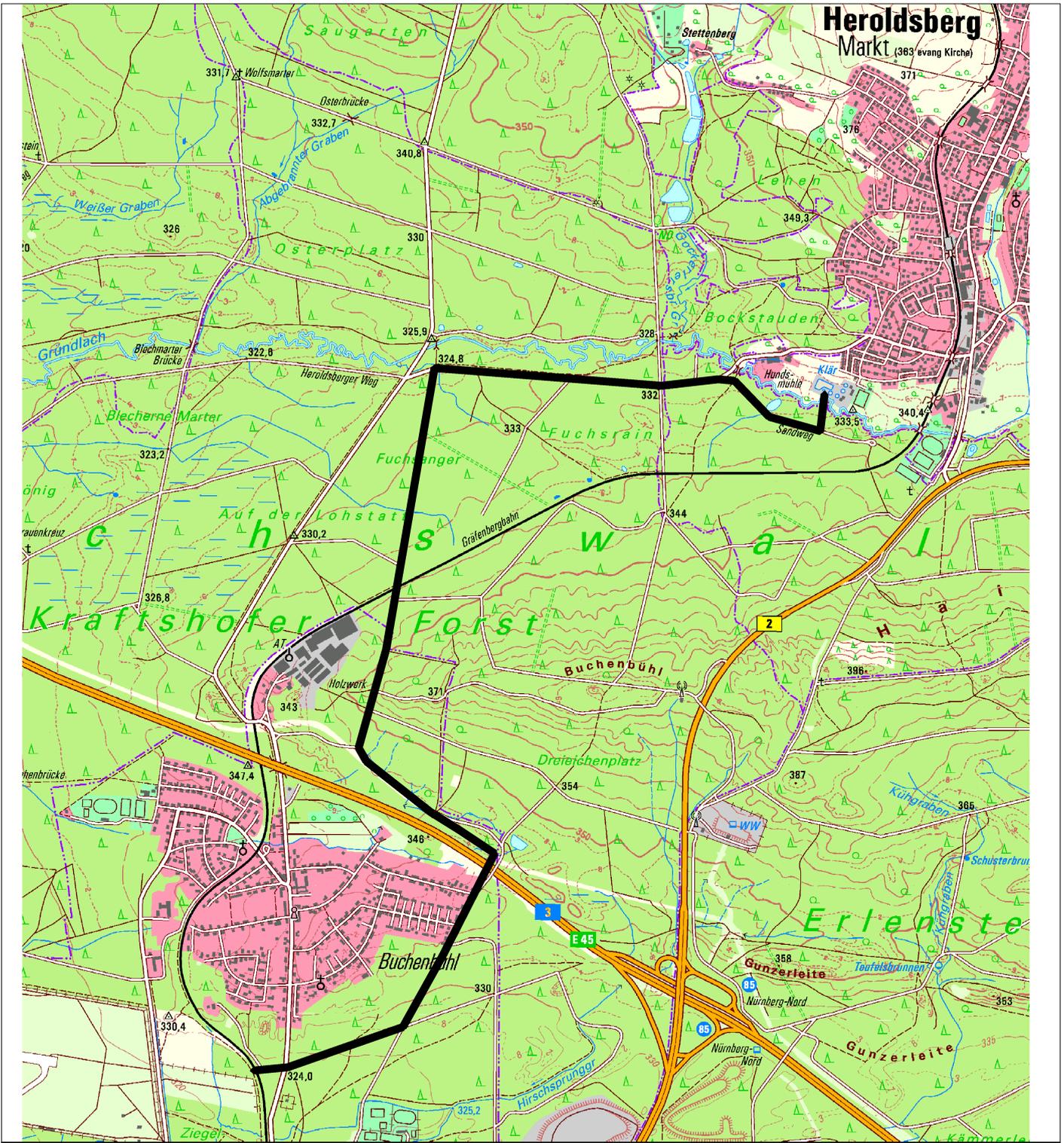
Mit freundlichen Grüßen

Johannes Schalwig
 Erster Bürgermeister

15

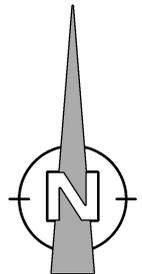
Katasterdatenbestand; ATKIS: © Bayerische Vermessungsverwaltung
 Topographie; Kanaldaten; SÖR Wasserwirtschaft; Umweltdaten: © Stadt Nürnberg
 Orthophotos: © Aerowest GmbH/Google/Inc.; © Aerowest 2009; © Landesamt für Vermessung und Geoinformation; © Stadt Nürnberg

Für rechtsverbindliche Auskünfte und zur Maßentnahme ist der Ausdruck nicht geeignet. Das Datum des Ausdrucks stellt nicht den Aktualitätsstand der dargestellten Information dar.



Legende

 geplante Druckleitungstrasse



Stadtentwässerung und
 Umweltanalytik
 Nürnberg
 Eigenbetrieb der Stadt Nürnberg

Nürnberg, den 25.10.2019
 Werkbereich Stadtentwässerung
 Abwasserableitung
 Kanalbau
 i.A. **gez. Stöhr**

Plannummer:
O- 2 -0
 Status - Plannr. - Änd.Nr

Maßstab:
M 1:25000

Plotdatum: 25.10.2019

Abwasserüberleitung Heroldsberg

Übersichtslageplan

bearbeitet Kraus Tel. (0911)231-7198

Pumpwerk
V=50 m³

335,40	GOK
331,43	DN 500 zu (NB)
331,43	DN 500 zu (S3)
331,43	DN 500 zu (RÜB)
330,30	OD 315 ab (NBG)

PW

Nachklärbecken
Ø 20 m / V=770 m³

334,94	OK Becken
334,60	GOK
333,90	DN 500 zu (SF)
334,70	Wassersp.
333,65	DN 500 ab (SF)
332,25	DN 500 ab (PW)

NB

Regenüberlaufbecken
Ø 24 m / V=1250 m³

334,86	OK Becken
334,30	GOK
333,97	Wassersp.
331,89	DN 500 ab (PW)

RÜB

Trennbauwerk

335,74	OK Schacht
334,94	GOK
334,70	OK Schwelle
334,07	DN 1000 zu
334,08	RH 1500/600 ab (S1)
332,79	DN 400 ab (RÜB)

TB

Schacht
Schachtbauwerk

334,94	GOK
333,94	RH 1500/600 zu (TB)
333,85	RH 1500/600 ab (SF)

S1

Sandfang
V=20 m³

334,94	OK Becken
334,60	GOK
334,00	DN 500 ab (NB)
334,70	Wassersp.
333,75	RH 1500/600 zu (S1)
333,65	DN 500 zu (NB)
332,25	DN 1000 ab (S2)

SF

Schacht
Schacht Ø 2000

334,94	GOK
331,47	DN 500 zu (ZB)
331,47	DN 500 zu (S2)
331,46	DN 500 ab (PW)

S3

Schacht
Schacht Ø 2000

334,47	GOK
332,11	DN 1000 zu (SF)
332,10	DN 500 ab (S3)
332,10	DN 1000 ab (ZB)

S2

Zwischenklärbecken
Ø 20 m / V=1008 m³

334,94	OK Becken
334,68	GOK
334,70	Wassersp.
332,07	DN 1000 zu (S2)
331,49	DN 500 ab (S3)

ZB

Legende:

- Oberflächenentwässerung
- geplante Druckleitung
- geplanter Kanal
- neu geplantes Bauwerk/Schacht
- auszuwechslendes Bauwerk/Schacht
- zu sanierender Bauwerk/Schacht
- Verbundpflasterfläche
- Asphaltfläche
- Straßenablauf
- GWM Grundwasserpegel
- GKB Großkernbohrung

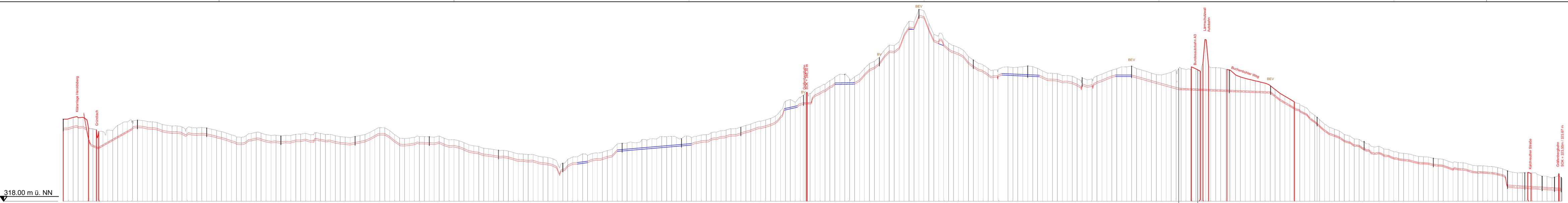
Stadt Nürnberg
Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
Werkbereich Stadtentwässerung
Adolf-Braun-Straße 33, 90429 Nürnberg, Fax: 0911/231-4535

Abwasserüberleitung Heroldsberg		Plannummer: O-303-0
		Status - Plannr. - Änd.Nr.
Pumpwerk Oberflächen		Maßstab: 1:200
		Plotdatum: 25.10.2019

gezeichnet	Martin Schaffer	Nürnberg, den 28.10.2019
bearbeitet	Thomas Kraus 0911 / 231-7198 thomas.kraus@stadt.nuernberg.de gez. Kraus	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
Bauleitung	Rico Pfeifer 0911 / 231-8579 rico.pfeifer@stadt.nuernberg.de gez. Pfeifer	Werkbereich Stadtentwässerung Abwasserableitung Kanalbau i.A. gez. Stöhr
Kanalstele Vorgabestele Alte Betriebsanleitung	Kanalstele Vergabestele Betriebsanleitung	

H/B = 510 / 750 (0.38m²) Allplan 2016

Katasterdatenbestand: ATKIS; © Bayerische Vermessungsverwaltung
 Topographie: Kanaldaten: SOR Wasserversorgung; Umweltdaten: © Stadt Nürnberg
 Orthophotos: © Aerowest GmbH/Google/Inc. © Aerowest 2009. © Landesamt für Vermessung und Geoinformation, © Stadt Nürnberg
 Für rechtsverbindliche Auskünfte und zur Maßbenennung ist der Ausdruck nicht geeignet. Das Datum des Ausdrucks stellt nicht den Aktualitätsstand der dargestellten Information dar.



Geländehöhe	318.00 m ü. NN
Kanalquerschnitt / Material	PE-HD OD 315 SDR 17
Sohlengefälle	3,0 ‰
Sohlentiefe	
Sohlenhöhe	
Vortriebslänge	198,50
Vortriebsradius	30
Kilometrierung	0+000,00 - 0+270,00
Grubenbezeichnung	Startgrube, Zielgrube, Startgrube, Zielgrube
	<p>Verwaltungsbereich Landratsamt Erlangen-Hochstadt</p> <p>Verwaltungsbereich Stadt Nürnberg</p>

- Legende:**
- geplante Druckleitung / geplanter Freispiegelkanal
 - neu geplanter Schacht (S1)
 - Egalisierungsbereich
 - Bauverfahren
 - Verwaltungsbereiche
 - BEV: Be- und Entlüftungsventil
 - BV: Belüftungsventil

Stadt Nürnberg
 Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
 Werkbereich Stadtentwässerung
 Adolf-Braun-Straße 33, 90429 Nürnberg, Fax: 0911/231-4535

Abwasserüberleitung Heroldsberg

Plannummer: **O- 80 - 0**
 Status: Planr. - And.Nr.
 Maßstab: **1:5000/250**
 Plandatum: 25.10.2019

Längsschnitt gesamte Trasse - Verwaltungsbereiche

gezeichnet	Martin Schaffer	Nürnberg, den 28.10.2019
bearbeitet	Thomas Kraus 0911 / 231-7198 thomas.kraus@stadt.nuernberg.de	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg Werkbereich Stadtentwässerung Abwasserabteilung
Bauleitung	Rico Pfeifer 0911 / 231-8579 rico.pfeifer@stadt.nuernberg.de	Kanalbau Kanalbau i.A. gez. Stöhr

Kanalakte: Kanalakte
 Vergabeakte: Vergabeakte
 Akt. Betriebsanleitung: Betriebsanleitung

H/B = 297 / 1500 (0,45m²) Allplan 2018

Beratung	Datum	Behandlung	Ziel
Werkausschuss Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN)	19.11.2019	öffentlich	Beschluss

Betreff:

Grundsatzbeschluss zur Realisierung einer thermischen Klärschlammverwertungsanlage

Anlagen:

Erläuterungsbericht
Sachstand und Geschäftsplan

Sachverhalt (kurz):

Die Verordnung zur Neuordnung der Abfall-Klärschlammverordnung fordert von der Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg bis Ende 2023 die Vorlage eines Konzepts, auf dessen Grundlage die thermische Klärschlammbehandlung und spätestens ab 2029 die Rückgewinnung des enthaltenen Phosphors gewährleistet wird.

Gemäß Abstimmungsergebnis mit Ref. I/II und Ref. III soll die KSVN GmbH die weitere Projektentwicklung übernehmen, die Genehmigungsplanung abwickeln und die Realisierung entsprechend dem vorgelegten Konzept der zukunftsorientierten Klärschlammverwertung als regionales Verbundvorhaben stufenweise umsetzen. Der nächste Meilenstein ist die Sicherung der angestrebten Klärschlammverarbeitungs menge in Höhe von 30.000 Mg/a Klärschlamm trockensubstanz, die Sicherung eines geeigneten Standorts und die Herbeiführung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung der Anlage bis spätestens 2024.

Über die Umsetzung der Planung und den Betrieb der Anlage entscheidet der Werkausschuss SUN bei erteilter Genehmigung der Anlage auf Grundlage des fortgeschriebenen Geschäftsplans unter Berücksichtigung der Interessen der Städtepartner Erlangen, Fürth und Schwabach sowie der weiteren potenziellen Klärschlamm lieferanten der Region.

1. Finanzielle Auswirkungen:

Noch offen, ob finanzielle Auswirkungen

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

(→ weiter bei 2.)

Nein (→ weiter bei 2.)

Ja

Kosten noch nicht bekannt

Kosten bekannt

<u>Gesamtkosten</u>	€	<u>Folgekosten</u>	€ pro Jahr
		<input type="checkbox"/> dauerhaft	<input type="checkbox"/> nur für einen begrenzten Zeitraum
davon investiv	10.700.000 €	davon Sachkosten	€ pro Jahr
davon konsumtiv	1.500.000 €	davon Personalkosten	€ pro Jahr

Stehen Haushaltsmittel/Verpflichtungsermächtigungen ausreichend zur Verfügung?
 (mit Ref. I/II / Stk - entsprechend der vereinbarten Haushaltsregelungen - abgestimmt,
 ansonsten Ref. I/II / Stk in Kenntnis gesetzt)

- Ja
 Nein

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:
 Werden im Wirtschaftsplan KSVN GmbH 2020ff berücksichtigt

2a. Auswirkungen auf den Stellenplan:

- Nein (→ weiter bei 3.)
 Ja
 Deckung im Rahmen des bestehenden Stellenplans
 Auswirkungen auf den Stellenplan im Umfang von Vollkraftstellen (Einbringung und Prüfung im Rahmen des Stellenschaffungsverfahrens)
 Siehe gesonderte Darstellung im Sachverhalt

2b. Abstimmung mit DIP ist erfolgt (Nur bei Auswirkungen auf den Stellenplan auszufüllen)

- Ja
 Nein

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

3. Diversity-Relevanz:

- Nein
 Ja

Kurze Begründung durch den anmeldenden Geschäftsbereich:

Durchführung & Abwicklung der Projektentwicklung haben keine Relevanz.
 Die späteren Ausführungsplanungen berücksichtigen die Diversity-Anforderung des Personals.

4. Abstimmung mit weiteren Geschäftsbereichen / Dienststellen:

- RA** (verpflichtend bei Satzungen und Verordnungen)
- Ref. I/II**
- Ref. III**
- Ref. VI**

Beschlussvorschlag:

Der Sachstand und die Geschäftsplanung zur Klärschlammverwertung Region Nürnberg werden zur Kenntnis genommen.

Der Errichtung einer Klärschlammverwertungsanlage für 30.000 Mg/a Trockensubstanz wird vorbehaltlich der Ergebnisse der Genehmigungs- und Refinanzierungsplanung zugestimmt. Das Realisierungskonzept wird politisch unterstützt.

Der weiteren Vorgehensweise gemäß Beilage wird zugestimmt und die Mittel von 12,2 Millionen Euro für die Projektierung und Geschäftsbesorgung durch KSVN GmbH über den Zeitraum 2020 bis 2024 unter Maßgabe der Vorgaben durch Ref. I/II bereitgestellt. Für die Bereitstellung der Finanzierungsmittel erhält SUN das Eigentum an den Planungen und Ergebnissen.

Klärschlammverwertung Region Nürnberg

hier: Grundsatzbeschluss zur Realisierung einer thermischen Verwertungsanlage für 120.000 Mg/a entwässerten Klärschlamm
Beauftragung Projektentwicklung und Vorbereitung der Realisierung

Veranlassung und Zielsetzung

Die Stadt will seine energetischen und stofflichen Umweltbilanzen verbessern. Der Klärschlamm der Region soll mit den Städtepartnern zusammen verwertet werden. Nach Abfallgesetz hat die Stadt Nürnberg spätestens 2023 den Genehmigungsbehörden ein geeignetes Konzept vorzulegen, das festlegt, wie Nürnberg bis spätestens 2029 den Klärschlamm der Kläranlagen thermisch behandelt und den enthaltenen Phosphor zurückgewinnt.

Gemäß Beschluss des WerkA/SUN soll das gemeinsam mit den Städtepartner Erlangen, Fürth und Schwabach, sowie ggf. weiteren kommunalen Partnern der Metropolregion im Rahmen eines regionalen und integrierten Klärschlammverwertungskonzepts geschehen.

Erfolgte Umsetzungsschritte

Am 09.11.2004 beschließt der WerkA/SUN die Beauftragung eines zukunftsweisenden Klärschlammentsorgungskonzepts. Am 18.05.2010 beschließt er die Aufstellung eines zukunftsorientierten Konzepts mit energetischer und stofflicher Verwertung des Klärschlammes auf der Basis der Ergebnisse eines europaweiten Ideenwettbewerbs..

Am 20.12.2011 ermächtigt der Werkausschuss die Werkleitung SUN, eine Verwertungs- und Projektgesellschaft Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH (KSVN) zu gründen. Sie wird beauftragt, das Projekt zu entwickeln und nach der Genehmigung ggf. zu realisieren.

Es wird zunächst mit Partnern zusammen und mit Mitteln des Bundes im Rahmen der Fördermaßnahme „KRN-Mephrec“ eine Pilotanlage errichtet und das Verfahren der Schmelzvergasung mit Phosphorrückgewinnung erprobt. Das Projekt wird 2017 abgeschlossen und die Auswertung der Ergebnisse am 17.07.2018 dem WerkA/SUN berichtet.

Für das geplante Anschlussprojekt „P.KON“ wird die Finanzierung nicht erreicht. Am 18.12.2018 nimmt der WerkA/SUN die Einstellung der Verfahrensentwicklung zur Kenntnis und stimmt zu, einen vorläufig konventionellen Weg der Klärschlamm entsorgung weiter zu verfolgen.

Konzept der weiteren Projektentwicklung

Um rechtzeitig für Nürnberg die Klärschlammverwertung zu gewährleisten, ist in diesem Sinne eine thermische Behandlung des Klärschlammes mit Monolagerung der erzeugten Asche zu projektieren und zu realisieren. Im Zuge der weiteren Planungen können auch technologische und wirtschaftliche Kooperationen mit einschlägigen Unternehmungen geprüft werden. das bezieht sich insbesondere auf die Gewinnung des Phosphors aus den Klärschlammaschen.

Etabliert sich am Markt bis 2023 ein alternatives Verfahren der Phosphorrückgewinnung, wird dieses bei der endgültigen Wahl des Entsorgungswegs vor Baubeschluss der Großanlage entsprechend berücksichtigt und ggfs. in den Entscheidungsprozess einbezogen.

Angestrebt wird die Verwertung einer Klärschlammmenge in der Größenordnung von 120.000 Tonnen entwässerten Klärschlamm (entsprechend 30.000 Tonnen Klärschlammrockensubstanz) als Grundlage der Genehmigungsplanung und Genehmigungsantragstellung. Angesichts der erheblichen Skaleneffekte bei Bau und Betrieb einer solchen Anlage kann damit eine wirtschaftlich solider Betrieb gewährleistet werden.

Planungsmittel werden seitens SUN im Rahmen des Gebührenhaushalts bereit gestellt.

Mit den Nachbarstädten Erlangen, Fürth und Schwabach ist das weitere Vorgehen zur Klärschlamm Entsorgung abzustimmen und zu vereinbaren. Die Akquisition weiterer Klärschlamm mengen der Region wird weiter verfolgt, um die angestrebte Klärschlammmenge in Höhe von circa 120.000 Tonnen entwässerten Klärschlamm (30.000 Tonnen Klärschlammrockensubstanz) als Grundlage der Genehmigungsplanung und Genehmigungsantragstellung zu sichern.

Projektfinanzierungs- und Umsetzungsstruktur

Mit Referat I / II wurde am 16.10.2019 das Einvernehmen hergestellt, dass eine endgültige Festlegung des Umsetzungsmodells noch nicht notwendig ist. Im weiteren Verlauf der Planumsetzung sollen die Interessen der Städtepartner und potenziellen Klärschlammlieferanten der Region, sowie die weiteren Entwicklungen bei der Umsatzsteuerergesetzgebung und beim Abfallrecht berücksichtigt werden.

SUN wird der KSVN GmbH einen Auftrag zur Weiterentwicklung und Projektierung des Vorhabens erteilen. Auf dieser Grundlage ist die Finanzierung der Projektierung sicherzustellen.

Nächste Planungsschritte

KSVN erledigt folgende weitere Schritte mit dem Ziel, die Genehmigung bis spätestens 2024 zu erwirken und den Bau der Klärschlammverwertungsanlage bis spätestens Anfang 2025 zu beginnen.

- Aufnahme der Verhandlung mit den Städtepartnern, mit weiteren kommunalen Kläranlagenbetreibern und mit Zweckverbänden sowie mit Dienstleistern der Klärschlammverwertung. Konkretisierung der geplanten Mengen an Klärschlamm und Rechengut bis zu einem geplanten Umfang von 30.000 Mg/a Trockensubstanz (TS). Es soll ein wirtschaftlich günstiger Verwertungspreis von unter 100 EUR/Mg entwässertem Klärschlamm inklusive Phosphorrückgewinnung zuzüglich Mehrwertsteuer angestrebt werden. Die verhandelten Lieferbedingungen und Beteiligungsmodelle werden den Aufsichtsgremien zur Genehmigung vorgelegt und fließen in die Genehmigungsplanung ein.
- Gutachterliche Standortanalyse unter Nutzung der von KSVN vorgenommenen Standortbewertungen und ggfs. weiterer Optionen durch die beauftragten Fachplaner. Die Kriterien der Bewertung werden mit den betroffenen städtischen Dienststellen und den Städtepartnern abgestimmt. Die Standortfestlegung erfolgt im Rahmen des Genehmigungsantrags.
- Europaweite Ausschreibung und stufenweise Beauftragung der Fachplanungen zur Gesamtanlage. Auswahl und Bestellung der Gutachten gemäß den Bestimmungen des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Beauftragung der Projektbegleitung und Umweltverträglichkeitsprüfung, sowie der Öffentlichkeitsarbeit.
- Validierung der am Markt verfügbaren und durch KSVN vorgeprüften Technologien und Prozesse durch die beauftragten Fachplaner im Rahmen der Vor- und Entwurfsplanung. Ausarbeitung der bestmöglichen Lösung und Beantragung der immissionschutzrechtlichen Genehmigung.

- Weiterverfolgung und Prüfung der Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor. Fortsetzung und bedarfsweise Konkretisierung der Anwendungsbedingungen und Umsetzungsoptionen zusammen mit Verfahrensanbietern und Dienstleistern. Berücksichtigung der Vorzugsvariante zur Phosphorrückgewinnung im Rahmen des bis 2023 vorzulegenden Verwertungskonzepts als Teil des Genehmigungsantrags.
- Festlegung und Umsetzung der Finanzierungsstruktur ggfs. unter Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten in Zusammenarbeit mit Referat I / II.

Finanzierung

Die Projektentwicklungs- und die Planungskosten (Leistungsphasen Grundlagenermittlung, Vorplanung, Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung) wurden von KSVN auf Basis einer realisierten Wirbelschichtgroßverbrennungsanlage ermittelt. Um den zeitnahen Baubeginn nach Erhalt der Genehmigung sicher zu stellen, sind teilweise Leistungen nach HOAI für die Leistungsphasen 5 bis 7 (bis zur Vorbereitung der Vergabe) zeitnah während des Genehmigungsprozesses zu beauftragen. Der Finanzierungsbedarf für die Projektentwicklung und Vorbereitung der Realisierung inklusive Geschäftskosten KSVN liegt auf der Basis einer Kostenschätzung in Jahrestanchen bei:

Planungsjahr	2020	1.950 TEUR
	2021	2.503 TEUR
	2022	2.542 TEUR
	2023	2.580 TEUR
	2024	2.617 TEUR

Summe Planungsabschnitt **12.200 TEUR** (gerundet)

Die Kostenschätzung bezieht sich auf das Jahr 2019. Weiterverrechnungen an SUN werden mit MwSt ausgewiesen.

Das für die Bearbeitung erforderliche Personal soll voraussichtlich ab 2021 von derzeit 2 Personen ausgehend bis Ende 2023 planmäßig aufgebaut werden:

- Geschäftsführung
- Technisch/organisatorische Assistenz
- Kaufmännische Betreuung
- 4 Projektingenieure
- Sekretariatsdienst

Die Projektrealisierung ist insbesondere mit Blick auf die Genehmigungsaussichten und eine schwierige Personalbereitstellungssituation risikobehaftet. Bis zum Baubeschluss auf Grundlage der erteilten Genehmigung werden flexible Beschäftigungsoptionen unter Berücksichtigung der tariflichen Bestimmungen verfolgt.

Die Planungen werden in Objektplänen schrittweise konkretisiert.

Vorläufige Zeitplanung

11/2019	Beschluss Geschäftsplan WA-KSVN
12/2019	Erstellung Ausschreibung Planer
12/2019	Ausschreibung Planer
01/2020 – 12/2020	Grundlagenermittlung, vertragliche Bindung Klärschlammlieferanten
2019 – 2023	<i>Marktbeobachtung alternativer und innovativer Verfahren</i>
06/2020	Auftragsvergabe Planer
06/2020 – 12/2022	Vorplanung (WS und Alternativen) und Entwurfsplanung
06/2022 – 05/2023	Genehmigungsplanung inkl. Erstellung der Gutachten
06/2023	Einreichung Genehmigungsantrag
06/2023 – 06/2026	Ausführungsplanung, Vorbereitung Vergaben

2023	Bericht an zuständige Behörde gemäß NO AbfKlärV
06/2024	Erhalt immissionsschutzrechtliche Genehmigung
ab 06/2024	Vergaben an ausführende Firmen
09/2024 – 06/2027	Bau- und Montage
03/2027 – 12/2027	Inbetriebnahme
01/2028 – 03/2028	Probetrieb
04/2028 – 12/2028	Betrieb und Mängelbeseitigung (Reservezeitraum)
ab 01/2029	Betrieb

Aussichten der Kostenentwicklung

Gemäß dem noch bestehenden Altvertrag mit einem Klärschlammhändler liegt der derzeitige Klärschlamm Entsorgungspreis für Nürnberg bei 53,50 EUR/Tonne (ohne P-Recycling). Aktuelle marktübliche Entsorgungspreise liegen bei 90 bis 120 EUR/Tonne. Der bestehende Entsorgungsvertrag Nürnbergs läuft Mitte 2020 aus. Es muss mit einer zusätzlichen Belastung des Gebührenhaushalts in Höhe von 4 bis 5 Cent / m³ Schmutzwasser gerechnet werden.

Nach Hochrechnung und Verzinsung sämtlicher aktivierbarer Kosten wird für die geplante Neuanlage mit einer Investitionsgesamtsumme in Höhe von 128 Millionen Euro im Sinne einer Kostenschätzung gerechnet. Der Preis pro Tonne entwässerten und verwerteten Klärschlamm beläuft sich gemäß vorläufiger Berechnungen auf netto 99 EUR (Kostenbasis 2019). Darin wäre die Phosphorrückgewinnung inbegriffen. (Rechnung ohne P-Recycling ca. 73 EUR / Mg eKS.)

Belastbare Kostenberechnungen können prinzipiell erst auf Grundlage einer bestätigten Genehmigungsplanung erstellt werden. Nach aktueller Hochrechnung ist aber die Investition und der Betrieb der Klärschlammverwertungsanlage nicht allein unter Umweltsichtspunkten sinnvoll, sondern auch im bundesweiten Wettbewerb wirtschaftlich darstellbar.

Ergebnis

Das vorliegende Anlagen- und Betriebskonzept erfüllt die Anforderungen an eine zukunftssichere thermische Klärschlammverwertung einschließlich Phosphorrecycling.

Der vorläufig kalkulierte Behandlungspreis ohne Phosphor-Recycling ist bereits im derzeitigen Marktumfeld wettbewerbsfähig. Der Standort Klärwerk Muggenhof bietet sehr gute Voraussetzungen für eine eigene thermische Klärschlammbehandlung. Es werden signifikante Synergien bei der Abwasserreinigung und der thermischen Klärschlammbehandlung erzielt.

Über die weitere Verwendung der Produkte der thermischen Klärschlammbehandlung, sowie über ihre Aufbereitung in einer eigenen oder gegebenenfalls mit weiteren Partnern zusammen errichteten und betriebenen Phosphor-Recycling-Anlage wird nach fachlichen, strategischen und politischen Kriterien voraussichtlich bis zum Zeitpunkt der Umsetzung der genehmigten Planung der thermischen Klärschlammverwertungsanlage entschieden.

Der Werkausschuss SUN wird über den kommenden Planungsfortschritt zeitnah informiert.

Über die endgültige Realisierung entscheidet der Werkausschuss SUN auf Grundlage der Planungs- und Genehmigungsergebnisse unter Berücksichtigung des von KSVN fortgeschriebenen Refinanzierungsplans für den Bau und Betrieb der Anlage.

28. Oktober 2019
Dr. Pluschke

Hagspiel (4520)



Klärschlammverwertung
Region Nürnberg GmbH

Klärschlammverwertung Region Nürnberg

Sachstand und Geschäftsplan

Planungsstand 28. Oktober 2019

Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH
Hagspiel Burkard, Schwarzmann Otto, Schmidt Michaela

Adolf-Braun-Straße 33
90429 Nürnberg
+49 (911) 231 4520

burkard.hagspiel@stadt.nuernberg.de
klaerschlammverwertung.nuernberg.de

Inhalt

Zusammenfassung	1
1 Anlass und Zielsetzung	3
1.1 Ausgangslage.....	3
1.2 Ziele und Prämissen.....	4
2 Unternehmen	6
2.1 Unternehmensgegenstand	6
2.2 Bislang erfolgte Umsetzung des Unternehmenszwecks	6
2.3 Weiteres Vorgehen	7
2.4 Organe	8
2.5 Personal	9
3 Gesetzlicher Auftrag der Klärschlammverwertung	10
4 Geschäftsstrategie	13
4.1 Markt und Wettbewerb	13
4.1.1 Entwicklung und Struktur des Markts.....	13
4.1.2 Mitbewerber der Klärschlammverwertung	16
4.2 Partner und Kunden	17
4.2.1 Klärschlamm der Partner Nürnberg, Erlangen, Fürth und Schwabach.....	20
4.2.2 Entwicklung des Klärschlammauftkommens.....	20
4.2.3 Verwertung von Bioabfällen	21
4.2.4 Vermarktung freier Kapazitäten	22
4.2.5 Betriebliche Partnerschaften für Produktionsausfälle	23
4.3 Öffentlichkeitsarbeit	23
4.4 Produkte und erbrachte Dienstleistung	25
4.4.1 Produkte	25
4.4.2 Weitere Dienstleistungen	25
4.4.3 Preissystematik.....	26
4.4.4 Preiserwartungen für die neue Anlage.....	28
4.5 Bewertung Geschäftsmodell.....	30
4.5.1 Stärken Geschäftsmodell.....	30
4.5.2 Schwächen Geschäftsmodell.....	31
4.5.3 Chancen Geschäftsmodell.....	31
4.5.4 Risiken Geschäftsmodell	32
5 Technologie und Logistik	34
5.1 Verfahrensalternativen	34
5.1.1 Verfahren der thermischen Klärschlammbehandlung	34
5.1.2 Verfahren für Phosphorrecycling.....	37
5.1.3 P-Recyclingverfahren mit hohem Technologiereifegrad	38

5.1.4	Thermische Verfahren gekoppelt mit Phosphorrückgewinnung.....	42
5.1.5	Klärschlamm-schmelzkonversion P.KON.....	49
5.2	Monoverbrennung im Wirbelschichtofen (Stand der Technik).....	50
5.2.1	Die Eckpunkte und Anforderungen	50
5.2.2	Der geplante Prozess	50
5.2.3	Das geplante Anlagenkonzept	53
5.2.4	Der geplante Betrieb.....	59
5.3	Standort.....	60
5.3.1	Alternative Standorte im Umfeld Nürnberg	61
5.3.2	Der Klärwerksstandort Muggenhof	64
5.3.3	Einbettung im Siedlungsumfeld Nürnberger Westen	68
5.4	Einordnung in die Masterplanung Klärwerk Muggenhof.....	70
6	Zeitliche Umsetzung.....	75
6.1	Akquisition Klärschlamm	76
6.2	Planung und Realisierung	76
6.3	Betrieb	79
7	Betriebswirtschaftliche Planrechnung	80
7.1	Allgemeines Planungskonzept	80
7.1.1	Finanzierungsstruktur	81
7.1.2	Planungsrechnung.....	82
7.2	Gewinn- und Verlustrechnung	83
7.2.1	Umsatzerlöse.....	83
7.2.2	Sonstige betriebliche Erträge.....	85
7.2.3	Materialaufwand	86
7.2.4	Personalaufwand	87
7.2.5	Sonstige betriebliche Aufwendungen.....	87
7.2.6	Abschreibungen.....	89
7.2.7	Zinsergebnis	89
7.2.8	Steuern	89
7.3	Bilanz.....	91
7.4	Liquiditätsrechnung	93
7.5	Sensitivitäten	93
8	Literaturverzeichnis.....	94
9	Beilagen.....	95
9.1	Gewinn und Verlustrechnung	95
9.2	Bilanzentwicklung.....	96
9.3	Liquiditätsrechnung	97
9.4	Finanzierung.....	98
9.5	Entgeltkalkulation für Klärschlamm-Verwertung.....	99

Abbildungen und Tabellen

Abbildung 3-1	Entscheidungspfad zur Klärschlammverwertung für Klärwerke ab 50 000 EW	10
Abbildung 4-1	Entwicklung Klärschlamm aufkommen in Deutschland	14
Abbildung 4-2	Stand und Prognose der Entsorgungswege des Klärschlamm Deutschland	15
Abbildung 4-3	Entwicklung Klärschlamm aufkommen in Bayern	15
Abbildung 4-4	Stand und Prognose der Entsorgungswege des Klärschlamm Bayern	16
Abbildung 4-5	Klärschlammmonobehandlungsanlagen in Deutschland	17
Abbildung 4-6	Regionales Klärschlamm aufkommen kreisfreie Städte und Landkreise Bayerns	19
Abbildung 5-1	Produktionsablauf der für Nürnberg untersuchten/relevante thermochem. Verfahren	35
Abbildung 5-2	Phosphorgehalt im getrockneten Klärschlamm Nürnbergs und der Städtepartner	37
Abbildung 5-3	Überblick und Entwicklungsstand halb- und großtechn. erprobter P-Recyclingverfahren	38
Abbildung 5-4	Überblick technisch erprobter, thermochemischer P-Recyclingverfahren	40
Abbildung 5-5	Einstufung der Düngewirkung verschiedener P-Produkte aus Klärschlamm	42
Abbildung 5-6	EuPhoRe-Verfahren zur Kalzinierung von Klärschlamm im Drehrohrofen	44
Abbildung 5-7	Extraktion von Phosphor aus der Asche mittels Tetrachlorphosphor	46
Abbildung 5-8	Extraktion von Phosphor aus der Asche mittels Solventextraktion	47
Abbildung 5-9	Aufstellungsplan Thermische Verwertung (Entwurf)	54
Abbildung 5-10	Potenzielles Erzeugungsportfolio für FW-Anschlussbestand Nürnbergs	56
Abbildung 5-11	Schema einer aktuellen 30.000 MG TS/a Wirbelschichtverbrennungsanlage	58
Abbildung 5-12	Prozesstechn. Integration der therm. Klärschlammbehandlung im Klärwerk Muggenhof	67
Abbildung 5-13	Einbettung der Klärschlammverwertung im Umfeld von SUN und Nürnberg West	68
Abbildung 5-14	Entwurf Masterplan Klärwerk Muggenhof mit Abgrenzung Verfahrensketten	74
Abbildung 7-1	Entwicklungsprognose der kumulierten Kosten und deren Refinanzierung	80
Tabelle 3-1	Entsorgungsmöglichkeiten Klärschlamm für Nürnberg	11
Tabelle 4-1	Klärschlamm mengen Städtepartner Nürnberg, Erlangen, Fürth und Schwabach	20
Tabelle 4-2	Zusammenstellung der prognostizierte Verwertungskosten bei 30.000 Mg/a KS TS	29
Tabelle 4-3	Zusammenstellung der prognostizierten Kosten für die einzelnen Projektphasen	30
Tabelle 5-1	Übersicht thermischer Verfahren und Trockner mit möglichen Kombinationen	34
Tabelle 5-2	P-Rückgewinnung in der kommunalen Abwasserreinigung	37
Tabelle 5-3	P-Rückgewinnungsverfahren - für Nürnberg näher favorisiert	43
Tabelle 5-4	Prognostizierter Flächenbedarf und Flächenangebot	66
Tabelle 5-5	Masterplanentwurf Klärwerk Muggenhof mit Einbindung KS-Verwertungsanlage	73
Tabelle 6-1	Aktionsplan KSVN mit wichtigen Meilensteinen (Maximalvariante)	75

