

Klärschlammverwertung Region Nürnberg

Klärschlamm zu Energie, Dünger und Eisen mit metallurgischem Phosphorrecycling in einem Verfahrensschritt



Projektpräsentation

1. Motivation Bund + Land + Stadt Nürnberg
2. Ziele
 - Klärschlammaufkommen
 - Wertschöpfungskette Metropolregion
3. Verfahren Metallurgisches Phosphorrecycling
4. Kalkulierte Leistungen
 - Energiebeitrag
 - Stoffrecycling
 - Ökobilanz
5. Projekt
 - Verbundpartner
 - Pilotanlage
 - Großanlage
6. Aussicht



Motivation 1

Beschluss Bundesrat

(Drucksache 576/13 vom 20.09.13)

„Phosphor ist essentieller Baustein des Lebens. Für die moderne Landwirtschaft ist Phosphor ein unverzichtbarer Dünger.“

1. Bundesrat begrüßt die Initiativen zur nachhaltigen Bewirtschaftung Phosphor aus Abwasser
2. Bundesregierung soll sich Europa weit einsetzen für
 - Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und sonstigen Abfällen,
 - Festlegung konkreter und verbindlicher Anforderungen und Maßnahmen,
 - EU-einheitliche, anspruchsvolle Grenzwerte für Schwermetalle und Uran bei P-Dünger.
3. Deutschland soll Vorreiterrolle für Bereitstellung P-Dünger aus Klärschlamm haben.



Landesregierung Bayern

(Geleitwort Minister Dr. Huber zu Klärschlamm Entsorgung, StMUG 05-2011)

- „... kommt künftig nur die thermische Behandlung von Klärschlamm in Frage“
- „Nach Aufbereitung der Aschen ist der wertgebende Inhaltsstoff Phosphor zurückzugewinnen ...“
- „Die veraltete Klärschlammverordnung ... bildet das erkannte Gefahrenpotenzial des Klärschlammes längst nicht mehr ab.
Entsorgungspflichtige sind gut beraten ... nach zukunftsfähigen Alternativen Ausschau zu halten.“



Stadt Nürnberg

(Leitziele Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg SUN)

„Konsequenter Umweltschutz ist verantwortliche Daseinsvorsorge, zivilisatorische Grundleistung und ist volkswirtschaftlich die weltweit nachhaltig sinnvollste Lösung.“

1. Die Ziele der WRRL sind erfüllt. SUN leistet Leitbeitrag zu Klimaschutzziele Nürnberg.
2. Die Energie- und Stoffströme sind geschlossen.
3. SUN ist als umwelttechnischer Dienstleister Vorbildbetrieb der Metropolregion.



Optimale energetische und stoffliche Bilanz der Abwasserreinigung

- Eliminierte Schadstoffe des Abwassers über den Klärschlamm.
- Abwasserinhaltsstoffe unter Minimierung Treibhausgasemissionen optimal genutzt (Brutto-Null-Haushalt Strom (>93%) und Wärme (>100%)).
- Klärschlamm-inhaltsstoffe umweltgerecht verwertet (Metalle + schadstoffarmer/-freier P-Dünger).
- Abfall regional allokiert (Vermeidung ca. 1,1 Mio Km).

Stärkung regionaler Standort

- Wertschöpfung in der Metropolregion, Sicherung der Arbeitsplätze
- Unabhängigkeit von Oligopolisten und knappen Energieressourcen
- Intensivierung der Zusammenarbeit der Regio-Umweltbetriebe (Verbandsarbeit)
- Werbung für die Metropolregion als leistungsfähiger, innovativer Standort



