

# BÜRGERINITIATIVE BACHLERTAL



Gegen eine geplante Klärschlammverbrennungsanlage in Breitenhart

Unser Anliegen und  
Informationen zu  
Klärschlamm/Klärschlamm Entsorgung/Klärschlammverwertung

## **Impressum**

### **Bürgerinitiative gegen eine geplante Klärschlammverbrennungsanlage in Breitenhart – Unser Anliegen und Informationen zu Klärschlamm/Klärschlammentsorgung/Klärschlammverwertung**

BÜRGERINITIATIVE BACHLERTAL – BI Bachlertal  
aus den Gemeinden Laberweinting, Mallersdorf-Pfaffenberg – Lkrs. Straubing-Bogen  
Gemeinde Bayerbach – Lkrs. Landshut

[www.bi-bachlertal.de](http://www.bi-bachlertal.de)  
[webmaster@bi-bachlertal.de](mailto:webmaster@bi-bachlertal.de)

## Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Unser Anliegen
3. Gesetzliche Vorgaben
  - 3.1 Bayerisches Landesamt für Umwelt
  - 3.2 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz u nukleare Sicherheit
  - 3.3 Wer ist zuständig? (Klärschlammverordnung)
  - 3.4 Neuausrichtung Klärschlammverbrennung (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz)
4. Zusammensetzung von Klärschlamm
  - 4.1 Schwermetalle
  - 4.2 Organische Verbindungen
    - 4.2.1 Polychlorierte Biphenyle (PCB)
    - 4.2.2 Polychlorierte Dibenzodioxine und -furan (PCDD/PCDF)
    - 4.2.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
  - 4.3 Krankheitserreger
  - 4.4 Arzneimittelrückstände
  - 4.5 Nanomaterialien
  - 4.6 Kunststoffe
5. Phosphor
  - 5.1 Allgemein
  - 5.2 Klärschlammverordnung über Phosphorrückgewinnung
  - 5.3 Phosphorrückgewinnungsverfahren
6. Klärschlammverwertung in Deutschland
  - 6.1 Verwertungswege derzeit
  - 6.2 Monoverbrennungsanlagen
7. Monoverbrennungsanlage Klärwerk Steinhäule (Neu-Ulm)
8. Klärwerk Gut Großlappen – Münchener Stadtentwässerung
9. Übersicht über die Rauchgasreinigungskomponenten von weiteren Monoverbrennungsanlagen
10. Geplante Anlage in Breitenhart
  - 10.1 Rauchgasreinigung
  - 10.2 Transportwege
  - 10.3 Prozesssicherheit
11. Unsere Bedenken
12. Zuständigkeit der Klärschlammverwertung gemäß Bayerisches Landesamt für Umwelt
13. Fazit
14. Forderung an politische Entscheidungsträger
15. Anhang
16. Literaturverzeichnis

## 1. Vorwort

Das Thema Klärschlamm fand bis vor einigen Jahren in der breiten Öffentlichkeit relativ wenig Beachtung. Vielmehr streift es einen ab und zu mal in Bezug zu Abwasserentsorgungsgebühren und Pressemitteilungen zu geplanten oder durchgeführten baulichen Maßnahmen beim gemeindlichen Klärwerk. Aufregungen zu Bescheiden der Kanalanschlußgebühren im Zuge der Abwasserkanalerstellungen vor einigen Jahren haben sich wieder gelegt, die Gebühren sind entrichtet und ein weltweit vorbildliches Entsorgungssystem funktioniert gewissenhaft. In Deutschland sind mittlerweile 95,5% aller Haushalte an ein kommunales Abwasserentsorgungssystem angeschlossen.

Die Politik hat die rechtlichen Vorgaben bereitgestellt, die Kommunen haben ihre Pflicht getan und die Bürger zahlen bereitwillig die entsprechenden Gebühren. In den Kläranlagen werden Haushalts- und Industrieabwässer gewissenhaft gereinigt, frisches Wasser entsteht wieder und der zurückbleibende Klärschlamm wird nutzbringend auf die Felder zur Düngung verteilt. So waren wir viele Jahre der Meinung – ein Großteil der Bundesbürger ist es bestimmt auch jetzt noch.

Unsere Lebensweise hat sich allerdings geändert und bringt nun drastische Veränderungen auf bestehende Systeme. Klimawandel, Ressourcenknappheit, Grundwasserbelastung sind nur einige wenige, die genannt werden können. Man stellt nun fest, dass unsere Abwässer mit einer großen Anzahl von Stoffen belastet sind, die nicht mehr mit dem Klärschlamm auf die Felder verteilt werden sollten. Steigender Verkehr verursacht höhere Schadstoffausstoße, die übers Oberflächenwasser in die Kanalisation gelangen, Reifenabrieb, Bremsbeläge verursachen unter anderem Blei, Quecksilber und Mikroplastik auf der Straße, Zink und Kupfer gelangen über Dachrinnen ins System, ein fortschrittliches Gesundheitssystem erzeugt in erhöhtem Maße Arzneimittelrückstände, Erreger wie das BSE-Virus sind in Verdacht über die Klärschlämme verbreitet zu werden. Die Liste ist lang und zwang den Gesetzgeber zu handeln. Die Novelle zur Klärschlammverordnung trat 2017 in Kraft und freut sich zweifelsfrei großer Zustimmung. Geregelt werden soll damit die schrittweise Unterbindung der landwirtschaftlichen Verwertung und Deponierung von Klärschlämmen und ein nicht minder wichtiges Thema: die Rückgewinnung von Phosphor, ein seit 2014 in seiner Verfügbarkeit als „kritisch“ eingestuft Rohstoff.

Wir sind uns der Problematik bewußt und gehören nicht zu den Menschen, die generell alles verneinen oder Projekte zur Lösung bekämpfen wollen, aber wir haben uns mit der Thematik der zukünftigen Klärschlammverwertung intensiv auseinandergesetzt und festgestellt, dass die geplante Klärschlammverbrennungsanlage in Breitenhart erhebliche Mängel in vielen Punkten wie Anlagensicherheit, Versorgungssicherheit und Abluftreinigung aufweist und eine potenzielle Gefahr für die umgebende Bevölkerung aufweisen kann.

Folgendes Dokument soll unsere Gründe veranschaulichen und sachliche Aspekte der Thematik aufzeigen.

## 2. Unser Anliegen

### **Wir fordern eine bessere, politische Regelung der Klärschlammverbrennung in Bayern und sagen „Nein“ zur geplanten Anlage eines Privatinvestors in Niederbayern**

**Ausgangssituation:** Neue gesetzliche Rahmenbedingungen: Klärschlamm darf in Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern ab 01.01.2029 (bzw. 01.01.2032 bei mehr als 50.000 Einwohnern) laut Klärschlamm- Verordnung vom 03.10.2017 nicht mehr auf Felder ausgebracht werden.

In den ca. 2.600 bayerischen kommunalen Kläranlagen fallen pro Jahr derzeit ca. 266.000 t Trockenmasse Klärschlamm an (Quelle: LfU Bayern). Für die Umsetzung der neuen, gesetzlichen Regelung gibt es keinen bayernweiten Rahmen, der das Thema ausschließlich in öffentlicher Hand belässt und damit auch Immissionsschutz, technischen Standard oder gesundheitliche Langzeitriskien berücksichtigt.

**Problematik:** Private Investoren sehen bei dem Thema ein lohnendes Geschäftsmodell. Die Gebühren zur Entsorgung des Klärschlammes werden auf den Bürger umgelegt, die Gemeinde erhält zudem noch Gewerbesteuer des Betreibers, ohne selbst die Entsorgungsaufgabe zu erfüllen. Andere Kommunen wiederum setzen auf überregionale Modelle in der Hand öffentlicher Betreiber, die einen sehr hoch ausgereiften, technischen Standard wählen, wie das Beispiel der Anlage in Neu-Ulm und die geplante Anlage Straubing zeigt.

**Unsere Bedenken:** Um bei dem komplexen Thema wie diesem eine sinnvolle Lösung – jenseits jeglicher privater Interessen – zu erzielen, sind hier alle Aspekte der Schadstoffeintragung (Rückstände von Hormonen, Antibiotika, Schwermetallen, Lösemittel, usw.) in die Abwässer oder auf landwirtschaftliche Nutzflächen sowie die Wechselwirkung bei Eintrag über die Luft auf den menschlichen Organismus zu berücksichtigen. Ausreichend darzustellen sind auch die technischen Lösungen der Aufbereitung und die etwaige Rückgewinnung von Phosphor sowie die Trennung und unschädliche Entsorgung der genannten, bedenklichen Rückstände und Restschlacken.

Hier sind zunächst Umweltbundesamt, Wasserwirtschaftsämter, Immissionsschutz und Anlagensicherheit gefordert, nachhaltige, unabhängige Lösungen mit wissenschaftlichen Einrichtungen zu erarbeiten. Valide, unabhängige Langzeituntersuchungen von Immissionswerten bei der Klärschlammverbrennung und deren gesundheitliche Auswirkung durch den Eintrag in den menschlichen Organismus über Atemwege und Nahrungskette fehlen bislang. Technische Lösungen werden kontrovers diskutiert in der Fachwelt. Daher braucht es statt individueller, kommunaler Diskussionen eine landesweit eindeutige Regelung, bevor in Bayern dezentrale, privatwirtschaftliche Entsorgungsbetriebe mit den genannten Risiken entstehen.