Abkürzungen

ASN	Abfallwirtschaftsbetrieb Stadt Nürnberg, Nürnberg
BilRUG	Bilanzrichtlinie-Umsatzgesetz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
DCP/TCP	Dicalcium- / Tricalciumphosphat (Standard Kalkphosphat-Dünger)
DIN 276-4	DIN Normenausschuss Bauwesen Kosten im Bauwesen Teil 4: Ingenieurbau
DSCR	Kapitaldienstdeckungsgrad, bezogen auf langfristige Finanzierung (EBITDA / (Zins+Tilgung))
EAT	Jahresergebnis (Jahresüberschuss / -fehlbetrag) als Ergebnis nach Steuern
EBIT	Ergebnis vor Zinsen und Steuern (operatives Ergebnis)
EBITDA	Ergebnis vor Zinsen, Steuern, Abschreibungen auf Sachanlagen/ immaterielle Vermögensgegenstände und Tilgung
EBS	Ersatzbrennstoff
EBT	Ergebnis vor Steuern (Vorsteuergewinn)
eKS	Entwässerter Klärschlamm
ERWAS	Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft (Förderprogramm FONA)
F LuL	Forderungen aus Lieferungen und Leistungen (Bilanzielles Umlaufvermögen)
FNP	Flächennutzungsplan
FONA	Forschung für nachhaltige Entwicklung (Programm der Bundesregierung)
GmbHG	Gesetz betreffend die Gesellschaften mit beschränkter Haftung
GuD	Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk, in dem die Abwärme im Dampfkraftwerk genutzt wird
HGB	Handelsgesetzbuch
HGrG	Haushaltsgrundsätzegesetz
InsO	Insolvenzordnung
JFE	Japanischer Hersteller für Vergasungsanlagen
KAG	Kommunalabgabengesetz
Kontakttr.	Scheibentrockner, Schneckenrockner 45- 90 %; Dünnschichtrockner bis 45 %
KRN-Mephrec	Klärschlammverwertung Region Nürnberg mit metallurgischem Phosphorrecycling (ERWAS-Initiative der KSVN GmbH)
KS	Klärschlamm
KSVN	Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH, Nürnberg
Kubota	Japanischer Hersteller für Schmelzfeuerungen
KVR 2012	Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)
LSP	Leitsätze für die Preisermittlung aufgrund von Selbstkosten gemäß Anlage zur Verordnung über die Preisbildung bei öffentlichen Aufträgen (VpöA)
Mg	Tonnen (Metrische Einheit Megagramm)
MVA	Müllkraftwerk / Müllverbrennungsanlage
NO AbfKlärV	Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung von September 2017
OS	Originalsubstanz (i.d.R. entwässerter (eKS), aber nicht weiter behandelter Klärschlamm)
P.KON	Phosphor Schmelzkonversion (In Nürnberg 2012 bis 2018 entwickelte KS-Verwertungsverfahren)
P ₂ O ₅ ->P	Umrechnungsfaktor Phosphat zu Phosphor-P = 1 zu 0,4365

RePhoR	Bundesförderinitiative Regionales Phosphorrecycling zur Erprobung und großtechnischen Realisation einer regionalen Klärschlammverwertungsstrategie
RGR	Rauchgasreinigung
Rost	Rostfeuerung (ähnlich Müllverbrennung)
SUN	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
TAN-Modell	Projekträger-Modell Thermische Abfallbehandlung Nürnberg GmbH (GmbH Zweck: Entwicklung, Planung, Realisierung u. Betriebsaufnahme Verbrennungsanlage)
TM/TS	Trockenmasse/Trockensubstanz (Gewichtsanteil)
TR	Trockenrückstand in %
TreaTech	neuartiges Verfahren zur hydrothermalen Methanisierung (Paul-Scherrer-Institut, Schweiz) organischer Bestandteil des Klärschlammes, gleichzeitige Rückgewinnung von Phosphor in einer Salzlösung und Schwermetallausschleusung
TRL	Technologischer Reifegrad
UVPG	Gesetz für die Umweltverträglichkeitsprüfung
VFE	Vermögens-, Finanz- und Ertragslage
VJ	Vorjahr
WA-SUN	Werkausschuss Stadtentwässerung und Umweltanalytik SUN (Aufsichtsgremium des Eigenbetriebs SUN)
WS	Wirbelschichtfeuerung
WVT	Wirbelschichtverdampfungstrockner: trocknet eKS auf 90 %TR (Neuentwicklung Braunschweiger Maschinenfabrik, abgeleitet aus der Zuckerproduktion)

Zusammenfassung

Nürnberg steht für seine Verantwortung ein, die nachhaltige Daseinsvorsorge mit einer öffentlichen Wasser- und Abfallwirtschaft in kommunaler Hand zu sichern. Die Stadt hat deshalb 2004 beschlossen, die Klärschlammverwertung der Stadt zukunftsgerichtet und innovativ neu zu gestalten. 2017 wurden die Grundanforderungen der thermischen Behandlung und Rückgewinnung des Phosphors gesetzlich definiert. Bis 31.12.2023 hat die Stadt einen Bericht über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der ab 1. Januar 2029 durchzuführenden Phosphorrückgewinnung der zuständigen Behörde vorzulegen.

2012 hat die Stadt die KSVN GmbH gegründet und beauftragt, diese Aufgabe für Nürnberg und die Städtepartner zu erledigen. KSVN hat die Möglichkeiten der Umsetzung systematisch erforscht. Sie hat im Rahmen eines Forschungsvorhabens die Möglichkeiten der Schmelzvergasung erprobt und weiterentwickelt. Die weiteren Optionen wurden validiert und die möglichen Verfahren ausgesucht. Daraus ging 2018 das Zukunftskonzept hervor.

Geplant wird eine thermische Klärschlammbehandlung mit mindestens 20.000 Mg TS /a Kapazität. Gemäß den Prämissen der Wirtschaftlichkeit wird die Kapazität in Höhe von 30.000 Mg TS /a angestrebt. Bei dieser Klärschlammmenge kann ein angemessener, marktgängiger Verwertungspreis erreicht werden. Die Transportwege werden bei Realisierung als regionale Klärschlammverwertungs-lösung begrenzt und die erzeugte Wärme wird im Fernwärmenetz Nürnbergs energetisch sinnvoll genutzt. Die Kalkulation belegt, dass Bau und Betrieb der geplanten Klärschlammverwertungsanlage wirtschaftlich sind.

Die städtisch in Frage kommenden Standorte wurden voruntersucht. Der Standort auf dem Klärwerk Muggenhof weist die größten Vorzüge auf. Es können wichtige Synergien z.B. bei der Abwasserentsorgung, der Energiebereitstellung und Wärmeverwertung erzielt werden. Die Realisation der Anlage im städtischen Umfeld ist hinsichtlich Logistik, Bauvolumen und Anforderungen an die Qualität der Bauausführung und die Minimierung der Umweltbelastung im städtischen Umfeld eine besondere Herausforderung.

Es stehen mehrere technische Verfahrensvarianten zur Verfügung, die im Rahmen der Entwurfs- und Genehmigungsplanung systematisch ausgearbeitet und hinsichtlich der Integration in das vorhandene Umfeld überprüft werden. Ein Verwertungsverfahren, das die Verwertung des Phosphors gewährleistet, ist für die Realisation in Nürnberg vorrangig. Die Entwicklungen und Verfahren der Phosphorrückgewinnung werden deshalb während der Planungsphase technisch und wirtschaftlich weiterhin auf ihre Umsetzbarkeit geprüft und im Realisierungskonzept 2023 gemäß den gesetzlichen Anforderungen der Phosphorrückgewinnung berücksichtigt. Erlangt bis zur Genehmigung bzw. bis

zum Planumsetzungsbeschluss *kein* geeignetes Verfahren die erforderliche Reife, wird das Klärschlammprodukt gesetzeskonform gelagert und einer späteren Verwertung zugeführt.

Nürnberg entscheidet sich politisch für einen Weg der Klärschlammverwertung, stellt die Kapazitäten der Planung und Realisation bereit und sichert die Finanzierung. Die Aufgabe der regionalen Klärschlammverwertung soll bedarfsweise satzungsmäßig verankert werden.

Für die Planung ist die Wahl der Anlagenkapazität eine entscheidende Genehmigungs- und Wirtschaftlichkeitsgröße. Auf Grundlage des vorliegenden Geschäftsplans werden Verhandlungen mit den potenziellen Klärschlammlieferanten aufgenommen, um eine langfristige Lieferverbindlichkeit an die geplante thermische Klärschlammbehandlungsanlage zu erreichen. Die Optionen der Partnerschaften sind zu überprüfen und politisch und vertraglich möglichst früh festzulegen.

Dann folgt die Entwurfs- und Genehmigungsplanung, begleitet mit entsprechender Öffentlichkeitsarbeit unter Führung des zuständigen Referats für Umwelt und Gesundheit. Abhängig von der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der Verwertungs- und aktuellen Phosphorrückgewinnungsverfahren erfolgt die Entscheidung für die Planumsetzung unter den gegebenen, standörtlichen Bedingungen an Fläche, Logistik und Emissionen auf Grundlage der Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzgesetz. Der Beschluss der Realisation vor Baubeginn berücksichtigt die Interessen der zukünftigen Geschäftspartner und setzt die vieljährige, vertragliche Verpflichtung der Andienung des Klärschlammes voraus. Die Anlage soll spätestens 2028 den Probebetrieb aufnehmen. Die Gestaltung einer potenziellen Betreibergesellschaft und der Regelbetrieb der Verwertungsanlage gestalten sich nach Maßgabe der Ergebnisse der Verhandlungen mit den Klärschlammlieferanten und Geschäftspartnern.

1 Anlass und Zielsetzung

Vorliegender Geschäftsplan stellt die von KSVN vorgesehenen Schritte für die weitere Entwicklung der zukünftigen thermischen Klärschlammbehandlung bis zur Inbetriebnahme vor. Er berücksichtigt die Optionen der gesetzlich geforderten Phosphorrückgewinnung. Die Kostenschätzung zeigt die erforderlichen Investitionen und die Kosten für die Klärschlammbehandlung in – nach aktuellen Erfahrungswerten – geschätzten Größenordnungen.

Der Geschäftsplan ist die Grundlage für die Zustimmung durch den Stadtrat und ggf. weitere Geschäftspartner, die Bereitstellung der erforderlichen Mittel, sowie für die planmäßige Fortführung der Arbeiten.

1.1 Ausgangslage

In der Stadt Nürnberg fallen jährlich ca. 40.000 Mg entwässerter Klärschlamm aus der Abwasserreinigung und rund 25.000 Mg Biostoffe aus privaten Küchen und Gartenabfällen an. Darüber hinaus wird ein Potenzial von mindestens 10.000 Mg an weiteren organischen, nassen Abfällen aus Gewerbe und Haushalten vermutet (insgesamt ca. 20.000 bis 25.000 Mg Trockensubstanz (TS)).

Die Stadt Nürnberg erledigt ihren gesetzlichen Auftrag der Abwasserentsorgung durch den Eigenbetrieb Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg (SUN). Zu deren Aufgaben zählen die Sammlung und Trennung der Schmutzfracht aus dem Wasser bis zur Entwässerung des dabei erzeugten Klärschlammes.

Die Entsorgung des Klärschlammes der Klärwerke ist nach Kreislaufwirtschaftsgesetz eine öffentlich-rechtliche Pflichtaufgabe und muss auf die Abwassergebühr angerechnet werden. Für den Umgang mit dem Klärschlamm maßgeblich ist die novellierte Klärschlammverordnung (NO AbfKlärV 2017). Die Klärschlammverwertung ist nicht Gegenstand der wasserrechtlichen Genehmigung von Bau, Betrieb und Abwassereinleitung nach Wasserrecht, sondern ist im Abfallrecht verortet.

Bislang bedient sich die Stadt der Dienstleistung privater Dritter, um den Bioabfall zu kompostieren und den Klärschlamm in Braunkohlekraftwerken zu verbrennen. Der Klärschlamm wird derzeit noch über die Südwasser GmbH zu einem vorteilhaften Preis entsorgt. Da aufgrund der Novellierung der Düngemittelverordnung in der Landwirtschaft kaum mehr Klärschlamm untergebracht werden kann, hat sich der Entsorgungspreis von 2018 bis 2019 ca. verdoppelt. In Norddeutschland wird ein Entsorgungsnotstand beklagt. Auch in Bayern mussten bereits Klärschlammzwischenlager angelegt werden – mit oft besonders kritischem Geruchspotenzial.

Es gibt in der Region keine eigenen Entsorgungskapazitäten. Die Werkleitung SUN kann bei Ausfall der privaten Entsorgungskapazitäten die Entsorgung des Klärschlammes, mit drastischen Folgen für die Stadt, nicht gewährleisten.

Der Klärschlamm Nürnbergs erfüllt die Voraussetzungen für eine thermische Verwertung. Laut Auskunft des aktuellen Entsorgers führt die erhöhte Belastung mit Vanadium und Arsen dazu, dass derzeit nur einer der verwertenden Betriebe des Entsorgers das Material verarbeiten kann.

Spätestens zum September 2020 muss die Klärschlammentsorgung Nürnbergs neu vergeben sein. Bei der Neuvergabe wird eine längerfristige Vertragslaufzeit angestrebt, um für Nürnberg und für die anbietenden Klärschlammentsorger in gegenseitigem Interesse eine langfristig kalkulierbare Zusammenarbeit vereinbaren zu können.

Ab 2029 ist über die thermische Behandlung hinaus die stoffliche Verwertung von Phosphor gesetzlich verbindlich. Verfahren der P-Rückgewinnung sind noch nicht etabliert. Der Klärschlamm der Großkläranlage Nürnberg darf nach den neuen Regeln zukünftig nicht mehr in der Landwirtschaft eingesetzt werden, sondern ist thermisch mit Rückgewinnung des Rohstoffs Phosphor zu behandeln.

Um der gesetzlichen Entsorgungspflicht nachzukommen, sind von den Fachgremien für Deutschland im kommenden Jahrzehnt ausreichend viele Monoverbrennungsstandorte mit Phosphorreyclinganlagen vorgeschlagen worden. Der Standort Metropolregion Nürnberg wurde als favorisierter Mittelpunkt eines Verwertungsstandorts mit einer sinnvollen Kapazität von 30.000 bis 40.000 Mg TS pro Jahr identifiziert (vgl. Abbildung 4-5 auf Seite 17).

Mit Blick auf die langen Planungs- und Genehmigungszeiträume ist die Entscheidung zum weiteren Vorgehen sehr dringlich. Bei Störungen im Umsetzungsprozess des Vorhabens ist die Terminplanung kritisch.

1.2 Ziele und Prämissen

Die novellierte Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.09.2017 enthält neu definierte Anforderungen der stofflichen Verwertung. Sie legt fest, dass bis 2029 der Phosphor im Klärschlamm von Kläranlagen ab 100.000 EW mindestens zu 50 % zurück zu gewinnen ist oder der Restgehalt maximal 20 g/kg Klärschlamm Trockensubstanz betragen darf. Bei der Veraschung des Klärschlammes sind mindestens 80 % des in der Asche enthaltenen Phosphors zu recyceln. Die erzeugten P-Produkte haben mindestens den Anforderungen des in Überarbeitung befindlichen Düngemittelrechts zu entsprechen oder sind alternativ in konzentrierter Form der industriellen oder sonstigen gewerblichen Nutzung zuzuführen.

Es soll deshalb eine thermische Verwertung realisiert werden:

- Es entstehen deutlich geringere Mengen als Schlamm. Die Reste sind anorganisch.
- Es verbleibt keine Belastung durch Pathogene und Arzneimittelrückstände etc.

- Teilweise ist durch die Verbrennung die Aufkonzentration von Schwermetallen in der Asche zu berücksichtigen. Aber auch die Abreicherung (Hg, Cd).

Die Konzeption berücksichtigt neben den Anforderungen der Phosphorrückgewinnung besonders die energetische Nutzung der im Abfall enthaltenen Energie im Sinne der Energieziele von Bund, Land und Gemeinde. Die Nutzung der Energie dient der Substitution von CO₂-emittierenden Primärenergiequellen wie z.B. Braunkohle. In diesem Sinne ist ein Verfahren auszuwählen und zu entwickeln, das die Verwertung möglichst effizient durchführt und Energie in möglichst hochwertiger Form als Ersatz für nicht regenerative Energieträger bereitstellt. Die Anlage soll soweit wie möglich die Wärmebereitstellung für den Winter maximieren und im Sommer minimieren.

Verbleibender und zu entsorgender Abfall ist in der Summe nach Menge und Gefährlichkeit so weit wie möglich zu vermeiden. Die erzeugten Produkte, wie diverse Minerale (Dünger/Baustoff), Metalle und organische Stoffe, sollen einen möglichst positiven Marktwert bzw. Kostendeckungspreis erzielen.

Die Realisation berücksichtigt die wirtschaftlichen Kriterien auf dem Niveau vergleichbarer Projekte anderer Städte und Verbände.

2 Unternehmen

2.1 Unternehmensgegenstand

Die Gesellschaft Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH (KSVN) wurde am 27.03.2012 gegründet. Gemäß Gesellschaftsvertrag ist ihr Zweck die Sammlung und Aufbereitung des Klärschlammes der regionalen Abwasserreinigungsbetriebe und ggf. von Bioabfällen sowie die Eliminierung der darin enthaltenen Schadstoffe. Der Schlamm soll in Nürnberg als wichtigster Energieträger des Abwassers für die Verwertungsprozesse genutzt und die Inhaltsstoffe als Rohprodukte zur weiteren Verwertung aufbereitet werden.

2.2 Bislang erfolgte Umsetzung des Unternehmenszwecks

Am 09.11.2004 beschloss der WA-SUN die Beauftragung eines zukunftsweisenden Klärschlamm-entsorgungskonzepts. Seine Umsetzung bei SUN wird in den Teilen Faulung und Entwässerung in 2020 vorläufig abgeschlossen. Am 18.05.2010 stimmte WA-SUN auch der Aufstellung eines zukunftsorientierten Konzepts mit energetischer und stofflicher Verwertung des Klärschlammes zu. Seit 2011 wurde die Strategie, mit Forschungs- und Wirtschaftspartnern zusammen für die Städtepartner Erlangen, Fürth und Schwabach und die weitere Metropolregion als regionales und integriertes Klärschlammverwertungskonzept mit thermochemischem Phosphorrecycling vorangetrieben. In der Städtekonferenz bestätigten die Bürgermeister das Vorgehen und baten Nürnberg, die entsprechenden technischen und organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen und die Zusammenarbeit mit entsprechenden Vereinbarungen herbeizuführen.

Am 20.12.2011 ermächtigt der Werkausschuss die Werkleitung SUN, die Verwertungs- und Projektgesellschaft KSVN GmbH zu gründen und Verhandlungen zur Realisierung einer Pilotanlage mit potenziellen Technologie- und Entwicklungspartnern zu beginnen. Die Gesellschaft soll effektives Handeln fördern, die einwandfreie kaufmännische Trennung der Geschäfte und Weiterverrechnung der Aufwendungen gewährleisten, sowie steuerliche Vorteile (maßgeblich Vorsteuerabzug) nutzen. Um diverse, auch nicht öffentlich-rechtliche Kooperationen und Partnerschaften über den Stadtkonzern hinaus eingehen zu können und um die Geschäftsabwicklung so preiswert und einfach zu gestalten wie möglich, wurde die Gesellschaftsform der GmbH gewählt. Hierdurch ist eine flexible Arbeitsweise mit schnellem Entscheidungswegen unabhängig vom Verwaltungsapparat eines Eigenbetriebs gewährleistet.

Am 27.03.2012 nimmt die Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH die Arbeit auf. Das Geschäftsmodell sah vor, dass die Gesellschaft das notwendige Know-how im Rahmen von Untersuchungen und Tests erwirbt und später bei der Realisierung einer Großanlage als regional operierende Projekt- und Betriebsgesellschaft anwendet.

Am 17.12.2013 beauftragte der WA-SUN die Erprobung der Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling mit Hilfe des Verfahrens „Mephrec“. KSVN akquirierte erfolgreich Fördermittel des Umweltbundesministeriums. Durch Konkurs des Wirtschaftspartners muss das Projekt neu gestartet werden.

Nach Bereitstellung eines Betriebsmittelkredits durch den WA-SUN am 08.07.2014 und Genehmigung eines neuen Projektentwurfs am 24.10.2014 konnte schließlich mit einem neuen Partner zusammen das Pilotvorhaben als Bundesförderprojekt zur Erforschung und Entwicklung des metallurgischen Phosphorrecyclings (KRN-Mephrec) gestartet werden (Bereitgestellte Eigenmittel der Stadt Nürnberg ca. 1,9 Mio. EUR; Beitrag Wirtschaftspartner Baumgarte GmbH ca. 2,9 Mio. EUR; Förder-summe des BMBF > 4,2 Mio. EUR).

Das Projekt KRN-Mephrec wurde mit der Abgabe des Schlussberichts am 25.04.2018 beendet. Fördermittel zur Weiterführung der Erprobung wurden nicht genehmigt. Deshalb konnten die vorgesehenen Langzeitversuche nicht durchgeführt werden. Die ordnungsgemäße Berichterstattung wurde durch den Projektträger bestätigt und der Schlussbericht angenommen. Damit ist die Kooperation der Forschungspartner beendet. Gegenseitige Leistungsansprüche bestehen nicht.

Das Ergebnis der Erprobung ist nicht eindeutig. Die Weiterentwicklung des Verfahrens wird als vielversprechend beurteilt. Es ist aber offen, wie sich das Verfahren und die Produktqualität im Dauer-versuchsbetrieb bewährt.

Der Gesellschafter wünschte zunächst, dass die Weiterentwicklung im Rahmen eines weiteren Fördervorhabens der Bundesregierung durchgeführt wird. Am 29.06.2018 stellte KSVN hierzu den Förderantrag im Rahmen der Bundesförderinitiative Regionales Phosphorrecycling (RePhoR) zur Erprobung und Realisation des in Nürnberg fortentwickelten Verfahrens der Phosphor Schmelzkonversion (P.KON). Das Vorhaben wurde technisch und rechtlich durch Fachgutachten positiv begutachtet und die Gebührenfähigkeit durch das bayerische Staatsministerium bestätigt. Das Vorhaben wird am 17.09.2018 eingestellt, weil die Gesamtfinanzierung nicht zu Stande kam.

2.3 Weiteres Vorgehen

Durch die aktuellen gesetzlichen und organisatorischen Entwicklungen ist die Entsorgungssicherheit für Klärschlamm für SUN mittelfristig nicht gewährleistet. KSVN führt die notwendigen Geschäfte zum Aufbau der zukünftigen Klärschlammentsorgung fort.

Der Auftrag der Stadt an KSVN erfolgt mit folgenden Prämissen:

- Gesetzeskonforme Erledigung nach Kreislaufwirtschaftsgesetz, interdisziplinär an der Schnittstelle zwischen den städtischen Betrieben SUN und ggf. ASN sowie N-Ergie.

- Entlastung SUN von systemplanerisch neuen und komplizierten Projektaufgaben außerhalb des nach Wasserrecht definierten Kerngebiets der Siedlungswasserwirtschaft.
- Nutzung des Potenzials als kleine Gesellschaft mit flexibler Personal- und Materialbewirtschaftung und schnellere Entscheidungsfindung.
- Minimierung des technischen und personalwirtschaftlichen Risikos für SUN.
- Kaufmännisch und rechtlich transparente Abgrenzung der Finanzgeschäfte gegenüber SUN.
- Ggf. Nutzung steuerlicher Vorteile in Folge des zeitversetzten Anfalls von Steuern bei den Investitionen und dem später einsetzenden Betrieb.
- Schaffung geeigneter, flexibler Liefer-, Verwertungs- und Verwaltungsstrukturen mit Hilfe einer geeigneten Organisations- und Rechtsform als kommunale GmbH.
- Bedarfsweise Integration von weiteren öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Organisationen der Region (Kommunen, Verbände und Wirtschaftspartner).

Die GmbH hat durch umfangreiche Recherchen und Prüfungen das für die Entwicklung und Umsetzung der zukünftigen Klärschlammverwertung erforderliche Know-how zusammengetragen und alternative Entwicklungen (über 30 Verfahren) am Markt validiert, soweit darüber Informationen und Daten zu ermitteln sind.

Sie hat die möglichen Verfahrenskombinationen und die Einbindung der komplexen Verfahrensketten im Umfeld des Klärwerks SUN untersucht, sowie baulich und wirtschaftlich konkretisiert.

Die Gesellschaft setzt die Erkundung der Entwicklungen fort und bewertet sie als Option der Klärschlammverwertung für die Stadt und die kommunalen Wirtschaftspartner. Sie entwickelt den Systemplan für eine Großanlage und leitet die notwendigen Planungen und Genehmigungen ein. Im Laufe der Projektentwicklung übernimmt KSVN ggf. die Projektaufgaben als Bauherrin. Zur Inbetriebnahme der Anlage kann sie zu einer Betriebsgesellschaft umgewandelt werden oder sie überträgt den Betrieb an ein Folgeunternehmen bzw. den Betreiber der Kläranlage SUN.

2.4 Organe

Gesellschafter der KSVN ist die Stadt Nürnberg, vertreten durch den Oberbürgermeister.

Er wird vertreten durch den Referenten für Umwelt und Gesundheit (Referat III).

Als Geschäftsführer ist Herr Burkard Hagspiel bestellt, der die Gesellschaft vertritt.

Zur Kontrolle der laufenden Geschäfte wird der Werkausschuss SUN bedarfsweise um die Funktion als Aufsichtsrat der KSVN GmbH erweitert. Die Versammlungen regeln sich nach dem Geschäftsvertrag.

2.5 Personal

Die KSVN verfügte anfangs über kein eigenes Personal, sondern entlieh das Projekt- und Betriebspersonal von SUN. Seit 2017 hat sie zwei festangestellte Mitarbeiter.

Das feste Personal soll für die kommenden Jahre als Hauptwissensträger beibehalten werden. Für die neuen Aufgaben ist entsprechendes Fachpersonal einzustellen.

Aus heutiger Sicht sind für Planung, Errichtung und Inbetriebnahme erforderlich:

- 1 Geschäftsführung
- 4 Projektengineure/innen
- 1 Projektkaufmann/-frau
- 1 Technische Assistenz
- 1 Sekretärin / Sekretär

Die Personalkosten sind bei der Kalkulation der Finanzierung berücksichtigt.

KSVN beabsichtigt spätestens mit Beginn der Vorbereitung der Vergaben (Erstellung der Ausschreibungen) für verfahrenstechnische Anlagen den zukünftigen Betriebsleiter einzustellen, um die Belange des Betriebs zu berücksichtigen. Beim Betriebspersonal (nach heutigem Stand bis zu 17 Personen) sollen die Schichtleiter möglichst mit Beginn der Kalt-Inbetriebnahme vor Ort sein. Das restliche Personal soll mit Beginn der Warm-Inbetriebnahme zur Verfügung stehen, so dass eine ausreichende Zeit für die Einarbeitung und das Kennenlernen der Anlagen zu Verfügung steht.

3 Gesetzlicher Auftrag der Klärschlammverwertung

Durch den Eigenbetrieb SUN erledigt die Stadt den gesetzlichen Auftrag der Abwasserentsorgung (Bay. Wassergesetz Art. 34 in Verbindung mit Wasserhaushaltsgesetz § 56). Zur Abwasserreinigung zählt die Sammlung und Trennung der Schmutzfracht aus dem Wasser bis zur Entwässerung des dabei erzeugten Klärschlammes.

Die Entsorgung der Bioabfälle (überwiegend Abfall der Bioabfalltonne) und des Klärschlammes der Klärwerke ist nach Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) § 15 (1) in Verbindung mit den Bestimmungen KrWG § 17 als öffentlich-rechtliche Pflichtaufgabe definiert (BayAbfG Art. 3 (1)). Die Anforderungen der Entsorgung sind in Verordnungen geregelt (KrWG § 16). Für den Abwasserbereich maßgeblich ist die novellierte Klärschlammverordnung (NO AbfKlärV 2017).

Die Stadtverwaltung hat die Aufgabe der Abfallentsorgung Klärschlamm dem Eigenbetrieb SUN (StadtentwässerungUmweltanalytikBetriebsS § 2 (1)) und die Aufgabe der Entsorgung des Biomülls dem Abfallwirtschaftsbetrieb Stadt Nürnberg (ASN) übertragen (AbfallwirtschaftsS § 2 (1) Nr. 1 in Verbindung mit AbfallwirtschaftsS § 10 (3) Nr. 2).

Die Betriebssatzung ASN sieht ausdrücklich die Verbrennung ortsfremder Abfälle vor. Die Betriebssatzung SUN beschränkt sich in seinen Festsetzungen bislang ausschließlich auf die Stadt.

Bislang bedient sich die Stadt der Dienstleistung privater Anbieter, um den Bioabfall zu kompostieren und den Klärschlamm in Kohlekraft- bzw. Zementwerken zu verbrennen. Zukünftig ist die stoffliche Verwertung des Klärschlammes nach folgendem Entscheidungspfad vorgegeben.

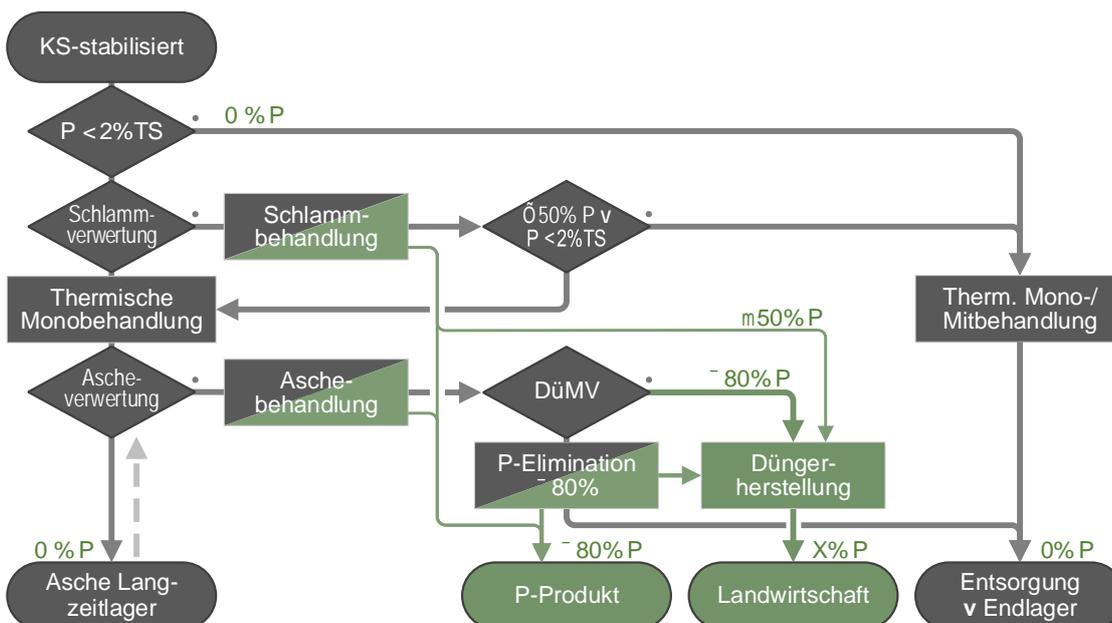


Abbildung 3-1 Entscheidungspfad zur Klärschlammverwertung für Klärwerke ab 50 000 EW [NO AbfKlärV Artikel 5+6] (%-Angaben = Effektive Phosphor-Recyclingquote)

Die in der NO AbfKlärV vorgegebenen Termine sind für den Planungsprozess einer Klärschlammverwertungsanlage verbindlich. Bis Ende 2023 ist der Aufsichtsbehörde das Umsetzungskonzept der Verwertung vorzulegen. Der vorliegende Geschäftsplan bildet die Grundlage dafür. Die Ziele der Stadt Nürnberg werden den Planungsprämissen entsprechend umgesetzt und die möglichen Standorte für die thermische Klärschlammbehandlung im Stadtgebiet Nürnberg untersucht, sowie die Rahmenbedingungen zur Einbindung im Klärwerksbetrieb Muggenhof festgestellt und die möglichen Anlagenkonfigurationen entwickelt.

Die möglichen Verfahrenswege sind wie folgt identifiziert.

	KA < 100.000 EW ab 01.01.2029			KA ~ 100.000 EW ab 01.01.2029		
	KA < 50.000 EW ab 01.01.2032			KA ~ 50.000 EW ab 01.01.2032		
	<20 g P/kg TM (< 4,6% P ₂ O ₅)	~ 20 g P/kg TM (~ 4,6% P ₂ O ₅)	nach P-Abreicherung d. KS	<20 g P/kg TM (< 4,6% P ₂ O ₅)	~ 20 g P/kg TM (~ 4,6% P ₂ O ₅)	nach P-Abreicherung d. KS
Verwertung von KS, KS-Gemischen und -komposten auf und in Böden gemäß gesetzl. Vorgabe	Ja	Ja	Nein ⁴⁾	Nein	Nein	Nein
Thermische Vorbehandlung in:	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
– KS-Monoverbrennung	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:	Verbrennungsasche bzw. bei kohlenstoffhaltigem Rückstand:
– KS-Mitverbrennung bei Kohlefeuerung oder Gasfeuerung	– Keine P-Rückgewinnung erforderlich ¹⁾ – Deponierung zulässig	– Entweder Ö 80% P-Rückgewinnung oder – Langzeitlagerung oder – Stoffl. Verwertung unter Nutzung P-Gehalt	– Keine P-Rückgewinnung erforderlich ⁵⁾ – Deponierung zulässig	– Keine P-Rückgewinnung erforderlich ¹⁾ – Deponierung zulässig	– Entweder Ö 80% P-Rückgewinnung oder – Langzeitlagerung oder – Stoffl. Verwertung unter Nutzung P-Gehalt	– Keine P-Rückgewinnung erforderlich ⁵⁾ – Deponierung zulässig
Mitverbrennung ohne Beschränkung der Brennstoffe (z.B. EBS oder Altholz)	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
Anderweitige Abfallentsorgung mit Zustimmung Behörde (z.B. Zementwerke, MVA)	Ja ²⁾	Ja ²⁾	Ja ²⁾	Ja ⁶⁾	Nein	Ja ⁶⁾

Tabelle 3-1 Entsorgungsmöglichkeiten Klärschlamm für Nürnberg [DWA KEK 1.5 2018]

¹⁾ Artikel 5 Nummer 4 § 3 Absatz 2 zweiter Satz: „Von der Pflicht nach Satz 1 sind ausgenommen Betreiber einer Klärschlammverbrennungsanlage und Betreiber einer Klärschlammmitverbrennungsanlage, in denen ausschließlich Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt von weniger als 20 Gramm je Kilogramm Trockenmasse eingesetzt wird.“

- 2) Artikel 5 Nummer 4 § 3 Absatz 3: „Abweichend von Absatz 1 kann der Klärschlammzeuger, der eine Abwasserbehandlungsanlage mit einer genehmigten Ausbaugröße von bis zu 100 000 Einwohnerwerten (bzw. nach Änderung mit Artikel 6: „bis zu 50 000“) betreibt, den in dieser Anlage anfallenden Klärschlamm unabhängig vom Phosphorgehalt nach Maßgabe der in den Teilen 2 und 3 genannten Anforderungen auf oder in Böden verwerten oder nach Zustimmung der zuständigen Behörde einer anderweitigen Abfallentsorgung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zuführen.“
- 3) Der Betreiber bleibt in der Pflicht bezüglich der Phosphorrückgewinnung. Er muss den beauftragten Entsorger bzw. Betreiber der Verbrennungsanlage verpflichten, eine ordnungsgemäße Phosphorrückgewinnung nach Maßgabe der AbfKlärV 2017 durchzuführen.
- 4) Artikel 5 Nummer 4 § 3 Absatz 3 letzter Satz: „Eine Verwertung des Klärschlammes auf oder in Böden ist nicht zulässig, sofern der Klärschlamm einer ordnungsgemäßen Phosphorrückgewinnung nach Absatz 1 Nummer 1 zugeführt wurde.“ Schlämme mit einem Phosphorgehalt unter 20 g P/kg TM unterliegen den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und können stofflich oder thermisch verwertet werden ohne Pflicht zur P-Rückgewinnung.
- 5) Artikel 5 Nummer 4 § 3 Absatz 2 letzter Satz: „Wurde bereits eine ordnungsgemäße Phosphorrückgewinnung aus einem Klärschlamm nach Absatz 1 Nummer 1 durchgeführt, ist im Fall einer Zuführung des Klärschlammes in eine Klärschlammverbrennungsanlage oder eine Klärschlammmitverbrennungsanlage eine Phosphorrückgewinnung nach Satz 1 nicht erforderlich.“
- 6) Artikel 5 Nummer 4 § 3 Absatz 4: „Der Klärschlammzeuger, der eine Abwasserbehandlungsanlage mit einer genehmigten Ausbaugröße von mehr als 100 000 Einwohnerwerten betreibt (bzw. nach Änderung mit Artikel 6: „bis zu 50 000“), kann den in dieser Anlage anfallenden Klärschlamm einer anderweitigen Abfallentsorgung zuführen, sofern der Klärschlamm
- einen Phosphorgehalt von weniger als 20 Gramm je Kilogramm Trockenmasse aufweist oder
 - bereits einer Phosphorrückgewinnung nach Absatz 1 Nummer 1 unterzogen wurde.“
- 7) Zusätzlich: Artikel 4 § 3a Absatz 2 (Artikel tritt am 1. Januar 2023 in Kraft)
- Im Kalenderjahr 2023 haben alle Klärschlammzeuger (unabhängig von der Ausbaugröße!) Proben des anfallenden Klärschlammes auf den Phosphorgehalt und den Gehalt an basisch wirksamen Stoffen insgesamt, bewertet als Calciumoxid, untersuchen zu lassen. Diese Untersuchung ist im Kalenderjahr 2027 zu wiederholen.
 - Bis spätestens 31. Dezember 2023 haben alle Klärschlammzeuger (unabhängig von der Ausbaugröße!) der zuständigen Behörde einen Bericht über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der ab 1. Januar 2029 durchzuführenden Phosphorrückgewinnung, zur Auf- oder Einbringung von Klärschlamm auf oder in Böden oder zur sonstigen Klärschlammentsorgung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vorzulegen.

