



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall

LAGA Ad-hoc-AG

**Ressourcenschonung durch Phosphor-
Rückgewinnung**

3. Bericht an die UMK

Dezember 2021

Entwurf 08.12.2021

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Auftrag der UMK..... | 4 |
| 2 | Zusammenfassung..... | 5 |
| 2.1 | Vorhandene Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung in Deutschland..... | 5 |
| 2.2 | Geplante Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung in Deutschland..... | 6 |
| 3 | Phosphorrückgewinnung in Baden-Württemberg..... | 8 |
| 4 | Phosphorrückgewinnung in Bayern..... | 10 |
| 5 | Phosphorrückgewinnung in Berlin..... | 11 |
| 6 | Phosphorrückgewinnung in Brandenburg..... | 12 |
| 7 | Phosphorrückgewinnung in Bremen..... | 13 |
| 8 | Phosphorrückgewinnung in Hamburg..... | 13 |
| 9 | Phosphorrückgewinnung in Hessen..... | 14 |
| 10 | Phosphorrückgewinnung in Mecklenburg-Vorpommern..... | 15 |
| 11 | Phosphorrückgewinnung in Niedersachsen..... | 16 |
| 12 | Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen..... | 18 |
| 13 | Phosphorrückgewinnung in Rheinland-Pfalz..... | 19 |
| 14 | Phosphorrückgewinnung in Saarland..... | 19 |
| 15 | Phosphorrückgewinnung in Sachsen..... | 20 |
| 16 | Phosphorrückgewinnung in Sachsen-Anhalt..... | 20 |
| 17 | Phosphorrückgewinnung in Schleswig-Holstein..... | 21 |
| 18 | Phosphorrückgewinnung in Thüringen..... | 21 |

1 Auftrag der UMK

Im September 2015 nahm die LAGA den durch die LAGA-Ad-hoc-AG „Ressourcenschonung durch Phosphor-Rückgewinnung“ erarbeiteten gleichnamigen Bericht zur Kenntnis und bat die UMK-Geschäftsstelle im Nachgang zur 105. LAGA-Vollversammlung vom 23. September 2015 um Einleitung eines Umlaufverfahrens mit dem Ziel einer Zustimmung zur Veröffentlichung dieses Abschlussberichts.

Die UMK fasste daraufhin im Rahmen des Umlaufverfahrens Nr. 04/2016 zum Abschlussbericht „Ressourcenschonung durch Phosphorrückgewinnung“ folgenden Beschluss:

- 1. Die Umweltministerkonferenz nimmt den Bericht „Ressourcenschonung durch Phosphor-Rückgewinnung“ der LAGA zur Kenntnis und stimmt einer Veröffentlichung zu.*
- 2. Die Umweltministerkonferenz bittet die LAGA, die Entwicklungen der Phosphor-Rückgewinnung weiter zu begleiten und der Umweltministerkonferenz im zweijährlichen Abstand über die getroffenen Maßnahmen zum Aufbau einer Infrastruktur für die Phosphor-Rückgewinnung sowie den Einsatz des zurückgewonnenen Phosphors zu berichten.*

Protokollerklärung der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt:

Die Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt weisen darauf hin, dass die gegenwärtig gültigen Festlegungen in der Düngemittelverordnung schon zum 1. Januar 2017 den Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung erzwingen. Damit ist das Vorhaben eines schrittweisen Einstiegs in die Rückgewinnung des in den Klärschlämmen enthaltenen Phosphors bei gleichzeitigem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung gefährdet.

In Umsetzung dieses UMK-Umlaufbeschlusses erarbeitete der ATA unter Federführung von Baden-Württemberg im Mai 2018 einen ersten Bericht über die den Ländern bekannten Phosphor-Rückgewinnungsmaßnahmen sowie über den Einsatz des zurückgewonnenen Phosphors. Dieser Bericht wurde 2020 aktualisiert und der UMK erneut vorgelegt. Aktuell erfolgt jetzt gemäß UMK-Umlaufbeschluss Nr. 04/2016 eine weitere Fortschreibung auf Basis der von den Ländern übermittelten Informationen.

2 Zusammenfassung

2.1 Vorhandene Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung in Deutschland

| Bundesland | Vorhandene Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnungen |
|---------------------|--|
| Baden-Württemberg | Kläranlage Göppingen: Erweitertes AirPrex®-Verfahren mit integrierter thermisch-chemischer Desintegration |
| Berlin | Berliner Wasserbetriebe: AirPrex/MAP-Verfahren („Berliner Pflanze“) |
| Hamburg | Anlage zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlammasche: REMONDIS TetraPhos-Verfahren |
| Hessen | Kläranlage Lorsbach: Trocknungs- und Karbonisierungsanlage Hünfeld: Struvit-Verfahren (Molkereiabwasser) |
| Niedersachsen | Stadtentwässerung Gifhorn: Seaborne-Verfahren (abgewandelt) Kläranlage Uelzen: AirPrex/MAP Verfahren Kläranlage Braunschweig: AirPrex/MAP Verfahren Kläranlage Salzgitter: AirPrex®/MAP Verfahren Kläranlage Wolfsburg: AirPrex®/MAP Verfahren Kläranlage Lingen: EloPhos®-Anlage/MAP Verfahren |
| Nordrhein-Westfalen | Kläranlage Mönchengladbach-Neuwerk: Air-Prex/MAP Verfahren |
| Saarland | Kläranlage Homburg/Saar: Klärschlamm-Mineralisierungsanlage |
| Sachsen-Anhalt | Anlage zur Phosphatdüngerproduktion aus Klärschlammasche (SERAPLANT Haldensleben) |

