

B+K

Professor Dr. Berg & Kießling GmbH

ANWENDUNG DER EXTERN BEFEUERTEN GASTURBINE



KLÄRSCHLAMMVERWERTUNG UND PHOSPHORRÜCKGEWINNUNG

KLÄRSCHLAMMVERWERTUNG

Insgesamt fielen 2015 ca. 1,8 Millionen Tonnen Klärschlamm (Trockensubstanz, TS) aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland an, von denen 427.700 Tonnen als Dünger in der Landwirtschaft verwertet wurden (23,7 Prozent) [1]. Grund dafür ist ihre reichhaltige Zusammensetzung aus Pflanzennährstoffen wie Stickstoff, Phosphor und Kalium. Allerdings verursacht diese Nutzung negative Umweltauswirkungen, da Klärschlämme Schadstoffe wie toxische Schwermetalle (z.B. Quecksilber, Blei, Kupfer), organische Schad- und Fremdstoffe (Dioxine, Tenside, Biphenyle) Arzneimittelrückstände, Krankheitserreger sowie Nanopartikel und Mikroplastik enthalten. Bei der Ausbringung als Düngemittel sammeln sich diese Giftstoffe im Boden, Grundwasser und in Oberflächengewässern an, sodass sie nach und nach zum Biodiversitätsverlust beitragen und ein Risiko für Mensch und Natur darstellen. Zur Reduzierung dieser Gefahr wurde 2017 die neue Klärschlammverordnung eingeführt, die ab 2029 keine bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm aus Kläranlagen >50.000 EW zulässt. Eine thermische Verwertung der Schlämme wird somit unumgänglich.

Bereits jetzt wird ein Großteil des Klärschlamm thermisch entsorgt, da er sich mit Heizwerten von 10 bis 12 MJ/kg TS für Mono- bzw. Mitverbrennung eignet. Die dabei erzeugten Aschen enthalten bis zu 23% des wertvollen Phosphors (P), der bislang kaum zurückgewonnen wird. Die Aschen werden zu 60% deponiert und zu 34% der Baustoffindustrie oder dem Landschaftsbau zugeführt. Zwar werden 7% der Aschen landwirtschaftlich genutzt, doch aufgrund der Schwermetallbelastung und der geringen Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors wird dieser Verwertungsweg kontrovers diskutiert. Der große Bedarf an Phosphor in der Landwirtschaft wird derzeit mit Rohphosphatimporten abgedeckt, deren Abbau und Aufbereitung in den Herkunftsländern massive Umweltschäden verursacht.

Mit der neuen Verordnung gewinnt die Phosphor-Rückgewinnung aus Monoverbrennungs-Aschen an Bedeutung. Es gilt, ein technisch wirksames, sowie ökonomisch und ökologisch rentables Verfahren einzusetzen, um Phosphor landwirtschaftlich nutzbar zu machen, Schadstoffeinträge zu vermeiden und Rohphosphatimporte zu reduzieren.

Links: Einschränkungen der bodenbezogenen Verwertung und Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung

Rechts oben: Schwermetalle im Klärschlamm [1]

Rechts unten: Klärschlammengen und zukünftige Potenzial für thermische Verwertung aufgrund neuer Klärschlamm-Verordnung

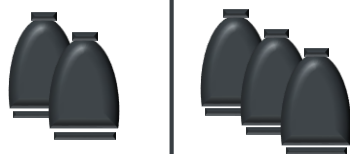
NEUE KLÄRSCHLAMM-VERORDNUNG 2017: Einschränkung der bodenbezogenen Verwertung und Verpflichtung zur Phosphor-rückgewinnung

Kläranlagengröße
bis 50.000 EW 50.000-100.000 EW Über 100.000 EW



Lws. Verwertung
weiterhin möglich

Ausnahme:
Entsorgung als
Abfall ohne P-
Rückgewinnung



**Lws. Verwertung nur in
Ausnahmefällen**
Pflicht zur P-Rückgewinnung

Konzept zur P-Rückgewinnung bis 2023
gefordert. Aschen können
zwischenlagert werden.

