

# Stellungnahme aus dem DWA-Hauptausschuss KEK zum Artikel „Ökologischer Fußabdruck von Klärschlamm-Karbonisat und von Klärschlamm-Asche im Vergleich“

Norbert Dichtl (Bochum), Rainer Könemann (Bremen), Falko Lehrmann (Lünen), Arnold Schäfer (Hamburg), Karl-Georg Schmelz (Essen), Jörg Six (Hagen), Dieter Thöle (Essen), Erwin Voss (Hildesheim)

In der *Korrespondenz Abwasser Abfall* 3/2020, S. 185 ff., wurde der von Dr.-Ing. Steffen Heinrich und weiteren Autoren verfasste Beitrag „Ökologischer Fußabdruck von Klärschlamm-Karbonisat und von Klärschlamm-Asche im Vergleich“ veröffentlicht. Dieser Beitrag löste eine angeregte Diskussion aus. Fachleute im DWA-Hauptausschuss „Kreislaufwirtschaft, Energie, Klärschlamm“ (KEK) nehmen den Autorenbeitrag zum Anlass, um wesentliche Aspekte einer kritischen und gleichzeitig erweiterten Betrachtung zu unterziehen. Schwerpunkte bilden dabei

- Klarstellungen zu den Bilanzgrenzen, die Grundlage der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung im Autorenbeitrag waren
- besondere Aspekte bei der Herstellung von Pyrolysekoks (im Beitrag von Heinrich et al. als Klärschlamm-Karbonisat bezeichnet)
- Aspekte der düngerechtlichen Zulassung sowie des Boden- und Gewässerschutzes.

## Klarstellungen zu den Bilanzgrenzen, die Grundlage der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung im Autorenbeitrag waren

Beim Vergleich des ökologischen Fußabdrucks zwischen Koks aus Pyrolyseanlagen und Asche aus Klärschlammverbrennungsanlagen sind in dem Autorenbeitrag Annahmen getroffen worden, die nicht mit den tatsächlichen Gegebenheiten übereinstimmen. Dies sind im Einzelnen:

- Vor einer Pyrolyse muss Klärschlamm auf > 90 % Trockenrückstand (TR) getrocknet und pelletiert werden. Klärschlämme, die in eine Klärschlammverbrennungsanlage gegeben werden, benötigen dagegen nur einen TR-Gehalt von ca. 45 % für eine autotherme Verbrennung unter den Bedingungen der 17. BImSchV.
- Die Energie, die bei der Verbrennung in hochwertigen Dampf umgewandelt wird, steht anschließend zur Schlammtrocknung, Stromerzeugung, Fernwärmenutzung, als Prozessdampf oder für andere Anwendungszwecke zur Verfügung. Von den 20 in Deutschland aktuell betriebenen Klärschlammverbrennungsanlagen geben fünf Anlagen Prozessdampf an weitere Nutzer des Standortes oder aber in das örtliche Fernwärmenetz ab. 40 % der bestehenden Klärschlammverbrennungsanlagen betreiben neben der direkten Nutzung des Dampfes noch eine eigene Turbine und decken damit den Eigenbedarf ab bzw. geben Überschussstrom in das örtliche Stromnetz.
- 75 % der Klärschlammverbrennungsanlagen stehen direkt auf bzw. neben dem Kläranlagengelände. Damit besitzen die Annahmen der Autoren, die im Mittel eine Transportentfernung von 150 km zur nächstgelegenen Klärschlammverbrennungsanlage angesetzt hatten, keine nachvollziehbare Grundlage.
- Kritisch hinterfragt werden muss auch die Annahme, dass zukünftig

der Transport zu Phosphorrecyclinganlagen mindestens 250 km betragen wird. Aktuell ist bundesweit noch nicht erkennbar, ob sich grundsätzlich zentrale oder dezentrale Phosphorrecyclinganlagen am Markt etablieren werden. So entsteht zum Beispiel in Hamburg auf dem Gelände der Kläranlage Köhlbrandhöft neben der dortigen Klärschlammverbrennungsanlage auch eine Anlage zum Phosphorrecycling. In Bitterfeld ist eine Anlage geplant, die aber auch Klärschlamm-Asche weiterer Verbrennungsanlagen mitbehandeln soll.

- Für einen objektiven Vergleich zur Ermittlung eines CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes muss der zusätzliche Energiebedarf für die Trocknung des Klärschlammes auf 90 % TR vor der Pyrolyse, der in vielen Fällen nur mit zusätzlicher Primärenergie möglich ist, ebenfalls bewertet werden.