**Anliegen der Petition:** Ein klares „Ja“ dafür, dass unsere Gebühren für Abwasserentsorgung auch stets für eine nachhaltige und technisch bestmögliche Lösung in öffentlicher Hand eingesetzt werden.

– Ein klares „Nein“ zu einer privaten Monoverbrennungsanlage im niederbayerischen Breitenhart, deren Bau als Vorreiterprojekt einer Entsorgungslösung in Privathand eine ganze Region an der Landkreisgrenze Lkr. Straubing-Bogen und Landshut langfristig immissions- und verkehrstechnisch stark belasten würde.

Wir fordern mit der **Landtags-Petition**, dass die bayerische Politik sich aktiv verantwortlich fühlt für Umweltschutz und Gesundheit der Bürger und das komplexe Thema Klärschlammverbrennung ab 2029 mit entsprechend eindeutiger, politischer Rahmengesetzgebung in Bayern baldmöglichst regelt. Unsere künftigen Generationen brauchen jetzt vorausschauendes Handeln, damit ihr Lebensraum lebenswert bleibt.

### 3. Gesetzliche Vorgaben

#### 3.1 (Quelle: Bayerisches Landsamt für Umwelt)

##### **Novelle Klärschlammverordnung 2017**

Am 02.10.2017 wurde die Neuordnung der Klärschlammverwertung im Bundesgesetzblatt veröffentlicht und ist damit ab dem 03.10.2017 in Kraft und wird zur Frühjahrsdüngung 2018 zur Anwendung kommen.

Mit der Neufassung möchte der Gesetzgeber aus Vorsorgegründen die bodenbezogene gestaffelten Übergangsfristen von zwölf (> 100.000 EW) bzw. fünfzehn Jahren (> 50.000 EW) zur Rückgewinnung des Phosphors aus Klärschlämmen und Klärschlammaschen verpflichten. Im Rahmen der Ressourcenschonung soll der zurückgewonnene Phosphor - in Form von Phosphat - zur pflanzlichen Düngung eingesetzt werden. Für Kläranlagen < 50.000 EW bleibt weiterhin die Möglichkeit der bodenbezogenen Klärschlammverwertung bestehen. Während die bisherige Fassung der Klärschlammverordnung nur die Ausbringung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden regelte, gelten die Anforderungen der novellierten Fassung derzeit für jegliche stoffliche Verwertung von Klärschlamm, insbesondere auch für die landbauliche Verwertung (Rekultivierung) und die Lieferung an und durch Klärschlammgemisch- und Klärschlammkomposthersteller.

#### 3.2 (Quelle: [www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/klaerschlamm](http://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallarten-abfallstroeme/klaerschlamm))

Klärschlämme ...können insbesondere wegen ihres relativ hohen Stickstoff- und Phosphorgehalts auf landwirtschaftlich genutzten Böden oder bei Maßnahmen des Landschaftsbaus als Dünger eingesetzt werden, sofern sie nur geringe Schadstoffbelastungen aufweisen.

Phosphor und Phosphorverbindungen sind für alle Lebewesen essenziell... Phosphor ist für die Herstellung von Düngemitteln unersetzlich. Deshalb ist dieser Rohstoff sehr wichtig, weil er weltweit dazu beiträgt, die Ernährung zu sichern.

...Ebenso wird Phosphor seitens der Europäischen Kommission mit der Mitteilung über die Überprüfung der Liste der kritischen Rohstoffe für die EU und die Umsetzung der Rohstoffinitiative vom 26. Mai 2014 als "kritischer Rohstoff" eingestuft.

Im Jahr 2016 wurde nur noch knapp ein Drittel der circa 1,8 Millionen Tonnen kommunalen Klärschlämme (Trockenmasse) (*Anm.: bundesweit*) in der Landwirtschaft und bei Maßnahmen des Landschaftsbaus zu Dünge Zwecken eingesetzt. Die verbleibende Restmenge wird unter anderem als Sekundärbrennstoff in Kraftwerken und Zementwerken eingesetzt oder auf Deponien gelagert, wobei die wertgebenden Inhaltsstoffe des Klärschlamm, insbesondere Phosphor, in der Regel verloren gehen.

Die Deponierung von Klärschlämmen ist seit dem 1. Juni 2005 nur nach der Vorbehandlung in einer Verbrennungsanlage oder nach einer mechanisch-biologischen Behandlung zulässig. Die bodenbezogene Verwertung der Klärschlämme in der Landwirtschaft und bei Maßnahmen des Landschaftsbaus erfolgt auf der Grundlage der Klärschlammverordnung, die

ergänzend zu den Vorgaben des Düngerechts insbesondere Grenzwerte für die Belastung des Klärschlammes und des für eine Klärschlammaufbringung vorgesehenen Bodens mit Schwermetallen und anderen Schadstoffen enthält.

Um die wertgebenden Bestandteile des Klärschlammes (Phosphor) umfassender als bisher mit der bodenbezogenen Klärschlammverwertung praktiziert wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen und gleichzeitig die herkömmliche bodenbezogene Klärschlammverwertung zum Zweck einer weiteren Verringerung des Schadstoffeintrags in den Boden deutlich einzuschränken, wurde die Klärschlammverordnung von 1992 novelliert. Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27. September 2017 ist am 3. Oktober 2017 in Kraft getreten.

### 3.3 Wer ist zuständig?

(Quelle: Klärschlammverordnung-AbfklärV- Artikel 1 - §2)

**Begriffsbestimmung:** Klärschlamm ist ein Abfall aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen, der aus Wasser sowie aus organischen und mineralischen Stoffen, ausgenommen Rechen-, Sieb- und Sandfangrückständen, besteht, auch wenn der Abfall entwässert oder getrocknet sowie in Pflanzenbeeten oder in sonstiger Form behandelt worden ist....

(Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz)

#### **Wer ist zuständig?**

Für den Vollzug der AbfklärV sind in Bayern die Kreisverwaltungsbehörden (Landratsamt oder kreisfreie Stadt) zuständig. Die örtliche Zuständigkeit ergibt sich aus der Lage der Anlage bzw. der für die Aufbringung vorgesehenen Fläche. Neben den KVB sind in Bayern die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ÄELF) in den Vollzug mit eingebunden. Letztere erstellen die Auf- oder Einbringungspläne nach § 35 AbfklärV. Bei der Verwertung von Klärschlämmen gewerblicher oder industrieller Herkunft ist das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) zu beteiligen.

Für die staatliche Anerkennung von Untersuchungsstellen nach der Klärschlammverordnung ist die Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) zuständig.

### 3.4 Neuausrichtung der Klärschlammentsorgung

(Quelle: [stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/klaerschlamm/neuausrichtung](http://stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/klaerschlamm/neuausrichtung))

Klärschlamm gilt als Schadstoffsенke der Zivilisation für eine Vielzahl unerwünschter Abwasserinhaltsstoffe, über deren Auswirkungen auf die Umwelt und Gesundheit noch zu wenig bekannt ist. Dies trifft insbesondere auf die nicht überschaubare Vielfalt an organischen Schadstoffen zu, die aus Haushalten, Gewerbe und Industrie ins Abwasser gelangen (z. B. Pestizide, Lösungsvermittler, Arzneimittel, endokrin wirksame Substanzen usw.). Durch die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm werden die zunächst abgetrennten Schadstoffe wieder großflächig ausgebracht.

In der Folge der BSE-Krise und der Neuorientierung der bayerischen Agrarpolitik hat Bayern aus Gründen des vorsorgenden Verbraucher-, Boden- und Gewässerschutzes eine neue Strategie für eine zukunftsfähige und nachhaltige Klärschlammentsorgung ausgearbeitet, die mittelfristig die thermische Verwertung des bisher landbaulich und landschaftsbaulich verwerteten Klärschlammes zum Ziel hat.

Im Zuge der Neuausrichtung der bayerischen Agrarpolitik soll aus Gründen der verbraucherorientierten Qualitätssicherung im Lebensmittelbereich und der vertrauensbildenden Vorsorgemaßnahmen ganz generell von einer weiteren landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm Abstand genommen werden.

Hierzu hat die Staatsregierung eine neue Entsorgungsstrategie für Klärschlamm beschlossen, die sich an den Grundsätzen der nachhaltigen Entwicklung orientiert.

### **Neue Entsorgungsstrategien bei der Klärschlammentsorgung in Bayern**

#### **Kurzfristig**

Die Ziele sind in den Abfallwirtschaftsplan (III Nr. 1.2.4) und das Landesentwicklungsprogramm aufgenommen.

Die Kläranlagenbetreiber und Landwirte werden durch die Ämter für Landwirtschaft und Wasserwirtschaftsbehörden kontinuierlich beraten, auf die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlamm zu verzichten.

Die Kläranlagenbetreiber werden durch die Wasserwirtschaftsbehörden über die sachgerechte abwassertechnische Behandlung der hochbelasteten Filtrate/Zentrifugate aus der mechanischen Klärschlammwässerung beraten.

#### **Mittelfristig**

Thermische Behandlung/Verwertung des gesamten bisher landwirtschaftlich und landschaftsbaulich verwerteten Klärschlammes.