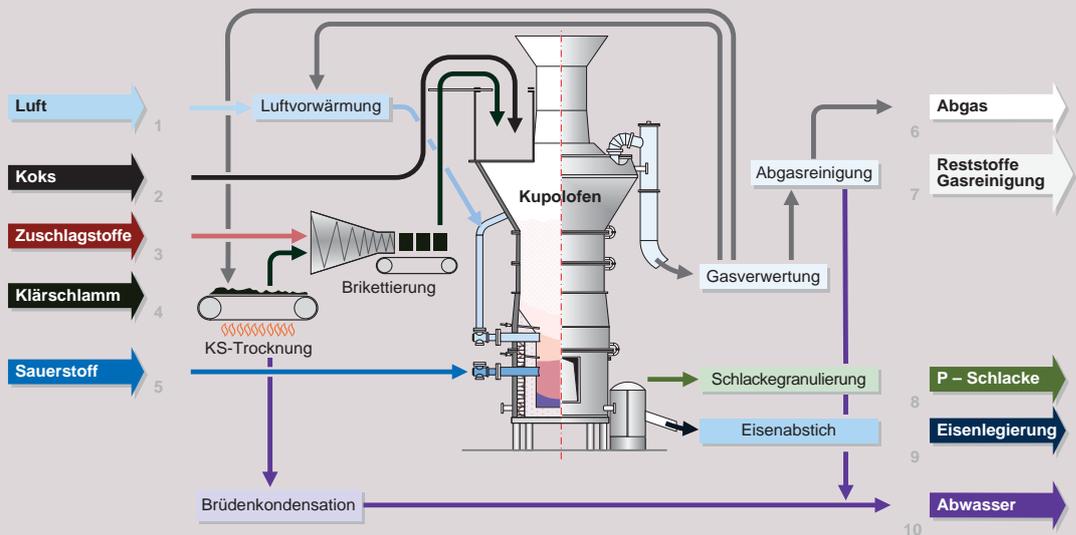
Ziele 3

Klärschlammaufkommen Metropolregion



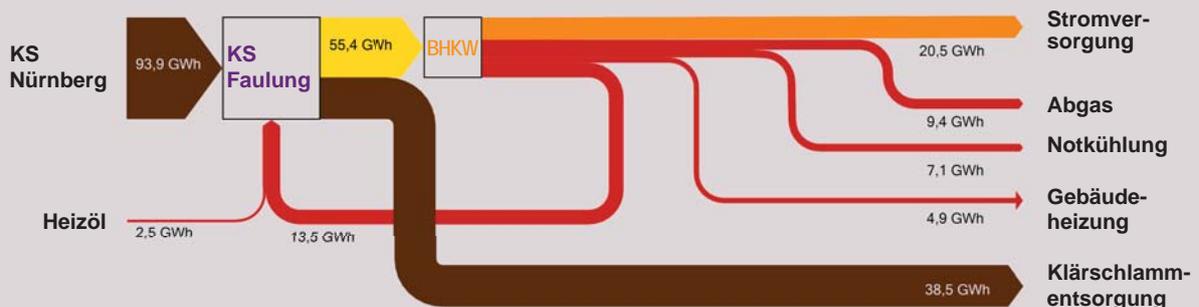
	Schlamm (ca. 25% TS)	Schlamm TS [t]
Stadt und Landkreis Ansbach	19.728	19.728
Stadt und Landkreis Bamberg	32.244	32.244
Stadt Erlangen und Landkreis Erlangen-Höchstadt	25.488	25.488
Stadt und Landkreis Fürth	18.384	18.384
Landkreis Forchheim	7.128	7.128
Landkreis Nürnberger Land	12.220	12.220
Stadt Nürnberg	44.064	44.064
Landkreis Neustadt Aisch	6.428	6.428
Landkreis Roth	8.448	8.448
Stadt Schwabach	3.564	3.564
Landkreis Würzburg	15.908	15.908
Stadt Würzburg	37.692	37.692
gesamt	231.296 t TS	57.824 t TS
Mitverbrennung: 30.491 t TS	Rekultivierung: 19.878 t TS	Landwirtschaft: 7.455 t TS

