

KRN-Mephrec

Information über das Projekt Klärschlammverwertung Region Nürnberg Information über die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten für Nürnberg

Hintergrund

In Deutschland entstehen bei der Reinigung von Abwasser jährlich ca. 6,5 Mio. Tonnen entwässerter Klärschlamm. In der Städteachse Erlangen, Fürth, Schwabach und Nürnberg fallen jährlich ca. 70.000 Tonnen an. Darin finden sich sowohl Schadstoffe als auch Rohstoffe wie Phosphor. Abwasserwirtschaft ist also zugleich relevante Abfall-, Energie- und Rohstoffwirtschaft.

In der letzten Regierungsperiode ist es der Bundesregierung nun geglückt, einen politischen Kompromiss bei der zukünftigen Klärschlammverwertung zu erreichen. Am 27. September 2017 trat die neue Klärschlammverordnung in Kraft. Danach ist Nürnberg jetzt gesetzlich verpflichtet, bis 2023 der Regierung von Mittelfranken ein Konzept vorzulegen, auf dessen Grundlage Nürnberg (ggf. mit weiteren Partnern zusammen) den Klärschlamm spätestens ab 2029 thermisch behandelt und den enthaltenen Phosphor auf unter 20 g/kg in der Ausgangssubstanz mit einem Wirkungsgrad von mehr als 50% zurückgewinnt.

Im ähnlichen Zeitraum (2025 – 2030) soll gemäß aktuellen Verhandlungen der Bundesregierung auch die (Braun)Kohleverbrennung zur Stromerzeugung in Deutschland eingestellt werden. Zusammen mit dem derzeit theoretisch noch zugelassenen Weg der landwirtschaftlichen Ausbringung gehen bis 2029 also rund 60% der Verwertungskapazitäten für Klärschlamm verloren. Es ist Ersatz für die thermische Entsorgung von rund 3,9 Mio. Tonnen pro Jahr entwässerter Klärschlamm zu finden. Für den größten Teil des Gesamtanfalls an Klärschlamm ist außerdem bis 2023 die technische und wirtschaftliche Lösung zur Rückgewinnung des enthaltenen Phosphors zu definieren.

Das Klärschlammaufkommen der Städtepartner Erlangen, Fürth, Nürnberg und Schwabach und das der Metropolregion liegt zusammen bei ca. 230.000 Tonnen entwässerter Schlamm. Thermische Monobehandlungsanlagen gelten in Größen ab 80.000 bis 100.000 Tonnen als wirtschaftlich sinnvoll. Für großtechnische Verfahren des Phosphorrecyclings gibt es derzeit nur sehr wenige Pilotanlagen.

Der Werkausschuss beauftragte 2010 SUN ein geeignetes, zukunftsfähiges Verfahren zur energetischen und zugleich stofflichen Verwertung des Klärschlammes zu finden. Ende 2011 beschloss der Werkausschuss die Weiterverfolgung des thermischen Verfahrens zum Schmelzen des getrockneten Klärschlammes.

Die 2012 gegründete Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH hat im Auftrag SUN das mit rund 5,5 Mio. Euro vom BMBF geförderte Verbundforschungsvorhaben „Klärschlammverwertung Region Nürnberg mit metallurgischem Phosphorrecycling“ (KRN-Mephrec) mit dem Ziel umgesetzt, mittels Bau einer Pilotanlage im Halbmaßstab diese Verhüttungstechnologie zu erproben. Das Projekt wurde mit folgenden Ergebnissen abgeschlossen.

Ergebnisse Pilotprojekt KRN-Mephrec

Teilnehmer des Verbundforschungsvorhabens:

- Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH
- Standardkessel Baumgarte GmbH, Bielefeld
- Innovatherm GmbH, Lünen
- Fraunhofer Umsicht, Sulzbach-Rosenberg
- Institut für Energie und Umwelttechnik, Heidelberg
- Rheinischwestfälische technische Hochschule Aachen
- Universität der Bundeswehr München

Projektlaufzeit: 1. November 2014 bis 31. April 2018

Der Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben ist veröffentlicht unter

https://bmbf.nawam-erwas.de/sites/default/files/20180425_krn-mephrec_abschlussbericht_online.pdf

