

**Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Die Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen

Schlussbericht

Impressum

Herausgeber: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

Erstellt durch: **Sweco GmbH (Konsortialführung)**

Graeffstraße 5
50823 Köln
50771 Köln
T + 49 221 57402-0
E koeln@sweco-gmbh.de
W www.sweco-gmbh.de

FHNW
Fraunhofer ISI
DPP
talanwälte
ATEMIS

Bearbeitung:

Sweco GmbH
Dr. Demet Antakyali
Sandra Ante
Dr. Heinrich Herbst

Hochschule für Life Science FHNW

Dr. Anders Nättorp
Dr. Nadja Rastetter
Matthias Mahler

Fraunhofer ISI

Dr. Dr. Christian Sartorius
Dr. Thomas Hillenbrand

DPP/ Isle Utilities GmbH

Dr. Daniel Frank
Tabea Knickel

talanwälte

Dr. Patrick Blümcke

ATEMIS GmbH

Prof. Dr. Markus Grömping

Bearbeitungszeitraum: Dezember 2018 – November 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	7
2	Rechtliche und organisatorische Fragestellungen bezüglich der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung	9
2.1	Übersicht zu den in diesem Kapitel betrachteten Themen bzw. Vorgehensweise	9
2.2	Rechtsrahmen	10
2.2.1	Aufgabenstellung	10
2.2.2	Reichweite, Anwendungsbereich der AbfKlärV	10
2.2.3	Phosphorrückgewinnung für Anlagen < 50.000 EW	15
2.2.4	Umgehung der Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung	17
2.2.5	Abfallrecht	18
2.2.6	Europäische Klärschlammrichtlinie (86/278/EWG)	19
2.2.7	Wasserrecht	20
2.2.8	Düngerecht	23
2.2.9	Bodenschutzrecht	26
2.2.10	Bioabfallverordnung	27
2.3	Vermischung vor Phosphorrückgewinnung	27
2.3.1	Vermischung, Verdünnung nach allgemeinem Abfallrecht (KrWG)	27
2.3.2	Getrennthaltungsgebot, Vermischungsverbot gemäß AbfKlärV	28
2.4	Importierter Klärschlamm	34
2.4.1	Rechtsrahmen Abfallimport	35
2.4.2	Geltung	35
2.4.3	Verfahren	35
2.4.4	Rollen	36
2.4.5	Notifizierungspflicht für den Import von Klärschlamm	37
2.4.6	Besondere Vorgaben der AbfKlärV	37
2.4.7	Einwände bei Nichtzuführung zur Phosphorrückgewinnung	37
2.5	Langzeitlagerung von Aschen	38
2.5.1	Langzeitlagerung	38
2.5.2	Pflichten der Beteiligten	40
2.5.3	Eigentum	45
2.6	Abfallende	45

2.6.1	Ende der Abfalleigenschaft	45
2.6.2	REACH-Verordnung ((EG) Nr. 1907/2006)	50
2.7	Vermarktung, Herstellerverantwortlichkeit	50
2.7.1	Akzeptanz	51
2.7.2	Wege zur Marktdurchsetzung	52
2.7.3	Herstellerverantwortlichkeit	53
2.8	Finanzierung	54
2.8.1	Finanzierung durch Gebühren gemäß Kommunalabgabengesetz (KAG)	55
2.8.2	Finanzierung über die Abwasserabgabe	59
2.8.3	Finanzierung über Maßnahmen zur Subventionierung des Phosphorrecyclings, insbesondere eine spezifische Förderung von Verfahren bis zur Marktreife	59
2.8.4	Finanzierung über Einführung einer Rechtspflicht von Düngemittelherstellern zur Abnahme von Phosphor-Rezyklaten	61
2.8.5	Prüfung der Erstattung von Kosten für die Phosphorrückgewinnung	62
2.9	Organisationsformen zum gemeinsamen Betrieb von Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm und zur Phosphorrückgewinnung	65
2.9.1	Rechtscharakter der Tätigkeiten der Klärschlammherzeuger	65
2.9.2	Organisationsformen	67
2.9.3	Vergaberecht	83
2.10	Logistik	88
2.10.1	National	88
2.10.2	Grenzüberschreitend	88
2.11	Risikoanalyse	89
3	Stand der Klärschlammentsorgung in NRW	92
3.1	Datengrundlage und methodisch-strukturelle Vorgehensweise	92
3.2	Auswertung der Daten zur Klärschlammentsorgung in NRW	93
3.2.1	Klärschlammaufkommen und Entsorgungsmengen	93
3.2.2	Landwirtschaftliche Klärschlammentsorgung	96
3.2.3	Anlagen zur thermischen Klärschlammentsorgung	98
3.2.4	Phosphorgehalt im Klärschlamm	104
3.3	Entwicklungen auf dem Klärschlammentsorgungsmarkt	106
3.3.1	Initiativen zum Phosphor-Recycling	106
3.3.2	Entwicklungen im Bestand der Klärschlammverbrennungsanlagen	107
3.3.3	Planung neuer KSVA	108
3.3.4	Aktuelle Entwicklung der Mitverbrennung von Klärschlamm	109