Förderung der Entwicklung innovativer alternativer Entsorgungsverfahren.

Förderung der Entwicklung kostengünstiger Rückgewinnungsverfahren von Phosphat aus Klärschlamm.

## **4 Zusammensetzung von Klärschlamm**

(Quelle: Umweltbundesamt – Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland)

### 4.1 Schwermetalle

Hauptquelle ist der Austrag aus Haushalten und Gewerben, Niederschlagswasser von künstlichen Oberflächen, Abrieb von Bremsbelägen, usw.

Beobachtet werden: Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Zink, Quecksilber

Auswirkungen: (Quelle: WHO Europa)

Die Schwermetalle Cadmium, Blei und Quecksilber sind weit verbreitete Luftschadstoffe, die hauptsächlich durch industrielle Emissionen in die Luft gelangen. Schon niedrige Konzentrationen in der Luft tragen zu einer Anreicherung im Boden bei, wo sie in der Umwelt bleiben und sich in der Nahrungskette sowohl an Land, als auch im Wasser ansammeln.

Schwermetalle werden in unterschiedlichem Maße mit einer Vielzahl von Gesundheitsproblemen in Verbindung gebracht, darunter Nieren- und Knochenschäden, Entwicklungs- und Verhaltensstörungen, erhöhter Blutdruck und möglicherweise sogar Lungenkrebs.

### 4.2 Organische Verbindungen

Der organische Anteil des Klärschlammes kann etwa 45-90% der Trockensubstanz betragen und besteht zum größten Teil aus Bakterienmasse, welche sich aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel zusammensetzt.

Im Klärschlamm enthalten sind auch Verunreinigungen durch eine Vielzahl **organischer Schadstoffe**. Zu den besonders kritischen Stoffen gehören neben den polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD und PCDF) auch Halogenverbindungen und Organozinnverbindungen sowie polychlorierte Biphenyle (PCB) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Quellen dafür sind unter anderem: Putz- und



Reinigungsmittel, Körperpflegeprodukte, Heimwerkerchemikalien, wie Holzschutzmittel, Oberflächenbeschichtungen, Biozide in Bauprodukten und Arzneimittel

4.2.1 PCB: Verursacht Leberschäden, Schäden am Immunsystem, krebserregend, Unfruchtbarkeit

4.2.2 PCDD und PCDF (umgangssprachlich: Dioxine und Furane)  
Der Eintrag von Dioxinen und Furanen in die Atmosphäre erfolgt in erster Linie mit dem Rauch von Verbrennungsprozessen. Über die Atmosphäre werden Dioxine und Furane großflächig verteilt (Ferntransport), so dass sie selbst in Umweltproben aus entlegenen Regionen gefunden werden können. Dioxine sind langlebig und werden hauptsächlich über den Luftpfad, gebunden an Staubpartikel, in der Umwelt verteilt. Sie werden auch als „giftigste vom Menschen hergestellte Verbindung“ bezeichnet, sind krebserregend, fruchtschädigend. Bestimmung aufwändig und teuer.

Wesentliche Maßnahmen zur Minderung von Emissionen sind die thermische Zersetzung bei Temperaturen von über 850°C und einer Verweilzeit von über zwei Sekunden im Abgas. Eine weitere Primärmaßnahme ist ein möglichst guter Abgasausbrand, wobei die Möglichkeit der Adsorption an kohlenstoffhaltigen Stäuben dadurch eingeschränkt wird. Höhere Schwefeldioxidkonzentrationen im Abgas verhindern ebenfalls die Entstehung von Dioxinen und Furanen, sind aber aus Sicht des Immissionsschutzes nicht erwünscht.

Sekundärmaßnahmen zur Minderung von Emissionen von Dioxinen und Furanen zielen auf ihre Zerstörung bzw. Ausschleusung aus dem Abgas ab. Katalysatoren und katalytisch wirkende Oberflächenfilter werden für die Zerstörung von Dioxinen eingesetzt. Die Abtrennung aus dem Abgas erfolgt mittels Adsorptionsmitteln und durch Staubabscheidung. Befinden sich Gaswäscher in einer mehrstufigen Abgasreinigungsanlage, so müssen bei Anfahrvorgängen die Einrichtungen zur Minderungen von Dioxinen und Furanen bereits in Betrieb sein. (Quelle: wikipedia)

4.2.3 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)  
PAK's entstehen unter anderem durch unvollständige Verbrennung organischen Materials – sind eindeutig nachgewiesen krebserzeugend, hoch toxisch, fruchtschädigend, beeinträchtigen die Fortpflanzungsfähigkeit.

### 4.3 Krankheitserreger

Mit dem Klärschlamm werden auch Krankheitserreger wie Bakterien, Viren, Parasiten und Wurmeier aus dem Abwasser abgeschieden. Soll der Schlamm in der Landwirtschaft verwertet werden, so ist nicht auszuschließen, dass Krankheitserreger über Nahrung und Futtermittel zu Mensch und Tier gelangen. Diese potentielle Gefährdung ist seit einigen Jahren verstärkt Gegenstand der Diskussion. Die EHEC- Epidemie 2011, ausgelöst durch den EHEC-Erreger 0104H4, führte die Wichtigkeit der Problematik vor. Es konnte gezeigt werden, dass der Erreger über viele Monate in verschiedenen Böden überleben kann. Ausserdem wird über die Verbreitung resistenter Bakterien diskutiert. Es gibt Hinweise darauf, dass es auf Kläranlagen zum Austausch von Antibiotikaresistenzen zwischen verschiedenen Bakterien kommen kann, neue Resistenzen gebildet werden können und sich diese Bakterien über die Umwelt weiter verbreiten.

#### 4.4 Arzneimittelrückstände

Auf dem deutschen Markt sind derzeit allein rund 2300 verschiedene Wirkstoffe für den Humanarzneimittelbereich verfügbar, von denen etwa die Hälfte als potentiell umweltrelevant gilt. 2012 sind von diesen insgesamt 8120 t verbraucht worden. Die am häufigsten verwendeten Humanarzneimittel sind: Antidiabetika, Entzündungshemmer, Schmerzmittel, Asthmamittel sowie Psychotherapeutika. Existieren zu Arzneimittelrückständen im Abfluß von Kläranlagen und in Oberflächengewässern zahlreiche Untersuchungen, so liegen zu den Arzneimittelgehalten in Klärschlämmen und deren Verhalten im Boden nur wenige belastbare Ergebnisse vor, da sich viele Stoffe an organische Substanz binden und der Nachweis extrem schwer ist. Über die Langzeitwirkung von Arzneimitteln in Böden und die Auswirkungen auf die Umwelt liegen bisher nur unzureichende Kenntnisse vor.

#### 4.5 Nanomaterialien

Ist von Nanomaterialien die Rede, sind Materialien gemeint, bei denen mindestens 50% der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung mindestens ein Aussenmaß aufweisen, das im Bereich von 1 bis 100 Nanometer (nm) liegt, was in etwa einem Tausendstel des Durchmessers eines menschlichen Haares entspricht.

Nanomaterialien können natürlichen Ursprungs sein (z.B. feine Tonpartikel) bei Verbrennungsprozessen anfallen oder bewusst zu technischen Zwecken synthetisiert werden. Z.B. Materialien aus der Elektronikbranche, Pharmazie, Medizin, Kosmetik, Flächenveredelung oder Chemie. Zinkoxid- und Titanoxidnanopartikel in Sonnenschutzmitteln aber auch Aluminiumverbindungen in Sprays sind prominente Beispiele. Werden diese Partikel in die Umwelt freigesetzt, können sie dort mit anderen Stoffen oder Organismen in Wechselwirkungen treten und so schädlichen Einfluss auf die Umwelt nehmen.

Untersuchungen ergaben, dass etwa 90% der eingesetzten Nanomaterialien in den Klärschlamm gelangen. Bei der Klärschlammverbrennung können die Partikel in das Abgas und die Asche gelangen.

#### 4.6 Kunststoffe

Mit dem Abwasser gelangen auch Kunststoffe zur Kläranlage. Mikropartikel (5-25mm) und Mikroplastik (<5mm) durchlaufen die Kläranlage und verbleiben im Klärschlamm. Herkünfte sind Abrieb von Textilien beim Waschen, Inhalte von Kosmetika und Detergenzien, sowie Reifenabrieb. Über die Langzeitwirkungen von Kunststoffpartikeln auf das Bodenleben und die Umwelt liegen bisher nur unzureichende Kenntnisse vor. Werden Klärschlämme einer thermischen Nutzung oder Beseitigung zugeführt, werden dadurch auch die Kunststoffe zerstört.

## 5 Phosphor

### 5.1 Allgemein

Phosphor (P) ist ein Element, welches in der Natur ausschließlich in gebundener Form, meist in Form von Phosphat ( $\text{PO}_4$ ) in der Erdkruste zu finden ist. Phosphat ist ein nicht erneuerbarer Rohstoff, der zum größten Teil als Phosphatgestein bergmännisch abgebaut und aus den anfallenden Erzen gewonnen wird.