15 Jahre
Übergangsfrist

12 Jahre
Übergangsfrist

Entwicklung der Schwermetallgehalte in Klärschlämmen (in mg/kg TS)

Parameter	1986 - 1990	1998	2006	2015	Reduzierung 1977 - 2015 auf (%)*
Blei	113	63	37	31	14
Cadmium	2,5	1,4	1,0	0,74	4
Chrom	62	49	37	33	5
Kupfer	322	289	300	293	78
Nickel	34	27	25	25	19
Quecksilber	2,3	1,0	0,6	0,39	8
Zink	1.045	835	714	773	36

Bedeutung: Klärschlammengen

Quelle: DESTATIS und DWA KEK 1.2. 2014

Größenklassen	Ausbaugröße von ... bis unter ... in EW	Anzahl öffentlicher Abwasserbehandlungsanlagen	Anteil in %	Jahresmittelwert der angeschlossenen EW in Mio	Anteil in %	behandelte Jahresabwassermenge in Mio m ³	Anteil in %
	insgesamt	9632	100	119,7	100	9988	100
Gk 1	unter 1000	4153	43,1	1,1	0,9	113	1,1
Gk 2	1000 - 5000	2387	24,8	4,5	3,8	528	5,3
Gk 3	5000 - 10.000	864	9,0	4,9	4,1	511	5,1
Gk 4a	10.000 - 50.000	1657	17,2	29,5	24,7	2740	27,4
Gk 4b	50.000 - 100.000	315	3,3	16,8	14,1	1373	13,8
Gk 5	100.000 und mehr	256	2,7	62,8	52,5	4722	47,3

In Zukunft



Rund 60% des KS kann nicht mehr lws. verwertet werden
≈ 1,1 Mio Mg TR

PHOSPHORRÜCKGEWINNUNG

CHARAKTERISIERUNG DER EINSATZSTELLEN FÜR PHOSPHORRÜCKGEWINNUNGSVERFAHREN ^[4]

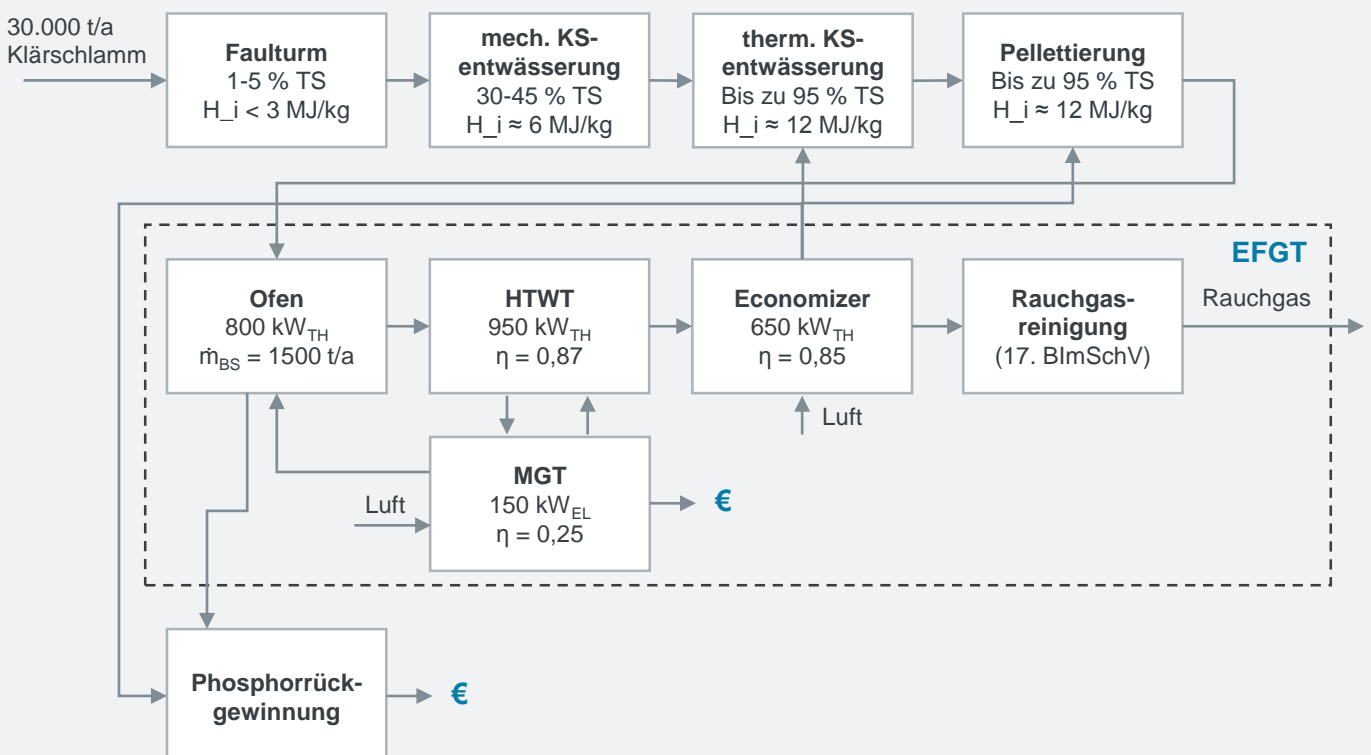
Einsatzstelle	Volumenstrom	P-Konzentration	P-Bindungsform	P-Rückgewinnungspotential*
Kläranlagenablauf	200 l/(E*d)	5 – 8 mg/l	gelöst	15 – 50 %
Prozesswasser der Schlammbehandlung	1 – 10 l/(E*d)	20 – 100 mg/l	gelöst	≈ 45 %
Entwässerter KS	0,15 l/(E*d)	≈ 10 g/kg	biologisch/chemisch gebunden	≈ 85 %
KS-Asche aus Monverbrennung	0,03 kg/(E*d)	≈ 50 g/kg	chemisch gebunden	≈ 85 %