Erfolge

- Die Technik der Schmelzvergasung von Klärschlamm ist mit der Versuchsanlage Nürnberg prinzipiell technisch nachgewiesen. Der Schmelzbetrieb ist auch ohne Zuschlagstoffe möglich.
- Das Verpressen des getrockneten Klärschlammes zu Briketts ist nicht nur eine vorbereitende Maßnahme für den Schmelzbetrieb im Schachtofen. Es können auch weitere Stoffe wie vergorene Bioabfälle, Rechengut, Zuschlagstoffe und Aschen beigemischt werden (nicht erprobt). Die gute Lagerbeständigkeit der Briketts bietet deshalb wichtige betriebstechnische Vorteile (Vorratshaltung, Geruch).
- Phosphor reichert sich bei der Erprobung des Schmelzprozesses im erzeugten Schlackegranulat mit bis zu 2,6% an. Der Wert liegt damit unter dem vom Verfahrensgeber prognostizierten. Das Granulat ist als Düngemittelzuschlag grundsätzlich geeignet. Alternativ kann das Granulat aber auch als Baustoff (Substitution von Sand) mit sehr geringen Schadstoffbelastungen (LAGA Z 0 nur geringfügig überschritten, Schwermetalle sind in Folge der Glasstruktur besonders schwer eluierbar) verwertet werden.
- Im Rauchgas-Staub wird Phosphor in weit höheren Anteilen angereichert als erwartet (ca. 20%). Es konnte nachgewiesen werden, dass dieser Phosphor mittels konventioneller Solventextraktion effizienter als bei Klärschlammmasche zu Phosphor-Säure aufbereitet werden kann. Die erzeugte 75%ige Grünsäure ist ein reguläres Handelsprodukt der chemischen Industrie und vielfältig nutzbar. Sie ist auch für den Aufschluss von Düngemitteln mit geringer Pflanzenverfügbarkeit geeignet.
- Die Energiebilanz des Verfahrens ist positiv. In einer Kraft-Wärme-Kopplung kann sowohl ein Wärme- als auch ein Stromüberschuss erzielt werden. Die Reinigung des Synthesegases mit dem Ziel der motorischen Direktnutzung erscheint nicht sinnvoll. Die konventionelle Verwertung als Brennstoff für die Dampferzeugung ist zweckmäßig.
- Nahezu die Gesamtmenge an eingesetztem Klärschlamm ist am Ende der Verfahrensabfolge abfallfrei in marktgängige Rohstoffe konvertiert. Neben Phosphor und Eisen kann mittels Elektrolyse Zink aus dem Klärschlamm zurückgewonnen werden. Die Verwertung der sonstigen (Schwer-)Metalle ist in industriellen Betrieben möglich. Eine relevante Nachfrage in Deutschland wird jedoch nicht erwartet.
- Die Ökobilanz des Verfahrens ist im Vergleich zu einer Mono-Verbrennung ausgeglichen, bei einer Einbeziehung der P-Rückgewinnung ist sie besser.
- Die Wirtschaftlichkeit ist im Großmaßstab (80 – 100.000 Tonnen entw. Klärschlamm pro Jahr) prinzipiell mit der von Mono-Wirbelschichtverbrennungsanlagen vergleichbar. Eine ähnliche Technik („Direct Melting“) hat sich in Japan seit ca. 40 Jahren als das gängigste Verfahren der Behandlung von Hausmüll etabliert.
- Der Einsatz des Verfahrens ist bei der mittelfristig absehbaren Entsorgungslücke an mehreren Standorten in Deutschland als Ersatz für die Mitverbrennung denkbar. Das Verfahren könnte in weiteren Anlagengenerationen auch an die Stelle der Monoverbrennung treten.

Beitrag zu den förderpolitischen Zielen

Ziel des Fördervorhabens war die Steigerung der Energieeffizienz, die Verbesserung der Energieeffizienz, sowie die stoffliche Nutzung der erzeugten Abfälle aus der Wasserwirtschaft. Im Rahmen des Projekts KRN-Mephrec konnten die Basisdaten für die Bewertung des Mephrec-Verfahrens und des daraus entwickelten Schmelzkonversionsverfahrens ermittelt und ausgewertet werden.

Vorteile der erforschten Schmelzkonversion im Hinblick auf die förderpolitischen Ziele sind:

- Wegfall langer Transportwege des Klärschlammes mit signifikanter Reduzierung von Kraftstoff, CO₂-Emissionen und Lärm.
- Durch Trocknung und Brikettierung einfache Lagerungsfähigkeit der eingesetzten, biogenen Ausgangsstoffe wie Klärschlamm.
- Erhöhung der Energieeigenversorgungsquote des Klärwerks.
- Erzeugung von Produkten (Schlackegranulat), die aufgrund ihrer nahezu Schadstofffreiheit als Bau(zuschlag)stoffe oder als Düngemittelzuschlagstoff wiederverwendet werden können.
- Im Vergleich zu anderen Verfahren effizientere Rückgewinnung des Phosphors und der Schwermetalle, die im Flugstaub aufkonzentriert sind.
- Effektive Rückgewinnung der Produkte mit in der Summe angemessenen Recyclingquoten. Vermeidung von Abfällen.

Negative Erfahrungen

Vermindert wird der Brutto-Energiegewinn durch die bei diesem Verfahren erforderliche energieintensive Trocknung und Brikettierung des Klärschlammes. Der für die Schmelzkonversion notwendige Einsatz an fossilen Energieträgern (Gießereikoks, Flüssiggas) war beim Pilotprojekt verhältnismäßig groß. Es darf damit gerechnet werden, dass er bei einer Großanlage im Dauerbetrieb deutlich reduziert ist.

Die Theorie des Verfahrensgebers, nach der das Synthesegases als Brenngas für einen Verbrennungskolbenmotor eingesetzt werden kann, scheidet aufgrund der sehr hohen Teer- und Staubfrachten aus. Im Fall einer Abreinigung des Gases reduziert sich der Heizwert des Synthesegases infolge der Teerabscheidung, sodass der Mindestheizwert für einen Motorbetrieb nicht mehr erreicht würde.

Die Optimierung konnte während der Projektlaufzeit noch nicht erfolgen. Durch das häufige An- und Abfahren der Anlage und die Notwendigkeit des Aufheizens der Nachbrennkammer sowie dem Zweischichtbetrieb, musste über eine lange Betriebszeit hinweg Flüssiggas eingesetzt werden, um die nach der 17. BImSchV geforderten Temperaturen in der Nachbrennkammer zu erreichen und halten zu können. In einem kontinuierlichen Betrieb ist nur ein Zündbrenner mit deutlich geringerem Verbrauch von Flüssiggas oder alternativen Regelbrennstoffen notwendig.

Die Möglichkeiten zur Rückgewinnung von Wertstoffen wie Phosphor und Metalle, wurden durch die Schmelzversuche in der Pilotanlage grundsätzlich geklärt. Allerdings basieren die Erkenntnisse auf nur 14 Versuchen mit jeweils wenigen Stunden Schmelzbetrieb, bei denen insgesamt ca. 25 Tonnen Klärschlammbricketts eingeschmolzen wurden. Zur Validierung der Erkenntnisse ist eine Fortsetzung des Versuchsbetriebs erforderlich. Erst durch einen kontinuierlichen Betrieb kann der Prozess gezielt optimiert werden.