Aufgrund der oben dargestellten fehlerhaften Ansätze für die Bilanzierung sind die daraus abgeleiteten Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Autoren in dieser Form nicht haltbar.

## Besondere Aspekte bei der Herstellung von Pyrolysekoks aus Klärschlamm

Bei der Pyrolyse findet eine thermische Umsetzung der Organik des Klärschlammes unter Luftabschluss ohne Sauerstoff statt. Die entstehenden Produkte sind in der Regel ein (brennbares) Gas

und ein kohlenstoffhaltiges Endprodukt, der Pyrolysekoks, von einigen auch Karbonisat genannt. Zusätzlich können ein Pyrolyseöl oder/und ein Pyrolyseteer anfallen.

Durch den Mangel an Sauerstoff entstehen bei der thermischen Umsetzung der Klärschlammorganik verschiedene Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen. Die flüchtigen Bestandteile werden mit dem Prozessgas ausgetragen und in der Regel einer Verbrennung (mit Sauerstoff-Überschuss) zugeführt, um die enthaltene Energie zur Beheizung des Reaktors oder der Trocknung des Klärschlammes zu nutzen. Dabei werden die zum Teil toxischen Gase (unter anderem Kohlenmonoxid) weitgehend in unschädliche Verbindungen wie zum Beispiel CO<sub>2</sub> und Wasser umgewandelt. Das Rauchgas enthält aber auch noch diverse Schadstoffe (unter anderem SO<sub>2</sub>, HCl, NO<sub>x</sub>, Hg, diverse Schwermetalle, Staub), die in einer Rauchgasreinigung entfernt werden müssen.

Die nicht flüchtigen Verbindungen verbleiben im entstehenden Pyrolysekoks (Karbonisat) oder auch im Pyrolyseöl bzw. -teer. Unter anderem können bei den relativ niedrigen Temperaturen der Pyrolyse und der wegen des Sauerstoffmangels unvollständigen Oxidation auch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und andere Verbindungen entstehen, die giftig und zum Teil krebserregend sind.

Im üblichen Temperaturbereich der Klärschlamm-Pyrolyse (450–650 °C) werden die leicht flüchtigen Schwermetalle (zum Beispiel Quecksilber) größtenteils mit dem Prozessgas ausgetragen und müssen in der Rauchgasreinigung abgeschieden werden. Die anderen Schwermetalle verbleiben größtenteils im Pyrolysekoks (Karbonisat).

Während in einer Klärschlammverbrennungsanlage der Kohlenstoff aus der Organik des Klärschlammes vollständig oxidiert wird, wobei die gesamte verfügbare Energie (der Heizwert) in Form von Wärme frei wird, können bei der Pyrolyse hingegen bei den meisten Verfahren nur ca. 50 % des Energiepotenzials zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Die restlichen ca. 50 % verbleiben im Karbonisat in Form von Kohlenstoff und Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Die bei der Pyrolyse freigesetzte Energie wird daher in der Regel nicht reichen, um die Trocknung des Klärschlammes autark zu betreiben.

## Aspekte der düngerechtlichen Zulassung sowie des Boden- und Gewässerschutzes

Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27. September 2017 verfolgt die Ziele eines weitgehenden Ausstiegs aus der bodenbezogenen Verwertung und die Wiederverwendung von Phosphor aus Klärschlamm. Eine Rückgewinnung des Phosphors kann im Rahmen der Abwasser- oder Klärschlammbehandlung erfolgen. Experten gehen aber davon aus, dass der überwiegende Teil der Phosphorrückgewinnung nach einer thermischen Vorbehandlung aus Klärschlammmasche erfolgen wird. Weiterhin ist davon auszugehen, dass das so gewonnene Phosphat überwiegend als Düngemittel zur Anwendung kommt.

Düngemittel, die in Verkehr gebracht werden, benötigen eine düngerechtliche Zulassung. Dies kann für Deutschland nach der Düngemittelverordnung (DüMV) vom 5. Dezember 2012, zuletzt geändert am 2. Oktober 2019, durch die Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngemitteln oder durch die nationale Zulassung von Düngemitteln eines EU-Mitgliedsstaates erfolgen.

Aschen aus der Verbrennung von Klärschlamm sind im Anhang 2, Tabelle 6, Punkt 6.2.3 DüMV aufgeführt. Sie können also auch direkt als Düngemittel in den Verkehr gebracht werden soweit sie den Qualitätsanforderungen der DüMV entsprechen. Düngemittel aus der thermischen Behandlung von Klärschlamm, die keiner vollständigen Verbrennung unterzogen werden, besitzen dagegen nach unserem Stand bisher keine düngerechtliche Zulassung.