2.2 Geplante Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung in Deutschland

| Bundesland | Planungen von Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung sowie im Bau befindliche Anlagen |
|------------------------|---|
| Baden-Württemberg | <p>Anlage zur thermo-chemischen Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm bei der MVV Umwelt in Mannheim (im Bau)</p> <p>Anlage zur thermo-chemischen Phosphor-Rückgewinnung auf der Kläranlage des Abwasserzweckverbandes Staufener Bucht in Grezhausen (im Bau)</p> |
| Bayern | <p>Die vorhandenen Monoverbrennungsanlagen München, Gendorf sowie die geplante Anlage in Straubing wollen Phosphorrückgewinnungsmaßnahmen ergreifen. Aktuell erfolgte noch keine Festlegung auf die Verfahrensauswahl. Am Standort Altenstadt ist derzeit die Umsetzung einer AshDec-Demonstrationsanlage im Rahmen der RePhoR-Fördermaßnahme geplant.</p> |
| Hessen | <p>Anlage zur thermo-chemischen Phosphorrückgewinnung am Standort Michelstadt.</p> <p>Die thermische Verwertung von kommunalen Klärschlämmen in Drehrohröfen am Standort Offenbach befindet sich im Probebetrieb und will Phosphorrückgewinnungsmaßnahmen ergreifen. Drei weitere Anlagen zur thermo-chemischen Verwertung von kommunalen Klärschlämmen befinden sich in Planung.</p> |
| Mecklenburg-Vorpommern | <p>Zwei Anlagen zur Herstellung von Klärschlammmonoverbrennungsaschen aus der Phosphor zurückgewonnen werden soll.</p> |
| Niedersachsen | <p>Auf der Kläranlage Northeim soll eine Maximierung der Bio-P-Elimination und anschließende Aufbereitung der Fällungsprodukte realisiert werden.</p> <p>Eine Festlegung auf ein Verfahren und den Standort der Phosphorrückgewinnung für die Verbrennungsaschen der in Niedersachsen entstehenden Monoverbrennungsanlagen (Standorte Hannover, Helmstedt und Hildesheim) ist noch nicht erfolgt.</p> |

| | |
|---------------------|---|
| Nordrhein-Westfalen | Die Firma Remondis plant für den Standort Lünen den Bau einer Phosphor-Rückgewinnungsanlage (TetraPhos) sowie einer Klärschlammverbrennungsanlage. |
| Rheinland-Pfalz | <p>Klärschlammmonoverbrennungsanlage Mainz mit geplanter P-Rückgewinnung aus der Klärschlammasche</p> <p>Kläranlage Pirmasens: Thermodruckhydrolyse und MAP-Kristallisation</p> <p>Kläranlage Grünstadt: P-Rückgewinnung aus Klärschlammaschen</p> |
| Sachsen-Anhalt | <p>Chemie- und Industriepark Zeitz: Klärschlamm-trocknung und –verbrennung mit P-Rückgewinnung</p> <p>Leuna: Klärschlammverbrennung mit Phosphorrückgewinnung innerhalb einer bestehenden Müllverbrennungsanlag</p> |
| Schleswig-Holstein | Klärschlammmonoverbrennungsanlage Kiel mit am Standort geplanter P-Rückgewinnung aus der Klärschlammasche, Klärschlammmonoverbrennungsanlage Stapelfeld, eine Festlegung auf ein Verfahren und den Standort der Phosphorrückgewinnung für die Verbrennungaschen ist noch nicht erfolgt. |

Entwurf 08.12.2021

3 Phosphorrückgewinnung in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg wird kommunaler Klärschlamm seit vielen Jahren nahezu ausschließlich energetisch verwertet (2020: ca. 99,5 %). Ein Großteil des Klärschlammes (ca. 70 %) wird derzeit noch in Zementwerken und Kohlekraftwerken mitverbrannt. Zur Sicherstellung einer langfristig tragfähigen energetischen Klärschlammverwertung müssen deshalb erhebliche zusätzliche Kapazitäten zur Klärschlamm-Monoverbrennung aufgebaut werden.

Um die Kommunen und Abwasserzweckverbände bei der erforderlichen Neuaufstellung ihrer Klärschlamm Entsorgung aktiv zu unterstützen, hat das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gemeinsam mit der beim DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) – Landesverband Baden-Württemberg eingerichteten Plattform „P-RÜCK“ im ersten Quartal 2021 zehn Regionalkonferenzen zur Klärschlamm-Entsorgung und Phosphor-Rückgewinnung durchgeführt. Übergeordnetes Ziel der Regionalkonferenzen bestand darin, die bislang überwiegend auf fachlicher Ebene geführten Diskussionen zur Klärschlamm Entsorgung und Phosphor-Rückgewinnung auf die Ebene der kommunal- und lokalpolitischen Entscheidungsträger zu heben. Die Regionalkonferenzen haben sich als ein sehr gutes Instrument erwiesen, um neue interkommunale Kooperationen in diesen Bereichen anzustoßen und bestehende Kooperationen zu vertiefen.

Mit dem Ziel, Über- oder Unterkapazitäten bei der energetischen Klärschlammverwertung und Phosphor-Rückgewinnung im Land zu vermeiden, hat das Umweltministerium Baden-Württemberg im Jahr 2021 die Erstellung eines „Regionalen Entwicklungskonzeptes zur Klärschlamm Entsorgung und Phosphor-Rückgewinnung in Baden-Württemberg“ gefördert, in das die Erkenntnisse aus den Regionalkonferenzen eingeflossen sind. Demnach fehlen über die bisherigen Anlagenplanungen hinaus vor allem im Nord-Osten und im Süden von Baden-Württemberg noch Verbrennungskapazitäten.

Aufgrund des großen Erfolgs werden die Regionalkonferenzen Ende 2021 und Anfang 2022 gezielt in den identifizierten Bedarfsregionen fortgeführt, in denen bislang noch Kooperationen und Initiativen für Anlagenplanungen fehlen. Zudem erhalten interkommunale Interessensgemeinschaften und bereits bestehende interkommunale Kooperationen eine kostenlose Initialberatung zur Unterstützung von Anlagenplanungen durch die Plattform P-RÜCK.