Die vom Lizenzgeber versprochene P-Anreicherung in der Schlacke liegt weit unter den Erwartungen. Wie bei allen thermischen Verfahren findet sich auch Uran. In der der Glasstruktur ist es fest eingebettet. Eine Anreicherung von Schwermetallen in der Eisenschmelze ist entgegen der Ankündigung des Verfahrensgebers nicht festzustellen.

Die hohen Phosphorkonzentrationen im Staub des Abgases sind nach heutigen Erkenntnisse nachvollziehbar. Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass aus diesem Staub der Phosphor extrahiert und als Phosphorsäure aufbereitet werden kann. Der im Staub ebenfalls aufkonzentriert Zink kann elektrolytisch zurückgewonnen werden.

Die Durchführung eines Dauertests war im vorhandenen Zeitrahmen aufgrund von Problemen in der Rauchgasreinigung und trotz der Nachrüstung eines Rauchgaskühlers nicht möglich. Entsprechend konnten auch nicht alle für die Auslegung einer Großanlage notwendigen Daten und Informationen bis zum Ende der Fördermaßnahme gewonnen werden.

Zeitbedarf und Ausgaben

Die Einhaltung der zum Projektstart festgelegten Zeit- und Kostenplanung war nicht möglich. Die notwendigen Anpassungen wurden im Rahmen des durch die Stadt am 08.07.2017 gewährten Kreditrahmens geplant und durch den Gesellschafter der GmbH bewilligt. Dem Werkausschuss wurde über die notwendigen Anpassungen in der Zeit- und Kostenplanung Anfang 2016 berichtet.

Die Projektlaufzeit wurde um sechs Monate verlängert. Trotz dieser Verlängerung konnten nicht alle geplanten Versuche durchgeführt werden. Der Regelversuchsbetrieb wurde aus betriebstechnischen Gründen nicht erreicht. Der Dauerbetrieb der Anlage (> 1000 Stunden) setzt den Regelversuchsbetrieb voraus.

Der wesentliche Teil der Mehrkosten resultiert aus der längeren Bauzeit und den unvorhersehbaren Mehraufwendungen z.B. für die Grundbauarbeiten (Umgang mit Altlasten) sowie Komplikationen bei der Erschließung. Hinzu kommen längere Phasen des Umbaus und der Nachrüstung der Versuchsanlage. Die Verhandlungen mit dem Wirtschaftspartner erwiesen sich als äußerst kompliziert. Eine Aufstockung und mehrere Umwidmungen durch den Fördermittelgeber konnten die Mehrausgaben z.B. in Folge der längeren Mietzeiten nur teilweise ausgleichen. Die letzten Umbauarbeiten wurden bis Juli 2017 abgeschlossen und die Inbetriebnahme der Anlage fortgesetzt.

Die ursprüngliche Annahme, dass die Anlage von Versuchsfahrt zu Versuchsfahrt anhand der Laboranalysen bezüglich der Fahrweise optimiert werden kann, stellte sich als nichtzutreffend heraus. Die Analysen der Wissenschaftspartner dauerten viel länger als erwartet, sodass Erkenntnisse aus Vorversuchen vor der nächsten Schmelzfahrt regelmäßig keinen Eingang in die Versuchsplanung fanden.

Ein schwerwiegendes Problem ist zudem die Rekrutierung von geeignetem Betriebspersonal. Die Beschaffung erweist sich als äußerst schwierig. Aus steuerlichen Gründen verdoppelten sich darüber hinaus die Kosten für das von SUN an KSVN entlehene Projektpersonal buchhalterisch zugunsten SUN.

Die Gesamtkosten des Projekts KRN-Mephrec unter Beteiligung aller Partner belaufen sich auf über 7 Mio. Euro. Nach aktueller Hochrechnung belaufen sich Gesamtkosten für den Anteil der KSVN GmbH auf voraussichtlich EUR 3.954.016.

Von dieser Summe hat KSVN EUR 2.498.322 zur Förderung angemeldet. Unter Berücksichtigung des 10% Anteils für Eigenmittel erwartet KSVN eine Fördersumme von EUR 2.248.490. Die Eigenmittel der anrechenbaren Kosten belaufen sich auf EUR 249.832. Nicht förderfähig sind die Kosten in Höhe von EUR 1.455.694

Die Projektschlussabrechnung wird für Ende August 2018 erwartet.

Die bewilligten förderfähigen Kosten werden von KSVN weitgehend ausgeschöpft. Der Aufstockung der Eigenmittel der KSVN wurde grundsätzlich mit Beschluss vom 16.02.2016 durch den Werkausschuss SUN zugestimmt. Zwei Steuerprüfungen der GmbH-Geschäfte und eine Prüfung durch Rpr wurden zur Zufriedenheit erledigt. Eine angekündigte, vertiefte Schlussprüfung durch KIT und Bundesrechnungshof und die Prüfung des Wirtschaftsabschlusses 2017 der GmbH steht noch aus.