Verfahren der metallurgischen Klärschlammsschmelze

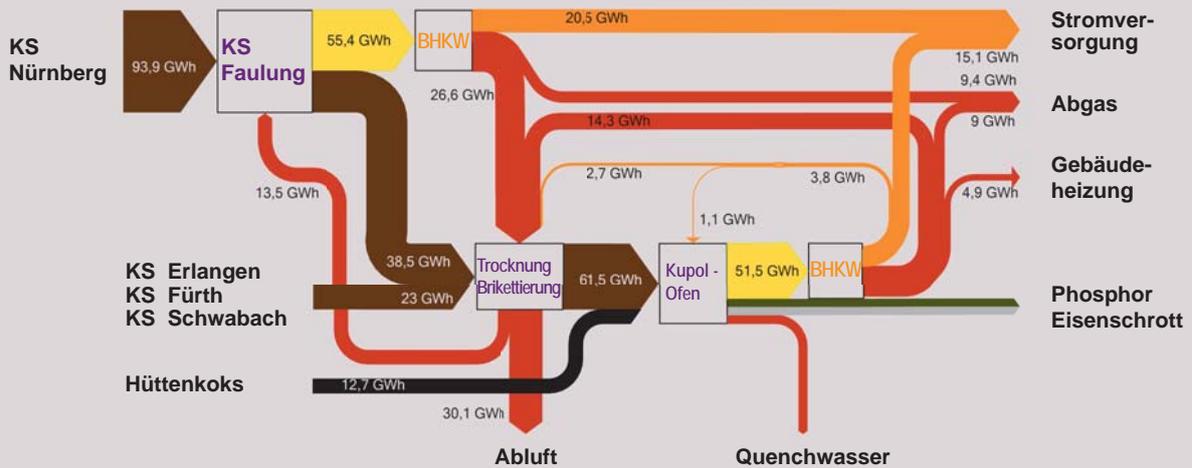


Leistungen Energie 1

Energiefluss Ausgangszustand



Energetisches Potenzial



Leistungen Stoffrecycling 1

Phosphorausbeute Verfahren

- > 95% Gesamt-P aus Abwasserstrom im Klärschlamm (P-Fällung mit Eisen III)
- > 80% Gesamt-P in metallurgischer Schlacke (davon ca. 4% in Eisenschmelze, Rest in Flugstaub)
- Ca. 10 bis 12% liegen als P₂O₅ vor; Rest in diversen sonstigen Verbindungen
- > 82% Pflanzenverfügbarkeit (citratlöslich)

Schlackenart	CaO %	MgO %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe-Oxide %	P ₂ O ₅ %	Citratlösl. %
Mephrec-Schlacke*	32,3	3,6	27,0	20,6	3,9	11,6	81,9
Thomas-Schlacke	47 - 50	3	6 - 8	1 - 2	12 - 16	16 - 19	85 - 95

* Aus Mischung Klärschlamm 60% Nürnberg, 40% München (Analyse Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft TLL)



Leistungen Stoffrecycling 2

Phosphorausbeute geplante Anlage

Verfahrensbedingte Variabilität:

- P-Gehalt im Abwasser konstant (keine Tendenzen der letzten Jahre feststellbar)
- Reinigungsleistung durch chemische Fällung nahezu konstant
- P-Löslichkeit in Eisen (Konstante noch nicht bestimmt)
- Übergang P-Verbindungen in Gasphase* (Konstante noch nicht bestimmt)
- Verunreinigungen durch Vermischung Schlacke/Eisen (nicht für Großbetrieb erwartet)

* Gegebenenfalls Wiederverarbeitung Flugstaub im Verfahren über Quenchwasser und Dekantierung Klärschlamm



Aktuelle Schadstoffregelungen [mg/kg TM]

Gesetzliche Bestimmung	As	Pb	Cd	Cd/kg P ₂ O ₅	Cr VI	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
Bioabfallverordnung (BioAbfV)		150	1,5	--	--	50	1	--	100	400	--
Düngemittelverordnung (DüMV)	40	150	1,5	50	2	80	1	1	--	--	--
Klärschlammverordnung < 5% P ₂ O ₅ in der TM (AbfKlärV)	--	120	2,5	--	--	80	1,6	--	700	1500	--
Klärschlammverordnung > 5% P ₂ O ₅ in der TM (AbfKlärV)	--	150	3,0	--	--	100	2	--	850	1800	--
Phosphatdünger aus Schmelzvergasung (DüMV)	5	50	0,1	10	1	15	0,1	0,1	100	200	--
Nachgewiesene Werte Mephrec-Schlacke aus Schmelzvergasung	0,59	< 20	0,014	0,14	< 1	< 15	<0,01	0,01	74	85	10,3



Leistungen Stoffrecycling 4

Qualität des Phosphorertrags [mg/kg TM]

Dünger	P ₂ O ₅	As	Pb	Cd	Cr	Ni	Hg	Tl	Cu	Zn	U
Teilaufgeschlossenes Rohphosphat Mittelwert aus 21 untersuchten Düngern	39,8	24,6	10,1	64,0	382	92,7	0,08	1,3	79,6	1126	445
Triple Super-phosphat Mittelwert aus 11 untersuchten Düngern	45,5	13,7	32,3	62,1	503	45,9	0,04	0,8	33,6	778	229
Rohphosphat mit kohlen-saurem Kalk aus Meeresalgen, mit Mg Mittelwert aus 5 untersuchten Düngern	17,8	22,2	21,5	65,7	663	21,4	0,11	6,7	30,2	865	126
Mephrec-Schlacke aus Klärschlamm	11,6	5,1	< NG	0,1	k.A.	< NG	0,01	0,1	637,9	733	89