Industrieschätzungen zufolge wird der Minenabbau von Phosphatgestein von 148 Millionen Tonnen in 2018 auf 169 Millionen Tonnen 2022 ansteigen, wobei Daten aus China nicht in den Schätzungen enthalten sind. Die Abbaumengen in China belaufen sich auf etwa 80-85 Millionen Tonnen pro Jahr.

Man geht mit einem jährlichen Anstieg um 2% aus (über 5 Mio. t/a), wobei ca. 90% dieses Mehrbedarfs durch Asien und Amerika verursacht werden. Vor allem der Anstieg des Fleischkonsums wird den Phosphatverbrauch weltweit in die Höhe treiben, denn Nutztiere verbrauchen während der Aufzucht wesentlich mehr Phosphor in Form von Futter, als sie beim Schlachten liefern. Problematisch ist allerdings die abnehmende Qualität der Rohphosphate durch zunehmende Kontamination mit toxischen Schwermetallen wie Cadmium und Uran. 95% der Lagerstätten sind unter der Kontrolle von nur 10 Staaten und über 80% der wirtschaftlich abbaubaren Phosphatvorkommen auf der Erde befinden sich in Afrika. Der Umstand, dass Marokko, der nach Russland zweit wichtigste Rohphosphatlieferant der EU, seinen Phosphatreichtum der von den Vereinten Nationen nicht anerkannten Annexion von West Sahara verdankt, birgt schon jetzt ein großes Konfliktpotenzial und ist hinsichtlich der Versorgungssicherheit Deutschlands und der EU als bedenklich einzustufen. 80% des weltweit gehandelten Rohphosphats werden durch Länder in Nordafrika und des mittleren Ostens abgedeckt. Deutschland ist vollkommen vom Import abhängig und somit stellt Phosphor als Pflanzennährstoff eine strategische Ressource dar, von der im Wirtschaftsjahr 2016/17 231.100 t verbraucht wurden.

*(Quelle: Umweltbundesamt, Deutsche Phosphor Plattform)*

## 5.2 Klärschlammverordnung über Phosphorrückgewinnung

Als zentrales Element sieht die Klärschlammverordnung erstmals umfassende Vorgaben zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen und Klärschlammverbrennungsrückständen vor, die Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen und Klärschlammverbrennungsanlagen spätestens ab dem Jahr 2029 zu beachten haben: Die Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor greift in den Fällen, in denen der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Die Verordnung gibt keine bestimmte Technologie zur Phosphorrückgewinnung vor, sondern lässt genügend Spielraum für den Einsatz oder die Entwicklung innovativer Rückgewinnungsverfahren. Ausnahmen von der Rückgewinnungspflicht bestehen lediglich bei Klärschlämmen mit niedrigen Phosphorgehalten (weniger als 20 Gramm Phosphor je Kilogramm Klärschlamm (Trockenmasse)).

Aus Vorsorgegründen möchte der Gesetzgeber mit der Klärschlammverordnung 2017 die bodenbezogene Verwertung bei größeren Kläranlagen verbieten. Die Betreiber dieser Anlagen werden nun verpflichtet, Phosphor aus Klärschlämmen und Klärschlammverbrennungsrückständen zurückzugewinnen, um diesen wiederum in Form von Phosphat zur pflanzlichen Düngung einzusetzen. Dabei gelten folgende Übergangsfristen: Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 100.000 Einwohnerwerten sind ab 2029 zur Phosphor-Rückgewinnung verpflichtet, Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 50.000 Einwohnerwerten ab 2032.

Ausgenommen von der Rückgewinnungspflicht sind Klärschlämme mit niedrigen Phosphorgehalten und Kläranlagen mit weniger als 50.000 Einwohnerwerten – die Betreiber dürfen ihre Schlämme weiter zur Düngung einsetzen. Diese Regelung „trägt den Besonderheiten ländlich geprägter Regionen Rechnung“, erklärt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

*(Quelle: [www.abfallmanager-medizin.de/recht/klaerschlammverordnung-abfklerv-verordnung-ueber-die-verwertung-von-klaerschlamm-klaerschlammgemisch-und-klaerschlammkompost](http://www.abfallmanager-medizin.de/recht/klaerschlammverordnung-abfklerv-verordnung-ueber-die-verwertung-von-klaerschlamm-klaerschlammgemisch-und-klaerschlammkompost))*

### 5.3 Phosphorrückgewinnungsverfahren

Es gibt verschiedene physikalische und chemische Verfahren, mit denen Phosphor aus den Stoffströmen Abwasser, Klärschlamm, Prozesswässern der Klärschlammbehandlung und Klärschlammasche zurückgewonnen werden kann.

Der zurückgewonnene Phosphor, sog. Phosphor-Rezyklat kann je nach Rückgewinnungsverfahren entweder direkt oder nach weiterer Aufbereitung als Düngemittel verwendet werden. Eine Zulassung gemäß der Düngemittelverordnung muss vorliegen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Rezyklate als Rohstoff in der chemischen Industrie einzusetzen. Nach Angaben des Bundesumweltministeriums könnten bei voller Ausschöpfung der Rückgewinnungspotenziale bis zu 40% der Phosphorimporte ersetzt werden. (Quelle: Deutsche Phosphor Plattform)

#### 5.3.1 Rückgewinnung aus Abwasser

Die Klärschlammverordnung bezieht sich nur auf Klärschlamm, also einen „Abfall aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen...“ (AbfKlärV2017). Sie gilt daher nicht für die Abwasserbehandlung selbst. Es kann daher das Problem entstehen, dass wenn nach der Phosphor-Rückgewinnung in der Abwasserbehandlungsanlage immer noch Phosphor Gehalte von  $\geq 20\text{g/kg TM}$  im erzeugten Klärschlamm vorliegen, eine weitere Phosphor-Rückgewinnung erforderlich ist. Je nach Verfahren stehen im Abwasser ca. 40% der Phosphorzuladung einem Recycling zur Verfügung, was ein Potenzial von 21.000 t Phosphor pro Jahr bedeutet.

#### 5.3.2 Rückgewinnung aus Klärschlamm

Im Klärschlamm können Rückgewinnungspotenziale von ca. 20% erzielt werden.

#### 5.3.3 Rückgewinnung aus Klärschlammasche

Bei der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche sind die größten Potenziale vorhanden. Es können teilweise über 90%, jedoch mit einem hohen Maß an verfahrenstechnischem Aufwand nur aus Aschen aus Monoverbrennungsanlagen zurückgewonnen werden.

Beispiel Hamburg:

Auf dem Klärwerk Hamburg wird 2020 eine Recyclinganlage für Phosphor in Betrieb gehen und jährlich aus rund 20.000 t Klärschlammasche ca. 7.000 t hochreine Phosphorsäure zurückgewinnen. Diese ist laut eigenen Angaben die weltweit erste großtechnische Anlage zur Rückgewinnung von Phosphor.

(Quelle: [www.phosphorrecycling-hh.de](http://www.phosphorrecycling-hh.de))

#### 5.3.4 Perspektiven

Die meisten Verfahren zur Phosphorrückgewinnung befinden sich noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Einige wenige sind weltweit bereits mehrfach großtechnisch umgesetzt. Dennoch fehlen bei den meisten Verfahren die Erfahrungen im großtechnischen Betrieb. Unklar ist derzeit die Marktnachfrage der gewonnen Phosphorprodukte.

## 6 Klärschlammverwertung in Deutschland

Bei der Verwertung der Klärschlämme in der Landwirtschaft werden nicht nur die enthaltenen Düngeanteile sondern auch die organischen und anorganischen Schadstoffe vollständig auf Bodenflächen ausgebracht. Die thermische Entsorgung stellt die Alternative zur stofflichen Verwertung in der Landwirtschaft dar. Bei den zur Verfügung stehenden Verfahren bestehen große Unterschiede bezüglich der Qualität der Abgasreinigung, der Ausnützung der thermischen Energie und der Entsorgung der Verbrennungsrückstände.

Da der Klärschlamm einen nicht brennbaren, mineralischen Anteil von 40-50% besitzt, kommt dessen Entsorgung eine recht große Bedeutung zu.

In Deutschland wurden 2016 1,77 Mio. t TM (Trockenmasse) Klärschlamm entsorgt. Rund zwei Drittel dieser Menge werden derzeit in Form der Mit- bzw. Monoverbrennung thermisch behandelt. 24% des Klärschlammaufkommens wird direkt landwirtschaftlich genutzt.

2016 lag die Kapazität der Monoverbrennungsanlagen bei 460.500 t TM, die Kapazität bei allen mitverbrennenden Anlagen lag bei 568.500 t TM.

Mitverbrennungsanlagen sind Steinkohlekraftwerke, Braunkohlekraftwerke, Müllverbrennungsanlagen und Zementwerke.

### 6.1 Verwertungswege

#### 6.1.1 Kohlekraftwerke

Die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken ist derzeit eine gängige Alternative für die Entsorgung von Klärschlamm. Derzeit werden in Zolling Lkrs. Freising 4000-5000 t entwässertes Klärschlamm mitverbrannt. Ausserhalb Bayerns wird der Klärschlamm in Braunkohlekraftwerken mitverbrannt.

Für längerfristige Planungen ist diese Verwertung aufgrund des beschlossenen Kohleausstiegs nicht gesichert.