4 Geschäftsstrategie

4.1 Markt und Wettbewerb

Die Entwicklung des Klärschlammaufkommens verläuft prinzipiell stetig, weil die Erzeugung des Klärschlammes seit einigen Jahrzehnten konstant ist. Die Klärschlammmenge hat sogar leicht abgenommen, weil sich die kommunale Abwasserbehandlung heute weitgehend auf private Haushalte reduziert. Seit nun auch die kleineren Kläranlagen mit einer Klärschlammfäulung und -stabilisierung ausgestattet sind, stabilisiert sich auch das Klärschlammaufkommen auf dem Niveau von ca. 1,8 Millionen Tonnen Klärschlamm (TS) pro Jahr.

4.1.1 Entwicklung und Struktur des Markts

Neben nationalen Entwicklungen sind zukünftig auch internationale abzuschätzen. Bislang spielten letztere keine Rolle. Transportkosten und Formalitäten verhinderten bislang den Export an ausländische Verwerter. Prinzipiell könnte sich die Entwicklung dahingehend ändern, dass der stark gestiegene Entsorgungspreis den Aufwand für die Nachrüstung bestehender Verbrennungskapazitäten im Ausland und die Transportkosten wettmacht.

Experten gehen dennoch davon aus, dass der ausländische Markt keine größere Bedeutung erlangt, weil die Phosphorrückgewinnung prinzipiell auch durch die ausländischen Entsorgungspartner nachzuweisen ist, der Verbrennungspreis sich europaweit durch ähnliche rechtliche Bedingungen des Umweltschutzes angleicht und schlussendlich die Transportkosten durch höhere Auflagen an den Verkehr weiter steigen. Der Export von Klärschlamm ist politisch nicht erwünscht.

Die deutsche Umstellung der Klärschlamm Entsorgung auf Verbrennung wurde maßgeblich durch eine Verschärfung der Klärschlammverordnung hinsichtlich der Schwermetallgehalte in den 90'er Jahren ausgelöst. Nachdem die Deponieverordnung zur Schonung der Lagerkapazitäten verschärft und organische Ablagerungen weitgehend verboten wurden, entstanden die ersten Mono-Verbrennungsanlagen. Der weitaus größte Anteil geht jedoch in die Mitverbrennung in Kohlekraftwerke. Insbesondere in Braunkohlekraftwerken wird der nicht nachwachsende Brennstoff durch Klärschlamm mit vergleichbarem kalorischen Energieinhalt substituiert. Vorteil für die Betreiber ist die Anrechnung der Substitution auf die CO₂-Zertifikate. Obwohl größere Klärschlammengen genehmigt sind, steigt der Anteil der Mitverbrennung nicht. Die Kraftwerksbetreiber investieren nicht in die Altanlagen bzw. nicht in die dafür erforderliche Logistik. Die Zukunft ist durch den geplanten Kohleausstieg politisch auf 2035 bis 2038 begrenzt.

Die Mitverbrennung in Zementwerken ist wechselhaft. Es wird vereinzelt um größere Klärschlamm-mengen geworben. Voraussetzung ist jedoch eine Voranreicherung des Phosphors aus rechtlicher

Sicht. Bedeutsamer ist die Begrenzung des P-Gehalts im Zement, um die geforderten Betonqualitäten zu gewährleisten.

Ein weiteres großes Problem ist die Zuverlässigkeit. Zementwerke operieren konjunkturgesteuert. Im Revisionsfall oder bei Stillstand der Zementproduktion stagniert die Klärschlammabnahme abrupt. Die Kalkulation für den Klärschlammhandel ist deshalb schwierig.

Abbildung 4-1 Entwicklung Klärschlammaufkommen in Deutschland

Die Weiterverwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft ist nach Novellierung der AbfKlärV nicht ausgeschlossen. Sie reduziert sich aber auf Kleinanlagen und ist deshalb zukünftig mengenmäßig kaum mehr relevant. Die nachstehende Grafik zeigt die prognostizierte Entwicklung der Klärschlammverwertung. Man geht davon aus, dass die auf diesem Weg entsorgte Klärschlammmenge gemäß Restriktionen der Verordnung sich auf unter 5 % des Klärschlammaufkommens reduziert. In der Praxis reduziert sich der Anteil noch weiter: Der administrative Aufwand der landbau- und landwirtschaftlichen Entsorgung und die hohen Auflagen der neuen Düngeverordnung von 2018 führten bereits heute zu einem weitgehenden Zusammenbruch des landwirtschaftlichen Verwertungshandels im Wettbewerb um die Wirtschaftsdünger der Landwirtschaft.

Nach Einschätzung der meisten Fachleute, steuert der Klärschlammmarkt klar auf die monothermische Behandlung zu, in der anstehenden Generation zunächst auf Verfahren der Verbrennung.

Abbildung 4-2 Stand und Prognose der Entsorgungswege des Klärschlammes Deutschland

Der Markt Bayerns zeichnet sich dadurch aus, dass – im Gegensatz zu Nordrhein-Westfalen – besonders hohe Anteile des Klärschlammaufkommens in andere Bundesländer exportiert werden. Ein im Vergleich zu Norddeutschland und den Ostgebieten weitaus geringerer Anteil wird landwirtschaftlich verwertet.

In Bayern verfügt München derzeit mit der Mitverbrennung im städtischen Müllheizkraftwerk und der Monoverbrennungsanlage der Stadtentwässerung über die größte thermische Verbrennungskapazität. In Neuplanung ist eine neue Monoverbrennungsanlage, die ausschließlich städtischen Klärschlamm verarbeitet. Die Firma Emter GmbH in Altenstadt betreibt als einziger Betreiber eine Rostfeuerung zur thermischen Klärschlammbehandlung. Eine größere Monoverbrennungsanlage entsteht in Straubing. Dort arbeiten die Stadt, Verbände und ein privater Klärschlammverwerter zusammen, um eine Großanlage zu bauen und zu betreiben.

Abbildung 4-3 Entwicklung Klärschlammaufkommen in Bayern

Abbildung 4-4 Stand und Prognose der Entsorgungswege des Klärschlammes Bayern

Gemäß Klärschlammstrategie des Freistaats, soll das gesamte Klärschlammaufkommen thermisch behandelt werden. Dafür wären ca. vier Großanlagen neu zu errichten.

4.1.2 Mitbewerber der Klärschlammverwertung

Die augenblickliche Situation in Deutschland ist unübersichtlich. Vergleichbar mit Nürnberg gibt es wiederholt Ankündigungen und Absichten, neue Anlagen der Klärschlammverwertung zu bauen. Auch in Bayern gibt es Ankündigungen zur Errichtung einer Monoverbrennungsanlage wie in Straubing, Gersthofen und Dinkelsbühl. Zur praktischen Umsetzung kommen insgesamt weitaus weniger Anlagen als angekündigt. Konkret wurden neben Mainz bislang die Projekte in Rostock, Straubing, Lochau bei Halle, Bremen, Offenbach, Mannheim und Leuna.

Die Projektierung der derzeit in Mainz entstehenden Anlage geht in das 13. Projektierungsjahr. Die Entwicklung des angekündigten Projekts in Rostock ist verzögert. Der weitere Verlauf des Projekts Straubing nimmt erst noch Gestalt an. Die Projektumsetzung ist anspruchsvoll.

Der Standort Nürnberg wurde von Anfang an in der Diskussion um die neuen Klärschlammverwertungsorte nach NO AbfKlärV als Favorit mit einem besonders hohen Potenzial betrachtet. Der Standort ist deshalb bereits in den ersten Studien zur Klärschlamm Entsorgung Deutschlands gelistet. Die hohe Agglomeration der Metropolregion und die unmittelbare Verbindung mit dem zweitgrößten Klärwerk Bayerns lassen den Standort Nürnberg besonders vorteilhaft erscheinen.

Abbildung 4-5 Klärschlammmonobehandlungsanlagen in Deutschland

4.2 Partner und Kunden

In den letzten Jahren hat sich als sinnvolle Größe für thermische Klärschlammbehandlungsanlagen eine Kapazität von 25.000 bis 30.000 Mg/a TS Klärschlamm durchgesetzt. Die wesentlichen Gründe dafür sind:

- 4 Die spezifischen Investitionskosten und der spezifische Betriebsaufwand liegen deutlich niedriger.
- 4 Die Großanlage ermöglichte eine effiziente Energienutzung (nahezu vollständige Stromversorgung, Stromnetzeinspeisung, Wärmelieferung).
- 4 Die Fachkompetenz der Mitarbeiter aus der Projektierung/Bau/Inbetriebnahme-Phase kann im späteren Betrieb genutzt werden.
- 4 Die Anlagenverfügbarkeit und Verwertungssicherheit sind höher, da mehr Redundanzen und Puffer bereitgestellt werden.
- 4 Im Vergleich zu mehreren kleinen Anlagen ist die größere Anlagentechnik dazu geeignet, die Bruttoemissionen insgesamt zu reduzieren.
- 4 Der Landverbrauch und Aufwand für die Immissionsschutzmaßnahmen beschränken sich auf einen Standort.

Ziel einer Zusammenarbeit mit den Gebietskörperschaften der Metropolregion Nürnberg ist es, die Gebietsgrenzen des eigenen, beschränkten Hoheitsbereich zu erweitern, um durch großflächige Leistungserbringung die genannten Synergieeffekte zu erzielen und die Klärschlammverwertung effizient und sicher bereitstellen zu können.

Die Leistungen können durch eine kommunale Vereinbarung unabhängig von kommerziellen bzw. gewinnorientierten Absichten erbracht werden. Nürnberg ist ausschließlich dem gesetzlichen und umweltmäßigen Auftrag verpflichtet.

Abbildung 4-6 Regionales Klärschlammaufkommen kreisfreie Städte und Landkreise Bayerns
(Stand Januar 2016)

4.2.1 Klärschlamm der Partner Nürnberg, Erlangen, Fürth und Schwabach

Für die erste grundsätzliche Konzeptüberlegung ist eine zu behandelnde Klärschlammmenge von 20.000 Mg/a Trockensubstanz (TS) bzw. rund 80.000 Mg entwässerter Klärschlamm (eKS) als Mindestkapazität für die in der *Arbeitsgemeinschaft Gewässerschutz Obere Regnitz* zusammenarbeitenden Städtepartner Erlangen, Fürth, Nürnberg und Schwabach (ARGE) zur Erfüllung der gesetzlichen Auflagen angesetzt. Da sich die Klärschlamm-mengen aufgrund von Änderungen im Klärwerksprozess durch Hydrolyse, Co-Vergärung und Einzugserweiterungen ändern können, sind die ab spätestens Ende 2028 zu verwertenden Klärschlamm-mengen von den Partnern ggf. nochmals zu überprüfen und die Prognose fest zu schreiben.

Kenngröße	Erlangen	Fürth	Nürnberg	Schwabach	Dritte	Summe/Mix
KS OS [Mg/a]	14.000	12.000	44.000	3.000	48.000	121.000
KS TS [Mg/a]	3.080	2.748	11.616	678	11.878	30.000
Rechengut [Mg/a]	344	300	1.400	50	1000	3.094

Tabelle 4-1 Klärschlamm-mengen Städtepartner Nürnberg, Erlangen, Fürth und Schwabach

4.2.2 Entwicklung des Klärschlammaufkommens

Die Entstehung von Klärschlamm ist jahreszeitlichen und jahresweiten Schwankungen unterworfen. Das Gesamtaufkommen ist seit einigen Jahren stabil. (Siehe Abbildung 4-1 Entwicklung Klärschlammaufkommen in Deutschland (Seite 14) und Abbildung 4-3 Entwicklung Klärschlammaufkommen in Bayern (Seite 15)). Eine Zunahme ist unwahrscheinlich. Für Erlangen, Fürth und Schwabach wird deshalb vorerst keine Zunahme prognostiziert.

Zusätzlicher eigener Klärschlamm der Stadt Nürnberg entsteht ggf. durch *Auflassung von Klärwerk 2*. Wegen Fehlen einer Vorklä rung in Klärwerk 2 entsteht dort kein energiereicher Primärschlamm. Durch Auflassung und Mitverarbeitung des Abwassers in Muggenhof wird zukünftig mehr energiereicher Primärschlamm erwartet.

Eine zweite Quelle zusätzlichen Klärschlamm-s bietet die Verbesserung des Kohlenstoffaustrags aus der geplanten *neuen Vorklä rung* am Standort Muggenhof. Auch die Modulation der *Hochlastbe-lebung* mit nachgeschalteter CSB-Fällung verspricht eine Verbesserung der Kohlenstoffausschleu-sung und damit mehr, respektive energiereicheren Klärschlamm.

Die Auswirkungen auf den Klärschlamm zur thermischen Verwertung wird von Fachleuten unter-sucht und der KSVN zur Verfügung gestellt.

4.2.3 Verwertung von Bioabfällen

Insgesamt gibt es in Deutschland derzeit 414 Anlagen der Co-Vergärung. Dabei werden jährlich ca. 592.000 Mg Co-Substrate verarbeitet. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass jede größere Kläranlage in Deutschland Co-Vergärung betreibt. In dieser Hinsicht bildet Nürnberg eher eine Ausnahme. Es werden hier bislang nur vergleichsweise geringe Mengen Co-Substrate angenommen.

Annahme von Anteilen der Biotonne

Das Potenzial der Mitverwertung der Bioabfälle aus der grünen Tonne Nürnbergs wurde untersucht. Für eine Mitverwertung sprechen:

- 4 Bioabfälle sind nach Knochen / Speiseresten und Klärschlamm die größte, organisch regenerative Phosphorquelle Deutschlands.
- 4 Die Fermentierung und Gasgewinnung sind in der Energiebilanz in der Regel im Vorteil. Hinsichtlich der CO₂-Bilanz Nürnbergs ist die Verwertung mittels Verrottung energetisch im Nachteil, weil die Energie verloren geht.
- 4 Die Abfälle der Biotonne sind zum Teil mit organischen Schadstoffen höher belastet, als Klärschlamm.
- 4 Die Verarbeitung des Bioabfalls und die Vermarktung des Komposts sind regelmäßig problematisch. Die Akzeptanz nimmt tendenziell eher ab und der Bedarf z.B. bei der Rekultivierung nimmt ebenfalls ab. Für Nürnberg ist eine effektivere und besonders geruchsneutralere Verwertung anstrebenswert.

Für genaue bzw. zuverlässige Abschätzungen der Verwertbarkeit fehlen geeignete Messungen, auf die sich KSVN beziehen könnte. (Eigene Untersuchungen wurden nicht beauftragt.) Die Verwertungsoption mittels Co-Fermentierung der in Betracht kommenden, kleineren und homogeneren Fraktionen des Biomülls von Nürnberg wurde zusammen mit bifa Umweltinstitut GmbH, Augsburg mit folgendem Ergebnis untersucht.

Es kann voraussichtlich eine Masse zwischen 10 bis 15% als Feinfraktion bis 15 mm vom verwertbaren Anteil der Biotonneninhalte abgetrennt werden. Über Nährstoffgehalte sind keine plausiblen Werte eruiert. Gütegesicherte Komposte erreichen P-Gehalte von 0,6 bis 1,02 % P₂O₅. (Zum Vergleich: Nürnberger Klärschlamm hat 7,9 % P₂O₅.)

Das Nutzungspotential der Feinfraktion des Bioabfalls für die Kläranlage fällt negativ aus, da

- 4 das energetische Potential im Vergleich zu Klärschlamm gering ist,
- 4 der Sandanteil hoch ist und weitere Prozesse stört, sowie
- 4 der Phosphorgehalt unbefriedigend ist.

Nach NO AbfKlärV gilt zur Einhaltung der Verwertungsgrenzen ein grundsätzliches Verdünnungsverbot. Das Gärsubstrat würde den Klärschlamm hinsichtlich des Phosphorgehalts verdünnen. Daraus könnten sich für den weiteren Verarbeitungsprozess rechtliche Konsequenzen ergeben.

Darüber sind bei der Vergärung am Standort Muggenhof höhere Kosten der Geruchsbehandlung und Logistik zu erwarten, da die Separierung des Bioabfalls am Standort Fischbach weiterhin notwendig und zusätzliche Fahrten zwischen Fischbach und Nürnberg West erforderlich wären.

Annahme Co Fermente

Für Klärwerk Muggenhof ist es im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis und Bestätigung durch das Ministerium und das Umweltamt Nürnberg möglich, bis zu 50 % des Klärschlammaufkommens der Kläranlage durch *Co-Fermente* hinzuzugewinnen. In Gesprächen mit Bioabfallentsorgern wurde Interesse festgestellt, eine Entsorgungspartnerschaft mit KSVN einzugehen, um die Entsorgungskapazität zu erhöhen. Diese verknappt sich aufgrund der deutlich verschärften Auflagen der Entsorgung in der Landwirtschaft. Das Geschäft wurde aufwändig und unsicher. Weitere Verschärfungen der Marktlage werden durch höhere Sicherheitsauflagen bei der landwirtschaftlichen Vergärung erwartet.

Andere Städte generieren durch Co-Vergärung, Vergasung und Kraft-Wärme-Kopplung (Betrieb weiterer Blockheizkraftwerke) den entscheidenden Beitrag zur Deckung des eigenen Energiebedarfs. Das Substrat ist in der Regel besonders phosphorreich ($> 10\% \text{ P}_2\text{O}_5$).

Interessant sind Speisereste und energiereiche Reste aus der Nahrungsmittelverarbeitung. Deutschlandweit werden große Mengen an Fettabscheiderinhalten, Flotaten, überlagerten Nahrungs- und Genussmitteln, industrielle Restprodukte aus der Nahrungsmittel- und Getränkeherstellung sowie aufbereitete Küchen- und Speiseabfälle umgesetzt. In Bayern wird regelmäßig die Annahme von Lebensmittelabfällen, Milchprodukten, Fettschlämmen, Fettabscheider und Flotatschlämmen praktiziert.

Zwei größere, regional operierende Firmen haben Interesse an langfristig gesicherten Entsorgungskapazitäten für verschiedene Abfallfraktionen bekundet. Mit entsprechend mittel- bis langfristig gesicherten Entsorgungskontingenten für (nasse) Speiseabfälle könnte SUN Biomasseentsorgern dem Anliegen ihrer Kunden folgend ein ortsnahe Verwertungskonzept (für alle Abfallfraktionen) anbieten.

4.2.4 Vermarktung freier Kapazitäten

Das zweite Marketingziel neben der Gewinnung und Sicherung der Klärschlammengen der Städtepartner, ist die Vermarktung freier Kapazitäten der geplanten Anlage an weitere Gemeinden und Nicht-Gesellschafter der KSVN.

Die geplante Gesamt-Kapazität der Anlage beträgt ca. 30.000 Mg TS Klärschlamm pro Jahr (= ca. 120.000 Mg eKS/a). Die unmittelbar durch die Partner generierte Klärschlammmenge beträgt 18.100 Mg TS/a. Der Rest in Höhe von 11.900 Mg/a soll durch Zweckvereinbarungen (Übertragung der hoheitlichen Entsorgungspflicht auf Nürnberg bzw. die Tochter KSVN) durch weitere Kommunen und ggf. Verbände beigetragen werden. Bei letzterem besteht die Option einer Gesellschaftsbeteiligung. Entsprechende Sondierungsgespräche werden mit Verbänden der Region geführt.

Weitere Kapazitäten darüber hinaus will KSVN bei Nicht-Gesellschaftern vermarkten. Interessensbekundungen von Drittanlieferern aus dem privaten Bereich liegen vor.

Es ist gegebenenfalls eine besondere Preisgestaltung vorzusehen, die an die Dauer der Klärschlammbelieferung anknüpft. Bei einer zeitlich kürzeren Belieferung der Anlage fallen die Preise höher aus als vertraglich langfristigen Festlegungen.

Das Interesse an Kooperation Dritter besteht in zweierlei Hinsicht:

1. Es werden verlässliche Partner zur Erhöhung der Entsorgungssicherheit gesucht.
2. Es werden derzeit noch große Kapazitäten der Verwertung ab 2029 gesucht, die die Auflagen der Klärschlammverwertung hinsichtlich Phosphorrückgewinnung erfüllen.

4.2.5 Betriebliche Partnerschaften für Produktionsausfälle

Bei allen größeren Klärschlammverwertern werden systematisch Überkapazitäten vorgehalten, um einerseits die Anlagen nicht ständig an der Leistungsgrenze zu fahren, andererseits Schwankungen im laufenden Betrieb aufzufangen und Reservekapazitäten für Notfälle vorzuhalten. Im Verbund mit den großen süddeutschen Kommunen in Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Thüringen erfolgten sondierende Absprachen hinsichtlich Notfallplänen. Ziel ist es, die vorgehaltenen Überkapazitäten gezielt in einen Pool kommunaler Partner einzubringen, so dass bei Produktionsausfällen und bei Revisionen ohne unverhältnismäßige Aufschläge Klärschlamm kurzfristig zu einer Partnerstadt gebracht und dort verarbeitet werden kann. Die Zusatzkosten beschränken sich in diesem Fall auf den Transport und die Logistik durch Dritte.

Der Verbund mit privaten Betreibern ist in gleicher Weise möglich, muss aber als Kapazität ausgeschrieben werden. (Z.B. Klärschlammverbrennung Straubing, Standorte der Bayern Natur GmbH, Standorte der Mobilten Schlammwässerung Heilbronn, der MVV, Augsburg usw.)

4.3 Öffentlichkeitsarbeit

KSVN plant den frühzeitigen, konstruktiven *Dialog mit der örtlichen Nachbarschaft*, der *Politik* und der *breiteren Öffentlichkeit*. Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist der Aufbau einer engen Beziehung der

Bürger Nürnbergs mit der KSVN. Das positive Beispiel Zürich belegt, dass durch enge Zusammenarbeit ein hohes Vertrauen aufgebaut werden kann. (In der Volksabstimmung wurden 93,9 % Zustimmung erreicht!) Eine hohe Zustimmung wurde 2019 auch in Straubing erzielt. Hier fällt besonders ins Gewicht, dass die geplante Anlage nur zu einem sehr kleinen Anteil Klärschlamm der eigenen Gemeinde verbrennt. Der weitaus größere Teil soll aus dem weiteren Umfeld Bayerns an den Standort durch Bayernwerk Natur GmbH (mit Gewinnerzielungsabsichten) gebracht werden. Die Intention der Öffentlichkeitsstrategie ist es, die Bürger über das Vorhaben zu informieren, die Wahrnehmungen der Anlage im frühen Stadium zu prägen sowie *Meinungsführerschaft* zu gewinnen. Erste Kommunikationsbotschaften sollen insbesondere das klare Bekenntnis Nürnbergs zur Nachhaltigkeit und einem gelebten Umweltschutz sein. Außerdem sollen die Stadt Nürnberg und ihre Bürger durch die Realisation der Anlage zeigen, dass sie *Verantwortung für mehr Umweltschutz* übernehmen und das Abfallproblem der Region selbst lösen, statt es zu exportieren. Zudem soll signalisiert werden, dass sich Nürnberg durch eine Vorreiterrolle als Technologie-Standort profiliert. Mit der Möglichkeit der Einspeisung von „grüner Energie“ in einer signifikanten Größenordnung in das Fernwärmenetz der N-Ergie AG (siehe Verhandlungsergebnis mit N-Ergie AG Seite 61 und Seite 64), liefert die Verwertungsanlage einen wesentlichen Beitrag für das *Klimaschutzprogramm* und die *Nachhaltigkeitsziele* der Stadt. Sofern das Vorhaben schnell auf den Weg kommt und innovative Technik eingesetzt wird, sind ggf. noch Fördermittel für ein Phosphorrecycling akquirierbar. Nürnberg fördert damit sein Ansehen als *Innovationsstandort* und Vorreiter im Klimaschutz bzw. in der Ressourceneffizienz.

Die Anlage soll als moderne, zuverlässige, geruchsneutrale Industrieanlage und als moderner, zukunftsorientierter Arbeitsplatz präsentiert werden, um die Sorgen der Nachbarschaft zu vermindern, die positive Entwicklung des Nürnberger Westens als integrierter Wohn- und Gewerbeort zu fördern und langfristig gute Arbeitskräfte zu gewinnen.

Eine endgültige *Kommunikationsstrategie* und die sich hieraus ergebenden Maßnahmen sollen aus den jeweiligen Reaktionen der Presse und der Öffentlichkeit weiterentwickelt werden. Die Vorgehensweise erfolgt problemorientiert und zielgruppengerecht.

Um das konkrete Kommunikationskonzept auszuarbeiten, ist das örtliche Publikum zu erkunden (Interviews, Briefinformationen, Bürgerversammlungen zusammen mit den Stadtteilvertretern, usw.). Zusammen mit professioneller Unterstützung soll das Konzept mit einheitlicher Kommunikationsstrategie ausgearbeitet und systematisch noch vor Genehmigung der Anlage umgesetzt werden.

Die Öffentlichkeitsarbeit unterstützt auch die *Werbung um weitere (kommunale) Geschäftspartner* bzw. Kunden.

Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist es, eine möglichst breite Akzeptanz, Zustimmung und Zusammenarbeit bei der Klärschlamm Entsorgung in der Stadt und Region zu erreichen. Grundlage für die Öffentlichkeitsarbeit ist eine ganzheitliche, nachhaltige und zugleich sichere Zukunftsstrategie zum Schließen der Energie- und Stoffkreisläufe in der regionalen Siedlungswasserwirtschaft.

4.4 Produkte und erbrachte Dienstleistung

4.4.1 Produkte

KSVN bietet im Kern folgende Produkte an:

- 4 Mechanische Klärschlamm entwässerung des Nürnberger Klärschlammes der Kläranlage Muggenhof.
- 4 Klärschlammannahme mit Verwägung von angelieferten Mengen.
- 4 Mischung und Vorratshaltung des entwässerten Klärschlammes.
- 4 Trocknung des Klärschlammes.
- 4 Optional Speicherung von getrockneten, lagerstabilen Klärschlamm (ggf. als Pellets).
- 4 Thermische Behandlung des Klärschlammes, ggf. in Verbindung z. B. einer Kalzinierung und/oder in Verbindung mit einer Schwermetallabreicherung durch Additive (Magnesiumchlorid).
- 4 Reinigung und thermische Nutzung der Rauchgase zur Klärschlamm-trocknung, Strom- und Wärmeerzeugung.
- 4 Optional Bereitstellung Infrastruktur, Unterhalt und Betrieb BHKW der Gaswirtschaft SUN.
- 4 Optionale Prozesswasserbehandlung (Brüdenwasserbehandlung).
- 4 Einspeisung von Heißwasser ins Fernwärmenetz der N-Ergie.
- 4 Einspeisung von elektrischem Strom ins Stromnetz, der nicht für den Eigenbedarf benötigt wird.
- 4 Lieferung des phosphorhaltigen Reststoffes (Asche) für die Herstellung von Phosphordünger.
- 4 Fachgerechte Entsorgung weiterer Reststoffe aus der Rauchgasreinigung.

4.4.2 Weitere Dienstleistungen

KSVN erbringt seine Dienstleistung primär für Nürnberg und die Städtepartner.

Die Dienstleistung der Jahre 2012 bis 2019 betreffen die Vorbereitung der Realisation einer großtechnischen Verwertungsanlage. Von 2019 bis 2029 ist die Projektrealisierung und ab 2029 der Betrieb der Anlage geplant.

Das Know-how wird durch eigene und fremde Vorträge bei der Teilnahme an den einschlägigen Tagungen (u.a. DWA, VDI, Klärschlammkonferenzen Berlin, Würzburg, P-Rück Bad Cannstatt etc.)

erworben. Durch die Vorstandsarbeit bei der Deutschen Phosphor Plattform und mit Hilfe einiger Exkursionen zu wichtigen technischen Musteranlagen, hat KSVN Überblick über die derzeit an verschiedensten Stellen laufenden Forschungen und Entwicklungen zur thermischen Klärschlammbehandlung und zum Phosphor-Recycling.

Fachgespräche mit den Akteuren und Besuche von Pilotanlagen ermöglichen die realistische Einschätzung, welche Verfahren für die zukünftige Klärschlammbehandlung der Region Nürnberg erfolgreich eingesetzt werden können.

Die Grundlagen für die Fortführung der Entwicklung der thermischen Klärschlammbehandlung für die Region Nürnberg wurden von KSVN erarbeitet. Daraus ergeben sich vier zu bearbeitende und gegenseitig voneinander abhängende Themenfelder:

- 1 Klärschlammakquisition,
- 2 Geschäftsorganisation, Personalbeschaffung und Finanzierung der KSVN,
- 3 Planung und Umsetzung der thermischen Klärschlammbehandlung, sowie
- 4 Betrieb der Anlage.
- 5 Optional/bedarfsweise: Planung, Bau und Betrieb einer Energiezentrale.

In der Phase Betrieb ist es möglich, für die Städtepartner und weitere Kommunen die Klärschlammlogistik notwendigenfalls auch mit Abholung (und ggf. mobiler Entwässerung) des Klärschlammes in den Klärwerken zu organisieren oder auch selbst durchzuführen.

Bei der Preiskalkulation wird die Option vorerst nicht weiter berücksichtigt.

Aus Sicht KSVN ist die Akquisition des Klärschlammes vordringlich, um eine entsprechende Geschäftsorganisation zu schaffen und die Grundlage für die Planung festlegen zu können. Die Klärschlammakquisition ist sinnvoll, sobald seitens der Stadt Nürnberg der Grundsatzbeschluss vorliegt, eine thermische Klärschlammbehandlung zu errichten und zu betreiben.

4.4.3 Preissystematik

Aktuelle Preissituation und Entwicklung der Preise

Der Preis der Klärschlammbehandlung Nürnbergs über Mitverbrennung beträgt aufgrund einer äußerst günstigen Situation gemäß bestehender Vereinbarung: 53,50 EUR /Mg OS (netto) bzw. 63,67 EUR (inkl. MwSt). Der Vertrag endet zum September 2020.

Jüngere Ausschreibungen in der Region erbrachten nur ein reduziertes Angebot an privaten Kapazitäten mit deutlich erhöhten Preisen (> 110 EUR Mg OS (netto)).

In Norddeutschland liegen die Preise aufgrund mangelnder Angebote noch weiter darüber (bis über 140 EUR/Mg OS (netto)).

Der Preis für die Deponierung von KS-Asche beträgt derzeit ca. 45,00 bis 50,00 EUR/Mg TS. (Preis KS-Asche auf Deponie Schweiz: 80 bis 90 CHF/Mg TS.)

Dieser Preis ist zukünftig nicht mehr maßgebend, weil die Deponierung nicht mehr zulässig ist. Die Klärschlammasche ist zukünftig getrennt zu lagern. Es gelten dafür besondere Anforderungen. Von der Untertagedeponie Heilbronn wurde ein indikativer Preis von 300 bis 400 EUR/Mg TS für die Ein- und Auslagerung von BigBags genannt. Die Kosten für die Phosphor-Rückgewinnung sind zusätzlich zu berücksichtigen.

Preisfindung und Zusammensetzung der Preise

Die Bemessung des Entgelts für die Klärschlammverwertung soll für KSVN sowohl ertrags- als auch liquiditätsmäßig auskömmlich sein, da die Gesellschaft planmäßig keine weiteren Einnahmequellen zur Kompensation hat. Dies bedeutet, dass das Entgelt alle Kosten eines Jahres abzgl. der kostenmindernden Erlösen aus den Wärme- und Stromlieferungen abdeckt. Hierin ist auch ein angemessener Aufschlag für das eingesetzte Kapital enthalten.

Bei der Kalkulation des Verwertungsentgelts ist das öffentliche Preisrecht zu beachten, da die Gesellschafter ihrerseits die Verwertungsentgelte rechtssicher in der Abwasserentgeltkalkulation ansetzen müssen. Mangels Ausschreibung der Verwertungsleistung, ist aus Sicht der Gesellschafter daher zwingend eine Kalkulation nach den LSP vorzunehmen. Sie wird auch bei den zukünftigen Preisstellungen beachtet. Die in Kapitel 7 dargestellte betriebswirtschaftlichen Planungsrechnung erfolgt nach den Grundsätzen der LSP.

Preisgestaltung stadintern und gegenüber Partnern als Gesellschafter

Die Kosten für die Verwertung werden, bezogen auf alle Gesellschafter, einheitlich festgelegt. Aus der im Kapitel 7 (ab Seite 80) dargestellten betriebswirtschaftlichen Planungsrechnung ergibt sich ein einheitliches Entgelt in Höhe von rund 100 EUR/Mg eKS zzgl. MwSt. In den Folgejahren wird das Entgelt sich den laufenden Entwicklungen bei Betrieb und Unterhalt anpassen.

Preisgestaltung gegenüber Partnern mit Lieferverträgen und Zweckvereinbarungen

Gegenüber Kunden ist ein höheres Entgelt für die Verwertung denkbar, wenn diese nur kurzfristige Verwertungsverträge abschließen. Nur bei einem höheren Entgelt sind eventuelle Leerzeiten für diesen Teil der Anlagenkapazität abgedeckt. Für die betriebswirtschaftliche Planung wird von einem einheitlichen Entgelt und einer konstanten Verwertungsmenge ausgegangen. Es ist auch davon auszugehen, dass mit diesem Entgelt die Nutzung der Anlage auch für fremde Dritte von Interesse ist. Der Transport des Klärschlamm zum Standort der Verwertungsanlage ist durch diese Kundengruppe auf eigene Rechnung vorzunehmen.

Sofern sich die potenziellen Gesellschafter für eine Solidargemeinschaft entscheiden und den Transport an KSVN als Dienstleistung delegieren, bezahlen diese zusätzlich zum Entgelt für die Verwertung ein Entgelt für den Transport.

Sollte ein Verband die Zusammenarbeit regeln, können die unterschiedlichen Transportwege der einzelnen Gesellschafter zum geplanten Standort nach dem Solidarprinzip gemeinsam getragen werden.

Die Entgelte für die Wärme wirken sich kostenmindernd auf das Entgelt der Klärschlammverwertung aus. Die Höhe ist mit dem Energieversorger, der die Wärme abnimmt, noch zu verhandeln. Für die betriebswirtschaftliche Planungsrechnung wurden hierfür Wärmegestehungskosten i. H. v. 25 EUR/MWh zugrunde gelegt, die sich der Energieversorger einsparen kann. Soweit die Gestehungskosten geringer sind, würde das Entgelt für die Klärschlammverwertung höher ausfallen und umgekehrt.

Auch die zu erzielenden Entgelte für den vermarkteten und ins Netz eingespeisten Strom wirken sich kostenmindernd auf das Entgelt der Klärschlammverwertung aus.

Preisgestaltung für Sonderfälle des gegenseitigen Austauschs von Kapazitäten

Der Preis der Abfallverbrennung der bestehenden, kommunalen Klärschlammverbrennungsanlagen ist uneinheitlich. Es besteht unter den Partnern süddeutscher Kommunen Konsens, dass ein solidarischer Preis für Notfälle wünschenswert ist. Vorerst ist aber nicht damit zu rechnen, dass eine gemeinsame Preisfindung für Notfälle vereinbart wird. Es gelten die kalkulatorischen Preise der verschiedenen Betreiber zuzüglich z.B. beträchtlicher Margen für den Transport durch private Dienstleister.