* Bezogen auf Zulaufkraft der Kläranlage

Die Aschen von Klärschlämmen enthalten bis zu 23% P₂O₅. Dies entspricht dem Gehalt von Phosphor-Erzen. Es gibt verschiedene Verfahren zum Phosphor-Recycling, vorrangig sind thermochemische oder metallurgische Verfahren bekannt^[2]. Trotz vielfältiger Reinigungsschritte bei der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm gewährleistet nur der thermische Behandlungsschritt eine sichere Zerstörung organischer Schadstoffe^[4].

Durch die Schwermetallentfrachtung der Klärschlamm-Aschen wird zusätzlich die Konzentration des Phosphor erhöht und die Pflanzenverfügbarkeit verbessert. Der Phosphor kann als Dünger verkauft oder weiter für die Lebensmittelindustrie aufbereitet werden. Somit erfolgt sowohl aus ökonomischer, als auch aus ökologischer Sicht eine bedeutende Wertschöpfung.

PROZESS-SCHEMA



TECHNOLOGIE

Das System EFGT operiert in einer Leistungsklasse von 35-300 kW elektrisch. Brennstoff und Umgebungsluft werden in der Verbrennungseinheit thermisch umgesetzt und durch einen Rekuperator in das Abgassystem geleitet. Parallel wird von der Turbomaschine Umgebungsluft angesaugt, verdichtet und anschließend von der im Rekuperator gespeicherten Wärmeenergie erhitzt. Die Heißluft gelangt in die Turbine, in welcher sie entspannt wird. Dadurch wird die thermische Energie der heißen Luft in mechanische Drehbewegung gewandelt, weshalb die Turbine den ansaugenden Verdichter sowie einen direkt gekoppelten Hochleistungsgenerator antreiben kann. In diesem wird aus der mechanischen Dreh-Energie elektrische Energie erzeugt. Die in der Turbine entspannte heiße Luft besitzt immer noch eine Restmenge an Wärme, weshalb diese als vorgeheizte Verbrennungsluft der Verbrennungseinheit zugeführt wird. Die aerodynamische Entkopplung der Turbo-maschine vom Verbrennungssystem ermöglicht einen sehr verschleißarmen und sauberen Betrieb.

