

Dr.-Ing. Udo Pauly; Felix Steinmetz

# Flexibel und sicher verwerten mit Klärschlammvererdung

30 Jahre Betriebserfahrung belegen die Leistungsfähigkeit der Klärschlammvererdung und zeigen auf, wieso sie ein echtes Zukunftskonzept ist.



Bild 1 Natürliche und umweltfreundliche Klärschlammvererdung in Vererdungsbeeten

Quelle: Eko-Plant

Kläranlagenbetreiber stellen sich die Frage: Was ist zukunftsichere Klärschlammverwertung? Die zentralen Triebfedern hierfür: die Novellierungen der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und der Düngeverordnung (DüV), die zu Entsorgungsengpässen, Unsicherheit und gestiegenen Kosten bei der Verwertung führen.

Nachfrage und Angebot bestimmen den Preis. Eine Entspannung am Markt ist erst zu erwarten, wenn flächendeckend Monoverbrennungsanlagen gebaut und eingelagerte Mengen verbrannt sind. Viele Jahre werden noch vergehen.

Gefragt sind jetzt Lösungen, die Flexibilität bei der Verwertung oder Entsorgung bie-

ten und die in Zukunft für bestimmte Klärschlämme zur Pflicht werdende Phosphorrückgewinnung effizient und wirtschaftlich ermöglichen. Lagermöglichkeiten, die Reduzierung der Verwertungsmenge oder auch der Erhalt bodenbezogener Verwertung sind zu berücksichtigen, um sicher planen und Abwassergebühren im Rahmen halten zu können.

Bodenbezogene Verwertung zu erhalten lohnt sich dabei aufgrund der oft höheren Kosten bei thermischer Entsorgung. Der Erhalt lohnt sich aber auch, um das Ziel der Novelle der AbfKlärV - nachhaltiger Umgang mit der Ressource Phosphor - weiterhin direkt zu praktizieren (Betreiber von

Kläranlagen  $\leq 50.000$  EW können zur Erfüllung der Berichtspflichten im Jahr 2023 bodenbezogene Verwertung als Phosphorrückgewinnung benennen /1/). Dieses Ziel zeigt dabei ebenso wie aktuelle Entwicklungen rund um Klimawandel, Umweltschutz oder dem Phänomen „Greta“ auf, dass die Berücksichtigung ökologischer Vorteile bei der Auswahl zukunftsicherer Investitionen wichtiger denn je ist.

## Klärschlammvererdung – eine zukunftsichere Investition

Klärschlammvererdung bietet viele gute Antworten auf diese aktuellen und kom-

menden Herausforderungen. Sie stellt sich als echtes Zukunftskonzept dar, unabhängig davon, ob die Zukunft bodenbezogene Verwertung ermöglicht oder Entsorgung mit Phosphorrückgewinnung erfordert. Sie schafft Lagerkapazitäten, reduziert Verwertungsmengen, ermöglicht flexible und lang planbare Verwertungen oder Entsorgungen zu besten Konditionen, reduziert Betriebskosten und bietet eine Reihe ökologischer Vorteile. Auch die rheinland-pfälzische Umweltministerin Ulrike Höfken kennt die Vorteile der Vererdung und sagte im Jahr 2015: „Diese Methode der Klärschlammbehandlung kommt ohne chemische Hilfsmittel aus und ist gerade für den ländlichen Raum eine wirtschaftliche, umweltfreundliche und nachhaltige Lösung“ /2/.

Klärschlammvererdung bezeichnet dabei ein Verfahren der natürlichen Klärschlamm-entwässerung in mit Schilf bepflanzten Beeten (Bild 1). Durch Schwerkraft, Transpiration des Schilfs und durch die Kraft von Sonne und Wind wird Klärschlamm bis zur Füllung der Beete – etwa 8 bis 12 Jahre lang – entwässert und getrocknet. Mikroorganismen mineralisieren zeitgleich den Klärschlamm und am Ende resultiert ein Material mit kompostähnlichen Eigenschaften, das als Klärschlamm-erde bezeichnet, mit Baggern geräumt und, je nach Qualität, verwertet oder entsorgt wird. Nach der Räumung regeneriert sich das Schilf von alleine und ein neuer Vererdungszyklus beginnt.