Grenzwertüberschreitung nach DüMV

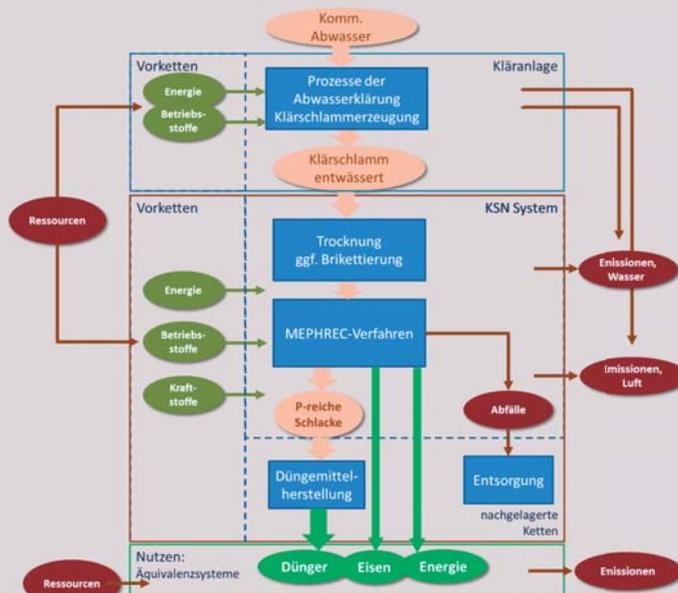
Quellen:

Dr. Dittich, Barbara und Dr. Klose, Ralf. Schwermetalle in Düngemitteln. Schriftenreihe Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft 3/2008
 Leiterer, M. und Riedel, R. Konformitätsbescheinigungen zur düngemittelrechtlichen Bewertung eines phosphathaltigen Düngemittels
 (hier: Phosphat-Dünger aus der Hochtemperatur Schmelzbehandlung von Klärschlamm nach dem Mephrec®-Verfahren). Jena : Thüringer Landesanstalt für LaWi, 2011



Leistungen 5

Ökobilanz



Leistungen 6

Ökobilanzieller Vergleich Mitverbrennung Braunkohlekraftwerk

Indikator	ökologische Bedeutung*	Referenz Mitverbrennung Braunkohlekraftwerk	Mephrec optimum	Mephrec konservativ
Phosphorressourcen	(nicht bewertet)	★★★★	1	1
Fossile Ressourcen	mittel	1	●●	●●
Treibhauseffekt	sehr hoch	1	■ **	■ **
Versauerung	hoch	■ ■	●	1
Aquat. Eutrophierung	mittel	●	1	●
Terrestr. Eutrophierung	hoch	● ●	●	1
Quecksilber luftseitig	hoch	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	1
Cadmium bodenseitig	hoch	★	1	1
Blei bodenseitig	mittel	■	1	1

Bewertung nach normierten Einwohnerdurchschnittswerten (EDW)

1 Bestes Szenario

x-fach schlechtere EDW

☆ 100.000 EDW

□ 1.000 EDW

○ < 100 EDW

○○ 100-500 EDW

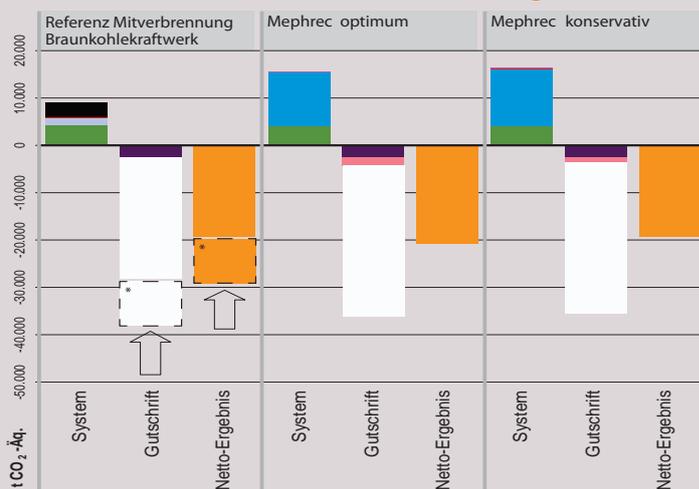
* Ökologische Bedeutung der Indikatoren nach Beurteilung Umweltbundesamt (UBA)

** Bewertung unter Annahme, dass erzeugter Strom alternativ zu Kraftwerksstrom aus Braunkohlekraftverbrennung ins Netz eingespeist wird. (Keine Eigennutzung)