Aktuell befinden sich in Baden-Württemberg vier Projekte zur Errichtung neuer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen mit einer jährlichen Verbrennungskapazität von insgesamt etwa 90.000 Mg Klärschlamm-Trockenmasse in der Planungs- oder Vorplanungsphase. Zur Sicherstellung einer zukunftsfähigen Klärschlamm Entsorgung sind zusätzlich zu diesen Planungen aber weitere Verbrennungsanlagen (ca. 3 überregionale Anlagen) erforderlich.

Um neben der Sicherstellung einer langfristig tragfähigen energetischen Klärschlammverwertung auch den Aufbau einer angemessenen Infrastruktur für die Rückgewinnung qualitativ hochwertiger, schadstoffarmer Phosphorverbindungen zu forcieren, fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg über das EFRE-Förderprogramm „Phosphor“ aktuell die Etablierung von zwei großtechnischen Anlagen zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm. Dabei handelt es sich um thermo-chemische Klärschlammbehandlungsanlagen mit integrierter Phosphor-Rückgewinnung. Eine Anlage setzt hierzu das EuPhoRe®-Verfahren ein, die andere eine modifizierte Wirbelschichtverbrennung („P-XTRACT®-Verfahren). Durch die Kombination aus thermischer Klärschlammbehandlung und Phosphor-Rückgewinnung liefern diese Anlagen nicht nur einen wichtigen Beitrag zum Aufbau einer Infrastruktur für die Rückgewinnung von Phosphor, sondern tragen auch zur Sicherstellung der Klärschlamm Entsorgung bei. Die Inbetriebnahme dieser Anlagen ist Ende 2022/Anfang 2023 geplant.

Die mit Unterstützung des EFRE-Förderprogramms auf dem Klärwerk der Stadt Göppingen errichtete stationäre Versuchsanlage zur Rückgewinnung von Phosphor ist bereits seit dem Jahr 2019 in Betrieb. Das dort zur Phosphor-Rückgewinnung installierte modifizierte AirPrex®-Verfahren behandelt den kompletten Faulschlamm des Klärwerks Göppingen (ca. 10.000 Mg/a Klärschlamm-Trockenmasse; Vollstromanlage) und besteht im Wesentlichen aus einer thermochemischen Desintegration mit anschließender MAP-Fällung. Insgesamt wurden im EFRE-Förderprogramm drei Projekte mit etwa 13,2 Mio. Euro unterstützt (ca. 8,4 Mio. € EFRE-Mittel, ca. 4,8 Mio. € Landesmittel).

Darüber hinaus veranstaltet das Umweltministerium Baden-Württemberg gemeinsam mit dem DWA-Landesverband Baden-Württemberg seit 2015 jährlich den Kongress „Phosphor – ein kritischer Rohstoff mit Zukunft“. Dieser dient der regelmäßigen fachlichen Information der kommunalen Entscheidungsträger und interessierten Fach-

leute. Die im Rahmen des Phosphor-Kongresses angebotenen Exkursionen ermöglichen zudem Einblicke in aktuelle Forschungsthemen sowie die Umsetzung innovativer Technologien in der Praxis.

Die drei bereits seit vielen Jahren im Betrieb befindlichen Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen in Stuttgart, Karlsruhe und Neu-Ulm haben im Jahr 2021 ein Markterkundungsverfahren zur Phosphor-Rückgewinnung durchgeführt. Als Ergebnis dieser Markterkundung werden die Anlagen die erzeugten Klärschlamm-Verbrennungsaschen bündeln und einem – über eine gemeinsame Ausschreibung zu ermittelnden – Dienstleister zur Phosphor-Rückgewinnung übergeben.

Um die Düngewirkung und den Düngewert von Phosphor in Recyclingdüngemitteln standardisiert zu charakterisieren und vergleichen zu können, hat das Umweltministerium Baden-Württemberg ein standardisiertes Bewertungsverfahren für Phosphor-Recyclingdüngemittel erarbeiten lassen. Informationen hierzu sind unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/abfall-und-kreislaufwirtschaft/kreislaufwirtschaft/wertstoffe-aus-abfaellen/phosphor-rueckgewinnung/> veröffentlicht.

4 Phosphorrückgewinnung in Bayern

In den Abfallwirtschaftsplan Bayern und das Landesentwicklungsprogramm wurde bereits 2006 das Ziel verankert, die landwirtschaftliche, gärtnerische und landschaftsbauliche Verwertung von Klärschlamm zu beenden. Hierdurch hat Bayern schon vor der Verschärfung des Düngemittelrechts einen deutlichen Rückgang der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung auf 12 Prozent im Jahr 2017 und etwa 10 Prozent im Jahr 2018 erreicht. 2020 wurden nur noch 9,2 % der Klärschlämme landwirtschaftlich verwertet, 8,7 % im Bereich Rekultivierung/Landschaftsbau sowie 82,1 % thermisch. Dieser Weg wird in Bayern konsequent weiterverfolgt. Zur Unterstützung der Kommunen bei der Umsetzung von Entsorgungswegen abseits der bodenbezogenen Verwertung wurde die durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanzierte „Plattform zur Koordinierung der kommunalen Klärschlammverwertung in Bayern“ eingerichtet. Hierbei werden Kommunen und Kläranlagenbetreiber in Bezirksveranstaltungen über aktuelle Entwicklungen und Rahmenbedingungen informiert. Weitere Unterstützung bei der Ermittlung vorhandener und benötigter Verwertungskapazitäten wird ein Strukturkonzept bieten.