#### 6.1.2 Zementwerke

Die Entsorgung von Klärschlamm in Zementwerken ist Stand der Technik und wird bereits in 4 bayerischen Zementwerken durchgeführt. Zementwerke nehmen Klärschlamm in der Regel nur vollgetrocknet an. Nur mechanisch entwässertes Klärschlamm würde den Brennprozess beeinträchtigen. Daher betreiben einige Zementwerke eigene Klärschlamm Trockner. Der Klärschlamm ersetzt hier fossile Brennstoffe und trägt somit zur Verbesserung der CO<sub>2</sub> Bilanz bei. Ausserdem werden die nicht brennbaren anorganischen Bestandteile in die Klinkermatrix eingebunden und somit komplett stofflich verwertet.

Nachteilig ist ein hoher Phosphorgehalt, der sich mindernd auf die Qualität des Klinkers auswirkt. Der Phosphor geht zudem der Düngeverwertung verloren.

Um die Zementqualität sicherzustellen, ist die verbrennbare Menge an Klärschlamm auf 5% der Klinkermenge beschränkt.

### 6.1.3 Monoverbrennungsanlagen in Deutschland

In Deutschland sind im vergangenen Jahr rund 1,3 Mio Tonnen Klärschlamm thermisch verwertet worden. Das hat das Statistische Bundesamt (Destatis) mitgeteilt. Im Vergleich zum Vorjahr ist die verbrannte Klärschlammmenge um rund 100.000 Tonnen, beziehungsweise neun Prozent gestiegen. Der Anteil der Thermik an den Entsorgungswegen im Klärschlambereich stieg im Jahresverlauf um rund vier Prozentpunkte auf 74 Prozent. Die stoffliche Verwertung von kommunalem Klärschlamm in der Landwirtschaft oder beim Landschaftsbau hat sich im selben Zeitraum um rund 80.000 Tonnen verringert. Dabei sank der Anteil der in der Landwirtschaft als organischer Dünger ausgebrachten Menge auf 16 Prozent des Klärschlammes. Im Jahr zuvor sind noch etwa 18 Prozent des kommunalen Klärschlammes auf die Äcker gegangen.

Für landschaftsbauliche Maßnahmen seien etwa sieben Prozent des Klärschlammes verwendet worden. 2017 lag der Anteil noch bei zehn Prozent. In die sonstige stoffliche Verwertung gingen im vergangenen Jahr wie im Vorjahr zwei Prozent des Klärschlammes. *(Quelle: [www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/13-mio-tonnen-klärschlamm-2018-in-deutschland-verbrannt.html](http://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/13-mio-tonnen-klärschlamm-2018-in-deutschland-verbrannt.html))*

Nach Angaben des Bremer Beratungsunternehmens Trendresearch gibt es in Deutschland zurzeit 23 Monoverbrennungsanlagen zur Klärschlammverwertung mit einer Gesamtkapazität von rund 620.000 Tonnen Trockensubstanz (TS). Weiterhin gebe es Planungen für 33 Neubauprojekte mit einer Gesamtkapazität von über 1,0 Mio Tonnen TS. Die meisten dieser Kapazitäten würden in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Bayern geplant, wobei sich der überwiegende Teil noch in der Planungs- und Genehmigungsphase befinde. Neben den 33 „offiziellen“ Neubauprojekten sei im Markt von fünf weiteren potenziellen Projekten die Rede.

Diese vielen Neubauprojekte lassen laut Trendresearch die Angst vor einem Schweinezyklus aufkommen, zumal das kommunale Klärschlammaufkommen in den kommenden Jahren weiterhin leicht sinken werde von aktuell 1,77 Mio Tonnen TS auf voraussichtlich 1,71 Mio Tonnen in 2030. Wie in der Mitte des vorigen Jahrzehnts im Bereich der Ersatzbrennstoffkraftwerke, als Mengen plötzlich stark zurückgingen und Projekte nicht mehr rechtzeitig aufgehalten werden konnten, könnte es dann auch auf dem Klärschlammmarkt zu fallenden Preisen und unausgelasteten Anlagen kommen, warnen die Bremer Forscher. *(Quelle: [www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/massiver-zubau-von-klärschlamm-monoverbrennungsanlagen-prognostiziert.html](http://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/massiver-zubau-von-klärschlamm-monoverbrennungsanlagen-prognostiziert.html))*

## 7 Klärschlamm Monoverbrennungsanlage beim Zweckverband „Klärwerk Steinhäule“, Neu-Ulm

Im Jahr 1984 haben sich die Städte Ulm, Neu-Ulm, Senden und die Gemeinden Blautal und Weihungstal zum Zweckverband „Klärwerk Steinhäule“ zusammengeschlossen. Dort werden die Abwassermengen von 440.000 Einwohnerwerten (EW) gereinigt und getrocknet. Es entstehen ca. 10.000 t Trockensubstanz (TS) Schlamm. In **zwei** Wirbelschichtverbrennungsöfen werden jährlich 23.000 t TS Schlamm verbrannt. Mittlerweile sind dem Zweckverband 31 Städte, Gemeinden und Kommunalunternehmen angeschlossen. 55 Mitarbeiter stellen den Prozessablauf rund um die Uhr sicher.

### 7.1 Rauchgasreinigung

Um die enorme Anzahl an kritischen Schadstoffen in der Verbrennungsluft zu reinigen, verfügt die Anlage Steinhäule über folgende Rauchgasreinigungskomponenten:

**Entstickungsanlage** zur NO<sub>x</sub> Minderung



**Staubabscheidung – Elektrofilter**

**2-stufiger Nasswäscher** zur Reduzierung von Staub, HCl, HF, SO<sub>2</sub> und Schwermetallen  
**Gewebefilter**

**8 Klärwerk Gut Großlappen – Münchener Stadtentwässerung**

1998 ging die Klärschlammverbrennungsanlage der Münchener Stadtentwässerung auf dem Gelände des Klärwerks Gut Großlappen in Betrieb. Im Klärwerk Großlappen und Gut Marienhof werden Abwässer von 2 Mio. EW aus dem Stadtbereich und 22 umliegenden Gemeinden gereinigt und in der Monoverbrennungsanlage thermisch verwertet. Auch hier arbeiten 2 Wirbelschichtverbrennerlinien, die 22.000 t TS Klärschlamm verbrennen und über folgende Rauchgasreinigungskomponenten führen:

**Elektrofilter** – es entstehen 15.000 t/a mineralische Asche

**Gewebefilter** – 450 t/a stark schadstoffhaltiges Gemisch, das einer Untertagedeponie zugeführt wird

**2-stufiger Nasswäscher** – produziert 1000 t/a Gips, das in der Baustoffindustrie weiterverwendet wird

**Nasselektrofilter** – restliche Schadstoffe und Wasser werden entfernt

**Die Münchener Stadtentwässerung gibt an, die Hälfte der Investitionskosten von 70 Mio. Euro für die Rauchgasreinigung aufgewendet zu haben.**

**9 Übersicht über die Rauchgasreinigungskomponenten von weiteren Monoverbrennungsanlagen**

Berlin	Feuerung und Kessel	Aktivkohlezugabe	E-Filter	SO <sub>2</sub> -Wäscher, Kalk	Kamin			
Bitterfeld Wolfen	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	Adsorbenszugabe	Gewebe-filter	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	Kamin	
Dordrecht	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	HOK-Festbettfilter	Gewebe-filter	Kamin	
Hamburg	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO <sub>2</sub> -Wäscher, Kalk	Adsorbenszugabe	Gewebe-filter	Kamin	
Kopenhagen	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	Zugabe von Ca(OH) <sub>2</sub> +HOK	Gewebe-filter	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	Kamin	
Mainz (geplant)	Feuerung und Kessel	E-Filter	Zugabe von Ca(OH) <sub>2</sub> +HOK	Gewebe-filter	Kamin			
Moerdijk	Feuerung und Kessel	E-Filter	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	Adsorbenszugabe	Gewebe-filter	Kamin		
Stuttgart, Linie 3	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	HOK-Zugabe	E-Filter	HCl-Wäscher	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	Kamin
Wuppertal	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO <sub>2</sub> -Wäscher, NaOH	Adsorbenszugabe	Gewebe-filter	Kamin	

Quelle: Abgasreinigung für Monoklärschlammverbrennungsanlagen, M.Gutjahr, K. Niemann

**Im Vergleich dazu geplante Komponenten in Breitenhart:**



(kein Elektrofilter – keine Nasswäscher!)