Fortschreibung des Klärschlammverwertungsplans

Die vorliegenden Ergebnisse und die damit verbundenen Erwartungen legen mangels Alternativen nahe, das Verfahren der Schmelzkonversion von Klärschlamm trotz der Unwägbarkeiten weiter zu entwickeln. Neben der Option der Phosphorrückgewinnung in der erzeugten Schlacke gibt es gemäß den neugewonnenen Erkenntnissen den zusätzlichen Weg des Phosphors über den Staub. Im Abschlussbericht sind die für die Pilotanlage zugrundeliegenden Patente aufgeführt. KSVN hat über die Kanzlei Lindner/Blaumeier in Nürnberg für den Weg über den Flugstaub ein eigenes Schutzrecht angemeldet. Die Patentierung erfolgt mit der Absicht, die möglichst lizenzfreie und uneingeschränkte Nutzung der Technologie ggf. herstellerunabhängig für potenzielle Betreiber von Anlagen, besonders aber als Ersatzinvestition von bestehenden Monoverbrennungsanlagen im Interesse der Öffentlichkeit und der Kommunen abzusichern. Ein Rechtsgutachten stellt fest, dass Nürnberg in jedem Fall die uneingeschränkte, kostenfreie Nutzung der Ergebnisse zusteht.

Auf Basis der Ergebnisse aus den Schmelzversuchen der Pilotanlage Nürnberg wurden Abschätzungen für die Investition und die Betriebskosten einer Großanlage vorgenommen. Sie lassen einen im Vergleich zu einer Monoverbrennung mit vorausgehender oder anschließender P-Rückgewinnung aus der Asche gemäß AbfKlärV günstigeren Klärschlammbehandlungspreis erwarten.

Alternativen der Phosphorrückgewinnung

Die Entwicklungen alternativer Projekte der Klärschlammverwertung werden durch intensiven Erfahrungsaustausch in den aufgebauten Netzwerken und durch die Vorstandstätigkeit in der Phosphorplattform international beobachtet. Hier zeichnen sich bei den ca. 45 namentlich bekannten Entwicklungsbestrebungen folgende Entwicklungen ab:

- Verfahren zur Erzeugung von Ammoniummagnesiumphosphaten (MAP) erreichen nicht die Mindestrecyclingquoten. Sie sind ferner nur für biologisch abgeschiedenen Phosphor sinnvoll und deshalb für Nürnberg keine Option.
- Mit verhältnismäßig großem Aufwand (es sind sehr große Stoffmengen zu bearbeiten) ist eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in der nassen/flüssigen Phase möglich (Struvit- oder Apatiterzeugung). Sofern die Mindestrecyclingquote und die Pflanzenverfügbarkeit des extrahierten Phosphors mit vertretbarem Einsatz an Energie und Chemie einmal erreicht werden sollte, bliebe für Nürnberg der weitere Abfallentsorgungsweg zu klären.
- In Hamburg wird mit sehr hohem technologischen Aufwand eine Anlage zur Rückgewinnung des Phosphors aus der Monoverbrennungsasche gebaut. Aus Sicht KSVN und zahlreicher Entwicklungspartner weist dieses Verfahren die erfolgreiche Herstellung von Grünsäure nach. Der chemisch-technische Aufwand dafür ist jedoch sehr hoch. Die Ökobilanz ist durch den Einsatz großer Mengen an Betriebsmitteln und die Erzeugung allerlei Abfallstoffe neben der erzeugten Phosphorsäure wenig vorteilhaft.
- Bei allen zuvor genannten Verfahrensentwicklungen ist zu bedenken: Es ist entweder vorausgehend der Bau einer Monoverbrennungsanlage notwendig, um die aufzubereitenden Aschen bereitzustellen, oder eine Verbrennungsanlage ist nachzuschalten, um die z.T. stark mit gefährlicher Organik oder Schwermetallen angereicherten Abfallreste unschädlich, bzw. die Abfallmenge kleiner zu machen. Die erzeugte Asche ist neben den Mineralen dennoch reich an Uran und Schwermetallen.

Die Alternative der Mitverbrennung ist zunehmend unzuverlässig und nicht zukunftsweisend. Die Mitverbrennung in Zementwerken ist schon heute strikt limitiert. Die Angleichung der Emissionsgrenzwerte für Zementfabriken und die qualitätsmäßige Begrenzung der Ascheanteile im Beton lässt zudem erwarten, dass sich der Markt nicht entscheidend erweitert. Das Ende der Mitverbrennung in (Braun)Kohlekraftwerken ist mit Blick auf das Ende der Kohleförderung in Deutschland und der bedrohlichen Entwicklung der Treibhausgasentwick-

lung in Europa politisch bereits ausgemacht. In die Anlagen wird seit langem nicht mehr investiert. Der Klärschlammhandelspreis ist in den letzten Monaten wegen Engpässen und nicht zuletzt aufgrund der bereits anwachsenden Nachfrage um über 25% gestiegen.

- Die Technologie der Pyrolyse und Vergasung (z.B. in einem Drehrohrofen) scheint trotz der schlechten Betriebserfahrungen der Vergangenheit bei steigenden Klärschlammpreisen wirtschaftlich valide. Nach wie vor offen ist aber der Weg des Phosphors. Es ist weder nachgewiesen, wie bei dem Verfahren Phosphor in ausreichender Menge im Produkt (Klärschlamm-maschengranulat) verwertbar zurückgehalten wird, noch wie die Schwermetalle vor der Anwendung als Dünger im Produkt ausreichend reduziert werden. Auf europäischer Ebene werden zudem Klärschlammverbrennungsaschen aufgrund der Metallbelastung und der i.d.R. äußerst geringen Pflanzenverfügbarkeit als Dünger bislang nicht vorgesehen.

Anbieter von Phosphorrückgewinnungsverfahren

Die Investitionsbereitschaft in neue Technologie ist aufgrund der unsicheren Lage und Zukunftsaussichten sowohl in der privaten Wirtschaft international, als auch bei den Städten national sehr zurückhaltend.