4.4.4 Preiserwartungen für die neue Anlage

Erste Kostenschätzungen für eine Anlage mit einem Durchsatz von **20.000** Mg/a TS, berechnet auf Grundlage von Preiskalkulationen aus Referenzanlagen, zeigen Klärschlammbehandlungskosten ohne Phosphor-Recycling aus der Asche in Höhe von 105 bis 120 EUR/Mg eKS.

Bei angenommenen Kosten von 300 EUR/Mg für Recycling von Phosphor aus der Asche (Kalkulation ZAR mittels Solventextraktion) ergeben sich Kosten zwischen 120 und 126 EUR/Mg eKS.

Die Kalkulation für eine Anlage mit einem Durchsatz von **30.000** Mg/a KS TS zeigt ein günstigeres Preis-Leistungsverhältnis (siehe nachfolgende Tabelle 4-2). Durch Erhöhung der Anlagenkapazität und des Umsatzes errechnen sich Einsparungen bei der Wirbelschicht mit Kontakttrockner in Höhe von ca. 33 % ohne P-Recycling und 20 % mit P-Recycling.

<i>Verarbeitung von 30.000 Mg/a KS TS</i>		WS+BT *	WS+Schei- bentrockn.	WS+ WVT	P.KON + WVT	Staub- feuerung
Stromerzeugung	MWh/a	11.847	10.453	6.338	4.501	7.582
Fernwärme	MWh/a	33.190	22.282	58.106	37.501	0
Projektkosten	TEUR	113.003	94.809	100.831	119.068	97.875
Betriebskosten	TEUR/a	11.925	12.543	12.584	12.087	14.193
Entsorgungs- preis ohne P-Recycling	EUR/ Mg eKS	72	79	79	96	92
Entsorgungs- preis mit P-Recycling	EUR/ Mg eKS	99	104	104	100	117

Tabelle 4-2 Zusammenstellung der prognostizierte Verwertungskosten bei 30.000 Mg/a KS TS
* Prognoseberechnung enthält bereits Winter/Sommerbetrieb und Rechengutannahme

Alle aufgeführten Verfahren können auf dem Klärwerk Muggenhof realisiert werden.

Die Kostenschätzungen beruhen auf Angaben von errichteten Wirbelschicht-Anlagen, Schätzungen von Ingenieurbüros und eigenen Schätzungen. Für das Staubfeuerungsverfahren von Carbotechnik liegt ein Budget-Angebot vor.

Die Stromeinspeisung ist mit 55 EUR/MWh und die Fernwärmelieferung mit 25 EUR/MWh bewertet. Die Angaben dienen zur Einordnung der einzelnen Verfahren und sind nicht zu verwechseln mit höher qualifizierten Kostenschätzungen im Rahmen einer HOAI-Planung.

Im Ergebnis zeigt sich, dass bei einer Anlagekapazität von 20.000 Mg/a Klärschlamm TS ein marktüblicher Behandlungspreis erreicht werden kann. In einem guten Verhältnis zum Wettbewerb stehen die Preise einer größeren Anlage mit 30.000 Mg/a. Mit dem Aus für die Klärschlamm-Schmelzkonversion entfällt die Variante Klärschlammschmelzkonversion mit Wirbelschichtverdampfungstrocknung (P.KON + WVT).

Das Kalzinierungsverfahren im Drehrohrofen wird aufgrund des vorteilhaften Verarbeitungspreises und prognostizierter, vorteilhafter Verwertungswege nahe der Düngemittelanwendung im nächsten Planungsschritt näher untersucht und kalkuliert. Gemäß Prognosen liegt der Endgesamtpreis der Verwertung im vergleichbaren Bereich wie die Mitbewerber.

Bei den Kalkulationen ist zu berücksichtigen, dass das Phosphorrecycling auf Kostenangaben der Verfahrensgeber beruhen. Welcher Preis sich für die P-Elimination und P-Aufbereitung in der Praxis und unter Marktbedingungen entwickelt, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht möglich.

Der prognostizierte Mittelbedarf bei Realisation der Verfahrensvariante Wirbelschicht mit Verdampfungstrockner am Standort Kläranlage Muggenhof wird im Folgenden zusammengefasst. Es sind die Schätzkosten für die einzelnen Projektphasen dargestellt. Die Projektphasen sind im Kapitel 6.2 Planung (Seite 76) beschrieben.

Projektphase	Zeitraum	Gesamtfinanzierungsbedarf bei Ende Projektphase	
Projektentwicklung	01.07.2020 – 31.12.2020	707 TEUR	
Projektplanung	01.07.2020 – 31.12.2024	11.185 TEUR	
Projektumsetzung	01.01.2025 – 30.12.2028	113.003 TEUR	
Betriebskosten bzw. Verwertungskosten	ab 01.01.2029	72 EUR/Mg	eKS o. P-Recycl.
		99 EUR/Mg	eKS m. P-Recycl.

Tabelle 4-3 Zusammenstellung der prognostizierten Kosten für die einzelnen Projektphasen. Enthalten sind auch die peripheren Anlagenteile und die Logistik. Kalkulationsbasis 2019. Angaben netto zzgl. MwSt.

4.5 Bewertung Geschäftsmodell

4.5.1 Stärken Geschäftsmodell

- 1 Langfristige Entsorgungssicherheit. Sichere und energieeffiziente Verwertung der Organik des regional aufkommenden Klärschlammes.
- 2 Gewährleistung der Umsetzung der Anforderungen nach NO AbfKlärV einschließlich Phosphorrückgewinnung.
- 3 Errichtung und Betrieb in kommunaler Hand (analog zur städtischen Müllverbrennung ASN).
- 4 Gute Preiskalkulierbarkeit und verlässliche Preisstabilität bei einer gesicherten Auslastung mittels langfristiger, überwiegend markt- und wettbewerbsunabhängiger Vereinbarungen.
- 5 Nutzung der vorhandenen Infrastruktur des Klärwerks Muggenhof.
- 6 Nutzung eines planungsrechtlich zulässigen Standorts in der Stadt.
- 7 Anbindung an das städtische Fernwärmenetz der N-Ergie und damit Beitrag zur positiven CO₂-Bilanz Nürnbergs.
- 8 Integration einer neuen Klärschlammmentwässerung in die thermische Klärschlammbehandlung. (Ersatz für die bis zur Inbetriebnahme der thermischen Klärschlammbehandlung erneuerungsbedürftige Anlage im Gebäude G 40.)
- 9 Entlastung der Anlieger durch Verbesserung der LKW-Zufahrten und Minimierung des LKW-Verkehrs in Zusammenarbeit mit SUN und den Plänen zur Umstrukturierung des Klärwerks. (Entlastung der Adolf-Braun-Straße durch den Ortskern Muggenhof.)

- 10 Nutzung vorhandener Brachflächen im Klärwerk.
- 11 Minimierung des überregionalen Fernverkehrs. Der Hauptlieferant an Klärschlamm ist der Betreiber des Klärwerks Muggenhof. Die weiteren Lieferanten liegen verkehrstechnisch günstig im unmittelbaren Umfeld.

4.5.2 Schwächen Geschäftsmodell

- 1 Die Komplexität des Standorts im Umfeld der Kläranlage ist hoch.
- 2 Hohe Vorbelastungen des Standorts. Nahe Wohnbebauung. Der innerstädtische Standort erfordert hohe Umweltstandards.
- 3 Es kann nicht auf eigene, einschlägige Erfahrungen für den Betrieb einer thermischen Klärschlammbehandlung zurückgegriffen werden.
- 4 Die Regularien des öffentlichen Dienstes und der Verwaltung können ggf. eine effiziente Geschäftsführung (z.B. EU-weite Ausschreibungen) behindern. Gegenüber einem privaten Unternehmen kann ein Wettbewerbsnachteil an Zeit und Verhandlungsfreiheiten entstehen.
- 5 Die Organisation ist noch im Aufbau.

4.5.3 Chancen Geschäftsmodell

- 1 Schließen der örtlichen Stoff- und Energiekreisläufe (insbes. hinsichtlich des Phosphors).
- 2 Verbesserung der CO₂-Bilanz der Stadt Nürnberg durch Nutzung der regenerativen Energie im Klärschlamm.
- 3 Verbesserung der Stromeigenerzeugung im Klärwerk. Bis zu 100 %-ige Verwertung der Klärschlammenergie, möglichst ohne Rückkühlwerke (Luft, Boden, Wasseraufheizung).
Verbessertes Potenzial der Wärmetransformation des Klarwassers im Winter. (Gemeinsames Wärmerückgewinnungsprojekt zusammen mit N-Ergie und Einspeisung von Restwärme in das öffentliche Fernwärmenetz.)
- 4 Integration in das Wärme- und Stromkonzept der Kläranlage. Kombination der thermischen Klärschlammbehandlung mit den vorhandenen und geplanten BHKWs der Kläranlage. (Nutzung der Abgaswärme, Kopplung mit Erdgasnetz, Kopplung mit Fernwärmenetz.)
- 5 Verbesserung der derzeitigen Emissionen (Lärm, Geruch). Zukünftige, zusätzliche Emissionen aus der thermischen Klärschlammverwertung sollen durch neue Anlagentechnik unterhalb der Irrelevanz bleiben.
Sichere Einhaltung der von der Genehmigungsbehörde zu erlassenden Emissionsgrenzwerte durch Wahl eines günstigeren Standorts im Westen der Kläranlage, fern der Wohnbebauung.

- 6 Reduzierung von überregionalen LKW-Transporten. Vermeidung bzw. Verminderung der Verkehrs- und Geruchsbelastung an der Adolf-Braun-Straße und des direkten Wohnumfeldes von Alt Muggenhof.
- 7 Potenziell weitere Minimierung der transportierten Tonnagen, wenn Partner ihren Klärschlamm selbst (vor-)trocknen.
- 8 Generelle Verbesserung der Umweltsituation im Klärwerk (Geruch, Lärm) durch neue Anlagentechnik, moderne Logistik und eine günstigere Standortaufteilung.
- 9 Gestaltung sicherer und hochwertiger Arbeitsplätze.
- 10 Stärkung der guten Zusammenarbeit der Kommunen in der Metropolregion Nürnberg.
- 11 Unterstützung SUN bei der Erhöhung der Abwasserreinigungsleistung durch gezielte Behandlung von Teilströmen (Prozesswasserbehandlung), z.B. durch gemeinsame Behandlung der Brüdenkondensate aus dem Klärschlammrockner und der Zentrats aus der Klärschlammmentwässerung.

4.5.4 Risiken Geschäftsmodell

- 1 Das generell vorhandene Genehmigungsrisiko (Zeit und Aufwand).
- 2 Besonders hohe Auflagen an die Errichtung und den Betrieb der Anlagen aufgrund der Lage im Stadtgebiet. (Die Kosten könnten ggf. steigen.)
- 3 Möglicherweise fehlende Akzeptanz bei Anliegern.
Politische Nichtdurchsetzbarkeit einer Klärschlammverwertungsanlage am Klärwerkstandort.
- 4 Die richtige Auslegung der Anlagenkapazität.
(Derzeit schwierige Prognose hinsichtlich der Erhöhung der Klärschlammmenge z.B. durch Auflassung Klärwerk 2, Co-Vergärung, Hydrolyse, Änderungen des Klärwerksprozesses mit Optionen der autotrophen Stickstoffelimination und Maximierung der Kohlenstoffausschleusung und zur Optimierung Energieeigendeckungsgrades.)
- 5 Das generelle eigene Bau- und später Betriebsrisiko.
- 6 Nichteinhaltung der Vorgaben für das Phosphor-Recycling nach NO AbfKlärV wegen nicht rechtzeitiger Inbetriebnahme einer solchen Anlage, bzw. erhöhte Kosten durch notwendige Zwischenlagerung der Asche.
- 7 Gefahr der Erhöhung der Belastung der Abwasserreinigungsprozesse durch Rückführung erhöhter Frachten aus der Brüdenwasserbehandlung.
- 8 Die Gefahr von mittel- bis langfristigen Überkapazitäten am Markt, wenn weitere Mitbewerber sich um Klärschlamm bewerben. (Langfristiges Preisrisiko durch Mitbewerber.)
- 9 Es steht nicht ausreichend qualifiziertes Personal am Markt zur Verfügung.

Einige der Risiken und der Umgang mit ihnen können erst im Laufe der kommenden Planungsschritte zur Aufstellung und Umsetzung des Systemplans Klärwerk Muggenhof geklärt und konkretisiert werden. Das Risiko des Wettbewerbs kann durch die kommunalen Vereinbarungen verhindert werden. Das politische Risiko kann nur durch entsprechende politische Zusagen eingegrenzt werden. Die weiteren Risiken sind durchschnittlich.

Zusammenfassend überwiegen die Chancen die Risiken. Letztere sind durch gezielte technische, organisatorische und kaufmännische Maßnahmen einzugrenzen.

5 Technologie und Logistik

5.1 Verfahrensalternativen

5.1.1 Verfahren der thermischen Klärschlammbehandlung

Bei der thermischen Monoklärschlammbehandlung wird grundsätzlich nur Klärschlamm als Brennstoff eingesetzt. Es kommen mehrere Verfahren der thermischen Behandlung in Betracht. Das bekannteste und weitverbreitetste Verfahren der Behandlung ist die Verbrennung im Wirbelschichtofen (über 75% der Monobehandlungsanlagen). Da der Heizwert der meisten entwässerten Klärschlämme nicht für eine selbstgängige Verbrennung ausreicht, wird dieser in der Anlage der KSVN oder bei den Partnern durch Trocknung angehoben.

Verfahren	Band-trockner	Kontakt-trockner	Wirbelschicht Verdampfung	
1. Wirbelschicht-feuerung	Standard. 45 bis 55 %	Standard 45 bis 55 %	nur in Mischung mit eKS möglich	WS ist Standard in Deutschland, Basisvariante mit Kontakt-trockner
2. Rost-feuerung	geeignet > 50 %	geeignet 50 %	nur in Mischung mit eKS möglich	Langjähriger Betrieb einer Anlage in Süddeutschland
3. Staub-feuerung	90 %		geeignet	keine Referenzgroßanlage
4. JFE direct melting	90 %	geeignet	geeignet	keine Mono-KS-Behandlung
5. Kubota surface-melting	90 %	geeignet	geeignet	sehr zurückhaltende / unklare Marktteilnahme
6. P.KON	90 %	geeignet	geeignet	Neuentwicklung
7. Drehrohr	geeignet	geeignet	?	Sinnvoll und langjährig bewährt in Verbindung mit MVA. Solobetrieb in Erprobung.
8. TreaTech	Trocknung nicht erforderlich			Neuentwicklung als hydrothermale Methanisierung

Tabelle 5-1 Übersicht thermischer Verfahren und Trockner mit möglichen Kombinationen

grün: Wurde bzw. wird von KSVN detailliert untersucht.

orange: Erwartung: direkte Produktverwertung als Dünger nach Abreicherung (Schwer)Metalle

TreaTech neuartiges Verfahren zur Methanisierung organischer Bestandteil des Klärschlammes, gleichzeitige Rückgewinnung von Phosphor in einer Salzlösung und Schwermetallausschleusung

Band Bandrockner, Trocknungsgrad 45 bis 90 %

Kontakttr. Scheibentrockner, Schneckenrockner 45- 90 %; Dünnschichtrockner bis 45 %

WVT Wirbelschichtverdampfungstrockner: 90 % (Neuentwicklung Braunschweiger Maschinenfabrik, abgeleitet aus der Zuckerproduktion)

Thermochemische Verfahren mit/ohne P-Extraktion

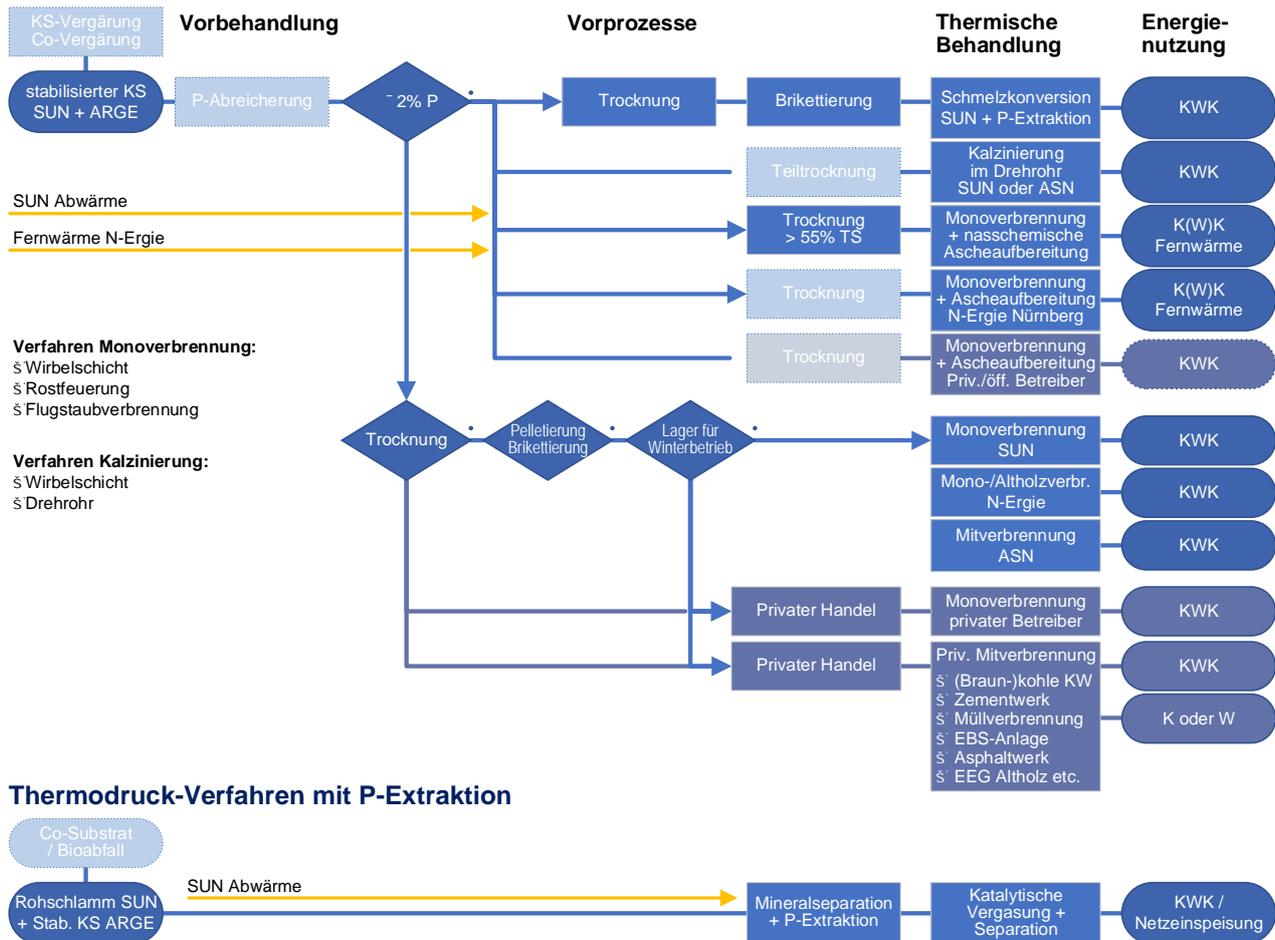


Abbildung 5-1 Produktionsablauf der für Nürnberg untersuchten/relevante thermochem. Verfahren

Monoverbrennung im Wirbelschichtofen

Monoverbrennungsanlagen im *Wirbelschichtverfahren* sind die in Deutschland am weitesten verbreiteten Klärschlammbehandlungsanlagen. Durch die Verbrennung erfolgt die sichere Beseitigung aller organischen Schadstoffe wie Keime, Hormone oder Arzneimittelrückstände, die im Klärschlamm enthalten sind.

Hierbei gelangt der entwässerte oder getrocknete Klärschlamm über den Annahmehunker und Fördersysteme zur Verbrennung bei 850° bis 950°C im Wirbelschichtofen. Nach der thermischen Behandlung wird die Asche über einen Elektrofilter ausgetragen und in einem Silo zwischengelagert. Das Silo dient als Vorlage für die nachgeschaltete optionale Phosphor-Rückgewinnungsanlage. Die thermische Aufbereitung ermöglicht eine Energiegewinnung mit hohem Wirkungsgrad. Über Extraktionsverfahren wird eine Phosphor-Recycling von über 80 % sicher erreicht.

Die Technik ist effizient und zuverlässig und seit über 20 Jahren erprobt. Konventionelle Technik und ein ausgereiftes Anlagenkonzept können damit bei KSVN für Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit sorgen.

Alternativen der Monoverbrennung

Die *Rostfeuerung* ist möglich. Sie weist jedoch gegenüber der Wirbelschichtverbrennung technische und betriebliche Komplikationen auf. Entscheidende Vorteile hat das Verfahren gegenüber andern jedoch nicht. Für Klärschlamm hat sich das Verfahren deshalb nicht durchgesetzt.

Die *Staubfeuerung* ist bei Kohleverbrennungsanlage Standard, arbeitet im günstigen Fall besonders schnell und effizient. Da getrockneter Klärschlamm der Braunkohle ähnelt, sollte sie prinzipiell funktionieren. Es gibt jedoch derzeit nur einen Anbieter (Carbotechnik) des Verfahrens. Die Technik ist noch nicht im Großmaßstab etabliert. Die Verhandlungen zur Anwendung des Verfahrens und Einbindung in die notwendigen weiteren Verfahrensschritte der Klärschlammverwertung stehen am Anfang. Der Verfahrensweg der Extraktion des Phosphors ist wie bei vorgenannten Verfahren noch offen.

Hinsichtlich der Anwendbarkeit des *JFE-Verfahrens Direct-Melting* wird auf den ausführlichen Abschlussbericht des Projekts KRN-Mephrec verwiesen. Es ist mit P.KON prozesstechnisch nah verwandt. Weiterhin ist der Hersteller im europäischen Markt nicht aktiv. Eine Monobehandlung von Klärschlamm ist laut Hersteller mit dem Verfahren nicht möglich.

Ähnliches gilt für das Kontaktschmelzen (*surface-melting*) der Fa. Kubota. Das Verfahren aus Japan geht auf eine bekannte, deutsche Technologie der Firma Lurgi zurück. Eine verlässliche Verhandlungsposition konnte mit der Firma nicht aufgebaut werden. Es ist unklar, ob KUBOTA Industries am deutschen Markt operieren will.

Das Verfahren von *TreaTech* (Lausanne, Schweiz) ist zwar seit einigen Jahren erfolgreich in Entwicklung, wurde aber in Deutschland nicht nennenswert publik gemacht. Das Verfahren wurde im Juli 2019 im Rahmen einer Exkursion und Workshops der KSVN mit dem Hersteller diskutiert. Im Ergebnis wird ihm ein großes Potenzial zugerechnet. Es könnte die konventionelle Fermentierung des Klärschlammes ersetzen und arbeitet hocheffizient und effektiv.

Mit hohem Druck (300 bar) wird bei 378 °C ein überkritischer Zustand des Klärschlammes erreicht. In kurzer Zeit (20 Minuten) erfolgt eine Abtrennung des mineralischen Anteils im Klärschlamm als Sole mit wenigen Prozenten Kohlenstoff. Über 95 % des Kohlenstoffs gehen in einen gasförmigen Zustand über. Mittels eines Katalysators wird besonders hoch angereichertes Methan erzeugt, das in das Gasnetz eingespeist oder in BHKWs genutzt werden kann. Der Phosphor kann mittels Solventverfahren zu 75 %-iger P-Säure extrahiert werden.

Die Entwicklung benötigt mit Sicherheit noch mehrere Jahre. Besondere Vorteile erreicht das Verfahren, wenn am Klärwerksstandort noch keine Faulung installiert wird oder eine Faulung erneuert werden müsste. Das Verfahren ist deshalb in seiner Weiterentwicklung zu beobachten.

5.1.2 Verfahren für Phosphorrecycling

Verfahrensschritt	Massenstrom	P-Konzentration
Abwasser Hauptstrom	150,00 l/E·d	0,0005 %
Zentrat nach Hydrolyse (chem./therm. im Nebenstrom)	10,00 l/E·d	0,04 %
Klärschlamm (entwässert)	0,15 l/E·d	1,00 %
Klärschlammmasche (100 %TS)	0,03 kg/E·d	8,00 %

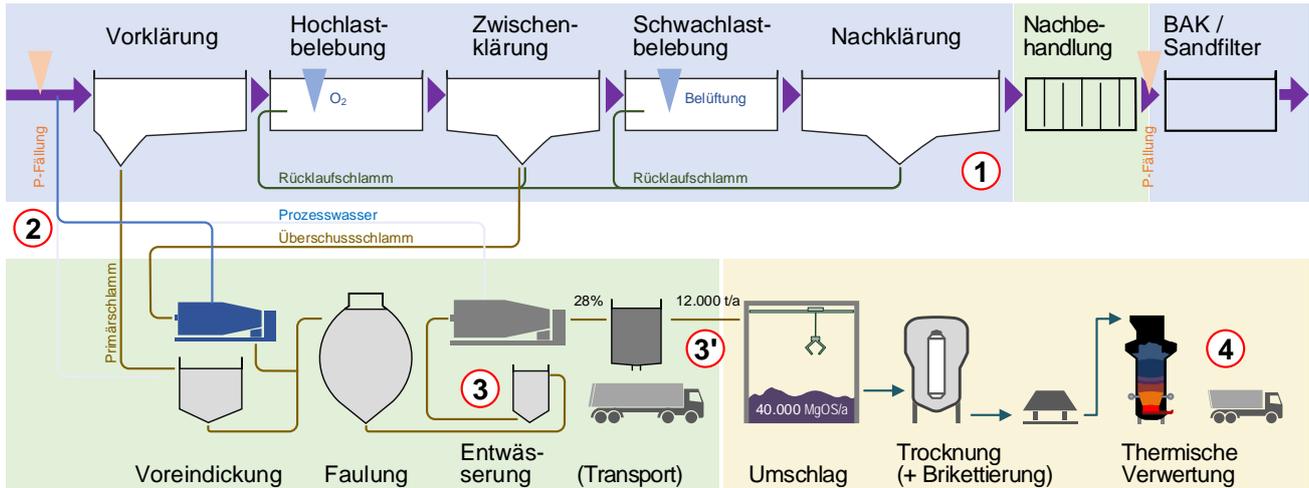
Tabelle 5-2 P-Rückgewinnung in der kommunalen Abwasserreinigung

Die Klärwerke Nürnbergs reinigen das Abwasser vor Einleitung in die Pegnitz jahresdurchschnittlich auf ca. 0,3 bis 0,4 mg/l Restgehalt an Orthophosphat – P (zukünftiger Grenzwert ab 2022: 0,5 mg/l). Das entspricht einer durchschnittlichen Tagesfracht in Höhe von 65 kg/d. Der Rest des Phosphats (ca. 800 kg/d) wird im Klärschlamm angereichert und über den entwässerten Klärschlamm bis auf weiteres als Abfall ausgetragen und entsorgt.

Abbildung 5-2 Phosphorgehalt im getrockneten Klärschlamm Nürnbergs und der Städtepartner

Im Abschlussbericht des Forschungsprojekts KRN-Mephrec sind in Kapitel II.1.11 „Vergleich mit anderen Recycling-Verfahren“ die im Jahr 2016 bekannten Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor bewertet. Die Klärschlämme der ARGE erfordern zur sicheren Unterschreitung des Grenzwertes 20 g/kg KS TS eine Recyclingquote von mehr als 50 % des Phosphors im Klärschlamm. Als mögliche geeignete Verfahren wurden mit letztem Stand seitens der einschlägigen Fachinstitute und Fachexperten Extraphos (Tochter der Chemischen Fabrik Budenheim) und die Hydrothermale Carbonisierung (HTC) von TerraNova Ultra genannt.

Phosphorelimination aus Abwasser



Phosphorrückgewinnung aus Schlamm

Schlammwasser Trübwasser 2	Klärschlamm nicht entwässert 3	Klärschlamm entwässert 3'	Klärschlamm verascht 4
Pearl TRL 9 P-RoC TRL 5-9 (6)	Air-Prex TRL 9 ExtraPhos TRL 5 MSE-Verfahren TRL 7 Parforce (erw.) TRL 6-7 Stuttgarter Verf. TRL 7-8 TerraNova Ultra TRL 4-5	EuPhoRe TRL 7 (bei Nutzung vorhandene RGR) P.KON TRL 5 PYREG TRL 8-9 TreaTech TRL 4-5*	Ash2Phos TRL 6 AshDec TRL 7 Parforce TRL 6 PASCH TRL 4 Phos4Life TRL 6-7 TetraPhos TRL 6-8*
Kristallisation- und Fällungsverfahren Z.B. Pearl, P-RoC, ePhos, Phosphogreen, PRISA, Struvia MAP, MP, CaP	Adsorptions- und Fällungsverfahren Z.B. AirPrex / Berliner Verfahren, FixPhos Nasschemischer Aufschluss Z.B. ExtraPhos, Stuttgarter Verfahren, MSE-Verfahren, TerraNova Ultra MAP, MP, CaP	Thermische Behandlung Calzinierung Z.B. Pyreg, EuPhoRe Schmelzung / Verschlackung Z.B. Mephrec, P.KON, ATZ-Eisenbadreaktor, Kubota Surface Melting, JFE Direct Melting P-haltige Karbonisate, Asche, Schlacke	Nasschemischer Aufschluss Z.B. Ash2Phos, PASCH, LEACH-Phos, TetraPhos, EcoPhos, Phos4Life, Parforce, Phos4green CaP, P-Säure Thermochemischer Aufschluss Z.B. AshDec, ICL RecoPhos P-haltige Asche, P ₄

Abbildung 5-3 Überblick und Entwicklungsstand halb- und großtechn. erprobter P-Recyclingverfahren
 Aufgestellt für Nürnberg Stand Mai 2019 in Anlehnung an Montag et al. 2019
 (* Eigene Einschätzung)

5.1.3 P Recyclingverfahren mit hohem Technologiereifegrad

Eine aktuelle Einschätzung der derzeitigen Verfahren gibt Dr. Montag vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen University. Die Einteilung der wichtigsten Verfahren erfolgt systematisch nach Ort der Phosphorabscheidung. Die Bewertung des aktuellen Entwicklungsstands ist über die Einschätzung des Technologiereifegrads (TRL) nach einschlägigen Kriterien möglich.

Ab TRL 8 liegen Betriebserfahrungen vor und das Verfahren kann großtechnisch eingesetzt werden, jedoch ist die Dokumentation noch nicht vollständig.

TRL 9 bedeutet die vollständige Einsatzfähigkeit.

Verfahren aus Abwasser/Schlammwasser (2)

Bei den Verfahren aus dem Abwasser handelt es sich um Verfahren, die den Phosphor biologisch - physikalisch rüclösen und sich teilweise auf phosphatreiche Teilströme beschränken. Die Verfahrensbewertung im Rahmen von KRN-Mephrec für *PEARL* und *P-RoC* zeigt, dass die erzielbare P-Recyclingquote nicht ausreicht.

Verfahren aus nicht entwässertem Faulschlamm (3)

Die Verfahrensentwickler von *ExtraPhos* haben 2018/2019 Nürnberger Klärschlamm im Labor untersucht, mussten aber feststellen, dass der ausschließlich mit CO₂ behandelte Nürnberger Klärschlamm die Zielwerte für die Phosphorrückgewinnung nicht erreicht. Die Verfahrensentwickler führen dies auf die im Klärwerk praktizierte Eisenfällung des Klärwerksprozesses zurück. *ExtraPhos* wollte das Verfahren weiter entwickeln, um auch eisengefällte Klärschlämme behandeln zu können. Hierzu liegen aber keine Ergebnisse vor. Nach inoffiziellen Informationen wurde die Entwicklung des Verfahrens eingestellt.

Die *Hydrothermale Carbonisierung* wurde von Dr. Dennis Blöhse in seiner Promotionsschrift untersucht und die Ergebnisse bei der Tagung ‚Energie aus Abfall‘ Anfang 2018 in Berlin vorgestellt. Eine überschlägige Betrachtung des HTC-Verfahrens als Verfahrensschritt für die zukünftige Klärschlammverwertung Region Nürnberg kam zum Ergebnis, dass das Verfahren nicht weiterverfolgt wird. Die Gesamtbilanz des Verfahrens ist mit Blick auf die großtechnische Umsetzung nicht aussichtsreich. (Hoher Säurebedarf, aufwändige Prozesswasserbehandlung, Anreicherung von Schwefel, der Brennstoff „HTC-Kohle“ muss thermisch beseitigt werden und es sind besonders aufwändige Apparaturen für Zwischenschritte vorzuhalten.)

Bei *Air-Prex* ist die Gesamtrecyclingquote zu niedrig um in Nürnberg/ARGE 20 g/kg KS TS Phosphor sicher unterschreiten zu können.

Das *MSE-Verfahren* ist aus dem *Stuttgarter Verfahren* zu Demonstrationszwecken abgeleitet. Die Funktionstüchtigkeit im Halbmaßstab ist nachgewiesen. Eine Weiterentwicklung erfolgt DERZEIT nicht aktiv. Der Preis und Aufwand für eine Großanlage sind zu hoch.

Verfahren aus entwässertem Klärschlamm (3)

Qualitativ hochwertige Phosphorprodukte erfordern komplexe Technologien.

		Komplexität des Verfahrens			
		Direkte Verwertung	Thermochem. Aufschluss	Extraktion	Verdampfung
Produktwert	DCP / H ₃ PO ₄ / P ₄	–	–	TetraPhos, Ash2Phos, Solventextraktion	RecoPhos-P4
	Dünger / Düngerzusatz	PHOS4green, SePura, ICL, ...	EuPhoRe, AshDec (P.KON)	–	–

Abbildung 5-4 Überblick technisch erprobter, thermochemischer P-Recyclingverfahren [DPP 09-2019]

Ein *thermochemischer Aufschluss* mit Schwermetallabreicherung und Kalzinierung des Produkts (EuPhoRe und AshDec) bedeutet zwar keine Phosphorelimination, ist aber thermisch autark und produziert abgesehen vom Rauchgas keinen weiteren Abfall. Die Anlagenkapazität ist sehr flexibel und die Drehrohrtechnik in der Abfall- und Zementindustrie langjährig bewährt. Allerdings ist der chemische Zusatz und dessen Wirkung der Schwermetallabreicherung noch nicht im Dauertest bestätigt und das Verfahren im Monobetrieb ist am Markt als neues Verfahren noch nicht etabliert.

Die Produkte der Kalzinierung erzielen vermutlich ein günstiges Preis-Wirkungsverhältnis. Gemäß den Versuchen in Nürnberg bestätigt sich jedoch die Abhängigkeit von zahlreichen Nebenfaktoren. Das P.KON-Verfahren verfolgte deshalb den Weg der Schlacke nicht weiter, sondern favorisiert den Weg über die Erzeugung von Phosphorsäure in hoch konzentrierter Form, die für alle Anwendungsfälle einen guten Marktzugang hat.

KSVN hat im Forschungs-Verbundprojekt KRN-Mephrec das *metallurgische Phosphor-Recycling* erprobt und mit dem Abschlussbericht und Erfolgskontrollbericht das Projekt abgeschlossen. Die erforderliche Weiterentwicklung P.KON fand in Nürnberg keine Zustimmung, so dass das Verfahren für eine großtechnische Anwendung nicht mehr in Frage kommt.

Das kohlenstoffhaltige Produkt aus dem *PYREG-Verfahren* ist nicht als Düngemittel bzw. Düngemittelzuschlagstoff nach deutschem Recht zugelassen. Die Nachbehandlung wäre zu aufwändig. Damit ist die Verfahrenstechnik im Großmaßstab bis auf weiteres nicht zukunftsfähig.

Verfahren aus Klärschlammasche und mineralisiertem Klärschlamm (4)

Voraussetzung für diese Verfahren ist die thermische Monobehandlung des Klärschlammes oder alternative Verfahren der Mineralisierung. Je höher der Phosphoranteil im Produkt, desto effizienter das Verfahren.

Produkte aus der thermischen Behandlung (Wirbelschichtverbrennung, Rostfeuerung, Pyrolyse, Vergasung) weisen in der Regel eine besonders ungünstige Pflanzenverfügbarkeit auf (z.B. sehr stabile Phosphor-Eisenverbindungen werden nicht aufgelöst.) Entsprechend gering ist die Säurelöslichkeit.

Die Asche aus konventionellen Klärschlammverbrennungsverfahren (Wirbelschichtfeuerung) kann in besonders günstigen Fällen gemäß Düngemittelrecht *direkt als Mineraldüngerzuschlagstoff* in der Landwirtschaft auf Ackerböden aufgebracht werden. Die Asche wird mit Kalk, Dolomit und Wasser gemischt und mit Säuren aufgeschlossen, bis die Mindeststandards nach Düngemittelverordnung erreicht werden. Die Technik ist besonders einfach und sie ist eine Chance, weil auch kleine Mengen als profitabel vermarktbar gelten. Die Schwermetalle verbleiben jedoch im Dünger, die Bioverfügbarkeit gilt in der Regel als sehr schlecht (Eisenphosphate) und der Säureaufwand ist unter Umständen hoch. Es ist kein eigentliches Recycling von Phosphor und wird wegen der relativ hohen Schwermetallbelastung des städtischen Klärschlammes sowie wegen seiner geringen Pflanzenverfügbarkeit für die Region Nürnberg nicht empfohlen.