Das bayerische Umweltministerium hat bereits diverse Anstrengungen zur Entwicklung und Umsetzung einer landesweiten Phosphorrückgewinnung unternommen. In diesem Zusammenhang wurde bereits im Jahr 2012 eine Initialstudie des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT „Phosphorstrategie für Bayern – Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen und Empfehlungen“ und 2015 ein vom LfU durchgeführtes Vorhaben „Rückholbarkeit von Phosphor aus kommunalen Klärschlämmen“ abgeschlossen. Zudem wurde ein Projekt durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) zum Thema „Phosphorrückgewinnung bei der Abwasserbehandlung“ umgesetzt, welches den aktuellen Stand der Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm und Asche darstellt ([Abschlussbericht](#)). Zudem wurde am Ressourceneffizienz-Zentrum Bayern (REZ), das am LfU angesiedelt ist, eine Beratungsstelle für Kommunen zur Thematik der Phosphorrückgewinnung eingerichtet.

Zusätzlich hat das Bayerische Umweltministerium die zuständigen Behörden in Bayern über die neuen Regelungen und Anforderungen der fortgeschriebenen Klärschlammverordnung Ende 2017 umfassend informiert.

5 Phosphorrückgewinnung in Berlin ♦

Gegenwärtig werden die im Land Berlin anfallenden Klärschlämme zu 100 % energetisch verwertet. Dabei wird etwa die Hälfte dieser Klärschlämme in einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage am Standort Ruhleben entsorgt, die andere Hälfte wird in anderen Bundesländern in Klärschlamm-Mitverbrennungsanlagen verbrannt. Aus einem geringen Anteil der anfallenden Klärschlämme wird vor der Verbrennung bereits Phosphor mit Hilfe des sogenannten „Air-Prex-Verfahrens“ zurückgewonnen. Dabei werden dem Wirtschaftskreislauf jährlich etwa 40 Mg Phosphor zurückgegeben.

Zukünftig soll der gesamte Energieinhalt der Klärschlämme vor Ort genutzt werden, weshalb die Klärschlamm-Mitverbrennung eingestellt wird.

Zur Entsorgung des gesamten Klärschlammmanfalls des Landes Berlin werden zukünftig zwei Monoklärschlammverbrennungsanlagen betrieben. Die neu zu errichtende und derzeit in Genehmigung befindliche Klärschlammmonoverbrennungsanlage soll am Standort Waßmannsdorf (auf dem Gebiet des Landes Brandenburg) voraussichtlich 2025/26 in Betrieb genommen werden.

Parallel dazu werden die bekannten P-Recyclingverfahren intensiven Prüfungen unterzogen, damit unter Berücksichtigung der Energie-, Klima- und Ressourceneffizienz

das für den jeweiligen Standort am besten geeignete Verfahren zukünftig zum Einsatz kommt.

6 Phosphorrückgewinnung in Brandenburg

Im Jahr 2019 wurden 65 % der im Land Brandenburg anfallenden Klärschlämme energetisch verwertet, davon 2,5 % in der Monoverbrennung. Aufgrund der ländlichen Prägung verfolgt Brandenburg parallel zum Ausbau von Strukturen zur energetischen Klärschlammverwertung und Phosphorrückgewinnung den Weg der regionalen landwirtschaftlichen Verwertung gering belasteter Klärschlämme. Für Klärschlämme insbesondere kleinerer Kläranlagen würde dieser Entsorgungsweg aufgrund der geringeren Belastung auch weiterhin genutzt werden können.

Für ca. 8 Prozent der Kläranlagen kommt ab 2029 bzw. 2032 die bodenbezogene Klärschlamm Entsorgung nicht mehr in Betracht. Aktuelle Planungen zur Errichtung einer Klärschlammmonoverbrennung liegen für die Berliner Wasserbetriebe am Standort Waßmannsdorf vor. Da die Berliner Wasserbetriebe ca. 20 Prozent der im Land Brandenburg anfallenden kommunalen Abwässer in ihren Klärwerken mitbehandeln, würden mit der Umsetzung der Planung der Berliner Wasserbetriebe ein entsprechender Anteil der anfallenden Klärschlämme entsprechend den künftigen Anforderungen aus der Klärschlammverordnung behandelt. Weitere Planungen liegen für von der Interessengemeinschaft Süd-Ost-Brandenburg in der Region Lausitz für die Errichtung einer Klärschlammmonoverbrennungsanlage vor. Konkrete Planungen zum Verfahren der Phosphorrückgewinnung sind für beide Vorhaben noch nicht bekannt.

7 Phosphorrückgewinnung in Bremen

Im April 2018 wurde von einem Verbund von Entsorgungsunternehmen aus Bremen (hanseWasser und swb) und dem nordwestlichen Niedersachsen (EWE WASSER und OOWV) eine Gesellschaft gegründet zur Planung, Finanzierung und Bau einer Klärschlammmonoverbrennungsanlage in Bremen. Die Anlage ist ausgelegt auf eine Gesamtkapazität von 230.000 Mg entwässertem Klärschlamm. Davon sind 130.000 Mg reserviert für die Eigenmengen der Gesellschafter und die restlichen 100.000 Mg reichen aus, um verbundenen Körperschaften, Umlandgemeinden und Gemeinden aus Nordwest-Deutschland eine Entsorgungssicherheit zu ermöglichen. Der Grundstein für diese Anlage wurde im September 2021 gelegt.

Die Klärschlammverbrennung stellt eine thermische Vorbehandlung für die anschließende Phosphor-Rückgewinnung dar. Aus den 230.000 Mg entwässertem Klärschlamm entstehen ca. 25.000 Mg phosphorhaltige Asche, die spätestens ab 2029 einer Anlage zur Phosphorrückgewinnung zuzuführen ist. Die in Frage kommenden Techniken zur Phosphorrückgewinnung aus den erzeugten Klärschlammaschen werden anhand der Betriebserfahrungen der ersten großtechnischen Anlagen wie bspw. in Hamburg oder Haldensleben geprüft. Auf dieser Basis erfolgt in den nächsten Jahren eine technische und monetäre Bewertung zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens für die Bremer Aschen.