## 10 Geplante Anlage in Breitenhart

### 10.1 Rauchgasreinigung

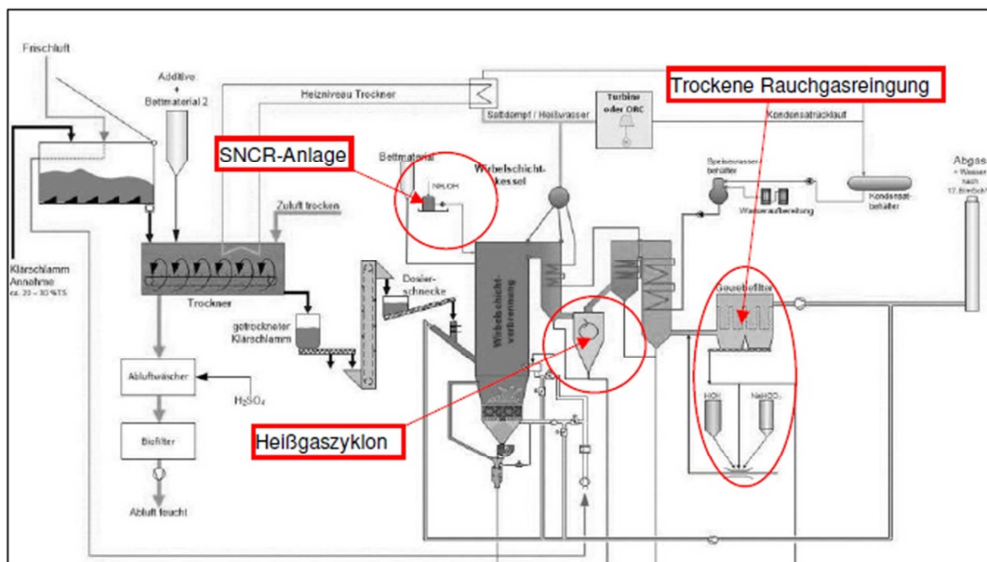


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Anlagen zur Emissionsminderung

Quelle: Immissionstechnisches Gutachten IFB Eigenschenk GmbH zur Errichtung einer Monoklärschlammverbrennungsanlage Fa. Zirngibl Verwertungs GmbH & Co. KG

Die Zirngibl Verwertungs GmbH plant die Errichtung und den Betrieb einer Mono-Klärschlammverbrennungsanlage mit kombinierter Klärschlamm-trocknung. Laut den Planungsunterlagen ist beabsichtigt eine Menge von ca. 26.000 t TS Klärschlamm jährlich zu verbrennen.

Im Vergleich: Großlappen – 22.000 t TS Klärschlamm pro Jahr  
Neu-Ulm – 23.000 t/a TS Klärschlamm

Die beiden oben beschriebenen Anlagen in Neu-Ulm und Großlappen verdeutlichen, welcher hoher Aufwand bei der Rauchgasreinigung betrieben worden ist. Sogar Prof. Quicker, von Zirngibl beauftragter Referent bei einer Infoveranstaltung in Mallersdorf, schreibt in seinem Dossier von 2018:

„Aufgrund des hohen Ascheanteils von Klärschlämmen sowie der Notwendigkeit von sekundären Rauchgasreinigungsprozessen, verbleiben bei der thermischen Monoklärschlammbehandlung nicht unerhebliche Mengen fester (und bei Einsatz nasser Rauchgasreinigungsverfahren flüssiger) Reststoffe.“

Weiterhin wird ein essenzieller Aspekt angeführt:

„Der hohe Aschegehalt von Klärschlamm hat insbesondere im Zusammenspiel mit einer Wirbelschichtfeuerung eine hohe Staubbelastung des Rohgases zur Folge. Aus diesem



**Grund kommt üblicherweise in Monoverbrennungsanlagen als erste Reinigungsstufe hinter dem Kessel ein Staubabscheider zum Einsatz. In der Regel werden Elektroabscheider verwendet, da diese gegenüber filternden Verfahren bei vergleichsweise kompakten Baugrößen große Staubfrachten robust abscheiden. Über diese erste Stufe wird die Staubfracht signifikant reduziert und nachfolgende Apparate bzw. Verfahrensstufen werden geschützt.“**

*(Quelle: Peter Quicker, Matthias Schnell, Thomas Horst – Thermische Verwertung von Klärschlämmen.)*

#### **Unsere Bedenken:**

Bei der Anlage in Breitenhart sind lediglich **ein Zyklon und ein Gewebefilter** zur Rauchgasreinigung geplant. Bei einer jährlichen Klärschlammmenge von 26.000 t TS sind starke Zweifel an der Prozesssicherheit der Rauchgasreinigung angebracht. Das Planungsunternehmen TBU Stubenvoll besitzt keine Referenzen für Monoklärschlammverbrennungsanlagen, bis jetzt wurden nur Mischanlagen konzeptioniert. Durch die viel höheren Aschemengen sind höhere Anforderungen an die Rauchgasreinigung erforderlich.

### 10.2 Transportwege

Firma Zirngibl wirbt mit dem Argument, ein dezentraler Dienstleister zur regionalen Klärschlammverwertung mit kurzen Transportwegen zu sein. Es wird behauptet, die Klärschlämme lediglich aus einem 30km Radius heranzuschaffen. Im Radius von 30km um Breitenhart befinden sich 77 Gemeinden und die 5 Städte Straubing, Kelheim, Regensburg, Dingolfing und Landshut mit einer Gesamteinwohnerzahl von 641.000. Das entsprechende Klärschlammaufkommen dieser Einwohnerzahl beträgt ca. 14.000 t TS pro Jahr. Einer Verbrennung von 26.000 t/a TS Klärschlamm stehen ca. 10.000 t/a anfallende Klärschlammmasche gegenüber. Es gibt keine Phosphorrückgewinnungsanlage in der näheren Umgebung. Zirngibl wirbt allerdings mit dem Argument des Phosphorrecyclings, läßt aber offen, wo und wie die Rückgewinnung erfolgen soll.

#### **Unsere Bedenken:**

Erhöhtes Verkehrsaufkommen durch Zulieferung von 34.000 t/a Nassschlamm, 7.800 t/a Trockenschlamm und Abtransport von 10.000 t/a Asche.

### 10.3 Prozesssicherheit bei Störungen

Eine Anlage dieser Größenordnung, die sich praktisch non-stop in Betrieb befindet, erfordert eine personelle Überwachung im 3-Schicht-Betrieb, wie das bereits kleinere Anlagen bewerkstelligen, mit adäquat ausgebildeten Fachkräften. Vergleichbare Verbrennungsanlagen zeigen ausserdem, dass Störfälle in recht großer Häufigkeit auftreten, besonders bei einem so inhomogenen Brennstoff wie Klärschlamm.

Verweis KVA Zürich:

Betriebsstunden 2016: 7388 h; ungeplante Betriebsunterbrüche durch Störungen: 244 h.

Sieben Heizwerkführer arbeiten in Zürich im 3-Schicht-Betrieb.

#### **Unsere Bedenken:**

Ein Ausfall von Rauchgasreinigungskomponenten, besonders bei der im Vergleich zu anderen Verbrennungsanlagen dürftigen Konzeption in Breitenhart, könnte schwerwiegende Folgen auf den Schadstoffausstoß haben.

## 11 Unsere Bedenken

Die geplante Verbrennungsanlage in Straubing mit einer geplanten **Klärschlammmenge** von ca. 40.000 t/a TS deckt einen überwiegenden Teil der anfallenden Klärschlammmenge Bayerns ab. Das Klärschlammaufkommen wird sich erwartungsgemäß nicht schlagartig erhöhen. Das Bremer Beratungsunternehmen Trendresearch rechnet sogar damit, dass sich bundesweit das Aufkommen bis 2030 um 600.000 t/a TS verringert. Bei sinnvoller Standortplanung (städtische Großräume) können Transportwege in überschaubarem Maße gering gehalten werden. Eine große Anlage in Breitenhart, nur 40km von Straubing entfernt, macht verkehrsstrategisch keinen Sinn.

Die geplante **Rauchgasreinigung** in Breitenhart soll von einer Firma gebaut werden, die auf dem Gebiet Monoklärschlammverbrennung keine Referenzen vorweisen kann. Die Anlage kann somit als Pilotanlage bewertet werden. Der Umstand, dass Elektrofilter und Naßwäschereinigungen komplett außen vor gelassen werden, wirft erhebliche Zweifel an der Zuverlässigkeit der Anlage auf. Bis dato existieren in der BRD 23 Monoverbrennungsanlagen für Klärschlamm, die alle mit Naßwäschern und Elektrofiltern betrieben werden. Warum nicht auch in Breitenhart?

Der Umstand, dass ein **privater Unternehmer** eine Verbrennungsanlage mit 26.000 t schadstoffbelasteten Brennmaterial betreiben soll, bei dem die Prozesssicherheit nicht 100%ig gewährleistet ist, trägt massiv zur Beunruhigung bei. Keine umliegende Feuerwehr ist zur Bekämpfung von Störfällen in dieser Größenordnung ausgerüstet und geschult.

Sensible **Betriebszustände** wie das An- und Abfahren des Verbrennungsprozesses oder Störungen, bei denen erwartungsgemäß hohe Schadstoffausträge stattfinden können, müssen zuverlässig von professionellem Personal begleitet werden. Die Verordnung zur Luftreinhaltung 17.BimSchV läßt bei vielen Schadstoffwerten Spielraum zu. Eine große Anzahl an Schadstoffen müssen nur diskontinuierlich gemessen werden, können also bei erhöhtem Austrag nicht einmal erkannt werden.

Die **Feinstaubdebatte** rückt in der öffentlichen Wahrnehmung zunehmend in den Vordergrund. Diskussionen um Verbote zum Silvesterfeuerwerk werden zurecht geführt. Ein ausserordentlich hohes Ascheaufkommen bei der Klärschlammverbrennung in Größenordnungen von vielen tausend Tonnen erzeugen eine Feinstaubemission in hohem Maße. Selbst bei theoretischen Abscheidegraden über 99% verbleiben Emissionen in nicht unerheblichem Ausmaß und dies an 365 Tagen im Jahr. Viele Schadstoffe haben die Eigenschaft, sich an Staubpartikel zu binden und werden sich erwartungsgemäß in die Umwelt verteilen.