### Anerkannte Ökotechnik, die sich verbreitet

Erste Anlagen entstanden Ende der 1980er. Heute ist das ökotechnische Verfahren ausgereift und findet zunehmende Verbreitung.

In Deutschland ist die Eko-Plant\* GmbH Marktführer. Bereits 1986 mit einem Forschungsprojekt begonnen, stellte das Unternehmen 1991 die erste großtechnische Vererdungsanlage auf Norderney fertig und verfügt so inzwischen über mehr als 30 Jahre Betriebserfahrung. Aktuell zählt Eko-Plant mehr als 90 errichtete Anlagen im In- und Ausland bei Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 1,7 Mio. EW, in Baugrößen für 500 bis 90.000 EW.

72 Mitarbeiter realisieren derzeit in eng

zusammen arbeitenden Fachabteilungen die Planung, den Bau und das betriebsbegleitende Engineering von Klärschlammvererdungsanlagen, wie auch von Naturerlebnisbädern. Auch die Räumung und Verwertung von Klärschlamm-erde wird organisiert. Das Unternehmen bietet damit aus einer Hand alle erforderlichen Leistungen für die Behandlung, Entwässerung, Lagerung und Verwertung von Klärschlamm und nennt das „Das Eko-Plant-Prinzip“.

Eko-Plant ist Teil einer Unternehmensgruppe, die sich im Bereich Eco-Engineering einen Namen gemacht hat: The Pauly Group. Hierzu gehören seit 1991 das auf biologische und physikalische Parameter, z. B. zur Qualitätsbestimmung von Komposten, spezialisierte Labor Planco-Tec, seit 1997 das Humus- und Erden- Kontor für die Entwicklung, Produktion und Vermarktung von regionalen Qualitätserden und Düngern auf Kompostbasis mit der Zielsetzung Torf, durch Kompost zu ersetzen sowie CO<sub>2</sub> einzusparen, und die INFU (Ingenieurgesellschaft für Umweltplanung). Hier arbeiten Ingenieure an Forschungsprojekten und begleiten verschiedene ökotechnologische Projekte.

### Geringer Betriebsaufwand – hohe Lagerkapazitäten

Vererdung spart gegenüber maschineller Entwässerung nicht nur rund 90 % der Primärenergie ein /3/, die Betriebskosten insgesamt sind äußerst niedrig /4/. Personalaufwand entsteht nur eingeschränkt und Zuschlagstoffe, wie Polymere und Kalk, werden in der Regel nicht benötigt. Die zusätzlich geringen Sanierungs- und Reparaturkosten, wie auch eine geringe Störanfälligkeit, tragen zu äußerster Betriebssicherheit und Kostenstabilität bei. Vererdungsanlagen werden so über mehrere Jahrzehnte nachhaltig betrieben, wie Anlagen auf Norderney (28 Jahre), in Emden (23 Jahre) oder Helsa (20 Jahre) belegen. Je nach Bemessung wird Schlamm dabei in den ersten 8 bis 12 Jahren eingelagert ohne dass eine Räumung notwendig wird. Betreiber gewinnen somit viel Zeit, um auf Basis guter Planung und kompetenter Organisation die Räumung und bodenbezogene Verwertung oder die Entsorgung durch Verbrennung der Klärschlamm-erde anzugehen. Phasen eines brodelnden Spotmarkts können so auch einmal ausgesessen werden.