Der Kläranlagenbetreiber BEG in Bremerhaven beabsichtigt, Klärschlamm künftig einer Monoverbrennung zuzuführen und strebt hierfür eine regionale Lösung an. Konkrete Verträge sind noch nicht ausgehandelt.

Nach Ansicht der Landesregierung stellt die Aufbereitung der erzeugten Aschen zu einem marktgängigen Phosphorprodukt einen wesentlichen Bestandteil der künftigen Klärschlamm Entsorgungskonzepte dar.

8 Phosphorrückgewinnung in Hamburg

Zur Realisierung der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen wurde die Hamburger Phosphorrecyclinggesellschaft mbH (HPHOR) gegründet. Gesellschafter sind die Hamburger Stadtentwässerung AöR (HSE) und die REMONDIS Aqua Industrie GmbH Co. KG.

Nach dem REMONDIS TetraPhos®-Verfahren sollen ab 2022 ca. 22.000 Tonnen Klärschlammaschen pro Jahr behandelt werden. Dies entspricht der derzeit in Hamburg anfallenden Aschemenge.

Die Klärschlammasche wird durch Zugabe von Phosphorsäure aufgeschlossen, darin enthaltener Phosphor wird gelöst und kann als zusätzliche Phosphorsäure zurückgewonnen werden. Zukünftig sollen auf dem Klärwerk Köhlbrandhöft jährlich etwa 8.000 Tonnen 75%ige Phosphorsäure hergestellt werden.

Im März 2021 wurde die Phosphorrückgewinnungsanlage immissionsschutzrechtlich genehmigt, die Anlage ist fertiggestellt und befindet sich derzeit in der Einfahrphase.

9 Phosphorrückgewinnung in Hessen

In Hessen stellen sich die Entsorgungswege für Klärschlamm aufgrund der strukturellen Unterschiede differenziert dar. Während im Ballungsraum Rhein Main Klärschlämme bereits zum großen Teil in die Verbrennung gehen, findet in den eher ländlich geprägten Regionen Ost-, Mittelhessen und Nordhessen im Wesentlichen noch eine bodenbezogene Klärschlammverwertung statt.

Im Jahr 2015 wurde im Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ein interdisziplinärer Arbeitskreis „Phosphor“ als Steuerungsgruppe zur Etablierung der Phosphor-Rückgewinnung in Hessen eingerichtet.

Mögliche Klärschlamm Entsorgungswege und die zur Verfügung stehenden Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung im Land untersuchte die RWTH Aachen im Rahmen des Gutachtens zur „Umsetzung einer Phosphorrückgewinnung in Hessen (HAD-Referenz-Nummer: 4824/8)“. Dabei konnten Empfehlungen zur Auswahl von Verfahren für Demonstrationsstandorte in Hessen erarbeitet werden.

Mit dem hessischen Phosphordialog besteht in Hessen seit 2016 eine Plattform für alle Akteure im Bereich Abwasser, Klärschlamm und Landwirtschaft, um sich regelmäßig über das Themenfeld Phosphor-Recycling auszutauschen.

Um den Aufbau einer Infrastruktur zur Rückgewinnung von Phosphor voranzutreiben, fördert das Land Hessen (HMUKLV) seit 2017 Demonstrationsprojekte zur Phosphorrückgewinnung sowie Machbarkeitsstudien für regionale und interkommunale Lösungen in Hessen. Dabei werden Vorhaben von Kommunen oder Gebietskörperschaften

zum Bau von großtechnischen Demonstrationsvorhaben und Machbarkeitsstudien zur Entwicklung regionaler Konzepte gefördert. Bisher wurden acht Projekte mit einer Gesamtfördersumme von rund 3,2 Mio. € unterstützt. Weitere Anträge sind angekündigt.

Zur Beurteilung der Pflanzenverfügbarkeit von Recyclingphosphaten aus Klärschlamm und Klärschlammaschen wurde in Hessen bereits 2017 ein erster Leistungsvergleich zu Triple-Superphosphat und zu Klärschlamm durchgeführt. In einer zweiten Versuchsreihe wurden in der Vegetationsperiode 2021 weitere Rezyklate untersucht. Ein Einsatz von zurückgewonnenem Phosphor in der Praxis ist aktuell jedoch nicht bekannt.

Neben dem Nachweis, dass Phosphorrezyklate als Düngemittel geeignet sind, müssen für deren tatsächliche Anwendung in der Landwirtschaft Absatz- und Vermarktungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Zu diesem Zweck wurde ein Fachgutachten in Auftrag gegeben, das Vermarktungsstrukturen von Düngemitteln und Düngemittelkomponenten darstellt sowie Potentiale bei der Entwicklung neuer Wege zur regionalen Wertschöpfung bei der Verwendung von Recyclingphosphaten sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau aufzeigt.

Informationen zum Thema sind auf der Homepage des Hessischen Umweltministeriums unter <https://umwelt.hessen.de/Nachhaltigkeit-und-Ressourcenschutz/Phosphorrueckgewinnung> veröffentlicht.

10 Phosphorrückgewinnung in Mecklenburg-Vorpommern

In Mecklenburg-Vorpommern mit einer Bevölkerungsdichte von 69 Einwohnern pro Quadratkilometern entstehen auf den kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen jährlich ca. 40.000 Mg/a Klärschlamm-Trockenmasse.

Der Anteil der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung und damit der direkten Nutzung des Phosphors ist in Mecklenburg-Vorpommern seit 2016 (64 %) stark rückläufig, er liegt derzeit noch bei 43 %. In der Landesstudie „Zukunftsfähige Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm in Mecklenburg-Vorpommern“ (2013) Ansätze für eine zukünftige Klärschlammverwertung untersucht und Hinweise für die weitere Entwicklung eines zukunftsfähigen Klärschlammkonzeptes abgeleitet.