Das immissionstechnische Gutachten von Breitenhart gibt zwar einen Ausstoß von Feinstaub unterhalb der Toleranzgrenze an, allerdings ergäbe dieser Wert eine absolute Ausstoßmasse von ca. **6,3 Tonnen Feinstaub pro Jahr**.

Eine ungünstige **Standortlage** wie in Breitenhart mit dem anliegenden Bachlertal wird die Belastung über dieser Talsenke und darüberhinaus extrem verschärfen. Speziell bei Inversionswetterlagen, wie sie häufig in den Wintermonaten auftreten, fände eine Verbreitung in der Atmosphäre kaum statt. Erschwerend besteht bereits eine Belastung durch Emissionen aus anliegenden Schweinemastbetrieben.

Wir sind nicht gewillt diese Belastungen als „Versuchskaninchen“ für eine völlig unausgereifte und bisher in dieser Form nicht erprobte Anlage hinzunehmen.

## 12 Zuständigkeit der Klärschlammverwertung gemäß Bayerisches Landesamt für Umwelt

Dieser Punkt soll ergänzend hier eingebracht werden, da die Zuständigkeiten wohl klar geregelt scheinen, eine Gutheißung der geplanten privaten Verbrennungsanlage in Breitenhart seitens des Landesamtes allerdings in krassem Gegensatz dazu steht.

Die „Planungshilfe für Kommunen“ des Merkblattes „Klärschlamm Entsorgung in Bayern“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt beschreibt im Punkt 10.1 grundsätzliche Überlegungen zur Zuständigkeit der Gemeinden.

Folgender Schriftlaut ist dem Merkblatt zu entnehmen:

„Die Abwasserbeseitigung ist eine der zentralen Aufgaben der Daseinsvorsorge. Sie wird von den Gemeinden als Pflichtaufgabe...nach §56 Satz 1 WHG (2018) i.V.m. Art. 34 Abs. 1 BAYWG (2010) wahrgenommen.“

„Beispielsweise gibt es in Bayern ca. 170 Zweckverbände zur Abwasserbeseitigung,.. In diesen Fällen ist ...zu prüfen, ob die Gemeinde, der Zweckverband oder das gemeinsame Kommunalunternehmen als Betreiber der Kläranlage der für die Zusammenarbeit der Klärschlamm Entsorgung maßgebliche Aufgabenträger ist. In der Folge soll der besseren Übersichtlichkeit halber auf die Gemeinde als Aufgabenträger abgestellt werden.“

„Zur Erfüllung der Aufgabe „Abwasserbeseitigung“ betreiben die Gemeinden Kläranlagen und sind damit die Erzeuger des in ihren Abwasserbehandlungsanlagen anfallenden Klärschlamm. Sie sind mithin Abfallerzeuger im Sinne des §2 Abs. 11 AbfKlärV (2017), denn bei einem im Sinne des §54 Abs.2 Satz 1 WHG (2018) entwässerten Klärschlamm handelt es sich um Abfall im Sinne von §2 Abs. 2 AbfKlärV (2017).“

„Nach der Regelung in § 3 Abs. 1 AbfKlärV (2017), einer Bundesverordnung, hat der Klärschlamm Erzeuger, also die Gemeinde, „den in ihrer Abwasserbehandlungsanlage anfallenden Klärschlamm möglichst hochwertig zu verwerten, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist“.

„Der Klärschlamm Erzeuger, also derjenige, der die Kläranlage betreibt, muss sich damit um die Verwertung des Klärschlamm kümmern. Erst wenn eine bodenbezogene Verwertung, eine Verwertung im Landschaftsbau oder eine energetische Verwertung technisch oder wirtschaftlich nicht mehr in zumutbarer Weise möglich ist, ist der Klärschlamm als Abfall zur Beseitigung den Landkreisen und kreisfreien Städten als den in Bayern für die Entsorgung von für die Abfallbeseitigung verantwortlichen Körperschaften zu überlassen.“

„Die Gemeinden, bei denen der Klärschlamm anfällt, müssen als Abfallerzeuger nach der abfallwirtschaftlichen Zielhierarchie für dessen möglichst hochwertige Verwertung sorgen.“

Zusammenfassung Punkt 10.1:

- Den Gemeinden obliegt bis jetzt die Pflicht der Abwasserbeseitigung.
- Die Gemeinden sind „maßgebliche Aufgabenträger“ der Klärschlamm Entsorgung.
- Die Gemeinden sind mit der Erzeugung von Klärschlamm somit Abfallerzeuger.
- Der Klärschlamm Erzeuger hat den anfallenden Klärschlamm möglichst hochwertig zu verwerten.
- Der Klärschlamm Erzeuger muss sich um die Verwertung des Klärschlamm kümmern.
- Erst wenn der Klärschlamm maßgeblich gut verwertet wurde, ist er den Landkreisen usw. zur Abfallbeseitigung zu überlassen.

Im Punkt 10.2 werden weitere konkrete Aufgaben angewiesen:

„10.2 Aufgabenwahrnehmung in interkommunaler Zusammenarbeit“

„...gehören insbesondere folgende Tätigkeiten zu der in Folge der Abwasserbeseitigung notwendig werdenden Klärschlamm Entsorgung und sind für die interkommunale Zusammenarbeit... geeignet:

- Vorhalten und Bereitstellung mobiler Anlagen zur Vorentwässerung von Klärschlamm and die beteiligten Gemeinden
- Besorgung des Transports des vorentwässerten Klärschlamm von den beteiligten Gemeinden zur Klärschlamm Trocknungsanlage
- Errichtung, Betrieb und Unterhaltung einer Klärschlamm Trocknungsanlage
- Besorgung der ordnungsgemäßen energetischen Verwertung des getrockneten Klärschlamm oder im Falle fehlender Kapazitäten Überlassung an abfallrechtlich entsorgungspflichtige Körperschaften

Weitere Aufgaben der abwasserbeseitigenden Einrichtungen können nach §3AbfKlärV sogar sein:

- möglichst hochwertige Verwertung des anfallenden Klärschlamm
- Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm
- Rückführung des gewonnenen Phosphors oder der phosphorhaltigen Klärschlammverbrennungssasche in den Wirtschaftskreislauf

Insbesondere in Bezug auf letztgenannte Aspekte sind dabei die haushaltsrechtlichen Gebote der Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit zu beachten (vgl. Art. 61 Abs. 2 GO 2019).“

### 13. Fazit

Auf kommunaler Ebene, empfohlen in interkommunaler Zusammenarbeit, soll die gesamte Klärschlammproblematik Bayerns mit einem Aufkommen von derzeit 5,4 Mio t /a nassem, bzw. 270.000 t/a getrocknetem Klärschlamm gelöst werden.

Von der höchstmöglichen Verwertung aller Stoffströme inklusive Trocknung und thermischer Verwertung der Schlämme, Entsorgung der zu deponierenden Reststoffe, der Phosphorrückgewinnung bis hin zur Vermarktung der Phosphorzyklate, die derzeit noch keine marktfähigen Preise erzielen und großtechnisch kaum zu erzeugen sind, unter sparsamen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten, wird alles den Kommunen aufgelastet.

Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung (AbfKlärV 2017) und die Düngemittelverordnung sind zweifelsfrei die richtigen Maßnahmen zur Abkehr von der landwirtschaftlichen Verwertung der Klärschlämme und Initiation zur Forcierung der Phosphorrückgewinnung, aber dies allein reicht nicht, eine Thematik mit diesen Ausmaßen zu bewältigen.

Ein Gesamtkonzept ist dringend zu erstellen, das länderübergreifend die zukünftige Verwertung des anfallenden Klärschlamm regelt und zumutbare Bedingungen für Mensch und Umwelt sicherstellt.