Das Verfahren RecoPhos ist ein Verfahren zur *Verdampfung der Klärschlammasche* im Schmelz- oder Induktionsreaktor. Es wendet eine vergleichbare Technologie der konventionellen P-Säure-Herstellung aus Roherzen an wie sie traditionell und großtechnisch in Marokko und anderen Region mit Phosphorminen angewendet wird.

Die Produkte sind höchstwertig. Der weiße Phosphor P_4 wird in allen Industriezweigen und in der Lebensmittelindustrie in großen Mengen verarbeitet. Es ist der Ausgangsstoff für die allermeisten P-Produkte und alle P-Salze. Der Prozess ist jedoch äußerst Energieaufwändig und die Gefährlichkeit des Produkts erfordert höchste Anforderungen an die Verfahrenstechnik und Prozesssicherheit. Aufgrund der Komplexität und der hohen Investitions- und Betriebskosten wurde die Weiterentwicklung des Verfahrens durch den aktuellen Lizenznehmer ICL nicht weiterverfolgt.

Über die Sinnhaftigkeit von erzeugten Phosphor-Recycling-Produkten entscheidet die Düngewirkung. Sie ist von sehr zahlreichen Faktoren abhängig und muss entsprechend sehr vorsichtig und differenziert beurteilt werden. Es besteht in der Fachwelt Einigkeit, dass in diesem Bereich eine weitere Grundlagenforschung und umfangreiche Pflanzentests unter realen Praxisbedingungen erforderlich sind. Es wird auf entsprechende Fachartikel verwiesen.

Einen guten Überblick über die Wirkung der bislang erprobten Erzeugnisse erklärt folgende Grafik, Ergebnis eines umfangreichen Forschungsprojekts der Universität Hohenheim (IMprovedP 2017).

Abbildung 5-5 Einstufung der Düngewirkung verschiedener P-Produkte aus Klärschlamm
Mineraldüngeräquivalente in % TS. [IMprovedP 2017]

5.1.4 Thermische Verfahren gekoppelt mit Phosphorrückgewinnung

Für Nürnberg werden nach gegenwärtigem Sachstand folgende Verfahren als Alternative (EuPhoRe mit Kalzinierung, TreaTech mit Thermodruck Mineralisation und Methanisierung) bzw. als Ergänzung zur konventionellen Verbrennung (Ash2Phos, Solventextraktion und TetraPhos) favorisiert und weiter betrachtet.

	EuPhoRe	TreaTech	Ash2Phos	Solventex- traktion	TetraPhos
Ausgangsstoff	Klärschlamm entwässert	Klärschlamm unausgefault, entwässert	Klärschlamm- masche	Klärschlamm- masche	Klärschlamm- masche
Benötigte Chemikalien	Alkali-/Erdalkali- chloride oder - sulfate RGR-Adsorbens	Ruthenium-Ka- talsator	Salzsäure Kalk(-milch)	Salzsäure Schwefelsäure Calciumcar- bonat Calciumoxid Wasser	Schwefelsäure Phosphorsäure
Produkte und Nebenprodukte	P-haltige Asche Gas	P-Produkt Sole Gas Prozesswasser	Calciumphosphat Restsand Behandeltes Wasser Metallhydroxide	Phosphorsäure Eisenchlorid Mineralischer Rohstoff Salzsäure Gips Metall Dampf Prozesswasser	Phosphorsäure Gips Metallsalze
Verfahren	thermochemisch	hydrothermal	nasschemisch	nasschemisch	nasschemisch
Stand TRL	7* (bei vorhan- dener RGR)	4-5	6*	6-7*	5-6*

Tabelle 5-3 P-Rückgewinnungsverfahren - für Nürnberg näher favorisiert

Kalzinierung im Drehrohrofen (EuPhoRe)

Das Verfahren wurde durch die Firma *EuPhoRe GmbH* (Teltge) entwickelt und wird derzeit in einer Pilotanlage vom Emscher-Verband in Dinslaken getestet. In Oftringen (Schweiz) wird ein Drehrohr zur thermischen Behandlung von entwässerten Klärschlamm in Verbindung mit einer Müllverbrennung seit Jahren großtechnisch vom kommunalen Entsorgungsbetrieb ERZO betrieben. ERZO plant die von EuPhoRe entwickelte Umwandlung der Klärschlammmasche durch Kalzinierung in einen Wirtschaftsdünger großtechnisch zu testen (Langzeittest läuft seit Herbst 2019). Aus Vorversuchen erzeugte Klärschlammaschen erreichen eine gute Düngewirkung und Schadstoffentfrachtung.

Das EuPhoRe-Verfahren verwertet entwässerten Klärschlamm in einem mehrstufigen thermischen Prozess. Zunächst erfolgt die Trocknung des Klärschlammes durch das im Gegenstrom geführte heiße Prozessgas. Dann wird der Klärschlamm zunächst bei 650 bis 750 °C pyrolytisch in Prozessgas, Kohlenstoff und Mineralstoff getrennt. In einer nachfolgenden Oxidationsphase wird der Kohlenstoff bei 900 bis 1.000 °C verbrannt und der Mineralanteil kalziniert. Eine Ausschleusung der im

Klärschlamm enthaltenen Schwermetalle findet über das Prozessgas statt. Hierfür werden dem Klärschlamm vor der Aufgabe in den Drehrohrofen Alkali- und/oder Erdalkali-Chloride (z.B. KCl , MgCl_2) zugesetzt. Die brennbaren Pyrolysegasanteile im Prozessgas können in einer nachgeschalteten Verbrennungskammer energetisch genutzt werden. Das Produkt der thermischen Umsetzung des Klärschlammes ist eine schwermetallentfrachtete und phosphatreiche Asche. Aufgrund der nachfolgend beschriebenen Prozessführung liegen die Phosphate in einer gut pflanzenverfügbaren Form vor. Das Verbrennungsprodukt kann direkt oder nach Aufbereitung (z.B. Granulation) als Dünger oder Düngerezschlagstoff eingesetzt werden.

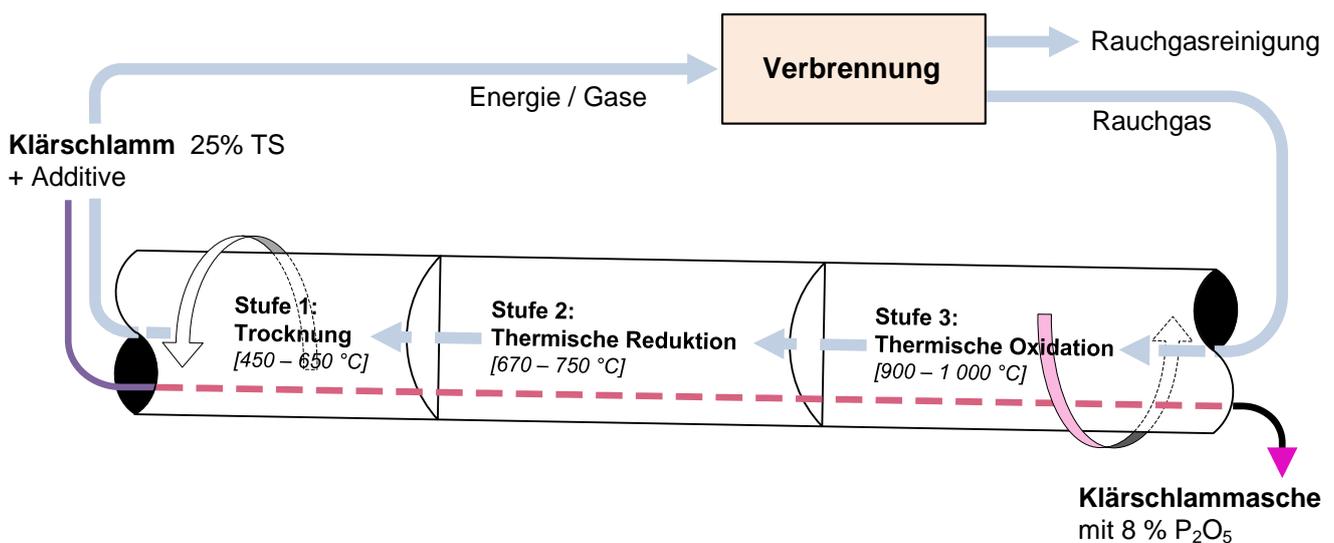


Abbildung 5-6 EuPhoRe-Verfahren zur Kalzinierung von Klärschlamm im Drehrohrofen

In der Kombination von Drehrohrofen und Bestandskraftwerk (Müllheizkraftwerk), durchströmen heiße, sauerstoffarme Rauchgase das Drehrohr entgegengesetzt zum mechanisch entwässerten Klärschlamm. Im Gegenstromprinzips durchläuft der mechanisch entwässerte Klärschlamm über ca. 1,5 Stunden zunächst die Trocknungszone, dann eine Pyrolyse- bzw. Vergasungszone unter reduzierenden Bedingungen und schließlich eine Verbrennungszone unter oxidierenden Bedingungen. Gleichzeitig nehmen der Sauerstoffgehalt des entgegenströmenden heißen Rauchgases von der Verbrennungszone bis zur Pyrolyse- bzw. Vergasungszone kontinuierlich ab. Am Ende des Drehrohres wird auf der einen Seite eine kohlenstoffhaltige (unter 2 bis 5 %), phosphorreiche Asche abgetragen, während am anderen Ende des Drehrohres brüdenreiches und zugleich sauerstoffarmes Schwachgas anfällt, das wieder zurück in die Feuerung des Bestandskraftwerkes geführt wird. Die thermischen Behandlungsschritte werden verfahrenstypisch innerhalb eines einzigen Reaktors (Drehrohr) ausgeführt. Bis etwa zum ersten Laufring findet die Trocknung statt, danach beginnt die Reduktionszone und in einem fließenden Übergang läuft die oxidative Nachverbrennung im letzten Drittel ab. Die Klärschlamm-trocknung und der reduktive Behandlungsschritt werden bei einer Ankopplung an ein Müllheizkraftwerk mit dem heißen Rauchgas ($>900\text{ °C}$) aus dem Bestandskraftwerk

und der freiwerdenden Nachverbrennungsenergie der Klärschlammbehandlung beheizt. Die oxidative Nachverbrennung wird mittels Restsauerstoffgehalt im Rauchgasstrom in Höhe von 6-8 Vol.-% O₂ initiiert und unterhalten. Der Rauchgasstrom wird im oberen Bereich des Feuerraums aus dem Kraftwerk abgezogen.

Hierzu dient das Heißgasgebläse, welches auf der Rohstoff-Inputseite den Gasmix und die Brüden abzieht und diese wiederum dem Feuerraum des Bestandskraftwerks zuführt. Dort werden sie bei mindestens 850 °C nachverbrannt, die chemisch gebundene Energie freigesetzt und der Energierückgewinnung, sowie der Rauchgasreinigung des Kraftwerkes zugeführt.

Auf der Outputseite wird das Ascheprodukt über ein Kühlsystem (z.B. über eine Kühlschnecke) abgetragen, und in Bunkern, Lagerboxen oder Siloanlagen zwischengelagert.

In Dinslaken wird derzeit die Option des Einzelbetriebs im Rahmen des Fördervorhabens Phos4You technisch erprobt. Anstelle der Rauchgaszuführung aus einem gekoppelten Kraftwerk, wird ein Combustor zur Verbrennung der Rauchgase aus der Verschmelzung unterhalten. Ein Teil der Rauchgasmenge wird wieder dem Prozess im Drehrohr zugeführt. Die Temperatur im Reaktor wird neben der Rauchgaszuführung durch den Mischgrad der Klärschlammgranulats gesteuert.

In der neuen Modifikation als eigenständig laufender Prozess verläuft der Prozess energieautark. Der im entwässerten Klärschlamm enthaltene Energieinhalt liegt je nach Mineralgehalt und Trockenmassekonzentration i.d.R. bei 800 bis 1.500 kJ/kg. Der Betrieb ist inklusive der integrierten Trocknung (ab 20 % TR) thermisch selbstständig, so dass bei diesem Verfahren keine kostenintensive Vortrocknung mittels Primärenergie erforderlich ist. Der erste thermische Behandlungsschritt ist die Erhitzung und Trocknung des Klärschlammes, darauf folgt die Entgasung der flüchtigen Bestandteile unter reduzierenden Bedingungen bei Temperaturen zwischen 650 und 750 °C. Dadurch werden die Feststoffe in eine besonders ausgeprägte Reaktionsbereitschaft versetzt (Hedvall-Effekt). Dieser Effekt wirkt entscheidend auf die Produktqualität ein, da unter diesen Bedingungen bereits leicht- bis mittelflüchtige Schwermetalle in Gegenwart von Salzen in die Gasphase überführt werden. In der unmittelbar folgenden oxidativen Nachverbrennung des entstandenen Kohlenstoffs setzt sich die Schwermetallreduktion auch schwerer flüchtiger Metalle bei Temperaturen zwischen 900 und 1.000 °C fort. Die Schwermetalle werden in der Gasreinigung aus dem Abgasstrom entfernt und bilden den verbleibenden, bisher nicht verwertbaren Rest.

Ein weiterer Effekt der Additivzugabe ist die signifikante Verbesserung der Phosphorlöslichkeit der Klärschlammmasche in Zitronensäure. Dies ist auf den basischen Charakter der Asche nach der Schlammbehandlung mit z.B. Magnesiumchlorid zurückzuführen. Gleichzeitig führt die Verwendung von Magnesiumsalzen zu einer Anreicherung dieses wichtigen Makronährstoffs in der Asche.

Zunächst werden dem entwässerten Klärschlamm die Additivsalze, vorzugsweise in gelöster Form, zugegeben. Dies erfolgt mittels Doppelwelleneintragsschnecke unmittelbar vor dem Eintritt in die Trocknungszone des Reaktors, wodurch eine gute Durchmischung von Schlamm und Additiv gewährleistet ist.

Durch die kombinierte reduktive und oxidative Behandlung und der unmittelbaren Temperaturerhöhung beim Übergang zwischen den thermischen Prozesszonen finden Umkristallisationen und Neubildungen eines Teils des Mineralbestandes statt. So auch bei den Phosphatphasen. Diese mineralogischen Wandlungen scheinen für die hohe Löslichkeit in schwachen organischen Säuren und die gute Pflanzenverfügbarkeit verantwortlich zu sein.

Der großtechnische Test des Verfahrens ohne Verbindung mit einer externen Feuerung ist noch in Erprobung. In Dinslaken entwickelt der dortige Abwasserverband im Verbund mit Wissenschaftlern und dem Hersteller das Verfahren im bis zur großtechnischen Reife weiter. Die Pilotanlage wurde von der Emscher-Genossenschaft errichtet und ist derzeit in Betrieb.

Mit Verweis auf die 25-jährigen Erfahrungen der Klärschlammbehandlung im Drehrohrofen in Oftringen und mit Blick auf die laufenden Großinvestitionen in Mannheim und Offenbach, sowie in Erwartung der Bestätigung der durch das BMBF geförderte Technik am Versuchsstandort in Dinslaken will der Hersteller Anlagen ab 2021 im Wettbewerb auch für Nürnberg anbieten.

Säureextraktion aus Asche mit TetraPhos (Remondis AG)

Die Fa. Remondis, Lünen errichtet bei den Abwasserbetrieben Hamburg eine Großanlage nach dem TetraPhos-Verfahren für die Rückgewinnung von Phosphor aus der Asche der Klärschlammverbrennungsanlage. KSVN ist im Kontakt mit Remondis.

TetraPhos wäre auch geeignet die in der Pilotanlage P.KON erzeugte, mit Phosphor hochangereicherte Asche zu verwerten und daraus Phosphorsäure als marktgängiges Produkt zu produzieren.

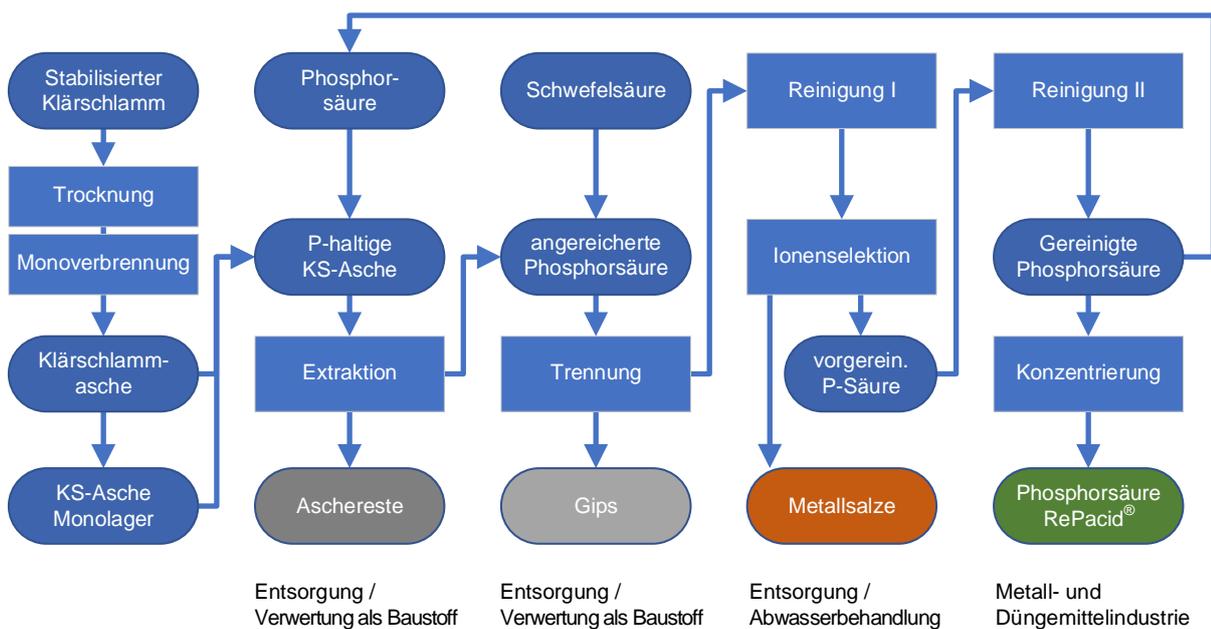


Abbildung 5-7 Extraktion von Phosphor aus der Asche mittels Tetraphos

Es entsteht Phosphorsäure. Die Säure ist auf dem Markt neben den zahlreichen geringwertigen P-Produkten als zukunftsicher anzusehen. Die Nebenprodukte werden durch Remondis verwertet. Potenziell entstehen also keine wesentlichen Abfallmengen mehr. Allerdings sind die Technik und die Verwertung der Produkte aufwändig und komplex. In Hamburg wird eine Anlage großtechnisch realisiert. Bezugnehmend auf die Angaben über die Preise des Verfahrens, würde es für Nürnberg empfohlen werden. Das Marketingkonzept des Herstellers sieht jedoch nicht vor, dass für das Verfahren Bau- und/oder Betriebslizenzen vergeben werden. Remondis betreibt das Verfahren ausschließlich in Eigenregie.

Solventextraktion aus Asche (Tecnicas Reunidas, Spanien)

Die *Solventextraktion* ist ein großindustrielles Standardverfahren der Phosphorsäureextraktion und -anreicherung. Das Verfahren wird im Rahmen der Initiative Pho4You für Klärschlamm- und Müllverbrennungsaschen der Schweiz untersucht und soll in einer Großanlage umgesetzt werden. KSVN ist mit ZAR in Kontakt, um den Fortgang der Verfahrensentwicklung zu verfolgen.

Firma Tecnicas Reunidas ist ein internationaler und zugleich renommierter Industrieanlagenentwickler und Anlagenbauer für chemische Großanlagen. Sie entwickelt Großanlagen für die Phosphorindustrie und realisierte Anlagen in gigantischen Ausmaßen in Marokko, dem größten Phosphorexporteur der Erde.

Das Verfahren gilt als großtechnisch ausgereift und hat sich international bei der Herstellung von Säuren etabliert.

Nach eigenen Berechnungen ist der bilanzielle Betriebsmitteleinsatz höher als bei TetraPhos. Entsprechend höher wird auch der Preis des Verfahrens veranschlagt.

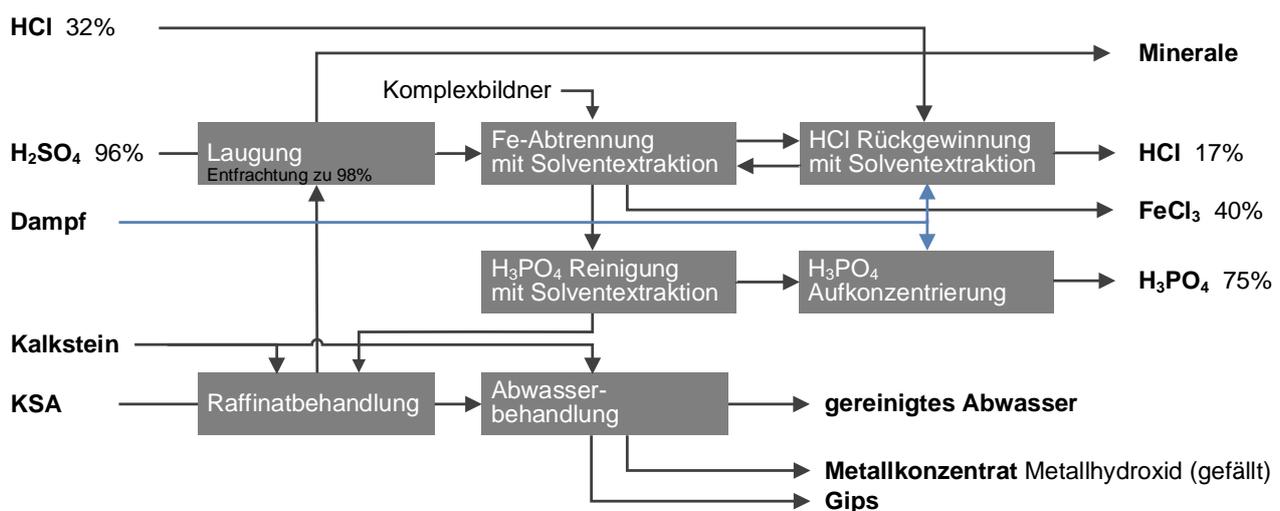


Abbildung 5-8 Extraktion von Phosphor aus der Asche mittels Solventextraktion

Weitere Verfahren der Ascheaufbereitung

Es sind weitere international tätige Firmen bekannt, die eine Aufbereitung der Klärschlammaschen vornehmen wollen. Näherer Informationen liegen bis lang noch nicht vor oder konnten zumindest noch nicht in Erfahrung gebracht werden.

Bei *Ash2Phos* der Firma EasyMining (Schweden) wird die Asche in einem nasschemischen Prozess aufgeschlossen und dabei Phosphor, Aluminium sowie Eisen als reine, kommerziell vermarktbar Fraktion gewonnen. Der Ash2Phos Prozess wird in zwei Varianten entwickelt, mit MAP oder DCP. Die Produkte des MAP -Prozesses sind Mono-Ammonium Phosphat (MAP), Calciumchlorid, Eisenchlorid und Aluminiumsulfat. Die Produkte des DCP -Prozesses sind Di-Calcium-Phosphat (DCP), Eisenchlorid und Aluminiumsulfat.

Geworben wird mit einem geringen thermischen Aufwand und einer hohen Resilienz an Qualität der Rohstoffe, Zusätze und Wassergehalte. Es sind nach mündlicher Aussage ähnlich wie bei der Solventextraktion hohe Mengen an Säuren erforderlich und die Verfahrensschritte sind noch umfangreicher. Es entstehen ebenfalls schwermetallhaltige Schlämme, deren Entsorgungsweg nicht verbindlich geklärt sind. Aufgrund der Anlagenkomplexität wird derzeit in Deutschland noch kein Projekt verfolgt.

Bei dem Verfahren *Parforce* der Firma PARFORCE Engineering & Consulting GmbH, Freiberg werden ähnliche nasschemische Prozess betrieben. Substanzielle Ergebnisse und Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit liegen noch nicht vor.

Monolagerung für eine spätere Phosphorrückgewinnung

Der Klärschlamm aller ARGE-Partner enthält derzeit mehr als 20 g/kg KS TS. Eine Phosphorrückgewinnung oder Monolagerung der Asche ist somit ab 2029 geboten (Ausnahme: Schwabach, hier besteht die Verpflichtung erst ab 2032). Die Deponierung (Lagerung ohne Rückholoption) ist gesetzlich verboten.

Steht bis 2029 kein Verfahren zur Verfügung, ist gemäß NO AbfKlärV die erzeugte Asche aus der gebotenen thermischen Monobehandlung zwischen zu lagern, so dass eine spätere Entnahme zur Rückgewinnung von Phosphor möglich ist. Zu diesem Zweck wurde auch die Deponieverordnung erweitert. Für die Lagerung der Asche werden besondere Anforderungen an den Wiederausbau der Massen gestellt.

5.1.5 Klärschlamm-Schmelzkonversion P.KON

2013 beauftragte der WA-SUN die Erprobung der Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling mit dem Verfahren „Mephrec“ (Metallurgischen Phosphorrecycling). Es wurden Fördermittel akquiriert und mit den ausgewählten sechs Partnern gemeinsam unter der Koordination der KSVN von 2014 bis 2018 das Forschungsprojekt „KRN-Mephrec“ im Rahmen des vom BMBF geförderten ER-WAS-Programms bearbeitet. Während der Betriebsphase des Forschungsprojekts kam es zu Verzögerungen (Anlagenumbau), weshalb nur eine geringe Anzahl von Schmelzversuchen durchgeführt werden konnten. Der geplante mehrwöchige Dauertest war nicht möglich. Die gewonnenen Versuchsergebnisse zeigen jedoch, dass der ursprüngliche Projektansatz, nämlich Phosphor in der Schlacke anzureichern und das Ofengas in einem Verbrennungsmotor zu verwerten, nicht sinnvoll ist. KSVN hat deshalb eine Änderung des Verfahrens vorgeschlagen und zum Patent angemeldet:

- 4 Das Ofengas wird in einer Nachbrennkammer verbrannt und die Rauchgase zur Dampferzeugung genutzt.
- 4 Der in der Filterasche mit bis 40 % analysierte Phosphatanteil wird nicht in die Schmelze zurückgeführt, sondern als Produkt für die Produktion von handelsüblicher Phosphorsäure verwendet (Solventverfahren).
- 4 Schwermetalle, insbesondere Zink, können ebenfalls aus der Filterasche zurückgewonnen werden.
- 4 Das Schmelzgranulat kann als schadstoffentfrachteter Baustoff ortsnah eingesetzt werden.
- 4 Bei Nachfrage der Düngemittelindustrie ist der Rest-P-Gehalt im Schlackegranulat ausreichend um das Granulat als Düngemittelzuschlagstoff einzusetzen.

Die Laboruntersuchung der Filterasche nach dem Solventverfahren zeigt eine P-Recyclingquote von > 85 %. Die gute Abtrennung der Eisenfraktion und der Mineralschlacke führt zu einem sehr kostengünstigen Verwertungsverfahren für Klärschlamm inklusive Phosphorrecycling.

KSVN hat mit der termingerechten Abgabe des veröffentlichten Abschlussberichts und des internen Erfolgskontrollberichts das Forschungsprojekt Ende April 2018 abgeschlossen.

Auf Basis der positiven Versuchsergebnisse sollte die Klärschlamm-Schmelzkonversion mit versierten Anlagenbauern weiterentwickelt und zur großtechnischen Reife gebracht werden. Die bisherigen Versuche reichen für eine Entscheidung zu einer Großanlage nicht aus und insbesondere der fehlende Dauerbetrieb ist vor einer großtechnischen Umsetzung unabdingbar. Deshalb hat KSVN vorgeschlagen, sich an Förderprojekten des BMBF zur Weiterentwicklung von P-Recyclingverfahren (RePhoR, ReMin) zu beteiligen und Partner für die Weiterentwicklung zu suchen. Aufgrund fehlender interner Finanzierung wurde die Bewerbung zur Teilnahme an den Förderprojekten zurückgezogen. Die Weiterentwicklung der Klärschlamm-Schmelzkonversion ohne Fördermittel wurde von möglichen Partnern und von KSVN als nicht machbar eingeschätzt.

5.2 Monoverbrennung im Wirbelschichtofen (Stand der Technik)

Die konventionelle Verbrennung von Klärschlamm im Wirbelschichtofen ist Stand der Technik und wird im Rahmen der bevorstehenden Genehmigungsplanung als Ausgangsvariante weiterverfolgt.

5.2.1 Die Eckpunkte und Anforderungen

- § Klärschlammmenge 30.000 Mg/a TS (davon über 11.000 Mg/a direkt aus Klärwerk SUN)
- § Rechengut ca. 3.000 Mg/a (davon 1.400 Mg/a direkt aus Klärwerk SUN)
- § Betriebsstandort: Klärwerk Muggenhof
- § Verwertung Heizenergie im Sommer aus SUN-BHKW (im Überschuss vorhanden)
- § Fernwärmeeinspeisung ins Fernwärmenetz der N-Ergie AG
(im Sommer max. 3,0 MW, im Winter größer 3,0 MW)
- § Energetische Ziele: Optimierung Fernwärmeeinspeisung (Winter/Sommer) und Minimierung Aufheizung des gereinigten Abwassers, möglichst hohe Stromerzeugung, höchste Energieeffizienz

5.2.2 Der geplante Prozess

Entwässerung des SUN Klärschlammes

Im KSVN-Konzept ist die Entwässerung des von SUN erzeugten Klärschlammes enthalten. Die vorhandene Entwässerung ist mit Blick auf die regulären Abschreibungszeiträume der Hochleistungsaggregate in wenigen Jahren zu ersetzen. Bei der Aufstellungsplanung hat KSVN die erforderliche Entwässerungsanlage in unmittelbarer Nähe zum Klärschlamm bunker positioniert, so dass der SUN-Klärschlamm auf kürzestem Weg direkt der thermischen Verwertung zugeführt wird.

Trocknung gelieferter Schlämme und Rechengut

KSVN sieht eine sogenannte Volltrocknung des entwässerten Klärschlammes auf 90% TR vor. Grund hierfür ist die vorgesehene Speicherung des Klärschlammes als Brennstoffs für die Heizperiode und Vorteile im Betrieb (hohe Variabilität und Verbesserung der Entsorgungssicherheit).

Die mittlerweile in vielen Anlagen bewährten Bandrockner haben den Vorteil, dass über die große Luftmenge eine Rückkühlung erfolgt, ohne dass hierzu Wärme an das gereinigte Ablaufwasser abgegeben werden muss. Im Bedarfsfall kann aber über eine erhöhte Temperatur des Waschwassers ein Teil der Kondensationswärme zurückgewonnen werden.

Der Alternative eines hocheffizienten Wirbeldampftrockners der Braunschweiger Maschinenbau-Anstalt verliert durch die Begrenzung der Fernwärmeeinspeisung seinen energetischen Vorteil. (Die hochkalorischen Brüden müssten mit gereinigtem Abwasser kondensiert werden, was zu einer merklichen Erhöhung der Ablauftemperatur des gereinigten Abwassers führt. Zudem liegt die Stromer-

zeugung der Dampfturbine um über 500 kW niedriger als bei einem Niedertemperatur Bandrockner.) Eine endgültige Entscheidung fällt nach Festlegung der gelieferten Klärschlammengen und ihrem Trocknungsgrad.

Brüdenbehandlung

Die Zentrante aus der Klärschlammwässerung und die Kondensate aus der Brüdenkondensation fallen ortsgleich an und können, falls dies von SUN gewünscht wird, einer gesonderten Brüdenbehandlung zugeführt werden. Im Aufstellungskonzept ist ein entsprechender Raum vorgesehen.

Wirbelschichtfeuerung, Energieerzeugung

Die Wirbelschichtfeuerung wird mit Klärschlamm und Rechengut betrieben. Letzteres wird derzeit über weite Strecken transportiert und ökologisch eher problematisch privat entsorgt. Der Klärschlamm kann für die Wirbelschicht im Trockenrückstand-Gehalt (TR) ab 45% bis max. 75 % variieren. Die Annahme von Trockengut z.B. aus einem Klärschlammverwertungsverband ist möglich. Es ist vorgesehen, den Trocknungsgrad durch Mischung von entwässerten und auf 90 % TR getrockneten Klärschlamm in der Vorbereitung zur Verbrennung zu mischen.

Die Wirbelschicht wird eine Feuerungswärmeleistung von 17,3 MW erreichen und ist damit in der Lage, die Anforderungen aus der Fernwärmeeinspeisung zu erfüllen. Die um ca. 25 % höhere Nennlast für den Winterbetrieb ermöglicht die Nachholung von Klärschlammengen, die während Wartungsstillständen angenommen werden. Dadurch wird die Entsorgungssicherheit verbessert. Im Verbund mit anderen Klärschlammmonoverbrennungsanlagen der süddeutschen Kommunen wird bei Störungen oder Revisionen gegenseitig ausgeholfen.

Der vorgesehene Hochdruckdampferzeuger erzeugt Frischdampf mit 40 bar und 420 °C, der in einer Dampfturbine zur Erzeugung von bis 1,3 MW elektrischen Strom genutzt wird. Mit dem Abdampf der Dampfturbine werden die nachstehend beschriebenen Bandrockner beheizt und ein Teil für die Fernwärmeeinspeisung verwendet.

Die Wirbelschichtfeuerung bietet auch den Vorteil, dass es für das Phosphor-Recycling aus der Wirbelschichttasche z.B. mit dem Verfahren TetraPhos eine verfügbare Technologie gibt.

Abbildung 5-11 auf Seite 58 erklärt das Verfahren mit den wesentlichen Bestandteilen.

- § Schlammannahme, Homogenisierung und Zwischenlagerung
- § Schlammwässerung, Schlammrocknung
- § Wirbelschichtofen zur Klärschlammverbrennung
- § Hochdruck-Dampferzeuger
- § Wasser-Dampf-Kreislauf, Leitungen und Hausanschlüsse
- § Turbine und Generator zur Stromerzeugung
- § Rauchgasreinigung und Reststofftrennung

Der entwässerte Klärschlamm wird nach der Anlieferung (rd. 120.000 Mg eKS/a) im Annahmehunker homogenisiert und gelagert. Der Klärschlamm wird nicht konsistent angeliefert. Er besitzt teilweise sehr unterschiedliche Zusammensetzungen, Reifegrade der Faulung und Wassergehalte. Er wird deshalb im Annahmehunker homogenisiert und erst dann dem Trockner zugeführt. Über den Wurfbeschicker wird er mit rund 50 % TR in den Ofen eingebracht. Dann wird der Klärschlamm unter Zufuhr von vorgeheizter Verbrennungsluft verbrannt. Zum Anfahren des Ofens wird Erdgas verbrannt. Die heißen Rauchgase steigen vom Wirbelschichtofen in den Dampfkessel. Beim Wirbelschichtofen verläuft der Prozess innerhalb von Minuten ab.

Das Wasser im Wasser-Dampf-Kreislauf wird mit der Speisepumpe mit hohem Druck dem Economiser zugeführt und vorgewärmt. In den Verdampferrohren (Flossenrohre bilden die Außenwände des Dampferzeugers) wird das erhitzte Wasser verdampft. Der sog. Sattedampf wird anschließend in Überhitzern auf die gewünschte Frischdampf Temperatur erhitzt. Dieser Hochdruck-Frischdampf wird in der Dampfturbine zu mechanischer Energie umgewandelt und dabei entspannt und abgekühlt. Die Dampfturbine treibt den Generator (ca. 1,3 MW_{el}) an, der den Strom (rd. 8.000 MWh_{el}/a) erzeugt. Der in der Turbine entspannte Abdampf wird hauptsächlich von Niederdruckdampf-Verbrauchern (Klärschlamm-trocknung, Heizwassererzeugung) genutzt und kondensiert, ein kleiner Teil wird zur Entgasung des Speisewassers verwendet.

Nach der Abkühlung der Rauchgase im Dampfkessel fließen diese durch die Abgasreinigung. Im Staubabscheider und Elektrofilter werden feste Schwebstoffe abgeschieden und im Aschesilo gesammelt (rd. 8.000 Mg pro Jahr). Diese Asche soll zukünftig zur Phosphorrückgewinnung genutzt werden. In der Rauchgasreinigung werden die sauren Abgasbestandteile (SO₂, HCl) und Schwermetalle unter Zugabe von Additiven abgeschieden. Das Rauchgas wird für die Entstickung aufgeheizt und in einem Gewebefilter entstaubt, bevor es mittels Harnstoffeindüsung und eines Katalysators entstickt über den Abgaskamin die Anlage verlässt. Die abgeschiedenen Stoffe werden in separaten Silos gesammelt und in Untertagedeponien als Bergversatz verwertet (rd. 1.200 t/a).

Das gereinigte Abgas kann ggf. zur Erwärmung von Heizwasser weiter abgekühlt werden.