Da eigene Verbrennungskapazitäten in Mecklenburg-Vorpommern nur begrenzt bestehen (nur Mitverbrennungsanlagen und eine kleine Monoverbrennungsanlage für Klärschlämme der Abwasserzweckverbände auf Rügen), erfolgt die thermische Verwertung der Klärschlämme aktuell größtenteils außerhalb des Landes.

Eine thermische Klärschlammverwertungsanlage mit einer Kapazität von etwa 2.500 Mg/a Klärschlamm-Trockenmasse hat der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Rügen (ZWAR) am 14.06.2017 offiziell in Betrieb genommen. In dieser Anlage werden die Klärschlämme aller 38 Kläranlagen des Zweckverbandes verwertet. Mit der Verwertung der Klärschlamm-Monoverbrennungssasche ist derzeit ein Dienstleister beauftragt. Zukünftig ist geplant, den Phosphor aus den Aschen – gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit weiteren Klärschlammbehandlern im Land – zurückzugewinnen.

Die Klärschlamm-Kooperation Mecklenburg-Vorpommern (KKMV) bündelt die Klärschlamm-mengen von derzeit 17 kommunalen Abwasserentsorgern. Mit den 17 Gesellschaftern verfügt die KKMV über eine Klärschlamm-menge von jährlich etwa 25.000 Mg/a Klärschlamm-Trockenmasse. Die KKMV plant in Rostock den Bau und Betrieb einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage für diese Klärschlämme mit nachgelagertem Phosphor-Recycling aus den Aschen. Das Projekt befindet sich im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren. Das Verfahren zur Phosphor-rückgewinnung steht noch nicht fest.

In Stavenhagen plant die EEW (Tochtergesellschaft der Beijing Enterprises Holdings Limited) die Errichtung und den Betrieb einer Monoverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 40.000 Mg/a Klärschlamm-Trockenmasse. Zwei weitere Anlagen werden durch dieses Unternehmen in Stapelfeld und Helmstedt geplant. Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung wurde im 3. Quartal 2021 erteilt.

Die P-Rückgewinnung aus den Aschen wird voraussichtlich an einem der drei Standorte des Unternehmens erfolgen. Eine Entscheidung zum Standort und zum Verfahren steht noch aus.

11 Phosphorrückgewinnung in Niedersachsen

In Niedersachsen wurden im Jahr 2020 mit rund 61.500 Mg Klärschlamm-Trockenmasse etwa 32 % der anfallenden Klärschlamm-mengen landwirtschaftlich und der Phosphor damit direkt verwertet. Dieser Anteil ist im Vergleich zu den Vorjahren in etwa gleichgeblieben.

Seit über einer Dekade wird in einigen Abwasserbehandlungsanlagen eine gezielte Magnesium-Ammonium-Phosphat-Fällung in Niedersachsen eingesetzt. Ziel dieser Fällung ist in erster Linie die Vermeidung unkontrollierter Kristallisationen in den Schlammrohrleitungen; sie findet daher nicht primär aus Gründen der Phosphorrückgewinnung, sondern aus betriebswirtschaftlichen Gründen statt. Soweit hierbei Phosphor-Dünger gewonnen wird, wird dieser in der Regel ausschließlich regional verwertet. In Abhängigkeit der Abwasserparameter und der betrieblichen Rahmenbedingungen der jeweiligen Abwasserbehandlungsanlage besteht die Möglichkeit, über die o.g. Fällungsverfahren den Phosphorgehalt soweit zu reduzieren, dass im resultierenden Klärschlamm die zukünftigen Grenzen für die Phosphorrückgewinnungspflicht unterschritten werden können. Zudem bestehen für das Fällungsprodukt gute Aussichten auf einen regionalen Marktzugang, weswegen diese Verfahren aktuell Gegenstand mehrerer Fördermaßnahmen (KlimaPhoNDS, P-Net) in Niedersachsen sind.

In Niedersachsen befinden sich derzeit drei Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen (Wirbelschicht) mit jährlichen Verbrennungskapazitäten von jeweils etwa 30.000 – 35.000 Mg Klärschlamm-Trockenmasse in Planung bzw. Errichtung. Eine dieser Anlagen kann voraussichtlich noch im Jahr 2021 in Betrieb genommen werden. Eine weitere kleinere Verbrennungsanlage (Drehrohr) verfügt bereits über die erforderliche immissionsschutzrechtliche Genehmigung und befindet sich in Betrieb.

Im Hinblick auf die Phosphor-Rückgewinnung aus den gewonnenen Verbrennungssachen laufen noch die jeweiligen Planungen. Entsprechende Anlagen sollen möglichst in Niedersachsen bzw. in den benachbarten Bundesländern entstehen (ggf. Synergieeffekte zu bereits vorhandenen oder im Bau befindlichen Verbrennungsanlagen).

Im Jahr 2020 wurde seitens des Niedersächsischen Umweltministeriums gemeinsam mit dem DWA Landesverband Nord ein Arbeitskreis zur „Phosphorrückgewinnung im norddeutschen Raum“ initiiert. Beteiligt sind neben den genannten Initiatoren die (zukünftigen) Betreiber der Klärschlammverbrennungsanlagen im norddeutschen Raum (aus den Ländern NI, HH, HB und SH), Vertreter von Ministerien, Genehmigungs- und Überwachungsbehörden. Ziel ist es, gemeinsam einen aktuellen Sachstand der Projekte und der Planungen zur nachgeschalteten Phosphorrückgewinnung zu erarbeiten und einen regelmäßigen Austausch zu aktuellen Fragen und Herausforderun-

gen der Phosphor-Rückgewinnung zu etablieren. Neben dem reinen Wissensaustausch steht die Schaffung einer transparenten Datengrundlage zu Stoffströmen, Produkteigenschaften der P-Recyclate, wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der jeweiligen Anlagentechnik im Vordergrund.