Die Branche der deutschen Anlagenbauer wurde im zurückliegenden Jahrzehnt aufgrund der schlechten innerdeutschen Nachfrage stark konsolidiert und internationalisiert. Die aktuelle Arbeitsauslastung ist aufgrund der starken außerdeutschen Konjunktur besonders hoch. Die Firmen müssen auch bei konventionellen Anlagen einen hohen Eigenanteil an der Sicherung der Leistung garantieren. Die Erwartungen an die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland ist hingegen deutlich begrenzt. Für neue Technologien wird im Anlagenbau thermischer Verfahren kein anhaltender Absatz von größeren Anlagen erwartet, sodass eine Amortisation eines höheren Eigenkostenanteils an der Entwicklung neuer Technologien besonders kritisch gesehen wird.

Bei den Kommunen bestätigt sich folgendes Vorgehen:

Städte mit bereits aufgebauter Infrastruktur im Abfallbereich bzw. zur Verbrennung von Klärschlamm erneuern Ihre Anlagen und warten ab, ob sich ein kombinierbares Verfahren zur Phosphorrückgewinnung entwickelt.

Kommunen ohne solche Kapazitäten und ohne Erfahrungen mit der thermischen Klärschlammbehandlung erwarten von der Bundesregierung, dass diese in Vorlage tritt und geeignete Verfahren entwickeln lässt, die übernommen werden können. Eigenes Know-how und Personalkapazitäten aufzubauen, ist bis auf weiteres zu aufwändig resp. zu schwierig.

Mit Ausnahme großer solventer Abwasserverbände, erwartet KSVN GmbH weiterhin eine sehr verhaltene Bereitschaft von Wirtschaftspartnern oder größeren Kommunen, sich mit höherem personellen und/oder kapitalmäßigem Engagement an der Neuentwicklung von Verfahren aktiv zu beteiligen.

Die Schweiz hat das Problem 2016 mit einer zentralen Phosphorinitiative auf Landesebene gebündelt. Da dort bereits heute der Klärschlamm ausnahmslos verbrannt wird, setzt man auf die Solventextraktion von Phosphor aus Klärschlammmonoverbrennungsasche.

Auch die Bundesregierung hat den Umstand erkannt und will deshalb die Realisierung von regionalen Leuchtturmprojekten im großtechnischen Maßstab mit hohen Fördersummen voranbringen. Das neuaufgelegte Förderprogramm „Regionales Phosphor-Recycling“ (RePhoR) im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA³)“ wurde mit sehr beträchtlichen Fördersummen ausgestattet.

Nürnberg darf mit einer hohen Förderquote einer Großanlage rechnen, sofern die Stadt bis Mitte 2019 ein überzeugendes Umsetzungskonzept vorlegt. Die Aussichten verstärken sich dadurch, dass die KSVN mit dem Pilotprojekt KRN-Mephrec nachweisen kann, dass sie die Kompetenz und den Willen hat, ein anspruchsvolles Projekt zu stemmen. Außerdem gibt es offenbar weiterhin bei alternativen, großtechnischen Lösungen kaum Wettbewerb.

Entwicklungsoptionen des Nürnberger Verfahrens zur Schmelzkonversion

Den Zeitplan für die Umsetzung gibt die AbfKlärV vor. Die Stadt Nürnberg ist verpflichtet bis 2029 den Nachweis des funktionsfähigen Betriebs zum Phosphor-Recycling bei der Aufsichtsbehörde vorzulegen. Nach heutigen Erkenntnissen müsste für den Fall, dass eine Schmelzkonversions-Anlage errichtet werden soll, mit den Planungen spätestens 2023 begonnen werden. Wenn Nürnberg am Förderprogramm RePhoR teilnimmt, muss eine vorläufige Entscheidung für eine Großanlage bereits 2019 fallen und spätestens Ende 2019 müssen die Planungen zur Umsetzung beginnen. Bereits Ende 2024 soll die Großanlage in Betrieb gehen.

Die Nutzung eines Schmelzofens für die Behandlung von Abfällen ist innovativ. Ein Schlackeschmelzofen, wie der in Nürnberg, bietet eine Reihe von Vorteilen im Vergleich zu Rost-, Drehrohr- oder Wirbelschichtverbrennungen. Allerdings ist er nicht für alle Abfallarten geeignet und erfordert eine relativ aufwändige Vorbehandlung des Einsatzgutes (Trocknung, Brikettierung). Zusätzlich ist durch den Einsatz von Gießereikoks eine erhöhte CO₂-Emission zu bewerten. Aus Sicht der KSVN hat das Verfahren der Schmelzkonversion eine reale Chance als Großanlage umgesetzt zu werden, da es hinsichtlich der Phosphorrückgewinnungsabsicht (Phosphorsäure aus Stäuben) und der gleichzeitigen Mineralisierung der übrigen Klärschlammkomponenten bei gleichzeitiger Brenngaserzeugung eine ökologisch und ökonomisch attraktive Alternative zu existierenden Monoverbrennungen ist.

KSVN bewarb sich am 29. Juni 2018 für das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung am 20. Februar 2018 veröffentlichte Programm des „Regionales Phosphor-Recyclings“. Gefördert wird zunächst die Erstellung des regionalen Phosphor-Recyclingkonzepts mit dem Ziel, darauf aufbauend ein Großprojekt ab 2019 zu fördern. Entsprechend der Zielsetzung ist vor dem Förderhauptantrag Mitte 2019 die Fortführung der Versuche in der Pilotanlage umzusetzen, um die Realisierung einer Demonstrations-Großanlage im Rahmen des Förderprogramms RePhoR verlässlich kalkulieren zu können.