Phosphor Rückgewinnung

Beim TetraPhos-Verfahren (ggf. auch das schweizerische Phos4Life oder schwedische Ash2Phos) wird neben einer im Handel verkaufbaren Phosphor-Säure auch das Fällungsmittel Fe(III)Cl erzeugt, welches in der Kläranlage SUN verwendet wird. Die überschüssige Menge kann ebenfalls über den Handel für andere industrielle Anwendungen verkauft werden. Bei KSVN sind ca. 13.500 Mg/a Klärschlamm-Asche zu behandeln. Ob hierfür eine Anlage am Standort errichtet wird, oder mit anderen Betreibern (z.B. Gersthofen, Straubing, München) eine gemeinsame Anlage errichtet wird, ist derzeit nicht zu entscheiden. Die Überprüfung der in den von KSVN angesetzten Kosten für die Aufbereitung der Klärschlamm-Asche zeigt, dass dieser Preis mit einer TetraPhos-Anlage für 13.500 Mg/a erreichbar ist.

Eine erste großtechnische Anlage wird derzeit in Hamburg von Phosphorrecyclinggesellschaft mbH (Anteile: Hamburger Stadtentwässerung AöR zu 60%, Remondis Aqua Industrie GmbH & Co. KG zu 40 %) für 20.000 Mg/a Klärschlammmasche errichtet. Die Anlage soll 2020 den Betrieb aufnehmen.

5.2.3 Das geplante Anlagenkonzept

Besonderheiten Logistik und Aufstellung

Die Effizienz der Verwertung und die Entsorgungssicherheit sollen durch das Betriebs- und Anlagenkonzept erheblich verbessert werden. Es ist vorgesehen die Krananlage, die Förderwege und die Klärschlamm-trocknung sowie den Förderweg zu den Silos für getrockneten Klärschlamm redundant auszuführen. Zusätzlich ist eine LKW-Verladung für getrockneten Klärschlamm vorgesehen, so dass bei einem längerfristigen Ausfall (mehr als 1 Monat) der Verbrennungsanlage der getrocknete Klärschlamm auf andere Klärschlammbehandlungsanlagen verteilt werden kann. Durch die Trocknung ist bei solch einer Störung der Transportaufwand minimiert.

Die Abkipphalle und der Klärschlambunker werden im Unterdruck betrieben und die Luft entweder als Verbrennungsluft der Wirbelschichtverbrennung zugeführt oder bei Stillstand der Verbrennung über eine Abluftreinigungsanlage desodoriert, so dass keine Gerüche an die Umgebung austreten. (Erhebliche Verbesserung zur derzeitigen Klärschlammverladung!)

Bei der Rauchgasreinigung wird vor dem Hintergrund der im Stadtteil Muggenhof bereits vorliegenden Vorbelastungen eine signifikante Unterschreitung der Grenzwerte nach der 17. BImSchV während des Betriebes vorgegeben. Insbesondere für die Minimierung der Stickoxide wird eine zusätzliche (bei Wirbelschichtverbrennungen bisher nicht erforderliche) selektive, katalytische Stickstoffreduzierung (SCNR) vorgesehen. Um Abgasschwaden nach der Rauchgasreinigung zu minimieren wird eine Rauchgaskondensation eingeplant und ggf. eine Wiederaufheizung des Rauchgases.

Die Reduzierung von Schallemissionen wird durch die Auswahl von schallgedämmten Aggregaten aber auch durch eine weitestgehende Einhausung der gesamten Anlage erreicht.

Die Zufahrt über die Dooser Straße ermöglicht es, den LKW-Verkehr ohne Durchfahrt von Wohngebieten zu führen, so dass eine Belastung von Anwohnern minimiert wird.

Für zwei mögliche Standorte wurden Aufstellungsskizzen erstellt, die zeigen, dass eine Integration in das Klärwerk Muggenhof keine Behinderung für die Abwasserreinigung darstellt, sondern sich vielmehr Synergien daraus ableiten.

Abbildung 5-9 Aufstellungsplan Thermische Verwertung (Entwurf)
mit Berücksichtigung von Klärschlammlogistik, Entwässerung, Trocknung, Rechen-
gutaufbereitung. Einschließlich Berücksichtigung Energiezentrale (BHKW/GuD)

Einbindung Energiezentrale SUN/KSVN

Der dauerhafte Erhalt und die Erweiterung der noch bestehenden Schlammmentwässerungshalle und Heizzentrale SUN ist nicht zweckmäßig. Die bestehenden Anlagen sind beschrieben.

Die Vorlagebehälter der Schlammmentwässerung sind stark sanierungsbedürftig. Die Zwischendecken der Halle sind stark sanierungsbedürftig. Die Speicherbehälter sind als Vorlage für eine Klärschlammlogistik ungeeignet. Die Entwässerung kann nicht für weitere Klärschlammengen aus Co-Fermenten erweitert werden. Die Anlage kann nicht effizient geruchsdicht umgebaut werden. Die Anlage steht mitten im Wasserweg und verursacht durch die Umleitungen um das Gebäude herum hydraulische Zusatzlasten und Zusatzkosten. Die Flächen werden in der Abfolge des neuen Wasserwegs dringend gebraucht.

Der weitere Erhalt und die Erweiterung der alten Blockheizkraftzentrale mit Kesselanlage sind mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden. Der notwendige Ausbau der Anlage mit dem geplanten weiteren BHKW zur Verwertung des bereits bestehenden Gasanfalls, sowie erst recht der geplante spätere Vollausbau der Stromversorgung zur Eigenbedarfsdeckung an Strom (mit Inselbetriebsoption) ist nicht möglich. Es fehlt Platz für die notwendigen Aktivkohlefilter zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte (Formaldehydproblematik). Die Anbindung und Gestaltung des Nahwärmeringnetzes ist energetisch suboptimal. Die Kesselanlage ist nicht modulierbar. Dadurch werden im Schaltfall beträchtliche Gasverluste verursacht. Die Standorte der Luftkühlung sind lärmtechnisch unvorteilhaft.

Die Verlegung der Schlammmentwässerung und der Energiezentrale an den neuen Standort KSVN ist aus nachfolgenden Gründen sinnvoll:

1. Es kann eine moderne, zweckorientierte, technisch und betrieblich unzweifelhafte Anlage in kompakter Bauweise realisiert werden. Die Anbindung mit allen Medien erfolgt zentral und effektiv. Der kompakte Baukörper ist preislich vorteilhaft, die Technik konzentriert.
2. Die Anlage ist immissionsschutztechnisch (Gase, Lärm) im siedlungsentferntesten Teil des Klärwerks angeordnet. Die Anlage ist verkehrstechnisch günstig angebunden.
3. Die neue Gasleitung und Wärmeanschlussleitung kann im Rahmen der Erweiterung des Kollektorsystems sinnvoll in einem System zusammen mit den Investitionsvorhaben der N-Ergie zur Wärmerückgewinnung aus Abwasser realisiert werden.
4. Die Wege der Wärme zwischen Kesselanlage, Dampfanlage, Faulungsanlage, Trocknungsanlage usw. sind kurz. Die Stromversorgung und -ableitung können an einem Ort konzentriert werden.
5. Betriebsthematisch (personell wie betrieblich) bestehen unmittelbare Synergien zwischen der Energietechnik des Kraftwerks KSVN und der Kraftwerke des Klärwerks. Der Schichtbetrieb ist sinnvoll koppelbar.

Kooperation mit N Ergie

In Abstimmung mit N-Ergie wurde erreicht, dass die Einspeisung von Fernwärme (im Sommer vorläufig beschränkt auf 3 MW) in das Zukunftskonzept der Nürnberger Fernwärme integriert wird. (Anbindung an die Primärleitung am FW-Heizstation Muggenhof.) Die thermische Klärschlammverwertung mit Einspeisung in das städtische Fernwärmenetz soll Bestandteil der Dekarbonisierungsstrategie der N-Ergie werden. Der eingespeiste Wärmestrom substituiert einen Teil der durch Gas erzeugten Wärme.

Gemäß Oberflächengewässerverordnung ist die Wärmebelastung der Pegnitz besonders im Winter zu hoch. Die Wärmeeinspeisung soll deshalb zusätzlich durch eine Hochtemperaturwärmepumpe ergänzt werden. Dadurch wird die Wärmebelastung der Pegnitz wirksam vermindert und die Netzeinspeisung verstärkt.

Abbildung 5-10 Potenzielles Erzeugungsportfolio für FW-Anschlussbestand Nürnbergs
[N-Ergie 2019]

Die Kostenzusammenstellung des Geschäftsplans berücksichtigt den Aufwand für die Kopplung der Wärmenetze.

Optionale Innovationen

Momentan werden viele Verfahren für Phosphorrückgewinnung an verschiedenen Stellen im Kläranlagenprozess bzw. aus der Klärschlammasche entwickelt und in Pilotanlagen getestet.

Steht bis zum Baubeschluss oder auch zu einem anderen, späteren Zeitpunkt ein ausreichend erprobtes P-Rückgewinnungs-Verfahren zur Verfügung, kann die Rückgewinnung des Phosphors einer thermischen Monobehandlung vor- oder nachgeschaltet werden. Eine Fläche wird auf dem Gelände im Bereich des für den Rückbau vorgesehenen Nachklärbeckens bereitgestellt.

Es besteht die Option der Realisation eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (GuD-Anlage). Ein Kraftwerkstyp, bei dem die Abwärme des Gasturbinenkraftwerkes der Klärschammverwertungsanlage im Dampfkraftwerk thermisch genutzt wird. Die Abgase der Turbine dienen dabei als Wärmequelle für einen nachgeschalteten Abhitzeessel, der wiederum als Dampferzeuger für die Dampfturbine wirkt. Mit dieser kombinierten Fahrweise wird in den beiden thermodynamischen Kreisprozessen zusammen ein höherer Wirkungsgrad erreicht als mit getrennten Gasturbinen im offenen Betrieb und konventionell befeuerten Dampfkraftwerken. Kombikraftwerke gehören mit elektrischen Wirkungsgraden von bis zu 63,1 % zu den effizientesten konventionellen Kraftwerken. Die Hochtemperaturwärme steht für eine moderne Hocheffizienz-Dampftrocknungsanlage und für die Einspeisung in der Fernwärmenetz der Main-Donau-Netzgesellschaft zur Verfügung.

Innovativ kann auch die Gestaltung einer Prozesswasseraufbereitung (Brüden und Zenträte) erfolgen. Es wurden mehrere Optionen untersucht, die im Kreislauf abhängig von der Art und Menge der Wärmebereitstellung eine wesentliche Entlastung der biologischen Reinigung des Klärwerks bedeuten.

Abbildung 5-11 Schema einer aktuellen 30.000 MG TS/a Wirbelschichtverbrennungsanlage
(Beispiel KVA ARA Werdhölzli in Zürich 2018)

5.2.4 Der geplante Betrieb

Für die Prozesse der KSVN, insbesondere zum Betrieb der Monoverwertungsanlage, sind einige Beschaffungsprozesse zu implementieren, die nachfolgend dargestellt werden.

Für die Klärschlammanlieferung der Gesellschafter wird der Transport durch die Lieferanten oder im Bedarfsfall auch durch KSVN organisiert.

Für den zentralen Standort in Nürnberg muss die KSVN technisches Personal akquirieren und betreuen. In Zürich wird der Betrieb von einem Betriebsleiter, sieben Schichtarbeitern und mit Unterstützung von Mitarbeitern des Klärwerks durchgeführt. Für den Betrieb der Anlage Nürnberg wird zunächst ein konservativer Personalbedarf ohne Unterstützung vom Klärwerk kalkuliert.

Bei zusätzlichen externen Dienstleistungen z.B. für den Transport wäre zusätzliches Personal erforderlich.

Als externer Energiebezug werden Erdgas, Strom sowie Wärme für die zentrale Betriebsstätte beim An- und Abfahren und Betriebsstillständen nötig. Hilfs- und Betriebsstoffe werden u. a. für die Rauchgasreinigung eingesetzt. Hierfür müssen insbesondere Harnstoff/Ammoniakwasser zur NO_x-Entfernung, Kalkhydrat und Aktivkohle beschafft werden. Als weiterer Betriebsstoff wird für die Wirbelschichtverbrennung Quarzsand benötigt. Außerdem müssen Brauchwasser, Trinkwasser, Öle und Fette beigestellt werden. Für die Instandhaltung sind entsprechende ERV-Teile zu beschaffen und zu bevorraten und die Revisionen zu planen und entsprechende Fachfirmen zu beauftragen.

Für die Reststoffe müssen Entsorgungs- bzw. Aufbereitungsmöglichkeiten vertraglich gebunden werden. Bzgl. den Behörden sind einschlägige Berichte zu erstellen und der Betriebsverlauf ist zu dokumentieren.

Darüber hinaus sind bei der geplanten Organisation als GmbH die kaufmännischen Angelegenheiten zu erledigen (Buchhaltung, Rechnungswesen, Jahresabschluss etc.) und ggf. die Personalverwaltung. Die oben erwähnte Öffentlichkeitsarbeit wird von den Mitarbeitern der GmbH unterstützt.

Aufgrund der limitierten Fernwärmeeinspeiseleistung von 3 MW im Sommer ist es sinnvoll, die thermische Klärschlammbehandlung so zu betreiben, dass im Winter eine erhöhte Fernwärmeeinspeisung erreicht werden kann. Dies ist möglich, indem der kontinuierlich anfallende Klärschlamm in einem Teilstrom auf 90 % getrocknet und von diesem Teilstrom wiederum ein Teil als Wintervorrat (Silos für rund 4.000 Mg 90% TS) zwischengelagert wird. Der restliche Teilstrom des getrockneten Klärschlammes wird mit dem entwässerten Klärschlamm gemischt und in der Wirbelschicht kontinuierlich verbrannt. Das Mischungsverhältnis wird so eingestellt, dass der für eine selbständige Verbrennung erforderliche Heizwert sicher eingehalten wird.

In Folge der Brennstoffreduzierung durch Aufbau des Winterlagers wird die Wirbelschicht im Sommer bedarfsabhängig nur in Teillast (65%) betrieben. Bei dieser Betriebsweise reicht die mit Klärschlamm erzeugte Energie nicht aus, um die Klärschlamm-trocknung zu gewährleisten. Deshalb wird in den Sommermonaten die nicht genutzte Abwärme der SUN-BHKWs eingesetzt.

Durch diese Fahrweise können in der Heizperiode rund 10.000 MWh mehr Fernwärme ins Fernwärmenetz eingespeist werden.

Für die Bevorratung des getrockneten Klärschlammes sind zusätzlich ca. 5.500 m³ Speichervolumen (z.B. 4 Silos mit D=10 m, H=20 m) erforderlich. Die sichere Langzeitlagerung von getrocknetem Klärschlamm wurde im Rahmen des KRN-Mephrec-Projekts nachgewiesen. Mit Hilfe der Silos und der BHKW-Wärme ist eine kontinuierliche Klärschlammannahme möglich, so dass auch Wartungsstillstände überbrückt werden können.

Die Wirbelschicht als Verbrennungsreaktor bietet den Vorteil, dass sie über eine hohe Variabilität bei den Brennstoffeigenschaften (Heizwert, Kornspektrum) und im Lastbereich verfügt, so dass der Betrieb die unterschiedlichen Anforderungen aus dem Klärschlammaufkommen und der Wärmeversorgung nachkommt.

5.3 Standort

Der Umweltreferent der Stadt Nürnberg wünscht für die Realisierung der Anlage einen Standort im Stadtgebiet Nürnberg. Deshalb werden in erster Linie Standorte innerhalb der Stadtgrenzen näher betrachtet.

Es wird eine *bebaubare Fläche* von brutto ca. 10.000 m² benötigt. Das Gebiet muss *genehmigungsrechtlich geeignet* sein. Das ist in Industriegebieten oder Sondernutzungsgebieten gegeben.

Die Anlage soll insbesondere die Klärschlämme der ARGE Obere Regnitz (Erlangen, Fürth, Nürnberg und Schwabach) und weiterer Kommunen der Metropolregion Nürnberg aufnehmen. Somit muss die Anlage *verkehrsgünstig* liegen und der Standort soll die Transportwege minimieren. Hierbei sind insbesondere die Klärschlammtransporte von der Kläranlage zur Behandlungsanlage zu berücksichtigen.

Darüber hinaus müssen die *Brüden* der Klärschlamm Trocknung in einer Großkläranlage abgegeben werden können, sofern nicht eine eigenständige, aufwändige Prozesswasserbehandlung installiert werden soll.

Ein *ganzzähriger Wärmeverbraucher*, der die anfallende Abwärme nutzt, sollte in unmittelbarer Reichweite liegen, um das Vorhaben der Dekarbonisierung der Stadt zu unterstützen und die zusätzliche Erwärmung der Stadtluft zu vermeiden.

Eine möglichst geringe *Vorbelastung der Schutzgüter* wirkt sich hinsichtlich der UVP positiv aus. Genehmigungsrechtlich ist hierbei unbelasteten Flächen der Vorzug zu geben. Umgekehrt sind mit Blick auf die Stadtentwicklung bereits verdichtete Stadtgebiete zu bevorzugen, um den Landverbrauch und zusätzliche Umweltbelastungen in der Summe zu reduzieren.

Um Baurecht zu erhalten ist schlussendlich für den präferierten Standort die Unterstützung der Politik und Bürgerschaft notwendig.

5.3.1 Alternative Standorte im Umfeld Nürnberg

Abfallverbrennungsanlage ASN in Sandreuth

Vorteil des Standorts ist die einfache Einbindung in das Fernwärmenetz der N-Ergie und die am Standort vorhandene Expertise der Abfallverbrennung mit ausgebildeten Fachpersonal.

Die Nachteile sind:

- 4 Die Müllverbrennung ist, auch hinsichtlich der Rauchgasmengen, bereits ausgelastet. Synergien hinsichtlich der Rauchgasreinigung können nicht genutzt werden.
- 4 Die bestehende Genehmigung könnte durch die zusätzlich zu genehmigenden Bestandteile gefährdet werden (Vorbelastung und Verschlechterungsverbot).
- 4 Das vorhandene Restgelände steht aus betriebstechnischen Gründen der ASN nicht zur Verfügung. Der momentan scheinbar freie Platz ist für den geplanten und notwendigen Austausch der Müllverbrennungslinien für eine neue Linie reserviert.
- 4 Eine Abwasserbehandlung ist vor Ort nicht vorhanden.

Gemäß vorläufiger Bewertung kann eine weitere Betrachtung entfallen, da der notwendige Platz für eine Anlage dieser Dimension nicht vorhanden ist.

N Ergie AG, Sandreuth

N-Ergie verfügt über die Expertise der Strom- und Wärmeenergieerzeugung. Im Genehmigungsprozess wird ggf. eine (psychologische) Erleichterung erwartet, weil der Standort bereits politisch und bürgerlich grundsätzlich akzeptiert ist.

Die Nachteile sind:

- 4 Aus betriebstechnischen Gründen der N-Ergie steht kein Platz zur Verfügung.
- 4 Eine Mitnutzung vorhandener Anlagen ist kapazitätsmäßig nicht möglich. Synergien hinsichtlich der Rauchgasreinigung können nicht genutzt werden.
- 4 Eine Abwasserbehandlung ist vor Ort nicht vorhanden.

Eine weitere Betrachtung kann entfallen, da Gespräche mit der N-Ergie ergeben haben, dass die N-Ergie keinen Platz für eine Klärschlammverwertung zur Verfügung stellt und das Geschäft selbst nicht betreiben will.

Kraftwerk Franken 1, Gebersdorf

Vorteile des Standorts sind die grundsätzlich bereits vorhandenen Infrastrukturen und eine einfache Fernwärmeanbindung. Das Stadtplanungsamt sieht in baurechtlicher Sicht keine Genehmigungshindernisse.

Die Nachteile sind:

- 4 Es besteht derzeit kein kommunaler Zugang zur bestehenden Einrichtung.
- 4 Eine Mitnutzung vorhandener Anlagen des Kraftwerks ist nicht möglich, da das Gasturbinenkraftwerk über keine Rauchgasreinigung verfügt und strategisch und betrieblich nicht auf einen kontinuierlichen Betrieb eingestellt ist.
- 4 Es gibt keine geeignete oder einfach zu realisierende LKW-Verkehrsanbindung. Die ausschließliche Verkehrsanbindung über das Schienennetz kann mit den Kläranlagen der Region nicht erschlossen werden. Für den relativ kurzen Transportweg zwischen der Kläranlage Muggenhof und dem Kraftwerk entstünde ein unverhältnismäßig großer logistischer Zusatzaufwand.
- 4 Eine Abwasserbehandlung ist vor Ort nicht vorhanden.
- 4 Die örtliche Situation der Kühlung der Anlagen ist umweltrechtlich bereits stark begrenzt.

Nach vorläufiger Einschätzung ist eine anwohnerfreundliche LKW-Verkehrsanbindung nicht möglich und der Aufwand für die Anlieferung des Klärschlammes zu hoch. Das macht den Standort unattraktiv. Mit dem Eigentümer des Geländes wurden deshalb keine Gespräche geführt.

Industriegebiet Hafen

Das Hafengebiet ist Industriegebiet. Das Stadtplanungsamt sieht aus baurechtlicher Sicht keine Genehmigungshindernisse. Das Areal ist bereits durch LKW-Verkehr geprägt. Die zusätzlichen LKW-Anlieferungen würden hinsichtlich ihrer Anzahl nicht ins Gewicht fallen.

Die Nachteile sind:

- 4 Der Platz ist bereits sehr beengt.
- 4 Das Gebiet hat keine unmittelbare Netzanbindung an das Fernwärmenetz. Industrien mit hohen und jahreszeitenunabhängigen Wärmeverbräuchen sind nicht angesiedelt.
- 4 Eine Abwasserbehandlung ist vor Ort nicht vorhanden.

Nach vorläufiger Einschätzung ist der Aufwand für die Anlieferung des Klärschlammes vertretbar. Durch den fehlenden Wärmeabnehmer ist diese Lösung derzeit aber nicht zu favorisieren. Es wurden deshalb vorerst keine Verhandlungen aufgenommen.

Flächen im Umfeld der Metropolregion

Als potenzielle Standorte außerhalb Nürnbergs wurden bisher erörtert:

4 Das Gelände der ehemaligen Thermoselect in Brodswinden bei Ansbach:

Das Areal und seine Gebäude stehen in Rücksprache mit dem Eigentümer und der Stadt Ansbach aus genehmigungsrechtlichen Gründen für die Errichtung einer neuen thermischen Behandlungsanlage nicht zur Verfügung. Es sind keine örtlichen Wärmeabnehmer vorhanden. Von weiteren Gesprächen wurde abgesehen.

4 Das Gelände der ehemaligen Schwelbrennanlage in Fürth:

Es steht aus gleichen Erwägungen nicht zur Verfügung. Auf diesem Standort darf keine Verbrennungsanlage mehr errichtet und betrieben werden. Verhandlungen wurden deshalb nicht geführt.

4 Das Gelände der TEAtherm Dinkelsbühl:

Der Betreiber hat grundsätzliches Interesse, das Wärmeangebot für weitere Gewächshäuser auszubauen und seine vorhandene Anlage zur Klärschlamm-trocknung für einen Kontibetrieb besser auszulasten. In der Verhandlung zeigten sich aber einige zeitliche, organisatorische, gewährleistungsmäßige, vergaberechtlich und umweltmäßige Komplikationen. Die Anlagengröße wäre vermutlich zu klein. Die genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen sind vage. Der Transportweg geht über das Regionalziel hinaus. Von weiteren Abstimmungen wurde vorerst abgesehen.

4 Firma Scherzer im Knoblauchsland:

Firma Scherzer hat prinzipiell Interesse, seine bestehenden Wärmeanlagen für Gewächshäuser und Flughafen mit alternativen Brennstoffen (auch Klärschlamm) zu erneuern und ggf. zu erweitern. In der Verhandlung zeigten sich ebenfalls zeitliche, organisatorische, gewährleistungsmäßige, vergaberechtlich und umweltmäßige Komplikationen. Die Anlagengröße bliebe begrenzt. Die genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen sind vage. Von weiteren Abstimmungen wurde vorerst abgesehen.

Neben dem gemeinsamen Nachteil, dass die vorgenannten Standorte nicht wie gewünscht in Nürnberg liegen würden, weisen die Flächen generelle Nachteile auf: Es entsteht mehr Verkehr. Es ist mit besonders schwer kalkulierbaren Unwägbarkeiten der Realisation und mit zahlreichen zusätzlichen (privatrechtlichen) Abhängigkeiten zu rechnen.

Es wird empfohlen, neue Erkundungen erst bei erheblichen Hindernissen für eine Genehmigung für den Nürnberger Standort Klärwerk Muggenhof aufzunehmen.

5.3.2 Der Klärwerksstandort Muggenhof

Als geeignetster Standort ist das Klärwerk 1, Muggenhof der Stadt Nürnberg bewertet.

Vorteile

Gründe, die für diese Standortwahl sprechen sind:

- 1 Anfall der größten Einzel-Klärschlammmenge in der Region und damit Vermeidung von ca. 40.000 Mg/a LKW-Transporte und der damit verbundenen, erheblichen Verkehrs- und Geruchsbelastungen.
- 2 Zentrale Lage für die Klärwerke der ARGE-Partner Erlangen, Fürth, Schwabach.
- 3 Integration der thermischen Klärschlammverwertung in den Masterplan Kläranlage SUN.
- 4 Gute Verkehrsanbindung über die A73 für Anlieferungen aus kommunalen Kläranlagen aus der Region. Zufahrt über die Dooser Straße, statt über den Ortskern Muggenhof.
- 5 Aufgrund der Lage und der Fernwärmeeinspeisung wird durch die zentrale, regionale thermische Klärschlammverwertung ein wesentlicher Beitrag zur CO₂-Neutralität der Region beigetragen und der LKW-Verkehr über weite Distanzen stark reduziert.
- 6 Vorhandene Infrastruktur u.a. hinsichtlich Lager, Werkstätten mit hochqualifiziertem Personal, Kantine, Stromanschluss, Warte, Waagen, Grundstücksüberwachung, Zu- und Ausfahrtüberwachung, usw.

Mögliche weitere Vorteile bei der Nutzung des Klärwerksstandorts resultieren wie folgt:

- 7 Behandlung der Brüden aus dem Klärschlammrockner in einem leistungsfähigen Klärwerk.
- 8 Nutzung der Brüden aus dem Dampfwirbelschichtrockner für die Hydrolyse und damit Förderung einer erhöhten Klärgasproduktion (= erhöhte Leistung um ca. ein KWK-BHKW zusätzlich).
- 9 Möglichkeiten der Nutzung der BHKW-Abgaswärme in einem Band-, Kontakt- oder Dampfwirbeltrockner, um eine außentemperaturgesteuerte thermische Klärschlammverwertung zu ermöglichen.

Im Sommer wird der Klärschlamm teilweise mit der Abwärme der BHKWs getrocknet und die thermische Klärschlammverwertung in Teillast betrieben. Der getrocknete Klärschlamm (> 90 % TR) kann als regenerativer Brennstoff zwischengelagert und im Winter bei Vollast in der thermischen Klärschlammverwertung für die Mehrerzeugung von Wärme und Strom eingesetzt werden.

- 10 Erhöhung der Stromeigenversorgung der Kläranlage.

- 11 Aufbau eines Wärmeverbunds mit den vorhandenen BHKWs, um keine Abwärme an die Umgebung zu verlieren und eine Einspeisung in das Fernwärmenetz zu ermöglichen. Alternative Option der Errichtung einer GuD-Kraftanlage.
- 12 Kontinuierliche Einspeisemöglichkeit von 2-3 MW Wärmeleistung im Sommer in das N-Ergie-Fernwärmenetz. Der Einspeisepunkt liegt nur 0,6 bis 1,0 km entfernt im Spitzenlastheizwerk Muggenhof. Am Einspeisepunkt des Spitzenlastheizwerks ist derzeit eine Leistung von 60 MW installiert, so dass im Winter eine deutlich höhere Einspeiseleistung möglich ist.
- 13 Integration einer neuen Klärschlammmentwässerung und damit Teil-Auflösung des Gebäudes G40 möglich.
- 14 Geruchsentwicklung der Klärschlammverladung entfällt; externe Klärschlammlieferungen erfolgen in einer geschlossenen, abgesaugten Abkipphalle.
- 15 Es wird ein hoher Verdichtungsgrad auf dem Klärwerksgelände erreicht. Dadurch wird eine zusätzliche Versiegelung von Grünflächen in Nürnberg und Umgebung vermieden.

Nachteile

Das Gelände des Klärwerks ist in alle Richtungen begrenzt. Der vorhandene Platz wird bereits für einen Teil der Klärschlammbehandlung (Faulung und Gaserzeugung) genutzt. Bei Realisation der Anlage steht der Raum konkurrierenden Nutzungsformen nicht mehr zur Verfügung.

Das Verschlechterungsverbot für den Standort und die hohen Erwartungen der unmittelbaren Nachbarschaft zum Klärwerksgelände setzen Maßstäbe für den Umweltschutz, die über den emissionsmäßigen, gesetzlichen Anspruch hinausgehen. Es ist davon auszugehen, dass ähnliche Anforderungen zu stellen sind, wie z.B. in München oder Zürich. Der höhere Umweltstandard verteuert den Bau und Betrieb der Anlagen.

Baurechtliche und umweltrechtliche Genehmigungsfähigkeit

Das Stadtplanungsamt hat die vorgenannten Standorte in der Stadt Nürnberg geprüft und sieht aus baurechtlicher Sicht keine Genehmigungshindernisse. Der Standort Klärwerk I ist nach bestätigter Zusage des Stadtplanungsamts am 27.02.2019 für die thermische Verwertung von Klärschlamm laut FNP zugelassen. Es bedürfte somit keiner Änderung des FNP. Das Genehmigungsverfahren nach BImSchG gibt sowohl eine Öffentlichkeitsbeteiligung als auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung vor.

Das Verschlechterungsverbot gemäß BImSchG und Naturschutzrecht setzt mehrere kompensierende Maßnahmen für den Standort voraus. Unter anderem sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, die die Gesamtbelastung insbesondere hinsichtlich Lärm- und Geruchsemissionen reduzieren. Der

LKW-Lieferverkehr wird unter der Zielsetzung einer rationellen, regionalen Lösung der Klärschlammverwertung in der Summe nicht vermindert. Es ist deshalb eine bessere Verkehrsanbindung über die Dooser Straße zu wählen.

Nicht zuletzt aus politischen Gründen sind strengere Abgasgrenzwerte zu erwarten, insbesondere hinsichtlich der Stickoxidbelastung. Aus optischen Gründen ist die Entfeuchtung und ggf. Nachwärmung des Abgases zur Vermeidung einer sichtbaren Abgas-Dampffahne vorzusehen.

Für die Nutzung des Standorts sind die entsprechenden ökologischen Ausgleichsmaßnahmen nachzuweisen (vorzugsweise am für die Auflassung vorgesehenen Standort Klärwerk II).

Einbettung Stadtentwässerung und Umweltanalytik

Bezugnehmend auf die aktuell modernsten Anlagen zur Klärschlammverbrennung vergleichbarer Größe und Technik (Klärschlammverbrennungsanlage der Abwasserreinigungsanlage ERZ Zürich in Werdhölzli mit Wirbelschichtverbrennung und vorgeschalteter Klärschlamm-trocknung und Logistik, sowie Klärschlammverbrennungsanlage Thermische Verwertung Mainz GmbH) wird folgender Flächenbedarf prognostiziert:

Bauwerk	Bedarf	Angebot KW
Schlammmentwässerung und Voreindickung	2.500 m ²	3.000 m ²
Klärschlammverbrennungsanlage incl. Scheibentrockner davon Klärschlammannahme mit Mischbunker	3.500 m ² 500 m ²	3.600 m ²
Ascheabfuhr, sonstige Transporte	1.000 m ²	1.000 m ²
Temporäre Baustelleneinrichtungsfläche	1.800 m ²	600 m ²

Tabelle 5-4 Prognostizierter Flächenbedarf und Flächenangebot
Bemessung gemäß Entwurf Masterplan Klärwerk SUN - Muggenhof

Prozesstechnisch wird die Anlage wie folgt im Klärwerksumfeld integriert. Der stabilisierte Klärschlamm wird aus unmittelbarer Nachbarschaft der Klärschlammfäulung zugeleitet (ca. 5 % TR). Mittels Zentrifugen wird er auf ca. 28 % TR mechanisch entwässert. Hierfür wird eine neue Maschinenhalle aufgestellt, die Wartungsfreundlichkeit und energie-optimierte Verarbeitung gewährleistet. Die neue Klärschlamm-Verladestation mit automatisiertem Kran kann im besonderen Falle der Vorhaltung und des Abtransportes für Nürnberger Klärschlamm dienen, wenn die Weiterverarbeitung z.B. im Revisionsfall stehen sollte. Im Normalbetrieb erfolgt hier jedoch die Anlieferung, Homogenisierung und Pufferung des von den Nachbarstädten angelieferten Klärschlammes.

Diese beiden Stationen ersetzen die alte Klärschlammmentwässerung im Zentrum der Kläranlage. Der Hotspot der Geruchsemissionen wird dadurch beseitigt.

Die weiteren Verknüpfungen zum Klärwerk betreffen die Anbindung an das Nahwärmenetz zur gegenseitigen Versorgung der Wärmesenken wie Heizungsanlagen und Klärschlammwärmung. Die Brüden der neuen Klärschlamm-trocknung werden im Klärwerk in die Vorklärung eingeleitet. Ggf. erfolgt zuvor eine Prozesswasserbehandlung mit Stripping oder einer autotrophen biologischen Vorbehandlung zur Reduzierung der Stickstofffracht.

Weitere Verknüpfungen betreffen die Bereitstellung von Trink-, Klar- und Betriebs-(Brunnen-)Wasser der Kläranlage, Druckluft und sonstige Medien.

Das Gelände der KSVN (siehe Abbildung 5-13 Einbettung der Klärschlammverwertung im Umfeld von SUN und Nürnberg West) kann zu einem späteren Zeitpunkt erweitert werden, wenn die Schwachlast des Klärwerks in einer späteren Phase des Masterplans Klärwerk umgebaut bzw. durch neue Nachklärbecken ersetzt ist. Dann entfällt die Nutzung des alten Nachklärbeckens im Nordwesten des KSVN-Geländes. Das Gelände kann für eine spätere Erneuerung der Anlagen der KSVN, für neue logistische Einrichtungen oder zukünftige Anlagen der eigenen Phosphorrückgewinnung oder auch alternative Verfahren der Vergärung oder direkten Mineralisation des Klärschlammes dienen.

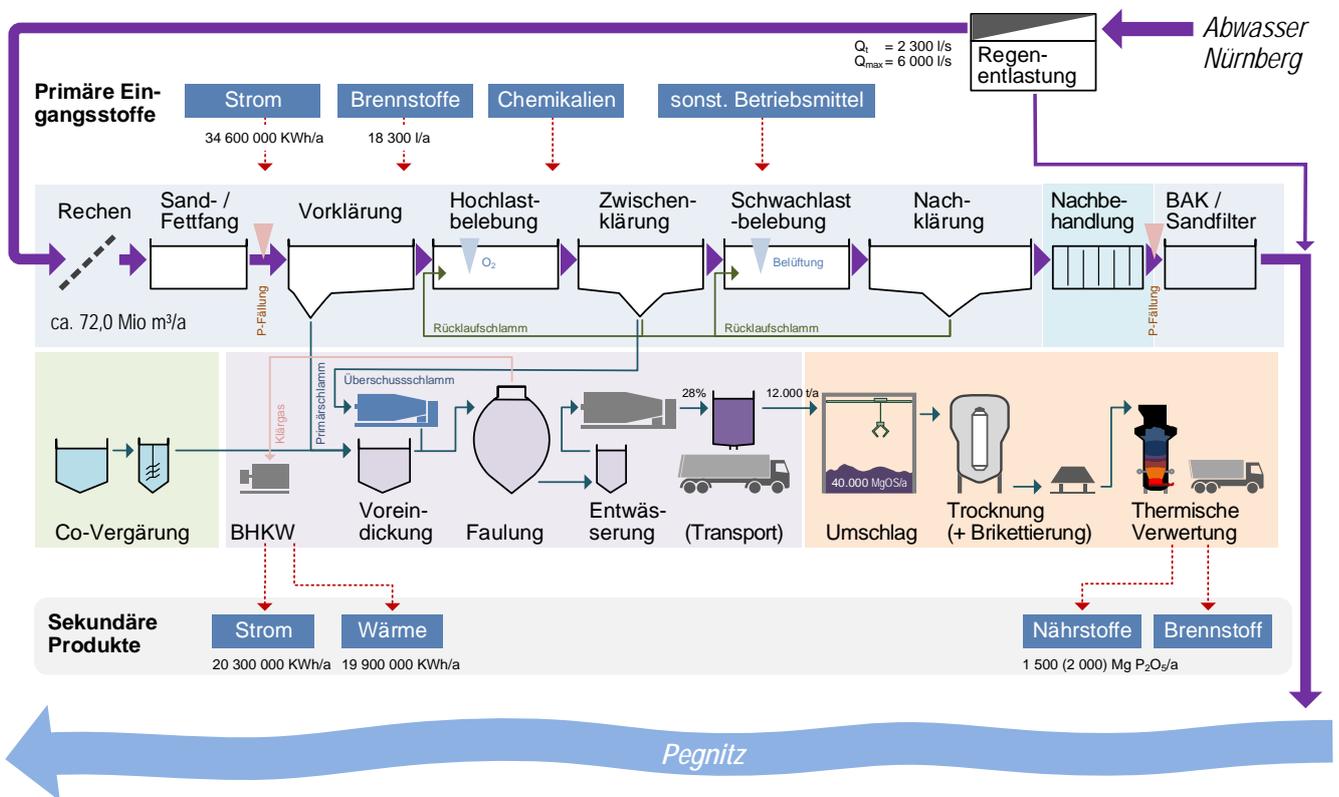


Abbildung 5-12 Prozesstechn. Integration der therm. Klärschlammbehandlung im Klärwerk Muggen Hof

Kanalbetriebshof

Das zukünftige Gelände des Kanalbetriebshofs wird durch Ankauf der ehemaligen Schulhäuser Fürther Straße 352 und 354 vollständig neugestaltet und mit einer Westausfahrt zur Fürther Straße wesentlich besser erschlossen. Es kann auf diese Weise eine gemeinsame Zufahrt benutzt werden. Weiter bauliche Abhängigkeiten bestehen nicht.