Leistungen 7

Ökobilanz Treibhausgasäquivalente [t CO₂]



- Netto-Ergebnis
- Gutschrift Strom
- Gutschrift Dünger + Eisen
- Gutschrift Wärme
- P-Nutzung
- Logisitk
- Verbrennung
- Entsorgung
- P-Verfahren
- Vorbehandlung

* Dieser Anteil an der Gutschrift entfällt, wenn die Eigenstromerzeugung der Mephrec-Anlage nicht als Braunkohlestrom – CO₂ - Äquivalent sondern als Netz-Mix – CO₂ - Äquivalent



Projekt 1

Pilotanlage

- Planung+Bau und Probetrieb 2 Jahre
- Anlagenleistung 0,5 t/h Klärschlamm (TS)
- Investitionskosten brutto 3,5 Mio. EUR
- Laufende Kosten brutto 2,0 Mio. EUR

Verbundprojektkoordination ERWAS	Mittel	Förderantrag	Quote
Klärschlammverwertung Nürnberg GmbH			
Wirtschaftspartner + Wissenschaftspartner			Quote
STULZ-PLANAQUA GmbH			
INNOVATHERM GmbH			
Fraunhofer UMSICHT			
Institut Energie- Umweltforschung GmbH			
RWTH Aachen			
Universität der Bundeswehr München			



Großanlage

- Anlagenleistung 2,5 t/h Klärschlamm (TS)
70.000 t Klärschlamm (27%TS)
- Investitionskosten netto 21,5 Mio. EUR
- Laufende Kosten netto 4,8 Mio. EUR/a
- Erlöse netto 2,1 Mio. EUR/a
- Geplante P-Leistung 7.660 t/a Schlacke (1.380 t/a P₂O₅)
- Kosten Phosphorproduktion 10,50 EUR/kg
ohne Berücksichtigung KS-Entsorgung, Stromeinspeisung, Wärmenutzung, Eisenverkauf
(Kostenabschätzung im Vergleich zu PhoBe RWTH Aachen)



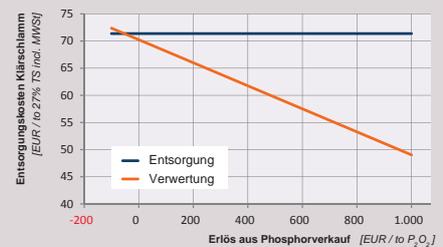
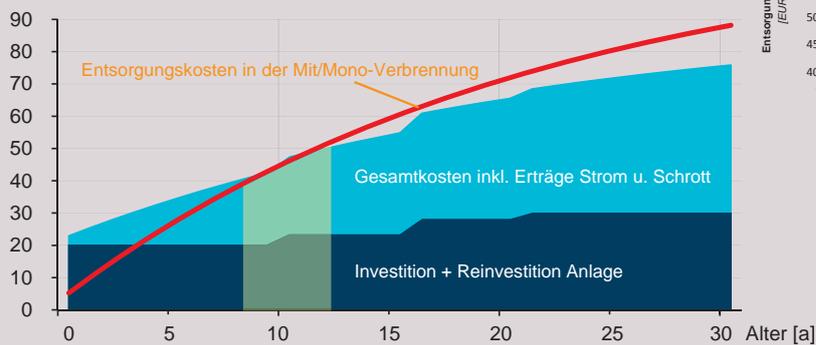
Wirtschaftlichkeitskriterien: Mindestanlagengröße, Betriebsmittel (Sauerstoff, Koks, Dauerbetrieb)

Kosten

Großanlage

Return of Invest ohne P-Verkauf

Mio. EUR (Zinsfaktor: 4,5 %)



Deckungsbeitrag aus Substitution
Klärschlamm-entsorgung:
72 EUR/t KS mit 28% TS (incl. MwSt)

- 1874 Bau Kanalisation Nürnberg → Gesundheit und Komfort
- 1913 Erste Großkläranlage → Beginn Umweltschutz
- 2013 Klärschlammrecycling → Schließen der Energie- und Stoffströme

Abfall Klärschlamm zu hochwertigen Pflanzendünger mit Eigenbedarfsdeckung der Energie

Stadtentwässerung und
Umweltanalytik Nürnberg
Werkleiter
Adolf-Braun-Straße
3390429 Nürnberg

Burkard Hagspiel
+49 (0)9 11 / 231 45 20
burkard.hagspiel@stadt.nuernberg.de
http://www.sun.nuernberg.de