Eine Umsetzung des Verfahrens in eine Großanlage ist erst nach weiteren, systematischen Schmelzversuchen und nach der Bewährung der Technik im Dauerbetrieb denkbar. Das Abgas aus der Nachverbrennung weist hohe Stickoxid- und Schwefelemissionen auf. Vor einem Weiterbetrieb der bestehenden Versuchsanlage ist deshalb die Rauchgasreinigung für weitere Versuche und für den erforderlichen Dauerbetrieb nachzurüsten, sofern für die Stickoxidemission keine Ausnahmeregelung als Sonderbetrieb erteilt wird. Für den weiteren Versuchszeitraum von ca. einem halben Jahr ist neben den Investitionen in die Rauchgasbehandlung auch der nochmalige Aufbau einer Betriebsmannschaft erforderlich. Der enge Zeitraum ist eine sehr hohe Herausforderung.

Die Kosten für die Nachrüstung der Rauchgasbehandlungsanlage und besonders für den Wiederaufbau einer Betriebsmannschaft und die Weiterführung von Versuchen werden Kosten in Höhe von 2,0 bis 2,5 Mio. EUR geschätzt.

Der Preis für die weitergehende Erprobung des Konversionsverfahrens und die Bereitstellung von sicheren Daten für die Bemessung einer Großanlage scheint mit Blick auf die erwarteten Investitionen in Höhe von grob geschätzten 50 bis 55 Mio. Euro und jährliche Betriebskosten in Höhe von 3 bis 4 Mio. Euro vertretbar.

KSVN bemüht sich um Fördermittel für diese Projektphase. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) hat einen nennenswerten Zuschuss in Aussicht gestellt.

Klärschlammkonzonversion mit Solventextraktion Modell Nürnberg

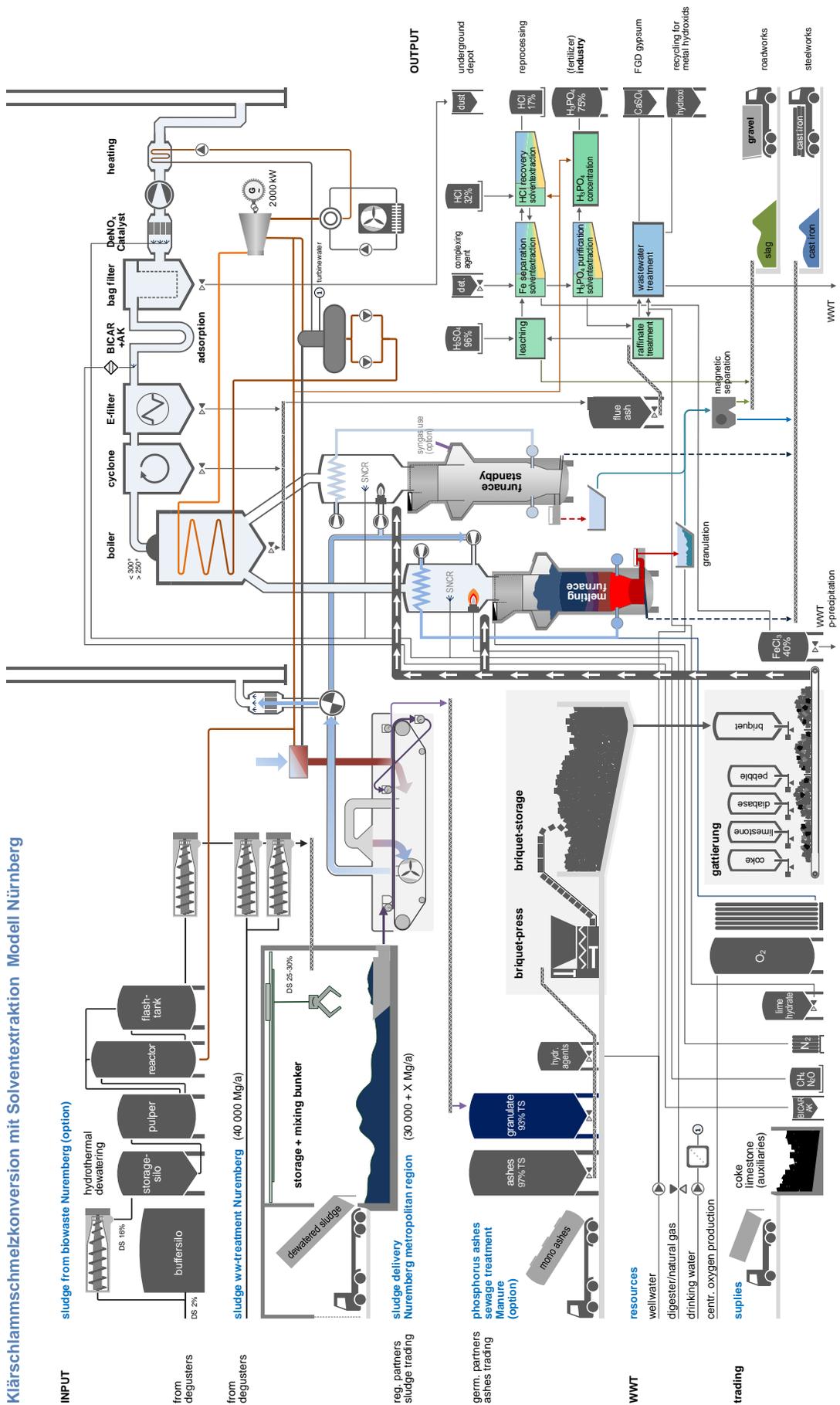


Abbildung 1: Konzeption der Kernkomponenten einer potenziellen Nürnberger Großanlage