### Geringe Restmengen – hohe Wirtschaftlichkeit

In Vererdungsanlagen wird im Vergleich zu maschineller Entwässerung nicht nur entwässert, sondern auch organische Masse abgebaut. Vererdung von aerob oder anaerob stabilisiertem Klärschlamm führt so zu einer Reduktion der Restmenge wie sie maschinelle Entwässerung nicht erzielen kann: Sie ist durch diese Kombination von Masseabbau und Entwässerung um bis zu 50 % geringer (bis zu 35 % TR werden erreicht). Die Volumenreduktion beträgt dabei üblicherweise mehr als 90 % und bis zu 98 %.

Maschinelle Entwässerung erzielt solche Ergebnisse nur in Kombination mit technischer Trocknung, bei sehr viel höheren Betriebskosten. Gleichzeitig bleibt bei Trocknung nach maschineller Entwässerung immer mehr übrig als bei Trocknung nach Vererdung. Denn nur bei Vererdung wurde organische Masse abgebaut.

Im Durchschnitt wird in den Anlagen eine Restmenge erzielt, die eine maschinelle Entwässerung nur erreichen würde, wenn diese auf einen TR-Gehalt von 40 % entwässern könnte. Im Unternehmen berechnet man dieses „Entwässerungsäquivalent“, um einen Vergleich zur maschinellen Entwässerung ziehen zu können (Bild 2).

Um die Restmengen noch weiter zu reduzieren und die Flexibilität in der Verwertung zu erhöhen, werden Vererdungsanlagen dabei vermehrt mit Nachlagerflächen kombiniert.

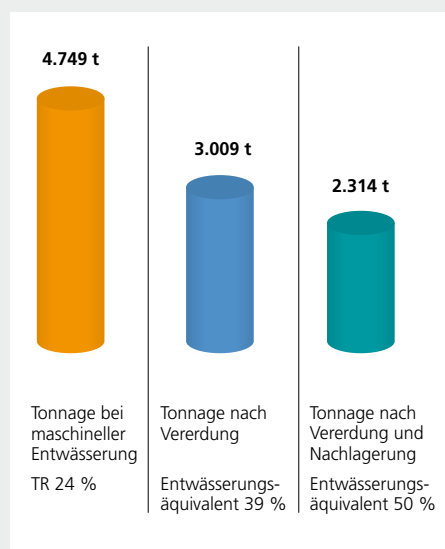


Bild 2 Vergleich der bei Verwertung anfallenden Restmengen. Klärschlammvererdungsanlage Nr. 40 (2018)

Quelle: Eko-Plant

\* Unternehmen mit eingetragenen Marken und Patenten

### Mittlere Jahreskosten der Klärschlammbehandlung in Abhängigkeit von den Verwertungskosten, Behandlungskapazität 400 t TS/a

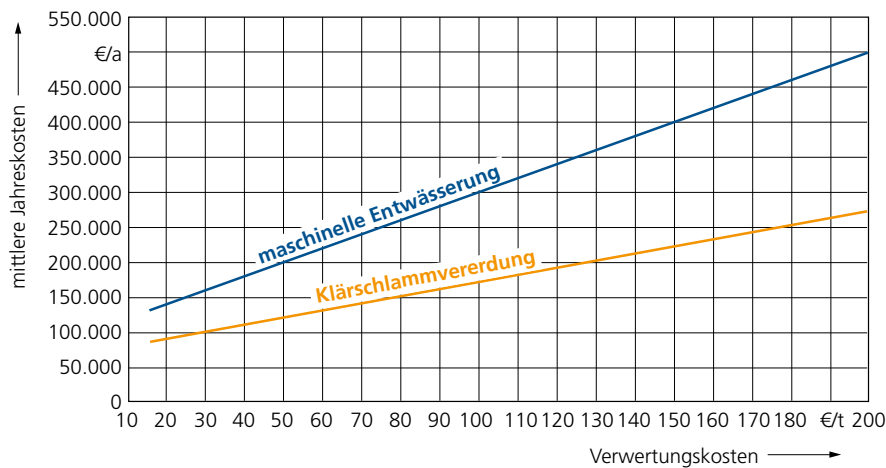


Bild 3 Jahreskostenvergleich

Quelle: Eko-Plant

Geringere Betriebskosten und Restmengen, bei größeren Verwertungschargen und flexibel wählbaren Verwertungszeitpunkten, führen insgesamt zu höherer Wirtschaftlichkeit /4/. Muss Klärschlamm verbrannt werden, bewirken vor allem auch die geringeren Restmengen wesentliche Kosteneinsparungen. Grundsätzlich gilt: Je höher die Verwertungskosten desto größer der Vorteil der Vererdung (Bild 3).