4	Darstellung und Charakterisierung erfolgversprechender Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammmaschen	111
4.1	Entwicklungen bei Phosphorrückgewinnungsverfahren	111
4.2	Vorgehensweise	112
4.2.1	Übersicht	112
4.2.2	Verfahrensauswahl	112
4.2.3	Etablierung einheitlicher Verfahrensdaten	113
4.2.4	Massenbilanz und Kostenabschätzung	115
4.2.5	Erarbeitung Steckbriefe und Charakterisierung	116
4.3	Diskussion zur Verfahrenscharakterisierung und Steckbriefe	119
5	Szenarien der zukünftigen Phosphorrückgewinnung im Kontext der Klärschlamm Entsorgung	125
5.1	Vorbemerkungen	125
5.2	Vorgehen	125
5.2.1	Auswahl der Szenarien	125
5.2.2	Berechnung der Szenarien	126
5.3	Ergebnisse der Szenarienauswertung	127
5.3.1	Die Szenarien im Überblick	127
5.3.2	Szenario "Mono-Verbrennung aller Klärschlämme"	129
5.3.3	Szenario „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“	137
5.3.4	Szenario „Einbeziehung der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“	138
5.3.5	Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“	140
5.4	Zusammenfassung der Szenarien-Auswertung	142
6	Kostenabschätzungen der Szenarien	143
6.1	Methodik zur Kostenabschätzung	143
6.1.1	Bilanzrahmen	143
6.1.2	Investitionen und Abschreibung	145
6.1.3	Langzeitlagerung	146
6.2	Kostenabschätzung für das Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“	147
6.3	Kostenabschätzung für das Szenario „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“	148
6.4	Kostenabschätzung für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“	150

7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Phosphorrückgewinnungsstrategie in NRW	152
8	Literaturverzeichnis	160
9	Anhang	162
9.1	Institutionen und Mitglieder des projektbegleitenden Arbeitskreises	162
9.2	Vorlage Fragebogen zur Datenabfrage der Technologieanbieter zur Bewertung von Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammmaschen in Nordrhein-Westfalen (NRW)	163
9.3	Materialeinsatz-Typen	168
9.4	Schema Kostenberechnung Phosphorrückgewinnungsverfahren	169
9.5	Kurzbeschreibung und Kontaktdaten ausgeschlossener Verfahren	171
9.6	Verfahrenssteckbriefe	174