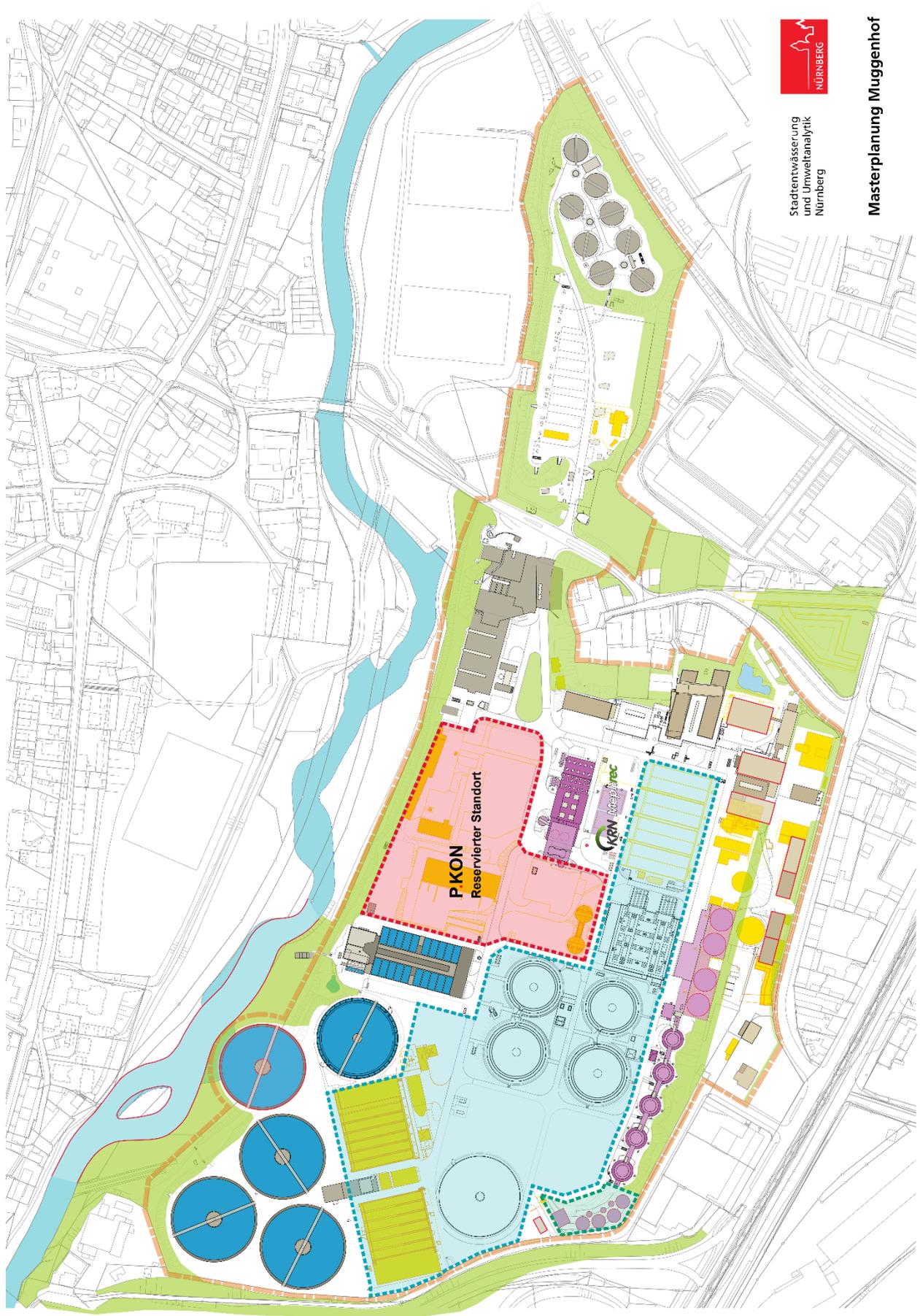


Abbildung 2: Reservierter Standort der potenziellen Nürnberger Großanlage in Muggenhof

Um über den Bau einer Großanlage entscheiden zu können, sind Optimierungen und einige weitere Tests des Verfahrens notwendig. Es bedarf der Klärung offener Fragen. Wichtige sind:

- Ist die weitere Anreicherung im Staub durch Veränderungen in der Technik oder Modifikation der Betriebsweise möglich und sinnvoll? Ist alternativ oder ergänzend die schadstoffarme Anreicherung in der Schlacke möglich und sinnvoll? (Ein wissenschaftliches Gutachten hierzu ist beauftragt. Praktische Versuche hierüber sind darüber hinaus unentbehrlich.)
- Kann der Austrag von Phosphor über das erzeugte Eisenmetall durch Modifikation des Verfahrens und/oder Minimierung des Eisenanteils im Klärschlamm auf deutlich unter 10% des Gesamtdargebots an Phosphor reduziert werden? (Praktische Versuche im Langzeitbetrieb sind erforderlich.)
- Funktion und Effizienz der Phosphorextraktion aus dem Flugstaub und die Anreicherung zu Phosphorsäure sind mittels Versuche in Solothurn nachgewiesen. An welchem Ort und mit welchen Partnern erfolgt die Aufbereitung der Phosphorsäure und wie lautet das konkretisierte Vermarktungskonzept der Produkte?
- In wie fern kann die Technik einfacher, effizienter und betriebstechnisch rationeller gestaltet werden? Wie ist die Abgasbehandlung zu konstruieren, um die Belastung des innerstädtischen Standorts idealer Weise deutlich unter Grenzwerte nach BImSchG zu minimieren?
- Wie kann die Investition genehmigungstechnisch und wirtschaftlich gesichert werden? Welche kommunalen und privaten Partner können für ein Großvorhaben unter Berücksichtigung der Anforderungen nach öffentlichem und wettbewerblichem Recht vertraglich eingebunden werden? (KSVN ist bundesweit in Verhandlungen mit potenziellen Partner.)
- Wie lautet das zukünftige Geschäftsmodell im Verbund mit den Klärschlammherzeugern, SUN, der weiteren Aufbereitung der Produkte (Erzeugung Phosphorsäure) und der Vermarktung der Produkte? Wie wird das Risiko minimiert?