Mittels einer Verbrennung in der EFGT kann Klärschlamm sehr effizient thermisch verwertet werden. Das System ist als modulare Container-Lösung konzipiert, die eine Systemintegration in gegebene Klärschlamm-Nachbehandlungsprozesse ermöglicht. Dank der Modularität ist die Anlagengröße an erforderliche Rahmenbedingungen anpassbar. Mit der dezentralen vor-Ort-Verwertung vereinfacht die EFGT die Infrastrukturkette zur Reststoff-Abgabe und bietet Entsorgungssicherheit.

Aufgrund des kleinen, zu behandelnden Massenstroms und der relativ hohen Phosphorkonzentration kann Phosphor aus der Verbrennungssasche rückgewonnen werden. Mit dem System lassen sich neue gesetzliche Anforderungen zukunftsicher erfüllen und wertvoller Phosphor vermarkten. Zudem basiert die Rentabilität der EFGT auf der Option der Wärme- und Stromeigennutzung oder -Einspeisung, vermiedenen Wärme- und Strombezugskosten sowie vermiedenen Klärschlamm-Entsorgungskosten.

MODULAR

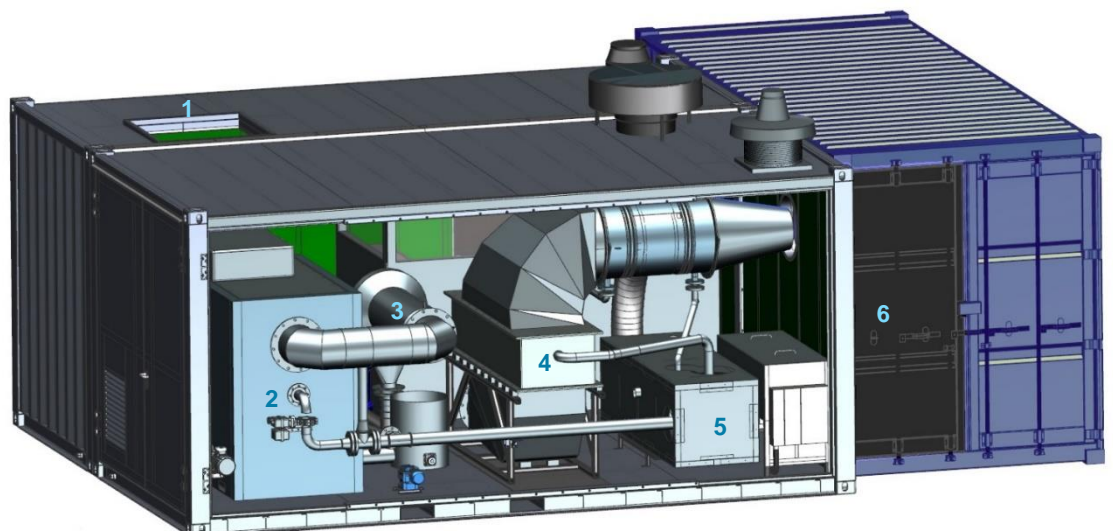
ENTSORGUNGSSICHER

RENTABEL

WARTUNGSARM

PROZESSOPTIMIEREND

UMWELTFREUNDLICH



- 1 Brennstoffzufuhr
- 2 Verbrennungssystem
- 3 Partikelabscheider
- 4 Rekuperator
- 5 Mikrogasturbine
- 6 Abgasreinigung

KONTAKT

Professor Dr. Berg & Kießling GmbH
Schongauer Str. 33
12623 Berlin

IHR ANSPRECHPARTNER IST

Sebastian Kießling
Geschäftsführender Gesellschafter
E- Mail: kießling@bergundkiessling.com
Telefon: 030 346556499
Web: www.bergundkiessling.com

REFERENZEN

- [1] BMUB. 2018. *Klärschlamm - Statistik*.
- [2] Lehrmann, F., Mallon, J., Schaaf, M., and Scheidig, K. 2018. *Klärschlamm-Monoverbrennung mit integriertem Phosphor-Recycling*.
- [3] Umweltbundesamt. 2018. *Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland*.
- [4] Mocker, M., Löh, I., Stenzel, F. 2011. Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm

VERTRAULICHKEIT

Alle Angaben im Geschäftsplan sind streng vertraulich!
Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Professor Dr. Berg & Kießling GmbH erlaubt.