Verwaltung und Logistik

Die Unternehmung ist weitgehend entkoppelt vom laufenden Verwaltungsbetrieb des Klärwerks. Die gemeinsamen Infrastrukturen der Verwaltung können aber gemeinsam genutzt werden. Das sind Büros, EDV, Kantine, Fahrdienste, allgemeine Verwaltung.

Bauliche Abhängigkeiten bestehen in der Reservierung und Verpachtung des Betriebsareals und ggf. weiterer Räumlichkeiten.

Die Abhängigkeiten werden mit Verträgen und Verrechnungen der Leistungen transparent und kaufmännisch exakt geregelt. Dienstleistungen z.B. für die rasche Durchführung von Reparaturen oder Noteinsätze können unmittelbar mit den „Kolleginnen und Kollegen“ des Klärwerks abgewickelt werden. Die Zusammenarbeit wurde in der Praxis im Rahmen des Projektes KRN-Mephrec vorteilhaft praktiziert.

5.3.3 Einbettung im Siedlungsumfeld Nürnberger Westen

Außenbereich Pegnitztal West

Das Areal der KSVN auf dem Gelände SUN liegt baurechtlich im Außenbereich. Es ist planungsrechtlich (FNP) der Abwasserreinigung zugeordnet. Ein unmittelbarer oder mittelbarer negativer Einfluss auf die Belange der Pegnitz-Aue ist nicht zu erwarten. Die Baufläche ist keine Biotopschutzfläche. Bei den Planungen sind unter umweltrechtlichen Belangen die atmosphärischen Vorbelastungen zu berücksichtigen.

Nachbarschaften Wohnen und Gewerbe

Der Anger Alt Muggenhof ist ein wertvolles, denkmalgeschütztes Ensemble. Es leidet jedoch in erheblichem Maße unter den negativen Einflüssen von Klärwerk und Adolf-Braun-Straße. Etwas besser ist die Situation für die neuen, besonders hochwertig ausgestatteten Tram-Lofts und das neue Wohngebiet VAG-Tram. Aber auch das Muggenhofer Mischgebiet zwischen Fürther Straße und Muggenhofer Straße ist manchmal stärker belastet. Beschwerden gibt es zudem vom Stadtteil Schniegling. Auf dem ehemaligen AEG-Gelände soll gemäß Beschluss des Stadtrates hochmodernes und besonders hochwertiges Wohnen gewährleistet werden.

Das Klärwerk emittiert den üblichen Lärm und Geruch. Die wiederholt durchgeführten Messungen bestätigen die Belastungen. Rechtlich gesichert ist die Situation durch den Bestandsschutz des Klärwerks.

Der Schwerlastverkehr für die Entsorgung des Klärschlammes ist eine besonders problematische Belastung. Die Emissionen von Geruch sind unvermeidlich.

Der Politik wurde zugesichert, dass die neue Klärschlammverwertung eine bedeutende Verbesserung der Situation herbeiführt. Aus dem Aufbau einer neuen Logistik resultieren folgende Chancen für die positive Entwicklung des Nürnberger Westens:

- Der Schwerlastverkehr mit seinen Belastungen wird unmittelbar auf die Autobahn A73 verlagert.
- Die Geruchs-, Lärm- und Verkehrsbelastung auf der innerstädtischen Verkehrsstrecke zwischen Schniegling und Fürther Straße wird maßgeblich reduziert.
- Die neuen Anlagen verarbeiten den Klärschlamm Nürnbergs von der Atmosphäre vollständig abgeschlossen (Einhausung der Betriebsanlagen). Der Lieferverkehr von Klärschlamm erfolgt abgeschirmt am Ende der Siedlung. Die neue, atmosphärisch abgeschottete Entladestation wird abgesaugt und die Abluft gereinigt.
- Alt Muggenhof wird für die Anlieger und die Besucher der Jugendherberge und des Naturfreundehauses entlastet.
- Das gesamte Stadtviertel profitiert in der positiven Entwicklung seiner Wohnqualität.

Verkehrsanbindung

Das geplante Gelände der KSVN liegt im westlichsten Bereich des Klärwerkareals. Es kann über eine bereits bestehende Straßenverbindung (Dooser Straße) für Schwerlastverkehr erreicht werden. Auf diese Weise ist es möglich, das Gelände verkehrstechnisch besonders günstig über die Autobahn A73 und Fürther Straße zu erreichen. Bei der An- und Abfahrt wird kein Wohngebiet berührt. Die Verkehrsanbindung gewährleistet eine besonders kurze Verbindung zu den Partnerstädten und weiteren Städten der Region.

5.4 Einordnung in die Masterplanung Klärwerk Muggenhof

Ein verbindlicher Plan mit Meilensteinen, Flächenverteilung und Bauabfolge zur Umsetzung der Maßnahmen wird erstellt, wenn die Ziele und die gewählten Optionen der Klärschlammverwertung Nürnberg verbindlich vereinbart sind. Die Flächenplanung des Klärwerks Muggenhof ist komplex und muss die bauliche Entwicklung sowohl technisch wie zeitlich so berücksichtigen, dass sowohl der Wasserweg als auch der Schlammweg sich gut entwickeln und im günstigen Fall sich gegenseitig nicht nur ergänzen, sondern auch die Synergien der Prozesse nutzen. Eine Verschiebung der Fragen zur Flächenstruktur ist hinsichtlich Kostenentwicklung und zunehmender Umweltbelastung volkswirtschaftlich und umwelttechnisch nicht vertretbar. Die Überprüfung der Flächenentwicklung erfolgt deshalb parallel zu den weiteren Planungen des Klärwerks und der Klärschlammverwertung.

Die Entwicklung des Standorts SUN in Muggenhof erfolgt unter Maßgabe der Prämissen Ver-/Entsorgungssicherheit und Nachhaltigkeit der Dienstleistung SUN mit

- 1 Gewährleistung der gesetzlichen Anforderungen der Abwasserentsorgung zu jeder Entwicklungsphase, einschließlich der Bauzwischenstände,
- 2 Technische und energetisch vollständige Sanierung in absehbaren Zeiträumen in Verbindung mit einer klaren, betriebskonzentrierten Verfahrens- und Baustruktur,
- 3 Realisation eines zukunftsgerichteten Abwasserreinigungsprozesses (einschließlich Elimination Xenobiotika/Mikroschadstoffe, THG-Emissionsarmer Betrieb),
- 4 Minimierung der Umweltbelastung besonders hinsichtlich des Platzverbrauchs und der Emissionen Lärm, Geruch, Verkehr,
- 5 Konsolidation der Einrichtungen am Standort KW Muggenhof und Vermeidung dauerhafter Provisorien und
- 6 Berücksichtigung der betriebswirtschaftlichen Abschreibungszeiträume und Optimierung der laufenden Betriebskosten.

Die Errichtung der Klärschlammverwertung kann in den Bauentwicklungsphase 2 bis 3 realisiert werden.

Der vorgesehene Standort B30 / B40 ist weitgehend bauwerksfrei. Bauaktivitäten können deshalb mit geringerer Abhängigkeit von weiteren Entwicklungsmaßnahmen im Klärwerk realisiert werden. Es ist in jedem Fall frühzeitig eine leistungsfähige Infrastrukturanbindung zu realisieren.

Planungs- und Bauabschnitt	Zeitraum
<p>0</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Sanierung + Vollausbau Rechenanlage mit Sandwäsche Sanierung Sand/Fettfang (Sanierung Hebeanlage Pegnitztalsammler) b) Sanierung Ablaufkanal NKB 1-3 bis Pumpenvorlage Hebeanlage Sandfilter c) Rückbau Restanlagen KRN-Mephrec d) Rückbau Altanlagen und Sanierung Pegnitz Deichanlage Dooser Straße 60 (Cult) bis Sandfilter e) Fertigstellung und Inbetriebnahme Schlammfäulung mit Luftfilter f) Sanierung Faulbehälter 1 bis 5, Nachdosierung P-Fällung, und weitere Sanierungen 	<p>bis 2020</p>
<p>1</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Sanierung Schulgebäude Fürther Straße 352 + 354 b) Bau provisorische S1-3 Sanitärgebäude G12 c) Abriss Baubürobaracken H41 und H42; Bau prov. Bürocontainer H, S-2E etc. H40 d) Einrichtung Lagerfläche bei RÜB 16 südlicher Entwässerungssammler e) Optional Bau Freilager/Hochlager z.B. F22 f) Rückbau Lagergebäude (F51, G51, G56) Rückbau Bürocontainer (G52) g) Versetzung Methanolstation Schwachlast h) Bau Behandlungsanlage Klarwasser gegen Xenobiotika: Ozonierung mit Hebeanlage, LOx, O₂ + O₃-Generator Umbau Bypasskanal / Düker Ozonierungsanlage; Umbau Sandfilteranlage und Ablauf i) Bau Fernwärmeanbindung N-Ergie Fuchsstraße 2 Bau Gasnetzanbindung Fürther-Straße j) Bau KS-Aufbereitung mit KS-Entwässerung KS-Logistik mit IT-unterstützter Ein- und Ausgangskontrolle/Wiegung, Verkehrsanbindung über Dooser Straße Energiezentrale mit BHKW-Block 1 – 5 (7) oder alternativ GuD-Anlage Gasanschluss Main-Donau-Netzgesellschaft Bivalenter (Faulgas und Erdgas) inselbetriebsfähig (Notstromversorgung)) k) Bau Gasverwertung mit Gasbehälter 1 + 2 (+3) Gaswäsche (ggf. Gasverdichter) (Alternative zu Realisation bei KSVN: Energiezentrale mit BHKW-Block 1 – 5 (7) Gasanschluss Main-Donau-Netzgesellschaft) Bivalenter (Faulgas und Erdgas) inselbetriebsfähig (Notstromversorgung) l) Abriss Gasverdichter (G22) und Schlammsiebung Abriss Altgebäude / Lager G21 und Abluftreinigung Abriss kleiner Niederdruckbehälter und Nebengebäude m) Bau Vorklärung mit PV-Dach zur Geruchsabschirmung Zulaufkanal und Ablaufkanal zu Hebeanlage Hochlast F30 Notablauf Sandfang + Vorklärung 	<p>2020 - 2024</p>

	<ul style="list-style-type: none"> n) Optional und abhängig vom Ergebnis der Verfahrensoptimierung sowie alternativ zur Gasverwertungsstation gemäß Punkt k): Hochlastbelebung mit Belebtschlammausschleusung der Zwischenklärung. o) Sanierung Pegnitzdeich Ablauffilter bis Adolf-Braun-Straße 	
2	<ul style="list-style-type: none"> a) Thermische KS-Behandlung mit (Teil)trocknung, Ofen (Wirbelbett / Drehrohr) + Peripherie (Abgasbehandlung, etc.) b) Bau Annahmestelle Co-Fermente c) Rückbau Schlammwässerung G40 Ggf. Umzug BHKW d) Rückbau LOx – Anlage der Linde AG (Lärmberuhigung Wohngebiet Tram) e) Rückbau Vorklärung G30 Rückbau Gasnotfackel, Gasdruckerhöhung f) Abriss großer Niederdruckbehälter Abriss Gashochleitungen G30 und F20 Abriss Öltanklager g) Option Rückbau Schlammvoreindicker /-speicher F44 (Abhängig von Betriebserfahrungen / Ersatzmöglichkeit) h) Bau Biologie I, Biologie II (und Biologie III abhängig von Verfahrenswahl) (Alternativ: Zwischenklärung zur Schlammausschleusung im Bereich Bio III mit PV-Dach) i) Umbau Pforte, Leitwarte, Sanitärräume H50 PV-Fassaden- und Dachneugestaltung mit Klimatisierung Optional: Realisation erst Lager-/Betriebsgebäude Kanalbetriebshof j) Neue Fäkalannahme mit Abluftabsaugung Umbau Abluftbehandlung H50 k) Wärmerückgewinnung aus Abwasser Abwasserfilter /-ablauf [Kooperation N-Ergie] (Kühlung Klarwasser und Wärmeeinspeisung Fernwärmenetz N-Ergie) 	2024 - 2028
3	<ul style="list-style-type: none"> a) Abbruch Zwischenklärung Nord (D40-E40) b) Bau Biologie IV (abhängig von Verfahrenswahl) c) Bau Werkstatt-, Lager und Fahrzeughalle G20 d) Sanierung Zentrallabor e) Sanierung incl. Fassadenneugestaltung H30 mit PV-Anlage 	2028 - 2030
4	<ul style="list-style-type: none"> a) Abriss Schwachlast A50 b) Neubau Nachklärbecken B50 (NKB 4) Erweiterung Pumpenhaus Rezirkulation c) Abriss Schwachlast C50 Abriss Nachklärbecken D50 (NKB 4) d) Neubau Nachklärbecken B50 (NKB 5) Optional Neubau Nachklärbecken C50 (NKB 6) oder Erweiterung Anlage/Prozessstufe zur Elimination Mikroschadstoffe e) Abriss Laborgebäude 2 (I20) f) Rückbau alte VPSA und LOx (L40) 	2030 - 2034

5	<ul style="list-style-type: none"> a) Neubau zentrales Verwaltungsgebäude I20 b) Abriss Bürocontainerbau I21, Garagen I22, sonstige Provisorien Vorplatzneugestaltung I22 c) Rückbau Klärwerk II Seeleinsbühl und Nebenanlagen Ggf. Bau RÜB Lorenzer Sammler Umwandlung mit Renaturierung oder Baulandausweisung d) Rückbau heutiges Nachklärbecken 5 (B40) Optionsfläche für autotrophes N-Eliminationsverfahren (Deammonifikation oder Nitritation / Denitritation) e) Rückbau und/oder alternative Nutzung Schlammstapelbehälteranlage M40 f) Option alternative KS-Aufbereitung z.B. Mineralisation und katalytische Vergasung. Umsetzung sonstige neue Technologien z.B. H₂) 	2034 - 2038
---	--	-------------

Tabelle 5-5 Masterplanentwurf Klärwerk Muggenhof mit Einbindung KS-Verwertungsanlage

Die folgende Abbildung 5-14 stellt die denkbaren, ersten Entwicklungsphasen dar. Der Wasserweg entwickelt sich stringent vom Einlauf bis zur Nachklärung über die neue Reinigungsstufe zur Elimination der Mikroschadstoffe bis zum Sandfilter und entlang der Raster des unterirdischen Kollektorsystems von Ost nach West. Da der Betrieb auch während der Bauphasen stets und zunächst über die Hochlast- und Schwachlastbiologie abgewickelt werden muss, werden die Bauabschnitte mit Hilfe von sektionierenden Zwischenverbindungen hergestellt.

Die Verlagerung der Energiewirtschaft auf die Fläche rechts des Sandfilters und die Neugestaltung der Entwässerung bei KSVN sichert die Freimachung der Flächenentwicklung für den Kanalbetriebshof entlang der Muggenhofer Straße. Alternativ wird das Gebäude Schlammmentwässerung vorläufig bis zur Herstellung der ersten Anlagenteile der Energiezentrale der KSVN weiter genutzt. Der maßgebliche Flächenkonflikt zwischen den einzelnen Betriebsteilen ist in der Bauabfolge gelöst. Die weitere Entwicklung des Kanalbetriebs, des Klärwerks und der Klärschlammverwertung erfolgen im weiteren Ablauf der Bauphasen unabhängig voneinander.

Über den genehmigungsrechtlich zu beantragenden Standort und die Aufstellung der Anlagenteile kann erst nach Klärung weiterer Entwicklungsoptionen der Klärwerks entschieden werden. Die Planungen hierzu wurden durch SUN aufgenommen.

Abbildung 5-14 Entwurf Masterplan Klärwerk Muggenhof mit Abgrenzung Verfahrensketten

6 Zeitliche Umsetzung

Aktion	
11/2019	Beschluss Geschäftsplan WA-KSVN
12/2019	Finanzierung KSVN, Erstellung Ausschreibung Planer
12/2019	Ausschreibung Planer
01/2020 – 12/2020	Grundlagenermittlung, vertragliche Bindung Klärschlammlieferanten
2019 – 2023	<i>Marktbeobachtung alternativer und innovativer Verfahren</i>
06/2020	Auftragsvergabe Planer
06/2020 – 12/2022	Vorplanung (WS und Alternativen) und Entwurfsplanung
06/2022 – 05/2023	Genehmigungsplanung inkl. Erstellung der Gutachten
06/2023	Einreichung Genehmigungsantrag
06/2023 – 06/2026	Ausführungsplanung, Vorbereitung Vergaben
2023	Bericht an zuständige Behörde gemäß NO AbfKlärV
06/2024	Erhalt immissionsschutzrechtliche Genehmigung
ab 06/2024	Vergaben an ausführende Firmen
09/2024 – 06/2027	Bau- und Montage
03/2027 – 12/2027	Inbetriebnahme
01/2028 – 03/2028	Probebetrieb
04/2028 – 12/2028	Betrieb und Mängelbeseitigung (Reservezeitraum)
ab 01/2029	Betrieb

Tabelle 6-1 Aktionsplan KSVN mit wichtigen Meilensteinen (Maximalvariante)

Zur Absicherung der rechtlichen Auflagen zur NO AbfKlärV wird die Planung einer konventionellen thermischen Klärschlammbehandlung (Wirbelschicht mit Kontaktrockner), wie sie derzeit vielerorts realisiert wird, als sogenannte „Standard-Lösung“ durchgeführt. Parallel erfolgt eine fortlaufende Marktbeobachtung. Die Option, eine innovative und bessere Lösung zu nutzen, bleibt bis zum tatsächlichen Baubeginn der Anlage aufrecht gehalten. In der Vorplanung werden Lösungsvarianten erarbeitet, die auch innovative Verfahren berücksichtigen.

6.1 Akquisition Klärschlamm

Im KRN-Mephrec-Förderprojekt wurden die Daten zum Klärschlamm der ARGE-Partner abgefragt. Ausgehend von einer Zusammenarbeit der ARGE-Partner sind diese Daten zu überprüfen und in einer Prognose unter Berücksichtigung von geplanten Änderungen der Abwasserwirtschaft fortzuschreiben. Ziel ist die Festlegung der zukünftig von den ARGE-Partnern zu entsorgenden Klärschlamm-mengen und der Anlieferereigenschaften (z.B. getrocknet, desintegriert, etc.)

Von Nachbarkommunen liegen Anfragen vor. Auch in den benachbarten Landkreisen wird über die Entsorgung von Klärschlamm diskutiert, so dass weitere Mengen verfügbar sind. Es bestehen Optionen der Beteiligung von Zweckverbänden, die Klärschlamm von kleinen Kommunen sammeln und gemeinsam als Vorbereitung für die Verbrennung aufbereiten.

Die Anbindung der Klärschlamm-mengen kann auf verschiedene Weise erfolgen:

- 1 Aufnahme der anliefernden Kommunen/Zweckverbände und ggf. privaten Dienstleistern als Gesellschafter der KSVN.
- 2 Abschluss von zeitlich unbeschränkt laufenden Zweckvereinbarungen mit den ARGE-Partnern und weiteren Kommunen.
- 3 Langlaufende Entsorgungsverträge.

Die Belieferung mit Klärschlamm soll durch verbindliche Absichtserklärungen der Kommunalpartner gesichert werden. Die gewünschte Zusammenarbeit ist ggf. nach individueller Interessenlage und technischen wie logistischen Voraussetzungen der Klärschlamm-Entsorgung zu differenzieren.

Alle potenziellen Nachbarkommunen sollen zeitnah daraufhin befragt werden. Da sich derzeit neue Strukturen im Klärschlamm-Entsorgungsmarkt bilden, ist eine sehr zeitnahe Aufnahme der Akquisition dringend geboten (Zeithorizont März 2020).

6.2 Planung und Realisierung

Die Planung der thermischen Klärschlammbehandlung erfolgt entsprechend den in der HOAI definierten Planungsphasen. KSVN strebt an, einen Generalplaner für die Objektplanung der Ingenieurbauwerke (Maschinen- und Verfahrenstechnik, E- und Leittechnik) zu beauftragen, der die weiteren Objektplaner und Fachplaner koordiniert. Die Beauftragung der Objektplaner für Gebäude und raumbildende Ausbauten, Freianlagen und Verkehrsanlagen sowie die Fachplaner für Tragwerksplanung und Technische Ausrüstung erfolgt direkt durch KSVN.

Erforderliche Gutachten werden ebenfalls direkt von KSVN beauftragt.

Grundlagenermittlung

Mit der Grundlagenermittlung wurde bereits begonnen, sie wird von KSVN bis zur Beauftragung des Generalplaners weitergeführt. In der Grundlagenermittlung werden alle für die Planung und Errichtung erforderlichen Daten zusammengestellt, so dass die folgenden Planungsphasen auf einer einheitlichen Datengrundlage bearbeitet werden.

Vorplanung

In der Vorplanung werden u. a. Lösungsvarianten für die Erreichung der Ziele (Planungsprämissen) ausgearbeitet. KSVN wird in dieser Phase mit den Planern die am Markt verfügbaren Lösungen eingehend prüfen und über ein Bewertungssystem auf Basis der Planungsprämissen eine Variante für die Entwurfsplanung vorschlagen.

Aufgrund des mittlerweile engen Zeitplans wird geprüft, ob es notwendig ist mit der Standardlösung stationäre Wirbelschichtverbrennung mit Scheibentrockner und nachgeschaltetem Phosphor-Recycling aus der Asche vor Abschluss der Vorplanung bereits in die Genehmigungsplanung einzutreten.

Die Komplexität der Lösungsansätze ist für den Standort Kläranlage deutlich höher als an einem separaten Standort, da es mehrere Interdependenzen mit dem Masterplan Kläranlage geben wird – z.B. verändert die Hydrolyse des Klärschlammes den Heizwert und die Menge, sie wird aber auch durch den Einsatz eines neuartigen Verdampfungstrockner wesentlich effizienter. Andererseits kann durch Co-Vergärung eine größere Klärschlammmenge produziert werden, für die in der thermischen Klärschlammbehandlung ausreichend Kapazität vorhanden sein muss.

In der Vorplanung wird KSVN insbesondere innovative Lösungen beachten und auf ihre technische Reife prüfen.

KSVN legt die ausgewählte Lösung dem Aufsichtsgremium zur Zustimmung vor, wobei der Auswahlprozess detailliert erläutert und die Auswahl begründet wird.

Entwurfsplanung

Die in der Vorplanung ausgewählte Lösung wird detailliert ausgearbeitet und die Kosten berechnet. Zudem erfolgt die verstärkte Einbindung der weiteren Objekt- und Fachplaner. Der ausgearbeitete Entwurf wird dem Aufsichtsgremium erläutert und die Zustimmung zur Beantragung der Genehmigung eingeholt.

Genehmigungsplanung

Für die Errichtung und den Betrieb der thermischen Klärschlammbehandlung ist eine Genehmigung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) zu beantragen. Die für die Antragstellung benötigten Unterlagen werden auf Basis der Entwurfsplanung erstellt. Da es sich nach den Planungsprämissen um eine Anlage handelt, die eine Durchsatzkapazität von 3 Mg oder mehr pro Stunde besitzt, ist im Rahmen der BImSch-Genehmigung eine Umweltverträglichkeitsprüfung mit Öffentlichkeitsbeteiligung erforderlich. Für dieses Verfahren ist neben der Planung, UVP und notwendige Dokumentation, eine Vielzahl an Gutachten erforderlich. Welche Gutachten im Einzelnen benötigt werden, soll in einem Scoping-Termin mit der Genehmigungsbehörde geklärt werden. Die Information der Öffentlichkeit erfolgt u.a. mit Hilfe des Genehmigungsantrags und dem UVP-Bericht. Die Unterlagen liegen vier Wochen zur Einsicht öffentlich aus. Nach einer Frist für Rückmeldungen bzw. Einwände der Öffentlichkeit oder Fachbehörden können in einem öffentlichen Erörterungstermin Stellungnahmen zu den Rückmeldungen/Einwände durch KSVN erfolgen und offene Fragen beantwortet werden. Die Genehmigungsbehörde entscheidet, unter welchen Auflagen eine thermische Klärschlammbehandlung errichtet und betrieben werden darf.

Ausführungsplanung

In der Ausführungsplanung werden die Ergebnisse aus den Phasen Entwurfs- und Genehmigungsplanung eingearbeitet und die Ergebnisse der weiteren Objekt- und Fachplaner zusammengefasst. Die Ausführungsplanung erstreckt sich über einen längeren Zeitraum, da die Ergebnisse aus den Vergaben an die ausführenden Firmen in die Ausführungsplanung einfließen.

Vorbereitung der Vergabe

In dieser Phase werden die Planungslösungen in Ausschreibungen umgesetzt, für Baugewerke erfolgt die Massenermittlung, für die Verfahrenstechnik werden technische Spezifikationen erstellt. In dieser Phase sollte bereits der technische Betriebsleiter seine Erfahrungen einbringen, um betriebliche und praxisorientierte Vorgaben an die ausführenden Firmen einzuarbeiten.

Vom Planer werden die Ausschreibungen bepreist und die Kosten zusammengestellt. Auf Basis dieser Kosten wird die Zustimmung zur Ausschreibung und Vergabe vom Aufsichtsgremium eingeholt.

Mitwirkung bei der Vergabe

Der administrative und zeitliche Aufwand ist im Hinblick auf die erforderliche EU-weiten Ausschreibungen erheblich. Die Vergaben erfolgen direkt durch KSVN in Abstimmung mit dem Vergabemanagement der Stadt Nürnberg. Die Unterstützung der Planer ist erforderlich, so dass auf diese Phase bei der Beauftragung der Planer nicht verzichtet werden kann.

Bauoberleitung

Mit dem Beginn der Bauarbeiten wird die Bauoberleitung, für die Abwicklung der Errichtung und der Inbetriebnahme bis zur Übernahme der Anlagen durch den Betrieb, eingesetzt. Die Bauoberleitung unterstützt dabei die KSVN bei der Durchsetzung ihrer Bauherrenaufgaben und sorgt für einen koordinierten und möglichst reibungslosen Bauablauf. Für die Qualitätskontrolle wird KSVN weitere Prüforganisationen (z.B. TÜV) einschalten.

Die Übergabe der Anlage an den Betrieb erfolgt erst nach einem mindestens 12-wöchigen unterbrechungsfreien Probetrieb. Da erfahrungsgemäß nicht alle „Kinderkrankheiten“ einer neuen Anlage innerhalb der Inbetriebnahme und dem Probetrieb erkannt und beseitigt werden, plant KSVN eine ca. neunmonatige Betriebszeit bis zum 1.1.2029. Während dieser Zeit sind Mängel von den Auftragnehmern zu beseitigen.

6.3 Betrieb

Ausgehend davon, dass KSVN auch den Betrieb der thermischen Klärschlammverwertung übernehmen wird, ist geplant den Betriebsaufbau nach Abschluss der Grobmontage vorzunehmen. Parallel zum Bau- und Montagefortschritt erfolgt die Erstellung der erforderlichen Betriebsunterlagen, wie z.B. Arbeitsplatzbeschreibungen, Betriebshandbuch, Gefahrenanalyse usw. Die Erkenntnisse aus dem Betriebsaufbau für die Pilotanlage werden genutzt. Wird der Standort Klärwerk I beibehalten können zahlreiche Synergien mit dem Betrieb des Klärwerks realisiert werden, wie z.B. Ersatzteillaager, Werkstätten, Zugangskontrollen, EDV-Unterstützung, Beauftragtenwesen usw.

7 Betriebswirtschaftliche Planrechnung

7.1 Allgemeines Planungskonzept

Die folgenden Berechnungen stellen ein mögliches Finanzierungskonzept auf Grundlage der aktuellen Finanzierungsstruktur der KSVN GmbH dar und dienen der Orientierung über das Vorhaben. Im Fall einer alternativen, eigenbetrieblichen Planrechnung erhöhen sich die Investitionen in Höhe der Mehrwertsteuer (19%). Dafür entfallen für SUN und ggf. weitere Planer die Mehrwertsteuertaufschläge auf die Gebühren pro gelieferter Tonne Klärschlamm.

Über die Alternativen der Geschäfts-, Projekt- und Finanzierungsstruktur wird im Rahmen der Verhandlungen mit den potenziellen Kooperationspartnern und unter Berücksichtigung ihrer Erwartungen und Anforderungen im Einvernehmen mit Referat I/II, Referat III und Rechtsamt entschieden.

Eine Übersicht über die Entwicklung der Mittelaufwendungen und -rückflüsse über Rechnungstellung der Kosten für Abschreibungen, Betriebskosten, Recyclingkosten, sowie Personal-, Geschäfts- und Nebenkosten (Steuern und Zinsen) vermittelt nachfolgende Grafik.

Abbildung 7-1 Entwicklungsprognose der kumulierten Kosten und deren Refinanzierung

7.1.1 Finanzierungsstruktur

Für die Entwicklung der KSVN sind überlappende Entwicklungsphasen der GmbH zu berücksichtigen.

- 1 Entwicklung und Verfahrensvalidierung
- 2 Projektentwicklung und vertragliche Vorbereitung
- 3 Planung und Projektierung bis zur Genehmigungserteilung
- 4 Bau und Inbetriebnahme
- 5 Betrieb der Anlage

Während in der Projektphase 1 bis 4 (bis zum Start des „kommerziellen Betriebs“) vorwiegend Ausgaben zu finanzieren sind (Projektstruktur), wird in der Betriebsphase (Umsatzstruktur) der Finanzmittelbedarf über Einnahmen generiert und die Liquidität über einen Betriebsmittelkredit gesichert. In der Umsatzstruktur nimmt die KSVN GmbH das Geld ein, mit der sie die Entwicklung des Verfahrens vorangebracht und das Vorhaben realisiert hat.

KSVN GmbH bleibt in der Umsatzstruktur nach dem Ende der Projektstruktur bestehen. Die Stadt Nürnberg widmet zu diesem Zweck die Aufgabe der Klärschlammverwertung KSVN. Diese besorgt im Auftrag der regionalen Klärschlammherzeuger die Verwertung des Klärschlammes. Die Städtepartner können sich bedarfsweise direkt an der KSVN GmbH beteiligen.

KSVN ist Leistungserbringer und Anlagenbetreiber. Die Leistungen sind umsatzsteuerpflichtig. § 2b UStG (Juristische Personen des öffentlichen Rechts) spielt in dieser Umsatzstruktur keine Rolle.

Bei Bedarf bzw. bei entsprechenden politischen Absichten kann alternativ zur Stadt Nürnberg auch ein gemeinsamer Zweckverband der zukünftige Gesellschafter der KSVN GmbH werden. Die Klärschlammverwertungsleistung würde von der KSVN GmbH an den Zweckverband und von diesem weiter an die Zweckverbands-Mitglieder erbracht.

Die Leistungsverrechnung von der KSVN GmbH an den Zweckverband erfolgt steuerpflichtig ohne Vorsteuerabzug beim Zweckverband. Der Zweckverband würde annahmegemäß ohne Umsatzsteuer an seine Mitglieder weiter verrechnen. Die Problematik des § 2b UStG gilt entsprechend.

Analog ist (ggf. zu späterem Zeitpunkt) auch eine Zweckvereinbarung zwischen der Stadt Nürnberg und den Partnerstädten möglich, wobei die Klärschlammverwertungsleistung von der KSVN GmbH an die Stadt Nürnberg und von dieser weiter an die Städtepartner erbracht wird.

KSVN erhält weitere Finanzmittel von der Stadt, um auf eigene Rechnung die Projektierung durchzuführen. Die Finanzmittel können von der Stadt Nürnberg/ SUN zur Verfügung gestellt werden. Alternativ beschafft KSVN die Mittel über Private direkt am Markt (wie z.B. im Projekt Mainz). Dann erfolgt die Besicherung der Darlehen durch die Stadt Nürnberg.

KSVN tätig bis zur Inbetriebnahme keine Umsätze und bringt lediglich die Vorsteuern in Abzug. Dies gälte weiter, wenn KSVN GmbH nicht Leistungserbringer in der späteren Umsatzstruktur ist. Geplant ist es, dass KSVN GmbH der spätere Leistungserbringer ist und die letztlich die steuerpflichtigen Umsätze tätigt.

Es steht der Stadt frei, wie im Fall der Thermischen Abfallverbrennungsanlage Nürnberg, den Betrieb zu einem späteren Zeitpunkt zum Zweck der Bewirtschaftung und des Betriebs der Anlage an einen bestehenden oder neuen Eigenbetrieb zu überführen.

Die beschriebene Projektstruktur weist gegenüber allen weiteren Varianten der Unternehmensentwicklung die größte Flexibilität auf und lässt Weiterentwicklungen jederzeit zu.

7.1.2 Planungsrechnung

Die Planungsrechnung basiert insbesondere auf Erfahrungswerten sowie Analysen einzelner Sachverhalte und Preisschätzungen, da im derzeitigen Projektstadium weder eine Ausschreibung des Baus der Anlage noch eine Einholung von anderen Angeboten möglich ist. Aus diesen Informationen werden eine integrierte, einfache Unternehmensplanung, bestehend aus Gewinn- und Verlustrechnung, Bilanz und Liquiditätsrechnung für die einzelnen Jahre abgeleitet. Die Ableitung der Entgelte für die Klärschlammverwertung gemäß Kapitel „Preiserwartungen“ auf Seite 28, ist Kernelement des Preis-Mengen-Gerüsts der Umsatzplanung in der GuV.

Der Planungszeitraum beschränkt sich zunächst auf 10 Jahre von 2019 bis 2029 in denen im Wesentlichen die Projektierung und der Bau der Anlage erfolgen sollen. Ab dem Jahr 2029 bis einschließlich 2053 wird der Betrieb der Monoverwertungsanlage durch KSVN abgebildet. In der dargestellten Betriebslaufzeit wird aus rechtlichen Gründen ein Phosphor-Recycling berücksichtigt, wissentlich, das derzeit noch keine unmittelbare Ausschreibung einer solchen Leistung erfolgreich, resp. konkretisierbar ist. Die Verfahren und damit die damit zusammenhängenden Kosten und Erlöse werden nach jüngsten Erkenntnissen abgeschätzt. Die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage (VFE) der KSVN würde sich bei gleichbleibenden Entgelten verschlechtern, soweit das Recycling höhere Kosten verursacht als Erlöse aus dem Phosphorverkauf erzielt werden können. Andernfalls würde sich die VFE-Lage natürlich verbessern.

Bei der Zeitplanung wird von einem Baubeginn ab 2024 ausgegangen. Bis dahin wird die Anlagenplanung fertiggestellt und die Ausschreibung der Bauleistung an Anlagenersteller oder ggf. an einen Generalunternehmer vergeben. Der Bau der Anlage wird vorrausichtlich bis zum Ende 2027 abgeschlossen. Dann soll der erste Teil des Erprobungsbetriebs erfolgen, der aber keinen regelmäßigen Betrieb der Anlage darstellt.

Der zweite Teil des Probetriebes wird dann bis zum Ende 2028 ausgeführt, um binnen der geforderten gesetzlichen Frist den kommerziellen Anlagenbetrieb aufzunehmen. Der wirtschaftliche Betrieb beginnt damit ab dem 01.01.2029. Der Beginn des Baus der Anlage ist natürlich davon abhängig, dass die Genehmigung rechtzeitig vorliegt und das Grundstück bebaubar ist.

Es wurden durch KSVN bereits zahlreiche Vorleistungen erbracht. (Siehe vorliegender Geschäftsplan.) Darüber hinaus liegen einige Gutachten zum Areal und zu den Vorbelastungen des Standorts vor. Die Genehmigungsaufgaben der Versuchsanlage KRN-Mephrec umfassten alle Kriterien des BImSchG, respektive der 17. BImSchV für Abfallverbrennungsanlagen. Vor diesem Hintergrund besitzt KSVN wesentliche Kenntnisse und Erfahrungen bei der Begleitung der Planung, Ausschreibung und Inbetriebsetzung der thermischen Klärschlammverwertung.

Zu besserer Vergleichbarkeit Kalkulation mit aktuellen Preisen ist die Kalkulation mit Preisbasis für das Jahr 2019 erfolgt. Die Kostensteigerungsrate wird einheitlich auf 1,5 % angesetzt und beginnt mit dem 1.1.2029. Die Zeitspanne von 10 Jahren bis Betriebsbeginn 2029 wird in der Kalkulation nicht verzinst.

7.2 Gewinn und Verlustrechnung

Die Gewinn- und Verlustrechnung stellt Erträge und Aufwendungen eines bestimmten Zeitraums, hier dem Geschäftsjahr, dar und weist dadurch die Art, die Höhe und die Quellen des unternehmerischen Erfolgs aus. Damit wird die Ertragslage des Unternehmens quantifiziert.