#### Verwertungssicherheit und -flexibilität durch weitere Verfahrensvorteile

Klärschlamm bietet dank ihrer besonderen stofflichen Qualität höhere Absatzchancen. Der verfahrensinhärente Verzicht auf synthetische Polymere vereinfacht die bodenbezogene Verwertung. Zusätzlich sind enthaltener Kohlen- und Stickstoff in hohem Maße stabilisiert. Die Düngung mit Klärschlamm fördert so langfristig den Humusaufbau und damit die Bodenfruchtbarkeit. Stickstoff ist zudem durch in den Beeten abgelaufene Um- und Abbau-Prozesse in seiner Menge reduziert (gesamt und mineralisch) und durch die hohe Stabilisierung nicht auswaschungsgefährdet. Gewässer können so nicht belastet werden. Dies würdigte das Land Niedersachsen bereits mit einem besonderen Erlass für Klärschlamm: Stickstoff muss in geringerem Maß in der Düngelplanung angerechnet werden. Eine vergleichbare Lösung gilt in Schleswig-Holstein.

Die hohe Reduktion der Restmenge, der geringe Stickstoffgehalt sowie die großen

Chargen ermöglichen außerdem die wirtschaftliche Herstellung eines organisch-mineralischen Phosphordüngers ohne wesentlichen Gehalt an Stickstoff (Eko-Terra Ca+). Dieser unterliegt nicht den Sperrzeiten der Düngung und macht landwirtschaftliche Verwertung noch flexibler. Die Verschärfungen der DüV wirken sich so insgesamt weit weniger auf Klärschlamm aus, wodurch wirtschaftliche und sichere Verwertung geboten wird. Eko-Plant vermarktet Klärschlamm für die Verwertung unter der Marke Eko-Terra, bzw. Eko-Terra Ca+. In Emden und Norderney ist diese Innovation bereits angekommen und vereinfacht die Verwertung seit Jahren.

Phosphor reichert sich im Gegensatz zum Stickstoff durch die langjährige Mineralisierung an. Klärschlamm als Dünger ist dadurch besonders interessant, wenn neben Humusaufbau und Flexibilität bei der Stickstoff-Düngung auch Phosphor gefragt ist. Muss Klärschlamm hingegen in Monverbrennungsanlagen verbrannt werden, unterstützen die hohen Phosphorgehalte zukünftig die wirtschaftliche Rückgewinnung aus der Asche. Denn auch die Aschen weisen hohe Gehalte auf (Bild 4) und machen die Rückgewinnung lohnender.

#### Verwertungs- und Entsorgungserfahrungen

Eko-Plant hat bisher rund 150 Vererdungsbeete geräumt. Bis 2018 wurden ca. 280.000 t Klärschlamm bodenbe-



# Gleichzeitige Messung von Durchfluss, Druck und Temperatur

## WATERFLUX 3070 – Magnetisch-induktiver Wasserzähler mit integriertem Druck- und Temperatursensor

- Alle Messwerte direkt über Modbus RTU auslesbar
- Geeignet z. B. für Zoneneinteilung (Distriktmessungen), Leckageerkennung
- Einbau ohne Ein-/Auslaufstrecken im Batterie- oder Netzbetrieb mit Batterie-Backup
- Eichpflichtiger Verkehr: MI-001, OIML R49 bis DN600 / 24"