12 Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen

Im Auftrag des Umweltministeriums NRW wurde von Ende 2018 bis Ende 2020 das Projekt „Die Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen“ durchgeführt. Neben der Klärung rechtlicher Fragen sowie der Erstellung von Steckbriefen für Phosphor-Rückgewinnungsverfahren wurden Szenarien zur zukünftigen Klärschlamm Entsorgung in NRW erarbeitet. Aufgrund der vorhandenen Informationen konnte abgeschätzt werden, dass zukünftig Klärschlamm überwiegend zunächst thermisch vorbehandelt und anschließend die Asche einer Phosphor-Rückgewinnung zugeführt wird. Für die Verbrennung des Klärschlammes werden 2029 absehbar ausreichende Kapazitäten in Klärschlammverbrennungsanlagen in NRW vorhanden sein. Ggf. stehen außerdem Kapazitäten zur Mitverbrennung in Kohlekraftwerken zur Verfügung. Eine Rückgewinnung von Phosphor im Rahmen der Abwasserbehandlung wird absehbar mengenmäßig nicht in relevantem Umfang durchgeführt werden.

In Nordrhein-Westfalen wird Phosphor in einer Kläranlage des Niersverbandes aus dem Abwasserstrom als Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) zurückgewonnen. Das MAP wird als Düngemittel an die Landwirtschaft in der Umgebung abgegeben.

Emschergenossenschaft und Lippeverband haben im Herbst 2021 das gemeinsame Interreg-Projekt Phos4You abgeschlossen. Im Rahmen des Projektes wurden Rückgewinnungskonzepte für Phosphor aus häuslichem Abwasser untersucht. Ziele des Projektes waren:

- Die Machbarkeit der Rückgewinnung von Phosphor demonstrieren;
- Den Nutzen von sekundärem Phosphor für die Düngemittel-Wertschöpfungskette aufzeigen;
- Die Lücken zwischen Rückgewinnung und Recycling schließen.

Auf dem Gelände der Emschergenossenschaft wurde eine Pilotanlage mit dem Eu-PhoRe-Verfahren erfolgreich getestet.

Das Stuttgarter Verfahren wurde auf einer Kläranlage in NRW im Rahmen eines Forschungsvorhabens Ende 2018/Anfang 2019 detailliert untersucht. Zu einer großtechnischen Umsetzung dieses Verfahrens wird es in NRW voraussichtlich nicht kommen.

In der Kläranlage Kleve Salmorth wird derzeit mit Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit eine Klärschlammkarbonisierungsanlage gebaut, die 2022 in Betrieb gehen soll. Der karbonisierte Klärschlamm soll direkt als Düngemittel eingesetzt werden.

13 Phosphorrückgewinnung in Rheinland-Pfalz

In Rheinland-Pfalz fallen pro Jahr etwa 82.000 t Klärschlamm-Trockenmasse an. Hier von werden bislang etwas mehr als die Hälfte (=54,5 %) als Düngemittel auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im regionalen Umfeld zu den Kläranlagen, in denen der Klärschlamm angefallen ist, verwertet. Die übrige nicht bodenbezogen verwertete Klärschlammmenge wird überwiegend in Kohlekraftwerken oder bei der Zementherstellung mitverbrannt. Die Abschaltung von Kohlekraftwerken und die Einführung der Phosphorrückgewinnungspflicht durch die Klärschlammverordnung werden aus Sicht der Landesregierung verstärkt zur Monoverbrennung von Klärschlämmen führen. Vor diesem Hintergrund werden derzeit von kommunaler Seite Kapazitäten für die Monoverbrennung der Klärschlämme aufgebaut bzw. konkret geplant. So sind in diesem Jahr Verbrennungskapazitäten in Mainz und Koblenz in einer Größenordnung von insgesamt 41.500 t Trockenmasse in Betrieb gegangen. Weitere kommunal betriebene Verbrennungsanlagen werden geplant. Andere Behandlungsverfahren sind im Pilot- und Erprobungsstadium.

14 Phosphorrückgewinnung in Saarland

Der landesweit für die öffentliche Abwasserreinigung zuständige Entsorgungsverband Saar (EVS) betreibt am Standort der Kläranlage in Homburg eine Klärschlamm-Mineralisierungsanlage (Pilotprojekt „PYREG- Anlage KA Homburg“). Von Seiten des EVS ist geplant, das bei der Mineralisierung entstehende und von einzelnen Schadstoffen befreite Karbonisat unter Nutzung des darin enthaltenen Phosphors als Düngemittel stofflich zu verwerten. Die Schaffung eines entsprechenden Düngemitteltypus im Bereich der Düngemittelverordnung ist beantragt. In Zukunft könnten weitere

Klärschlamm-Mineralisierungsanlagen dezentral auf den saarländischen Kläranlagen in Betrieb genommen werden.

15 Phosphorrückgewinnung in Sachsen

Im Freistaat Sachsen fielen 2019 etwa 68.000 Mg Klärschlamm-Trockenmasse an, wovon etwa 33 % stofflich verwertet wurden. Die thermische Entsorgung erfolgte weitgehend durch Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken in Sachsen.

Im Auftrag des Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) wurde der „Statusbericht zur Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen 2020“ erstellt und Anfang 2021 im Internet veröffentlicht. Der Bericht soll den Aufgabenträgern der Abwasserbeseitigung als Informations- und Entscheidungsgrundlage zur zukünftigen Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung dienen. Er kann die notwendigen Entscheidungen und Aktivitäten der Aufgabenträger, die diese im Rahmen der Selbstverwaltungsaufgabe wahrzunehmen haben, jedoch nicht ersetzen.