Nach einer Verbrennung von Klärschlamm wird zukünftig der Aufbereitung der Klärschlammmasche eine wichtige Rolle zukommen. Hierbei geht es in erster Linie um eine Abtrennung der Schwermetalle und anderer Schadstoffe sowie eine Steigerung der Pflanzenverfügbarkeit und eine Aufkonzentration des Phosphors. Auf diese Weise kann der Landwirtschaft ein schadstoffarmer Dünger zur Verfügung gestellt werden, der bedarfsgerecht und zielgerichtet zum Einsatz gebracht werden kann.

Nach jetzigem Stand ist eine weitergehende Aufbereitung von Pyrolysekoks

(Karbonisat) nicht vorgesehen oder gar technisch möglich. Unter Klimaaspekten scheint eine Festlegung des Kohlenstoffs im Boden auf den ersten Blick sinnvoll. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass bei der Pyrolyse (Karbonisierung) des Klärschlammes keine wesentliche Abtrennung von Schadstoffen erfolgt. Der Kohlenstoff des Pyrolysekoks (Karbonisat) hat eine hohe Bindungskraft für Schadstoffe, die der von Aktivkohle ähnlich ist. Beides ist unter Aspekten des Boden- und Gewässerschutzes kritisch zu sehen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors durch die Pyrolyse deutlich reduziert werden kann.

Bedingt durch intensive Viehhaltung und Biogasanlagen, weisen landwirtschaftlich genutzte Böden in vielen Regionen schon ausreichende bis extrem hohe Phosphatgehalte auf. Deshalb kommt der bedarfsgerechten Düngung mit Phosphor auch aus der Aufbereitung von Klärschlamm eine besondere Bedeutung zu. Eine lokale oder gar regionale bodenbezogene Verwertung von Phosphat aus Klärschlamm nach einer thermischen Vorbehandlung wird deshalb nicht automatisch gegeben sein.

## Abschließend bleibt festzustellen:

- Die aktuell nicht vorhandene düngerechtliche Zulassung von Pyrolysekoks (Karbonisat) ist ein wesentlicher Aspekt, weshalb viele Entscheidungsträger die Verbrennung favorisieren.
- Der Einsatz der Wirbelschichttechnologie wurde bereits 2005 in den europäischen BREF-Dokumenten wegen der höheren Verbrennungseffizienz als beste verfügbare Technik (BVT) zur thermischen Klärschlammbehandlung eingestuft. Das Verfahren bietet darüber hinaus die dringend benötigte Entsorgungssicherheit, um die in Deutschland anfallenden Schlämme ordnungsgemäß und zukunftsicher verwerten zu können, einschließlich der Option zur P-Rückgewinnung mit hohem Wirkungsgrad aus der Asche.

Ob zentrale oder dezentrale Lösungen, ob vollständige Verbrennung, Pyrolyse oder andere Verfahren hängt von vielen Faktoren ab. Die Qualität des zu entsorgenden Klärschlammes, aber auch die Anforderungen an Recyclate, die als Dünge-

mittel oder für andere Prozesse Anwendung finden sollen, die Nachhaltigkeit, Verfügbarkeit und Betriebssicherheit der zum Einsatz kommenden Technik werden wesentliche Entscheidungsfaktoren sein.

Unter den Aspekten der Entsorgungssicherheit, der Düngung, des Boden- und Gewässerschutzes, aber auch den Herausforderungen des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit muss deshalb in jedem Einzelfall und damit für jede Anlage geprüft werden, welches Verfahren zur Klärschlammbehandlung die sinnvollste Lösung darstellt.

## **Autoren**

*Prof. Dr.-Ing. Norbert Dichtl*  
(Mitglied DWA-Hauptausschuss KEK)

*Dipl.-Ing. agr. Rainer Könemann*  
(Vorsitzender DWA-Hauptausschuss KEK)

*Dipl.-Ing. Falko Lehrmann*  
(Obmann DWA-Fachausschuss KEK-3)

*Dipl.-Ing. Arnold Schäfer*  
(Stellvertretender Vorsitzender  
DWA-Hauptausschuss KEK)

*Prof. Dr.-Ing. Karl-Georg Schmelz*  
(Obmann DWA-Fachausschuss KEK-1)

*Dr. rer. nat. Jörg Six*  
(Mitglied DWA-Fachausschuss KEK-3)

*Dr.-Ing. Dieter Thöle*  
(Obmann DWA-Fachausschuss KEK-7)

*Dr.-Ing. Erwin Voss*  
(Stellvertretender Vorsitzender  
DWA-Landesverband Nord)