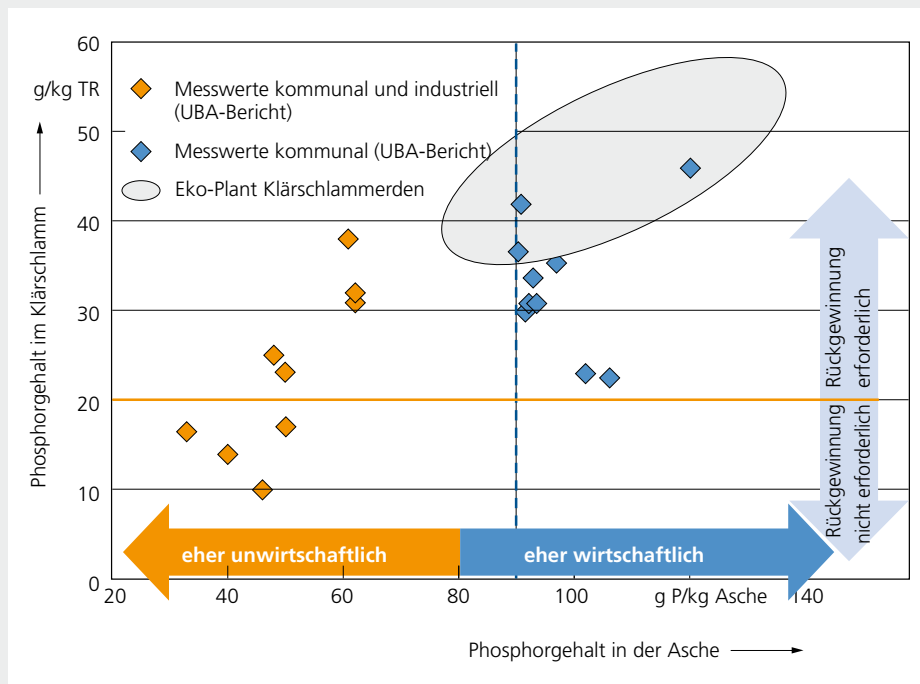


[krohne.de/waterflux](http://krohne.de/waterflux)

**KROHNE**

**Water & Wastewater**

▶ products ▶ solutions ▶ services



**Bild 4 Phosphor in Aschen von Klärschlamm und Klärschlammmerden**

Quelle: in Anlehnung an /5/, ergänzt um Daten von Eko-Plant

zogen verwertet und ca. 25.000 t in verschiedenen Verbrennungsanlagen entsorgt – hierbei wurde das Material sowohl in der Monoverbrennung als auch in der Mitverbrennung eingesetzt.

### Positive Netzwerkeffekte

Auch das bestehende Netzwerk kommunaler Betreiber trägt zur Sicherung der Entsorgung und Verwertung bei. Bei Eko-Plant laufen dabei viele Fäden zusammen und durch die langjährige Zusammenarbeit mit Landwirten, Verbrennungsanlagen, Speditionen oder auch Baufirmen, wird Qualitätssicherung auf hohem Niveau erreicht.

### Ökologische Vorteile

Klärschlammvererdung bietet viele ökologische Vorteile:

- Phosphor kann eingespeichert werden bis eine wirtschaftliche bodenbezogene Verwertung möglich oder bis die Rückgewinnung aus Monoverbrennungsaschen in der Praxis angekommen ist.
- Reduzierte Restmengen verringern den Transportaufwand.
- Die hohe biologische Stabilisierung trägt bei der Düngung mit Klärschlammmerde zur Kohlenstoff-Festlegung in Böden (Humusaufbau) und verminderter Nährstoffauswaschungsgefahr bei.

- Einsparungen, vor allem bei Energie- und Betriebsmitteln, führen zu einem geringeren Treibhauspotenzial /3, 6/ und mehr Nachhaltigkeit.

Mit Vererdung wird aber auch Artenschutz praktiziert, denn die Anlagen stellen einen leisen und geschützten Rückzugsort insbesondere auch für gefährdete, feuchtgebietstypische und auf Schilf spezialisierte Tierarten dar /7/. Zahlreiche Vogel- und Insekten-, aber auch Pflanzenarten profitieren von diesem Lebensraum (Bild 5), der sich gut in die Landschaft eingliedert und zudem durch die Verdunstung von Wasser eine lokale Klimawirkung erzielt.