16 Phosphorrückgewinnung in Sachsen-Anhalt

Mit der Schaffung von infrastrukturellen Voraussetzungen für die P-Rückgewinnung in Sachsen-Anhalt ist eine Reihe von unterschiedlichen Akteuren im Land befasst. Die Netzwerkarbeit der Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen bleibt in diesem Zusammenhang in Sachsen-Anhalt eine wichtige Maßnahme. Dabei sollen insbesondere regional integrierte technisch-wirtschaftliche Entsorgungskonzepte für Kläranlagenbetreiber sowie Organisationskonzepte gemeinschaftlich entwickelt werden. Weitere Aktivitäten betreffen beispielsweise das Verbundprojekt DreiSATS mit dem Ziel der praxisnahen Erprobung und Demonstration einer innovativen, wirtschaftlich und technisch tragfähigen Prozesskette zur dezentralen, thermischen Klärschlammverwertung mit Phosphorrecycling. Projektregion ist das mitteldeutsche Dreiländereck mit den Bundesländern Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen.

Gleichzeitig sind deutliche Fortschritte bei der Entsorgungswirtschaft zu verzeichnen, sich den geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen zu stellen, insbesondere durch Kapazitätserweiterungen der Klärschlammverbrennung als Teil einer Infrastruktur für die Phosphor-Rückgewinnung. So ist im Jahr 2021 eine neue Anlage zur Klärschlammverbrennung und -trocknung in Betrieb gegangen, weitere sind in Planung. In zwei Anlagen soll nach derzeitigem Stand eine Phosphatrückgewinnung integriert

werden. Eine Anlage zur Herstellung von P-Düngemitteln aus Klärschlammverbrennungsasche mit einer Kapazität von 60.000 t/a ist derzeit am Standort Haldensleben in Betrieb.

Für einen noch genaueren Überblick wird derzeit ein Klärschlammkonzept für das Land Sachsen-Anhalt erarbeitet. Auf Basis des aktuellen Standes und einer Prognose sollen unter anderem verschiedene Szenarien für die Phosphorrückgewinnung aufgezeigt, sowie Handlungsempfehlungen für die beteiligten Behörden und Unternehmen der Klärschlambewirtschaftung formuliert werden.

17 Phosphorrückgewinnung in Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein fallen jährlich etwa 72.000 Mg Trockensubstanz Klärschlamm an. Davon werden derzeit ca. zwei Drittel als Düngemittel in der Landwirtschaft verwertet. Die übrigen Schlämme werden in Anlagen außerhalb von Schleswig-Holstein mitverbrannt.

Die Neuausrichtung der Klärschlammverwertung wird in den kommenden Jahren einschneidende Veränderungen bei der Verwertung der anfallenden Klärschlämme in Schleswig-Holstein mit sich bringen. Für Schleswig-Holstein besteht die Herausforderung darin, die derzeitige Verwertungsstruktur nahezu komplett umzustellen und geeignete thermische Behandlungskapazitäten unter Berücksichtigung der Phosphorrückgewinnung aufzubauen. Vor diesem Hintergrund hat Schleswig-Holstein einen Abfallwirtschaftsplan Klärschlamm erarbeitet, der Anfang 2021 veröffentlicht wurde (<https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/A/abfallwirtschaft/abfallwirtschaftsplaene>). Um die betroffenen Akteure bei der Neuordnung der Klärschlamm Entsorgung einzubinden, wurde die Erarbeitung des AWP Klärschlamm durch einen Klärschlammbeirat begleitet. Mit diesem AWP wird aufgezeigt, wie die zukünftige Klärschlamm Entsorgung im Land organisiert werden kann und welche Anforderungen hierbei zu berücksichtigen sind. Die zentralen Entsorgungsoptionen sind die beiden geplanten Klärschlammmonoverbrennungsanlagen in Kiel und Stapelfeld. An einer dieser geplanten Anlagen soll es zukünftig auch die Möglichkeit zur P-Rückgewinnung aus der Klärschlamm asche am Standort geben.

18 Phosphorrückgewinnung in Thüringen

In Thüringen fallen jährlich etwa 35.000 Mg Klärschlamm-Trockenmasse an. Im Jahr 2016 wurden davon 70 %, im Jahr 2020 noch 44 % bodenbezogen verwertet. Bei den ab dem Jahr 2032 zur Phosphorrückgewinnung verpflichteten Klärschlammernzeugern fallen jährlich ca. 20.000 Mg Klärschlamm-Trockenmasse an.

Die Umsetzung der rechtlichen Vorgaben der Klärschlammverordnung obliegt den Trägern der Abwasserentsorgung und unterliegt somit der kommunalen Selbstverwaltung. Die Landesregierung beabsichtigt nicht, den kommunalen Aufgabenträgern für die Erfüllung dieser Aufgabe landesspezifische Vorgaben zu machen.

Der auf Initiative einiger Ost-Thüringer Zweckverbände 2018 begonnene Austausch der kommunalen Aufgabenträger zur Vorbereitung der notwendigen technischen und organisatorischen Entscheidungen zur Umsetzung der Phosphorrückgewinnungspflichten aus der Klärschlammverordnung und zu Möglichkeiten der interkommunalen Zusammenarbeit hat 2021 zur Gründung des Zweckverbands zur kommunalen Klärschlammverwertung Thüringen (KKT) geführt. Der KKT übernimmt zukünftig die Teilaufgabe Klärschlammensorgung gemäß Klärschlammverordnung für seine kommunalen Verbandsmitglieder und wird ca. 50 % der Klärschlammmenge der ab 2032 zur Phosphorrückgewinnung verpflichteten Klärschlammernzeuger entsorgen. Zur Umsetzung soll auch der Bau und Betrieb einer eigenen Anlage durchgerechnet werden sowie eine mögliche Kooperation mit ähnlich organisierten kommunalen Netzwerken in benachbarten Bundesländern geprüft werden. Die weiteren Kläranlagen mit mehr als 50.000 EW verfolgen andere Optionen. Das Umweltressort begleitet die Aktivitäten der kommunalen Aufgabenträger auf fachlicher Ebene.