7.2.1 Umsatzerlöse

KSVN generiert ihre Umsätze ab Aufnahme des wirtschaftlichen (kommerziellen) Betriebes insbesondere aus der Klärschlammverwertung mit den Gesellschaftern, aber auch weiteren Kunden (vgl. Kapitel 4.2 Partner und Kunden auf Seite 17). Der Transport des Klärschlammes der Gesellschafter kann von KSVN übernommen werden, wenn die Partner bzw. Gesellschafter dies wünschen. Damit könnten die Kosten für alle Transportwege solidarisch auf alle Gesellschaftermengen umgelegt werden. In diesem Fall erzielt die KSVN Erlöse aus der Umlage der Transportkosten (Beispiel Zürich). In der Planrechnung wird im Weiteren unterstellt, dass die Städtepartner, Gesellschafter und sonstigen Kunden den Klärschlammtransport selbst, bzw. mit Hilfe von Dritten erledigen. Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist das nicht relevant.

Darüber hinaus erzielt KSVN auch Erlöse aus dem Verkauf der erzeugten und vermarkteten Energien in Form von Wärme und Strom. Nachfolgend werden die einzelnen Preis- und Mengenkomponeenten des jeweiligen Erlöses detailliert erläutert.

Erlöse aus Klärschlammverwertung

Die Erlöse aus Klärschlammverwertung basieren auf der jährlichen Klärschlammmenge i. H. v. 30.000 Mg TS pro Jahr und den entsprechenden Entgelten.

Hierfür werden 120.000 Mg/a Klärschlamm Originalsubstanz von den Städtepartnern, ggf. von Gesellschaftern und von den weiteren noch zu akquirierenden Kunden angedient.

Das Klärschlammmentgelt wird so bemessen werden, dass der Gesellschaft sowohl ertragsmäßig aber auch insbesondere liquiditätsmäßig ein angemessener Überschuss verbleibt. Dies ist notwendig, um zum einen in der Gesellschaft eine Reserve für nicht planmäßige Sachverhalte vorzuhalten, aber auch damit die Gesellschafter auf ihr eingesetztes Eigenkapital eine angemessene Verzinsung in Form von Ausschüttungen erwirtschaften. Die Entgelthöhe ist durch die Anwendung des öffentlichen Preisrechts beschränkt. In der Kalkulation werden, wie nachfolgend dargestellt, die Grundsätze der Leitsätze für die Preisermittlung aufgrund von Selbstkosten gemäß Anlage zur Verordnung über die Preisbildung bei öffentlichen Aufträgen (LSP) berücksichtigt. Systematisch werden damit die Selbstkosten der Gesellschaft zuzüglich einer angemessenen Kapitalverzinsung und der darauf anfallenden Steuern in der Entgeltkalkulation berücksichtigt.

Die Entgeltkalkulation nach LSP setzt sich wie folgt zusammen:

- Kosten für Materialaufwand ohne Umlage;
- Personalaufwand;
- Sonstige betriebliche Aufwendungen;
- Zinsaufwand;
- Abschreibung abzüglich der Auflösung von Fördermitteln;
- Verzinsung des Vermögens abzüglich der zinslos zur Verfügung gestellten Mittel zuzüglich der tatsächlichen Gewerbesteuer und
- abzüglich kostenmindernder Erlöse aus der Vermarktung der Wärme und des Stroms.

Zu den einzelnen Aufwands- und Ertragsposten der Entgeltkalkulation wird auf die nachfolgenden Ausführungen verwiesen.

Für die ersten drei Betriebsjahre wird aufgrund von Einmaleffekten im ersten Betriebsjahr ein Durchschnittsentgelt angesetzt. Es steigt ggf. im Zeitablauf bis zum 25. Betriebsjahr an. Ursächlich hierfür sind die einzelnen Entwicklungen (Teuerung) der vorgenannten Aufwendungen und Erlöse.

Erlöse aus Klärschlamm Transportumlagen (in der Planrechnung nicht berücksichtigt)

Erlöse aus einer Klärschlamm-Transportumlage werden nur erzielt, wenn auf Wunsch der Gesellschafter KSVN die Klärschlammtransporte durchführt und die Kosten auf alle Gesellschafter solidarisch umgelegt werden sollen. Der Preis würde geteilt durch die gesamte Klärschlammmenge in OS der Partner. Kalkulationsgrundlage sind ca. 0,15 Euro pro Mg pro km. Hierbei würde berücksichtigt, dass die Menge aufgrund einer dezentralen Vortrocknung bereits gemindert ist. Die Preise pro Mg OS steigen im Planungszeitraum aufgrund der zu erwarteten Preissteigerungen bei den Transportkosten.

Wärmeerlöse

Die erzeugten und nicht für die Trocknung benötigten Wärmemengen sollen an den Eigenbetrieb SUN und an die N-Ergie verkauft und in deren Wärmenetze eingespeist werden. Die eingespeisten Wärmemengen sollen zu üblichen Wärmegestehungskosten i. H. v. \approx 25 EUR/MWh vergütet werden. Preisverhandlungen haben noch nicht stattgefunden. Für die Folgejahre ist eine jährliche Preissteigerung mit 1,5 % berücksichtigt.

Stromerlöse

Je nach Anlagenvariante und Klärschlammumsatz erreicht die Stromerzeugung eine elektrische Nennleistung von bis zu 1,4 MW_{el}. Der größte Teil der erzeugten Mengen wird in der Anlage als sog. Eigenverbrauch zeitgleich genutzt. Die nicht zeitgleich verbrauchten Mengen sollen physikalisch in das Stromnetz des Netzbetreibers eingespeist werden.

In der Kalkulation werden für den in der Anlage selbst verbrauchte Strom aufgrund der einschlägigen aktuellen gesetzlichen Normen keine Kosten für die Stromsteuer und die EEG-Umlage berücksichtigt. Für die ins Stromnetz eingespeisten Überschussmengen ist eine Vergütung von 55,00 EUR/MWh kalkuliert.

7.2.2 Sonstige betriebliche Erträge

(in der Planrechnung nicht berücksichtigt)

Für den Zeitraum bis zum kommerziellen Betrieb einschließlich des Jahres 2028 werden Aufwendungen, die der Gesellschaft entstehen auf SUN, die Städtepartner und ggf. Gesellschafter umgelegt. Auf diese Kostenumlage wird auf Wunsch ein Gewinnzuschlag von z.B. 2,0 % von den Gesellschaftern vergütet werden, um die Risikokosten der Geschäftsbesorgung gegen zu finanzieren. Die Erträge der Jahre 2029 bis 2054 beruhen ausschließlich aus dieser Kostenumlage. Nicht in die Umlage einbezogen werden zu aktivierenden Kosten, die durch Eigenkapital, Darlehen für die Bauzeitwischenfinanzierung und Fördermittel liquiditätsmäßig finanziert werden.

Ab dem Jahr 2029 wird in den sonstigen betrieblichen Erträgen ausschließlich die lineare Auflösung aus den erhaltenen Fördermitteln ausgewiesen. Die Auflösung führt zwar zu einem handelsrechtlichen Ertrag, fließt aber liquiditätswirksam nicht zu und wird daher in der Liquiditätsrechnung im Cash-Flow aus der operativen Geschäftstätigkeit als „zahlungsunwirksame Veränderungen“ wieder herausgerechnet.

7.2.3 Materialaufwand

Die Materialaufwendungen berücksichtigen die laufenden Kostenkomponenten des Betriebs der zentralen Monoverwertungsanlage am Standort Nürnberg.

Aufwendungen Klärschlamm Transport (in der Planrechnung nicht berücksichtigt)

Aufwendungen für den Transport des Klärschlammes entstehen der KSVN voraussichtlich nicht. Sofern das in der weiteren Geschäftsentwicklung aufzunehmen ist, entsteht der Aufwand aus dem Transport von Originalsubstanz von den einzelnen Gesellschaftern sowie für die vorgetrockneten Mengen aus den dezentralen Standorten jeweils nach Nürnberg.

Der Preis pro transportierte Tonne kann mit 0,15 EUR pro Mg und km im Jahr 2019 berücksichtigt und in den Folgejahren mit 1,5 % p. a. fortentwickelt werden.

Brennstoffkosten

Zum Anfahren des Wirbelschichtofens wird Erdgas oder Heizöl als Brennstoff eingesetzt. Die Brennstoffkosten sind mit 25.000 €/a berücksichtigen.

Stromkosten

Während der An- und Abfahrphase, bei Revisionen und sonstigen Stillständen benötigt die Anlage Strom aus dem Netz. Für diese Strommengen ist ein Preis von 180 EUR/MWh eingestellt. Die Kosten liegen je nach Variante zwischen 35.000 und 50.000 EUR/a.

Hilfs- und Betriebsmittel

Die Hilfs- und Betriebsmittel sind in der Kalkulation mit 350.000 €/a eingerechnet und wurde von den aktuellen Ausgaben der Züricher Anlage abgeleitet.

Wartung und Instandhaltung

Auf Basis der Investitionskosten für die Anlage werden mit Erfahrungswerten die Kosten für die Wartung und Instandhaltung i. H. v. 1,0 % auf Bauwerkskosten, 3,5 % auf die Maschinenbaukosten und 2,5 % auf die E-technischen Anlagen angesetzt. Die Ausgaben werden beim tatsächlichen Betrieb nicht kontinuierlich in gleicher Höhe anfallen, sondern z.B. durch Sonderaktionen wie beispielsweise einer Dampfturbinen-Großrevision unterschiedlich anfallen. Für den derzeitigen Planungsstand ist der lineare Kostenverlauf gerechtfertigt.

7.2.4 Personalaufwand

In der Planung der Personalaufwendungen sind ab dem Jahr 2029 Kosten für einen Geschäftsführer berücksichtigt. Mit Beginn des Jahres 2020 ist ein Mitarbeiter für die kaufmännische Abwicklung und das Projektcontrolling berücksichtigt. Ab der Inbetriebnahme im Jahr 2029 erfolgt der Betrieb mit folgendem Personalbestand:

- 1 Geschäftsführer und 1 kaufmännische/verwaltungstechnische Unterstützung
- 1 Betriebsleiter (Vergleich Zürich Werdhölzli: 1 Betriebsleiter).
- 5 Schichten mit 3 Mitarbeitenden pro Schicht
(Vergleich Zürich Werdhölzli: 1 MA/Schicht).
- Tagschicht mit 2 Mitarbeitenden
(Vergleich Zürich Werdhölzli: 2 MA aus dem Klärwerkspersonal temporär ausgeliehen)

Die Personalkosten sind in Höhe von 1.415 TEUR berücksichtigt.

7.2.5 Sonstige betriebliche Aufwendungen

(Betriebs-/Geschäftskosten)

Die sonstigen betrieblichen Aufwendungen berücksichtigen die laufenden Kosten für die Entsorgung von Reststoffen ohne Phosphor-Recycling, die Kosten für Phosphor-Recycling sind separat ausgewiesen, Kosten für die kaufmännische Betriebsführung weitere allgemeine Verwaltungskosten der KSVN, Versicherungsprämien, Grundstückspacht. Die Rückbaukosten sind als Einmalbetrag in der GuV im ersten Jahr nach Ablauf der 25-jährigen Betriebszeit eingeplant.

Entsorgung Reststoffe

Die Reststoffe aus der Monoverwertungsanlage sind Asche, Bettasche, schwermetallhaltige Reststoffe aus der Rauchgasreinigung und Abwasser. Für die beiden wesentlichen Kostenpositionen sind, für die 9.000 Mg/a Asche ein Entsorgungspreis i. H. v. 75 EUR/t und für die 1.200 Mg/a schwermetallhaltige Reststoffe ein Entsorgungspreis i. H. v. 180 EUR/Mg kalkuliert. Der von ZAR genannte Verwertungspreis der Aschen mit Phosphor-Recycling i. H. v. 300 €/Mg wird in der Planrechnung um den v. g. Ascheentsorgungspreis reduziert als eigene Position ausgewiesen.

Kaufmännische Betriebsführung

Die kaufmännische Verwaltung der KSVN wird weiterhin als fremd bezogene Dienstleistung berücksichtigt.

Die angesetzten Kosten decken sowohl den Aufwand bei Fremdvergabe als auch den eigenen Personaleinsatz. Hierzu gehören bspw. Tätigkeiten wie Geschäftsführung, laufende Buchhaltung und Ausführung des Zahlungsverkehrs sowie die regelmäßigen steuerlichen Voranmeldungen, Erstel-

lung von Ausgangsrechnungen und Prüfung von Eingangsrechnungen, Abwicklung der Bestellprozesse, Lohnabrechnungen, Erstellung von Reportings u. ä. Der Aufwandsansatz i. H. v. TEUR 100 für das Jahr 2019 beruht auf Erfahrungswerten.

Darüber, ob die kaufmännische Betriebsführung ggf. zu einem späteren Zeitpunkt durch eigenes Personal durchgeführt werden soll, kann jederzeit erneut entschieden werden. Konkret besteht derzeit hierzu kein Anlass.

Versicherung

Für alle üblichen Versicherungen eines Unternehmens (bspw. für Sachwertversicherung mit Feuer- und technischen Versicherungen, eine Betriebsunterbrechungs- und eine Haftpflichtversicherung) wird auf Basis von Erfahrungswerten mit Bezugsjahr 2019 mit 0,20% der Investitionskosten angesetzt.

Grundstückspacht

Der Standort der Anlage auf dem Gelände Klärwerk Muggenhof in Nürnberg ist mit 7.000 m² angesetzt. Die Pacht wird einheitlich mit einem Preis von 4,0 EUR/m² für das Bezugsjahr Jahr 2019 kalkuliert. Zum Bau der Anlagen müssen die Grundstücke zeitnah gepachtet werden.

Vermittlungsprovision Fördermittel (in der Planungsrechnung nicht berücksichtigt)

Für die Ermittlung von Fördermöglichkeiten der dezentralen und zentralen Trocknungsanlagen kann eine Beraterfirma beauftragt werden. Mit dieser wird vereinbart, dass diese bei erfolgreichem Förderantrag bei Bewilligung der Fördermittel eine branchenübliche Provision erhält. Die Auszahlung und damit die Provision werden damit in den Jahren 2021 bis 2023 fällig sein.

Sonstige Kosten

Für die Verwaltung der Gesellschaft fallen laufende Aufwendungen an wie bspw. Kosten für Abschlusserstellung, Steuererklärungen, Telekommunikationskosten, Büromaterial und ggf. Mieten entsprechende Ausstattung sowie einem Erwartungswert für durchschnittliche Beratungskosten. Hierfür wird ebenfalls ein pauschaler Aufwand auf Basis von Erfahrungswerten i. H. v. TEUR 50 im Jahr 2019 angesetzt. Die für das Jahr 2029 zugrunde gelegten Aufwendungen steigen jährlich um 1,5 % an.

Zertifizierung und andere Dienstleistungen sind bedarfsweise nach neuer Entscheidungsgrundlage zusätzlich zu berücksichtigen.

7.2.6 Abschreibungen

Die Abschreibungen berücksichtigen die anfänglichen und wiederkehrenden aktivierten Investitionen und die entsprechenden technisch-wirtschaftlichen Nutzungsdauern der einzelnen Anlagengruppen. Da die Monoverwertungsanlage erst im Jahr 2028 in Betrieb genommen wird, fallen Abschreibungen ab diesem Jahr an.

7.2.7 Zinsergebnis

Das Zinsergebnis berücksichtigt im Wesentlichen die Zinsaufwendungen für die geplanten Bankdarlehen. Der berücksichtigte Zinssatz beträgt 1,50 % p. a. und bezieht sich auf den jeweiligen Darlehensbestand zum Quartalsanfang. Im Inbetriebnahmehjahr können zudem einmalige Zinsaufwendungen aus der Zwischenfinanzierung, insbesondere der nachlaufenden Zuflüsse der Fördermittel anfallen (in der Planungsrechnung nicht berücksichtigt). Die Zinsen für die Bauzeitzwischenfinanzierung bis zur Inbetriebnahme sind nicht im Zinsergebnis berücksichtigt, da diese im Anlagevermögen aktiviert werden. Zinserträge für die Bankguthaben sind nicht enthalten, da die erwarteten Zinsen nahe Null sind.

7.2.8 Steuern

Die KSVN in der Rechtsform der GmbH ist durch Unternehmenssteuern belastet. Zur Ermittlung der Steuern kommen die für Nürnberg aktuell gültigen körperschaft- und gewerbsteuerlichen Vorschriften zur Anwendung.

Für die Gewerbesteuer wird der Hebesatz i. H. v. 467 % für Nürnberg angesetzt. Zudem werden die gewerbsteuerlichen Hinzurechnungen berücksichtigt. Bei der Körperschaftsteuer werden 15,0 % und die bundeseinheitliche Messzahl 3,5 zzgl. Solidaritätszuschlag angesetzt.

Gemäß Prüfung durch einen Steuerberater des Zweckverbands Thermische Klärschlammverwertung Schwandorf (ZTKS) und den Bayerischen kommunalen Prüfungsverband (BKPV München) besteht Mehrwertsteuer-Pflicht (keine Begünstigte Kooperation gemäß §2b Abs. 3 Nr. 2 UStG):

- 4 Die gemeinsame Klärschlammmentwässerung und -trocknung (z.B. Klärschlammkooperation Schwandorf) stellt steuer- und wettbewerbsrechtlich eine Leistung dar, die prinzipiell vermarktbar ist und auch von privaten Dritten geleistet werden könnte.
- 4 Das Projekt KSVN verarbeitet überwiegend Fremdschlämme. (Eine reine Eigenbetriebslösung mit ausschließlich eigenem Schlamm wie in München ist in Nürnberg weniger wirtschaftlich.)
- 4 Die geplante Anlage besorgt die Entwässerung und Trocknung, sowie die Verbrennung und ggf. Weiterverarbeitung. Sie integriert mehrere, von der Kläranlage unabhängige Verfahrensschritte im eigenständigen, abfallrechtlichen Bereich.

KSVN ist Vorsteuerabzugsberechtigt. Sämtliche Fremdleistungen werden unter Abzug der Mehrwertsteuer eingekauft. Die Mehrwertsteuer fällt dann später in der Betriebs- und Abschreibungsphase bei der Weiterverrechnung der Entsorgungskosten an. Der Zeitpunkt des Anfalls der Mehrwertsteuer ist gemäß Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Abwassergebührensschuldner bei der aktuellen Situation der Kapitalbeschaffung mit niedrigen Zinsen weniger bedeutsam. Bei einem Barwertvergleich über die Gesamtlebenszeit ergibt sich ein geringer Vor- oder Nachteil des Vorsteuerabzugsmodells gegenüber einem Eigenbetriebsmodell, abhängig vom gewählten Zinsfuß für den Kapitaldienst, die Teuerung und die Zeitwertberechnung, sowie von den gewählten Abschreibungsfristen der Investitionen.

Die generellen Vor- und Nachteile des Vorsteuerabzugsmodells sind:

- 4 Es muss eine um die MwSt verringerte Kapitalmenge aufgenommen werden. (Die Kapitalbeschaffungskosten sind entsprechend geringer.)
- 4 Analog ist auch das Investitionsrisiko um die Höhe der MwSt geringer.
- 4 Bei der Berechnung der Gebühren zur Refinanzierung werden die Kosten des betriebseigenen Personals zusätzlich mit MwSt beaufschlagt. Je höher der Eigenpersonalanteil an den laufenden Betriebskosten, desto höher die zusätzliche MwSt-Belastung bei der Weiterverrechnung der Gesamtkosten an die Klärschlammlieferanten.
- 4 Wird eine weitere Investition zur Phosphorrückgewinnung installiert, nimmt der Kapitalbeschaffungsvorteil des Vorsteuerabzugsmodell gegenüber dem Eigenbetriebsmodell weiter zu.
- 4 Zusätzlich zum Zinsvorteil der Eigenkapitalverzinsung sind folgende finanziellen Vorteile für die Stadt kalkulierbar: Ca. 1 bis 2% Rückflüsse aus der Mehrwertsteuer, Gewerbesteuer und Körperschaftssteuer.

Je rationeller und technisierter der Betrieb erfolgt, desto preisgünstiger der Betrieb der Anlage und desto größer der Vorteil der GmbH-Gesellschaftsform.

7.3 Bilanz

Die Bilanz ist eine summarische Gegenüberstellung von Mittelverwendung auf der Aktivseite und Mittelherkunft auf der Passivseite zu einem Stichtag. Diese gibt damit einen Einblick in die Vermögens- aber auch Finanzlage des Unternehmens.

Anlagevermögen

Das Anlagevermögen wird entsprechend der geplanten aktivierten Investitionen und den geplanten Abschreibungen fortentwickelt.

Die Investitionen in der Projektstruktur enthalten den Bau der Monoverwertungsanlage am zentralen Standort Nürnberg, die Kosten der Planung, die immateriellen Vermögensgegenstände (KRN-Me-phrec), die Eigenleistungen der KSVN für die Planung der Anlagen und die Zinsen für die bis zum kommerziellen Betrieb erhaltenen Darlehen.

Umlaufvermögen

Das Umlaufvermögen setzt sich aus den Forderungen aus Lieferung und Leistung, der Kapitaldienstreserve und dem Bankbestand zusammen.

Bei der Planung der Forderungen aus Lieferungen und Leistungen wird ein Zahlungsziel von 30 Tagen berücksichtigt. Eine Kapitaldienstreserve ist in der Planung 50 % der im folgenden Jahr benötigten Tilgungs- und Zinszahlungen aufgrund der erwarteten Bankkonditionen für das Darlehen angesetzt.

Die Kapitaldienstreserve wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht als Bankguthaben ausgewiesen, da KSVN nicht frei über dieses Guthaben verfügen kann. Das Bankguthaben, über welches die KSVN frei verfügen kann, ergibt sich aus der jährlich ermittelten Liquiditätssituation.

Eigenkapital

Das Eigenkapital zum 01.01.2029 basiert auf dem Jahresabschluss des Jahres 2019, prolongiert bis 2028 und beinhaltet das Grundkapital i. H. v. TEUR 25. In den Folgejahren wird das Grundkapital ggf. erhöht. Denkbar ist eine Aufstockung auf 10 bis 15 % der Investitionen abzüglich ggf. aufkommender Fördermittel. Das entspricht zirka der Summe der veranschlagten Planungskosten des Vorhabens.

Das Eigenkapital wird entsprechend der geplanten Kapitalerhöhungen, Jahresüberschüsse und Ausschüttungen fortentwickelt. Die Ausschüttungen an die Gesellschafter erfolgen später nach Inbetriebnahme unter Berücksichtigung der Liquiditätssituation der KSVN. Rechnerisch wird dies durch die Steuerungsgröße eines Mindestbankguthabens zum Ende eines Jahres umgesetzt.

Sonderposten und Fördermittel (nicht in der Planungsrechnung berücksichtigt)

In den Sonderposten werden die Fördermittel passivisch abgegrenzt und mindern sich im Planungszeitraum entsprechend der Auflösungen, die in den sonstigen betrieblichen Erträgen erfasst werden. Fördermittel werden je nach Wahl des Verfahrens und des beabsichtigten Innovationsgrades beantragt. Bei Wirtschaftsfördermaßnahmen wären nur die anteiligen Kosten für die gewerblichen Klärschlämme ansatzfähig. Die Förderquote für eine kommunale Antragstellung beträgt bei Innovationen bis zu 90 % der entsprechenden Investitionsbeträge ohne Unvorhergesehenes und Bauzeitinsen.

Rückstellungen für Rückbau (nicht in der Planungsrechnung berücksichtigt)

Wie bereits ausgeführt, wird für die erwarteten Rückbauverpflichtungen der Anlagen, die in den Grundstückspachtverträgen vereinbart werden, der erwartete Erfüllungsbetrag bedarfsweise als echte Ansammlungsrückstellung im Zeitablauf zugeführt.

Verbindlichkeiten gegenüber Kreditgebern

Unter den Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten werden die Darlehen für langfristigen Darlehen geplant.

Für das langfristige Darlehen wird eine Laufzeit von 25 Jahren mit ratierlicher quartalsweiser Tilgung berücksichtigt. Für den Betriebsmittelkredit ist eine Laufzeit von 15 Jahren mit ratierlicher quartalsweiser Tilgung unterstellt. Die erste Tilgung ist zum 1. Quartal des Jahres 2029 berücksichtigt. Für die Bereitstellung der Mittel zur Errichtung der Anlagen kann zusätzlich ein Baufinanzierungskredit aufgenommen werden. Die Finanzierung der Geschäftsbesorgung kann durch einen Geschäftskredit erfolgen, sofern nicht SUN fortlaufende Zahlungen an KSVN leistet.

Für die Darlehen ist ein Darlehenszinssatz von 1,5 % unterstellt, der sich vor dem Hintergrund der kommunalen Bürgschaften erreichen lassen sollte.

Die Planrechnung enthält für die kalkulierten 25 Jahre zur Vereinfachung der Kalkulation keine Reinvestitionen.

Verbindlichkeiten Lieferungen und Leistungen

Bei der Planung der Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen ist entsprechend den Forderungen ein Zahlungsziel von 30 Tagen auf den Materialaufwand und die sonstigen Aufwendungen berücksichtigt.

7.4 Liquiditätsrechnung

Die Kapitalflussrechnung stellt die Mittelherkunft und Mittelverwendung der liquiden Mittel während eines Geschäftsjahres dar. Diese gibt damit einen erweiterten Einblick in die Finanzlage des Unternehmens.

Die einzelnen Zahlungsflüsse ergeben sich aus den bereits erläuterten Sachverhalten zur Gewinn- und Verlustrechnung und zur Bilanz.

7.5 Sensitivitäten

Bezogen auf die Veränderung der Höhe der Entgelte werden gegebenenfalls Szenarien im Sinne einer Worst-Case-Analyse untersucht:

- Es werden Fördermittel ausgereicht
- Es werden keine Wärmeerlöse erzielt
- Es kommen nicht die Massen zusammen
- ...

Das höchste Risiko entsteht aus der verzögerten Entscheidungsfindung zur Investition. Können nicht rechtzeitig Verträge geschlossen werden, verteuert sich der Abfallentsorgungspreis pro Tonne geliefertem Klärschlamm.

Eine eingehende Sensitivitätsanalyse wird nach Abschluss des Genehmigungsverfahrens nach Vorliegen aller Realisierungsbedingungen vor dem Baubeschluss durchgeführt.

8 Literaturverzeichnis

- DWA KEK 1.5 2018 Auswirkungen der neuen Klärschlammverordnung auf die Klärschlamm-
entsorgung. 1. Arbeitsbericht DWA-Arbeitsgruppe KEL-1.5
KA 2018 (65) S. 703-709 Tabelle 7
- IMprovedP 2017 EU-Projekt IMprovedPhosphorus Resource efficiency in Organic agri-
culture Via recycling and Enhanced biological mobilization 2016-17.
Projektleitung Möller et al., Uni Hohenheim.
- Montag 2019 Montag D., Ehm Jan-Hendrik, Pinnekamp Johannes RWTH Aachen:
Überblick und Entwicklungsstand halb- und großtechnisch erprobter
Verfahren zur Ü-Rückgewinnung. Vortrag anlässlich DWA Klär-
schlammtage 22.05.2019 in Würzburg
- N-Ergie 2019 N-Ergie 2019-06: Dekarbonisierungsstrategie der Fernwärmeerzeu-
gung Nürnberg. Potenzielles Erzeugungsportfolio für FW-Anschluss-
bestand.
- Nürnberg Nachhaltig 2018 4. Bericht zur nachhaltigen Entwicklung der Stadt Nürnberg 2015-
2017. Dr. Susanne Sprößer, Umweltreferat Nürnberg 2018-11.

9.2 Bilanzentwicklung

Kalenderjahr	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
AKTIVA																										
A. Anlagevermögen	122.575	117.468	112.360	107.253	102.146	97.039	91.931	86.824	81.717	76.609	71.502	66.395	61.287	56.180	51.073	45.966	40.858	35.751	30.644	25.536	20.429	15.322	10.215	5.107	0	0
Sachanlagen	122.575	117.468	112.360	107.253	102.146	97.039	91.931	86.824	81.717	76.609	71.502	66.395	61.287	56.180	51.073	45.966	40.858	35.751	30.644	25.536	20.429	15.322	10.215	5.107	0	0
Immat. Vermögensgegenst.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. Umlaufvermögen																										
sonst. Vermögensgegenst.	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	25
Guthaben bei Kreditinstituten	-121	-483	-795	-1.056	-1.270	-1.444	-1.578	-1.673	-1.728	-1.743	-1.718	-1.652	-1.572	-1.481	-1.358	-1.225	-1.083	-932	-771	-602	-425	-239	-45	157	367	0
C. Rechnungsabgrenzungsposten																										
D. Fehlbetrag, nicht eigenkapitalged.	1.233	1.119	1.003	886	771	664	555	445	333	221	107	8	98	185	273	361	451	541	633	725	819	914	1.010	1.106	1.204	0
Bilanzsumme Aktiva	123.887	118.303	112.768	107.283	101.847	96.458	91.108	85.795	80.522	75.287	70.091	64.950	60.013	55.085	50.188	45.302	40.426	35.561	30.705	25.860	21.024	16.197	11.379	6.571	1.771	25
PASSIVA																										
A. Eigenkapital																										
I. Gez. Kapital	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Rücklagen	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	0
II. Gewinn-/Verlustvortrag	0	-1.258	-2.402	-3.430	-4.341	-5.137	-5.826	-6.405	-6.875	-7.234	-7.480	-7.612	-7.629	-7.556	-7.396	-7.148	-6.812	-6.386	-5.870	-5.262	-4.561	-3.767	-2.878	-1.894	-812	0
III. Jahresergebnis n. St.	-1.258	-1.144	-1.028	-911	-796	-689	-580	-470	-358	-246	-132	-17	73	160	248	336	426	516	608	700	794	889	985	1.081	1.179	0
IV. Fehlbetrag, nicht eigenkapitalged.	1.233	1.119	1.003	886	771	664	555	445	333	221	107	8	98	185	273	361	451	541	633	725	819	914	1.010	1.106	1.204	0
B. Sonderposten für Entwicklungszusch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C. Rückstellungen																										
D. Verbindlichkeiten																										
1. aus Lieferungen und Leistungen																										
2. gegenüber Gesellschaftern																										
3. sonstige	123.712	119.386	114.995	110.538	106.013	101.420	96.758	92.026	87.222	82.346	77.396	72.371	67.271	62.095	56.863	51.552	46.161	40.689	35.134	29.495	23.772	17.961	12.064	6.077	0	0
Bilanzsumme Passiva	123.887	118.303	112.768	107.283	101.847	96.458	91.108	85.795	80.522	75.287	70.091	64.950	60.013	55.085	50.188	45.302	40.426	35.561	30.705	25.860	21.024	16.197	11.379	6.571	1.771	25

Angaben ohne Mehrwertsteuer in tausend Euro

9.3 Liquiditätsrechnung

Kalenderjahr	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Erlöse	3.932	15.930	16.133	16.338	16.546	16.757	16.971	17.187	17.406	17.628	17.852	18.080	18.310	18.543	18.780	19.019	19.262	19.507	19.756	20.008	20.263	20.522	20.783	21.048	21.317	21.589	0
Aufwand	2.452	9.956	10.106	10.257	10.411	10.567	10.726	10.887	11.050	11.216	11.384	11.555	11.728	11.904	12.082	12.264	12.448	12.634	12.824	13.016	13.211	13.410	13.611	13.815	14.022	14.232	6.875
Zinsen	9	1.896	1.831	1.766	1.700	1.633	1.564	1.495	1.425	1.353	1.281	1.207	1.133	1.057	980	902	823	743	662	579	495	410	324	236	147	57	0
Tilgung	0	4.262	4.326	4.391	4.457	4.525	4.593	4.662	4.732	4.804	4.876	4.950	5.025	5.100	5.176	5.232	5.311	5.391	5.472	5.555	5.639	5.724	5.810	5.898	5.987	6.077	0
Steuern	539	0	0	0	0	3	15	27	40	52	64	77	90	129	173	217	261	307	352	398	445	492	540	588	637	686	0
Cash-Flow	932	-184	-130	-76	-22	29	72	115	159	203	246	291	335	354	369	405	419	432	446	459	473	486	499	511	524	537	-6.875
kumulierter Cash-flow	-589	-773	-903	-980	-1.002	-972	-900	-785	-626	-423	-177	114	449	803	1.172	1.576	1.995	2.427	2.873	3.332	3.805	4.290	4.789	5.300	5.824	6.361	-514

Angaben ohne Mehrwertsteuer in tausend Euro

Cashflow-Deckung über SUN Geschäftskredit

Cashflow-Deckung über Betriebsmittelkredit

9.4 Finanzierung

Kalenderjahr	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Darlehen Ablösung Bauzeitfinanzierungskr.	127.682																									
Gesamtjahr Kreditstand	123.440	119.133	114.761	110.324	105.819	101.247	96.606	91.894	87.112	82.257	77.329	72.327	67.249	62.095	56.863	51.552	46.161	40.689	35.134	29.495	23.772	17.961	12.064	6.077	0	0
Zinsen	1.891	1.827	1.762	1.697	1.630	1.562	1.493	1.423	1.352	1.279	1.206	1.132	1.056	980	902	823	743	662	579	495	410	324	236	147	57	0
Tilgung	4.243	4.307	4.372	4.438	4.504	4.572	4.641	4.711	4.782	4.855	4.928	5.002	5.078	5.154	5.232	5.311	5.391	5.472	5.555	5.639	5.724	5.810	5.898	5.987	6.077	0
Annuität	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	6.134	0
1. Quartal Kreditstand	127.682	123.440	119.133	114.761	110.324	105.819	101.247	96.606	91.894	87.112	82.257	77.329	72.327	67.249	62.095	56.863	51.552	46.161	40.689	35.134	29.495	23.772	17.961	12.064	6.077	
Zinsen	479	463	447	430	414	397	380	362	345	327	308	290	271	252	233	213	193	173	153	132	111	89	67	45	23	
Tilgung	1.055	1.071	1.087	1.103	1.120	1.137	1.154	1.171	1.189	1.207	1.225	1.244	1.262	1.281	1.301	1.320	1.340	1.360	1.381	1.402	1.423	1.444	1.466	1.488	1.511	
Annuität	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	
2. Quartal Kreditstand	126.628	122.369	118.046	113.658	109.204	104.683	100.093	95.434	90.705	85.905	81.032	76.086	71.065	65.968	60.794	55.543	50.212	44.801	39.308	33.732	28.072	22.327	16.495	10.575	4.566	
Zinsen	475	459	443	426	410	393	375	358	340	322	304	285	266	247	228	208	188	168	147	126	105	84	62	40	17	
Tilgung	1.059	1.075	1.091	1.107	1.124	1.141	1.158	1.176	1.193	1.211	1.230	1.248	1.267	1.286	1.306	1.325	1.345	1.366	1.386	1.407	1.428	1.450	1.472	1.494	1.516	
Annuität	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	
3. Quartal Kreditstand	125.569	121.294	116.955	112.551	108.080	103.542	98.935	94.259	89.512	84.693	79.802	74.837	69.798	64.682	59.489	54.218	48.867	43.435	37.922	32.325	26.644	20.877	15.024	9.082	3.050	
Zinsen	471	455	439	422	405	388	371	353	336	318	299	281	262	243	223	203	183	163	142	121	100	78	56	34	11	
Tilgung	1.063	1.079	1.095	1.111	1.128	1.145	1.163	1.180	1.198	1.216	1.234	1.253	1.272	1.291	1.310	1.330	1.350	1.371	1.391	1.412	1.434	1.455	1.477	1.499	1.522	
Annuität	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	
4. Quartal Kreditstand	124.506	120.216	115.860	111.439	106.952	102.396	97.772	93.079	88.314	83.478	78.568	73.585	68.526	63.391	58.178	52.887	47.517	42.065	36.530	30.913	25.210	19.422	13.546	7.582	1.528	
Zinsen	467	451	434	418	401	384	367	349	331	313	295	276	257	238	218	198	178	158	137	116	95	73	51	28	6	
Tilgung	1.067	1.083	1.099	1.116	1.132	1.150	1.167	1.184	1.202	1.220	1.239	1.258	1.277	1.296	1.315	1.335	1.355	1.376	1.397	1.418	1.439	1.461	1.483	1.505	1.528	
Annuität	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	1.534	

Angaben in tausend Euro ohne Mehrwertsteuer

9.5 Entgeltkalkulation für Klärschlamm Verwertung

wird später abhängig vom Gesellschafts- und Refinanzierungsmodell mit konkreten Zahlen erstellt

Kalenderjahr	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	
Betriebsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Materialaufwand ohne Transport																											
Personalaufwand																											
Sonst. betriebl. Aufwendungen																											
Abschreibungen ./ . Förderung																											
Kalk. Verzinsung ./ . zinsl. Mittel																											
Gewerbsteuer																											
Anzurechnende Erlöse																											
Kostenmindernde Erlöse																											
Gesamtkosten gemäß LSP																											
Entgelt [EUR/Mg OS]																											
Umlage [EUR/Mg OS]																											
Entgelt insgesamt [EUR/Mg OS]																											

Angaben in Euro ohne Mehrwertsteuer