### Realisierung

Eko-Plant hat im Laufe der Zeit zahlreiche Einflussfaktoren und Parameter identifiziert, um optimale Leistungen des natürlichen Systems gewährleisten zu können. Diese werden bei der Planung, beim Bau, im Betrieb und bei der Räumung & Verwertung berücksichtigt. Schlüssel zum Erfolg und die Grundlage für einen sach- und fachkundigen Anlagenbetrieb ist dabei das richtige Anlagen-Design, die Dimensionierung unter Berücksichtigung klimatischer Bedingungen sowie der Schlammeigenschaften und die saubere bauliche Umsetzung mit den richtigen Pflanzen. Das System Eko-Plant gibt es daher auch nur

in Kombination mit einer individuell zusammengestellten und den Betrieb begleitenden Betreuung in den ersten fünf Betriebsjahren.

Zur Beurteilung der Schlammeigenschaften (z. B. hinsichtlich Entwässerung und Stabilität) nutzt Eko-Plant patentierte Analytikmethoden. Viele Jahre Erfahrung und die Beurteilung dieser Analyseergebnisse führen so zu Anlagen mit besten Ergebnissen.

### Betriebsbegleitendes Engineering

Die Leistungen von Vererdungsanlagen sind äußerst robust, da das natürliche System über viele Wege der Kompensation verfügt. Änderungen von Einfluss nehmenden Faktoren wie der Schlammqualität sollten dennoch kontinuierlich beurteilt werden, um das System optimal zu betreiben. Im Rahmen des betriebsbegleitenden Engineering durch Eko-Plant wird daher, neben der Schlammqualität und vielen weiteren Kriterien, auch der Schilfpflanzenbestand durch Fotodokumentationen (heute auch mit Drohnen möglich) und Bonituren beurteilt, denn dieser ist wichtigster Motor und Abbild des Zustands der Anlagen (Bild 6). Ein großer Teil der betrieblichen Betreuung und Überwachung erfolgt aus der Ferne in Echtzeit und automatisiert. Moderne onlinebasierte Anlagen-Steuerungen sind in das System integriert.

### Innovation Hochleistungsvererdung

Die Eko-Plant Hochleistungsvererdung ist ein innovatives, geschütztes Verfahren, das besonders für anaerob stabilisierte Klärschlämme oder schwierige Schlammqualitäten entwickelt wurde. Es wird also dort verwendet, wo der Einsatz konventioneller Vererdungsbeete sonst nicht ohne



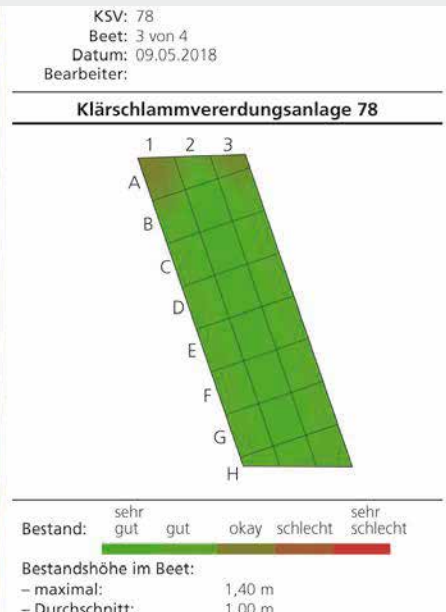
**Bild 5 Auch „Herbst-Mosaikjungfern“ schwirren auf so mancher Vererdungsanlage durch die Luft.**

Quelle: Eko-Plant

weiteres möglich ist. Durch die Kombination aus spezieller Schlammkonditionierung (wahlweise auch mit synthetischen oder stärkebasierten Polymeren), einer modernen Steuerungs- und Regeltechnik und den Schlammereigenschaften angepassten Beschickungseinrichtungen sind flexible Beetformen möglich, was gerade bei schwierigen Geländebedingungen hilfreich ist. Die Hochleistungsvererdung erhöht die Flexibilität im Betrieb und kann z. B. den Übergang von aerober Schlammbehandlung auf Faulung sehr gut puffern.