Um da Risiko für Nürnberg zu minimieren, werden mehrere Ansätze verfolgt:

- Stufenweises Vorgehen. (Förderanträge, Projektentwicklung mit weiteren Versuchen. Projektphasen der Anlagenerstellung mit vereinbarten Meilensteinen und Ausstiegsoptionen.)
- Bivalentes Vorgehen. (Parallele Entwicklung eines Vorhabens mit konventionellem Verfahren der thermischen Behandlung. Optionen der Umrüstung einer Großanlage auf alternative Verfahren mit gemeinsamer Infrastruktur.)
- Auswahl potenter Wirtschafts- und Wissenschaftspartner.
- Beteiligung weiterer Partner. (Verhandlung der Option einer Geschäftsbeteiligung zur Sicherung des Klärschlammmarktes, der Investition und des Betriebs.)
- Externe Überprüfung des Konzepts. (Gutachten zur technischen und finanziellen Machbarkeit; Rechtsgutachten z.B. bezüglich Schutzrechte, Verträge, Finanzierung; Verhandlung mit und Einschätzung durch potenzielle Geschäftspartner; Prüfung und Begutachtung durch die Fördermittelgeber.)
- Sicherung äquivalente Fördermittel, die das Restrisiko einer Großinvestition soweit wie möglich ausgleichen. (DBU, BMBF/Fona), UIP, HORIZON 2020.)

Ausblick

Wie die Aufgaben der neuen Klärschlammverordnung technisch, organisatorisch und wirtschaftlich gelöst werden können, ist noch offen. Die Abwasserbranche setzt mit Blick auf die Sicherung der Entsorgungskapazitäten teilweise auf bewährte (Übergangs)technologien wie die Wirbelschichtverbrennung und beobachtet den Markt abwartend. Mit Blick auf die hohen Anforderungen und die damit verbundenen Risiken, sind die Initiativen der Wirtschaft trotz der verschiedenen Ansätze sehr zurückhaltend.

Zahlreiche Verfahren des Phosphorreyclings wurden in den zurückliegenden Jahren erfunden und getestet. Die Ergebnisse sind überwiegend unbefriedigend. Praxisrelevante Aussicht haben nach Auffassung KSVN GmbH maximal noch etwa fünf Verfahren.

Die Schmelzkonversion, wie sie in Nürnberg entwickelt wurde, hat weiterhin ein positives Alleinstellungsmerkmal: Das Verfahren verwertet den Klärschlamm zugleich thermisch wie stofflich. Durch die hohen Schmelztemperaturen erfolgt eine echte stoffliche Umwandlung zu Rohstoffen. In Kombination mit der bewährten Solventextraktion, werden mit sehr geringen Abfallanteilen marktgängige Produkte erzeugt, die verkaufsfähig sind und für die nicht erst ein neuer und zudem bereits gegenwärtig stark übersättigter Düngemittelmarkt für Recyclingprodukte aufgebaut werden muss.

KSVN bemüht sich als Projektentwicklungsgesellschaft um ein tragfähiges Geschäftsmodell der weiteren Entwicklung einer großtechnischen Lösung für die Verwertung des regional anfallenden Klärschlammes und optional der städtischen Bioabfälle.

KSVN prüft intensiv, in welcher Form die Fortführung des KRN-Mephrec-Projekts möglich ist. Die Weiterentwicklung des Nürnberger Verfahrens ist abhängig von einer weiteren Förderung. KSVN ist bereit, weitere Investitionen vorzunehmen, wenn ein Wirtschaftspartner vertraglich zu annehmbaren Bedingungen für das Projekt verpflichtet werden kann, weitere Fördermittel in Aussicht stehen und der Stadtrat der Fortführung des Projekts zustimmt.

KSVN strebt in weiteren Schritten die Projektierung, Genehmigung und Realisierung einer Großanlage an. Alternative Standorte einer Anlage sollen nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Im Verbund mit den Städtepartnern und ggf. mit Unterstützung von privaten Wirtschaftspartnern soll ein vertraglich gut gesichertes Modell der Zusammenarbeit als Grundlage für den langjährigen Betrieb der Anlage entstehen.

Im Fall einer Ablehnung der Vorgehensweise oder einem vorzeitigen Projektende stehen folgende, nicht geförderte Alternativen zur Verfügung:

1. SUN / KSVN wartet auf die Bereitstellung eines alternativen Recyclingverfahrens zu einem späteren Zeitpunkt und realisiert bis dahin z.B. eine Monoverbrennungsanlage. Wenn bis 2029 für die Region keine Phosphorrückgewinnungslösung gefunden ist, muss eine besondere Monodeponie zur Zwischenlagerung der Aschen eingerichtet werden. Die deponierten, phosphorhaltigen Rückstände werden dann zu einem späteren Zeitpunkt erneut aufbereitet und verwertet.
2. SUN vertraut auf eine gewinnoptimierte industrielle Entwicklung wie z.B. die der Remondis AG mit der Versuchsanlage in Hamburg. Die Klärschlammverwertung würde durch Ausschreibung der Abfallentsorgung privatisiert.

KSVN informiert den Werkausschuss SUN über die Ergebnisse der Bewerbungsverfahren um Fördermittel und über die Optionen zum weiteren Fortgang der Klärschlammverwertung in Nürnberg. Der Ausschuss wird danach über den Projektfortgang oder über alternativen Lösungen entscheiden lassen.