#### 14 Forderungen an die politischen Entscheidungsträger

- Intensive Förderung zur Entwicklung alternativer Verwertungskonzepte (Pyrolyse, Vergasung, metallurgische Schmelzverfahren, hydrothermale Karbonisierung, sowie kombinierte Verfahren)
- Dezentrale Lösungen zur möglichst hochwertigen Verwertung der Klärschlämme auf kommunaler Ebene oder in interkommunaler Zusammenarbeit (Phosphorrückgewinnung bei allen Stoffströmen Abwasser, Klärschlamm, Faulschlamm, Prozesswasser)
- Aktive Beratung aller betroffenen Kommunen. Aufforderung zur Informationspflicht.
- Wenn Verbrennung unbedingt nötig, dann klare Richtlinien zur Logistikkette (Verkehrsminimierung), Verfahrenssicherheit, Luftreinhaltung. Elektrofilter und Nasswäscheranlagen müssen bei Rauchgasreinigung Pflicht sein. EU-Richtlinie „BAT Conclusion“ (Best Available Technique Conclusion) – beste verfügbare Technik MUSS zum Einsatz kommen.
- Verpflichtende Anforderungen an das Betreiberpersonal in Bezug auf Personalbesetzung und Ausbildung. Sensible Verbrennungsanlagen solcher Größenordnungen MÜSSEN von hochqualifiziertem Personal evtl. mit technischem Studium betrieben werden. Eine kontinuierliche Überwachung muss das Einschreiten bei Prozessabweichungen garantieren.
- Standorte mit hohen Einwohnerwerten bevorzugen (Beispiel: Großlappen; Verbrennungsanlage auf dem Gelände des Klärwerks, geringes Verkehrsaufkommen nur aus umliegenden Gemeinden, Klärschlamm aus dem Gut Marienhof wird sogar über eine Pumpleitung der Trocknungs- und Verbrennungsanlage zugeführt.)
- Klare Konzepte zur möglichst hochwertigen Verwertung der Verbrennungaschen. (Aschetransport von Bayern zum Phosphorrecycling nach Hamburg erscheint sinnfrei)
- Keine Genehmigungen von Verbrennungsanlagen ohne Phosphorrecycling oder in Gebieten wo keine Phosphorrecyclinganlagen vorhanden oder geplant sind.
- Überarbeitung/Anpassung der 17. BimSchV in Bezug auf Klärschlammverbrennung
- Verpflichtung zum Betrieb von Luftmessstellen im Gebiet einer Verbrennungsanlage
- Aktive Aufklärung und Miteinbeziehung der Bevölkerung. Lösungsansätze gemeinsam erarbeiten
- Verfolgung der selbstgesteckten Ziele im Merkblatt „Klärschlamm Entsorgung in der BRD“, 2018 ([www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2018\\_10\\_08\\_ub\\_a\\_fb\\_klaerschamm\\_bf\\_low.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2018_10_08_ub_a_fb_klaerschamm_bf_low.pdf))  
siehe Merkblatt Anhang
- **Es ist dringend erforderlich ein Gesamtkonzept auf Landes- und Bundesebene zu erstellen, wie die Verwertung zukünftig in geordnetem Maß mit Sinn und Ziel verträglich für Menschen, Umwelt und Kommunen erfolgen kann.**



## 15 Anhang

### Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung sowie zur Berücksichtigung darüber hinausgehender zukünftiger Entwicklungen sind nach Ansicht des UBA folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ Die Schadstoffgrenzwerte in Klärschlamm- (AbfKlärV) und Düngemittelverordnung (DüMV) sollten bis zu einem vollständigen Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung weiterhin fortgeschrieben werden. Darüber hinaus gilt es zu überprüfen, ob aus Sicht des vorsorgenden Boden- und Gesundheitsschutzes bislang nicht erfasste Schadstoffe (z. B. Medikamentenrückstände) mittelfristig durch Grenzwerte geregelt werden müssen.
- ▶ Umsetzung einer wirksamen Ausschleusung von Schadstoffen aus dem Klärschlamm wie z. B. über die Abkopplung von Einleitern mit hohen Gesundheitsrisiken wie Krankenhäusern vom kommunalen Abwassersystem.
- ▶ Die hygienischen Anforderungen an Klärschlamm, der noch auf landwirtschaftlichen Flächen oder bei landschaftsbaulichen Maßnahmen verwertet werden darf, sollten weiterhin überprüft und erforderlichenfalls angepasst werden. Hierbei könnte ein nicht auszuschließendes Risiko einer Ausbreitung von Krankheitserregern und Antibiotikaresistenzen durch eine weitergehende Klärschlammbehandlung (Hygienisierungsmaßnahmen) minimiert werden.
- ▶ Bei der Abwasserbehandlung sollte weitestgehend eine Umstellung auf Verfahren, die eine Phosphorrückgewinnung unterstützen, erfolgen (z. B. Umstellung auf eine biologische Phosphorelimination und Reduzierung der Eisen-Fällung, da schlechte Nährstoffverfügbarkeit des Recyclats).
- ▶ Die (Mono)Verbrennungskapazitäten sollten weiterhin sinnvoll ausgebaut werden. Dabei sollten Konzepte entwickelt werden, die sowohl die Phosphorrückgewinnung als auch Aspekte der Energieeffizienz (Infrastruktur, Transportwege, Abwärmenutzung u.Ä.) berücksichtigen.
- ▶ Eine Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kohlekraft- und Zementwerken sowie in Abfallverbrennungsanlagen sollte, wenn zuvor der Phosphorgehalt ausreichend abgereichert werden konnte oder für phosphorarme Klärschlämme, weiterhin genutzt und der Entwicklung künftig verfügbarer Kapazitäten angepasst werden.
- ▶ Die neuen Anforderungen verursachen zumeist vermehrte Aufwendungen für Entwässerung, Trocknung und Transport des Klärschlammes. Daher sollten energetisch effektive und kostengünstige Konzepte zur Klärschlamm-trocknung (z. B. Trocknung am Standort der Verbrennungsanlage, zum Beispiel mittels Abwärmenutzung) bevorzugt realisiert werden.
- ▶ Die (Weiter)Entwicklung und insbesondere die großtechnische Umsetzung von aussichtsreichen Phosphorrückgewinnungsverfahren sollte weiterhin, z. B. durch finanzielle Unterstützung aus Förderprogrammen, unterstützt werden.
- ▶ Bei der Entwicklung von Phosphorrückgewinnungsverfahren mit dem Ziel der direkten Nutzung des Recyclats als Düngemittel, sollte auf eine ausreichende Nährstoffverfügbarkeit (Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors) sowie Schadstoffreduzierung hingewirkt werden.
- ▶ Den neuartigen Düngemitteln aus oder mit zurückgewonnenem Phosphor muss bei guter Qualität der Zugang zum Markt erleichtert werden (z. B. Ende der Abfalleigenschaften).
- ▶ Die rechtlichen Anforderungen sollten sukzessive fortgeschrieben werden, um einen hohen Anteil an rückgewonnenem Phosphor aus relevanten Stoffströmen zu sichern und langfristig einen vollständigen Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung zu ermöglichen.

Nur durch das Zusammenwirken der genannten Maßnahmen lässt sich das Ziel einer umweltverträglichen Entsorgung von Klärschlamm gewährleisten und eine unabhängige und ressourcenschonende Phosphorrückgewinnung und -verwendung verwirklichen.

Anlage: Umweltbundesamt – Klärschlamm Entsorgung in der BRD; Oktober 2018;  
Zusammenfassung und Empfehlung S.71

## 16 Literaturverzeichnis:

Umweltbundesamt:

Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland; Oktober 2018

[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2018\\_10\\_08\\_uba\\_fb\\_klaerschlam\\_bf\\_low.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/2018_10_08_uba_fb_klaerschlam_bf_low.pdf)

Bayerisches Landesamt für Umwelt:

[www.lfu.bayern.de/abfall/klaerschlam/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/abfall/klaerschlam/index.htm)

Neue Entsorgungswege für den bayerischen Klärschlamm – Technische Möglichkeiten und Erfahrungsberichte; Fachtagung am 11. Juli 2006

Bayerisches Landesamt für Umwelt:

[www.lfu.bayern.de/abfall/klaerschlam/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/abfall/klaerschlam/index.htm)

Klärschlamm Entsorgung in Bayern – Planungshilfe für Kommunen; April 2019

Remondis Medison GmbH, 44536 Lünen:

Online Magazin „Abfallmanager-Medizin“

[www.abfallmanager-medizin.de/recht/klaerschlamverordnung-abfklav-verordnung-ueber-die-verwertung-von-klaerschlam-klaerschlamgemisch-und-klaerschlamkompost/](http://www.abfallmanager-medizin.de/recht/klaerschlamverordnung-abfklav-verordnung-ueber-die-verwertung-von-klaerschlam-klaerschlamgemisch-und-klaerschlamkompost/)

Deutsche Phosphor Plattform:

<https://www.deutsche-phosphor-plattform.de/resuemee-klaerschlamverordnung/>

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz:

Neuausrichtung der Klärschlamm Entsorgung

[www.stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/klaerschlam/neuausrichtung/index.htm](http://www.stmuv.bayern.de/themen/abfallwirtschaft/klaerschlam/neuausrichtung/index.htm)

Euwid-Recycling:

[www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/13-mio-tonnen-klaerschlam-2018-in-deutschland-verbrannt.html](http://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/einzelansicht/Artikel/13-mio-tonnen-klaerschlam-2018-in-deutschland-verbrannt.html)

ZVK – Zweckverband Klärwerk Steinhäule - [www.zvk-s.de](http://www.zvk-s.de)

Hamburger Phosphorrecyclinggesellschaft mbH

[www.phosphorrecycling-hh.de](http://www.phosphorrecycling-hh.de)

Münchener Stadtentwässerung:

Klärwerk Gut Großlappen – Infobroschüre

Stadt Zürich:

Zentrale Klärschlammverwertung Werthölzli Jahresbericht 2016

Matthias Schnell, Thomas Horst, Peter Quicker:

Thermische Verwertung von Klärschlamm- Überblick und Einordnung bestehender Verfahren; 2018

IFB Eigenschenk GmbH

Immissionstechnisches Gutachten zur Errichtung einer Monoklärschlammverbrennungsanlage Fa. Zirngibl Verwertungs GmbH & Co. KG

EU Richtlinie BAT Conclusion (Best Available Technique Conclusion)