**Fazit**

Seit mehr als 30 Jahren wird Klärschlammvererdung weiterentwickelt und seit langem ist klar: Klärschlammvererdung realisiert wirtschaftliches und umweltfreundliches Klärschlammmanagement und verschafft Betreibern viel Zeit zur Planung der Verwertung oder Entsorgung. Volumenreduktionen bis zu 98 %, Lagerkapazitäten für bis zu 15 Jahre vor der ersten Räumung, Verwertungsflexibilität, hohe Kosteneinspa-



**Bild 6** Drohnen-Luftbildaufnahme und Bonitur-Ergebnis  
 Quelle: Eko-Plant

rungen, Betriebssicherheit und die vielen ökologischen Vorteile und guten Antworten des Verfahrens auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen sprechen für

sich und überzeugen zu recht immer mehr Kommunen.

■ **Eko-Plant, Neu-Eichenberg**  
[www.eko-plant.de](http://www.eko-plant.de)

**Literatur:**

/1/ Ad-hoc Ausschuss der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall: Vollzugshinweise zur Umsetzung der Klärschlammverordnung.12/2018. [http://www.vqsd.de/fileadmin/user\\_upload/Dokumente/Fuer\\_Newsletter/2019/2018-12-17\\_AbfKlaerV-Vollzugshilfe.pdf](http://www.vqsd.de/fileadmin/user_upload/Dokumente/Fuer_Newsletter/2019/2018-12-17_AbfKlaerV-Vollzugshilfe.pdf)

/2/ Höfken, U.: Aus der Rede der rheinland-pfälzischen Umweltministerin Ulrike Höfken anlässlich der Eröffnung der Klärschlammvererdungsanlage in der Verbandsgemeinde Thaleischweiler-Wallhalben 2015. [https://mueef.rlp.de/de/pressemitteilungen/detail/news/detail/News/hoeffken-in-rieschweiler-wird-klarschlamm-umweltfreundlich-und-wirtschaftlich-behandelt/?no\\_cache=1](https://mueef.rlp.de/de/pressemitteilungen/detail/news/detail/News/hoeffken-in-rieschweiler-wird-klarschlamm-umweltfreundlich-und-wirtschaftlich-behandelt/?no_cache=1)

/3/ Wallmann, R.; Rödger, J. M.: Vergleichende Ökobilanz Klärschlammvererdung vs. maschinelle Entwässerung. Endbericht HAWK Göttingen, September 2011

/4/ Nielsen, S.; Larsen, J. D.: Operational strategy, economic and environmental performance of sludge treatment reed bed systems-based on 28 years of experience. *Water Science Technology* 74/2016, S. 1793–1799

/5/ Kraus, F.; Zamzow, M.; Conzelmann, L.; Remy, C.; Hermann, L.; Seis, W.; Kabbe, C.; Miehe, U.; Hermann, R.: Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung. Abschlussbericht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2018

/6/ Uggetti, E.; Ferrer, I.; Arias, C.; Brix, H.; García, J.: Carbon Footprint of Sludge Treatment Reed Beds, *Ecological Engineering* 44/2012, S. 298–302

/7/ Nickel, H.: Die Besiedlung dreier Klärschlamm-Vererdungsanlagen durch Röhricht besiedelnde Zikaden. Gutachten im Auftrag der Eko-Plant GmbH, Neu-Eichenberg, 2013



**Haben Sie Ihre Betriebskosten im Blick?**

Energiesparende Wasserversorgung in nahezu jedem Prozess. Unsere Lösung: Die Unterwassermotor-Pumpe **Wilo-Actun ZETOS**