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Ende Wasserrecht, Beginn Abfallrecht	15
Abbildung 3-1: Lage der Kläranlagen der GK 4b und GK 5 in NRW	94
Abbildung 3-2: Kläranlagen GK 4b und GK 5 nach Verbandszugehörigkeit (Stand 2017)	94
Abbildung 3-3: Aufteilung der Klärschlamm Entsorgungswege in NRW (Stand 2017)	95
Abbildung 3-4: Klärschlamm Entsorgungswege in NRW nach Bezirksregierungen (Stand 2017)	95
Abbildung 3-5: Landwirtschaftlich entsorgende Kläranlagen in NRW nach Größenklassen (Stand 2017)	96
Abbildung 3-6: Klärschlamm Mengen in landwirtschaftlich entsorgenden Kläranlagen in NRW (Stand 2017)	97
Abbildung 3-7: Aufteilung der Klärschlamm Entsorgungswege im Regierungsbezirk Detmold 2017 (links) und 2018 (rechts)	97
Abbildung 3-8: Thermisch entsorgte Klärschlamm Mengen in NRW (Stand 2017)	98
Abbildung 3-9: Prozentuale Verteilung in der thermischen Klärschlamm Verwertung in NRW (Stand 2017)	99
Abbildung 3-10: Standorte der Mono-KSVA in NRW mit Klassifizierung des Durchsatzes	100
Abbildung 3-11: Kläranlagen der GK 4b und 5 klassifiziert nach dem Phosphorgehalt im Klärschlamm	104
Abbildung 5-1: Einzugsgebiete der KSVA in NRW nach Ausschöpfung der verfügbaren freien Kapazitäten im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“	134
Abbildung 5-2: Kläranlagen ohne Festlegung auf Mono-Klärschlammverbrennung und ihre Eignung für die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage	141
Abbildung 6-1: Bilanzrahmen für die Kostenabschätzung zu den Szenarien	143
Abbildung 6-2: Betrachtungsgrenzen zur Kostenabschätzung für die Szenarien	144
Abbildung 9-1: Abhängigkeit des Produkterlös vom in NAC löslichem P ₂ O ₅ in Superphosphaten	171

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Zitierweise der AbfKlärV	10
Tabelle 2-2:	Erfordernis der Notifizierung für grenzüberschreitende Abfall-Transporte	36
Tabelle 2-3:	Kriterien für die Akzeptanz von P-Rezyklaten im Ökolandbau	51
Tabelle 3-1:	Verteilung der Kläranlagen in NRW nach Größenklassen	93
Tabelle 3-2:	Klärschlammverbrennungsanlagen in NRW mit Angabe des Durchsatzes	99
Tabelle 3-3:	Rechnerische Auslastung der KSVA in NRW (Stand 2017)	101
Tabelle 3-4:	Entsorgungskapazitäten der KSVA in NRW (Stand 2018)	101
Tabelle 3-5:	Kohlekraftwerke in NRW mit Angabe des Durchsatzes	102
Tabelle 3-6:	Zementwerke in NRW mit Angabe des Durchsatzes	103
Tabelle 3-7:	Sonstige Verbrennungsanlagen in NRW mit Angabe des Durchsatzes	103
Tabelle 3-8:	Durchsatz der Kohle-Veredelungsanlagen in NRW (Stand 2018)	103
Tabelle 3-9:	Phosphorgehalte im Klärschlamm der GK 4b und GK 5	105
Tabelle 3-10:	Entsorgungswege des Klärschlammes klassifiziert nach dem P-Gehalt	105
Tabelle 4-1:	Beschreibung der technischen Reifegrade von der Pilotierung (TRL 6) bis zur Marktreife (TRL 9). Quelle: TÜV Rheinland	113
Tabelle 4-2:	Finale Liste der beteiligten Technologieanbieter und deren Phosphorrückgewinnungsverfahren in den vier Kategorien (K)	113
Tabelle 4-3:	Ausgeschlossene Verfahren	114
Tabelle 4-4:	Systemgrenzen für die Betriebskostenabschätzung zur Charakterisierung	115
Tabelle 5-1:	Kapazitäten der KSVA für kommunalen Klärschlamm in NRW	131
Tabelle 5-2:	Dem Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ zugrundeliegende aktuelle und aktuell geplante Mono-Verbrennungskapazitäten für Klärschlamm aus NRW	133
Tabelle 5-3:	Entfernungen (in km) zwischen Chemieparks und KSVA in NRW	136
Tabelle 5-4:	Optimierte Standorte für die semi-zentrale Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammmasche am Beispiel von Chemieparks	137
Tabelle 5-5:	Für die Mitverbrennung von Klärschlamm im Szenario berücksichtigte Kraftwerke	138
Tabelle 6-1:	Klärschlamm-mengen des Szenarios „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“	147
Tabelle 6-2:	Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“	147

Tabelle 6-3:	Klärschlamm-mengen des Szenarios „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“	149
Tabelle 6-4:	Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Einbeziehung Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“	150
Tabelle 6-5:	Klärschlamm-mengen des Szenarios des Szenarios „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“	151
Tabelle 6-6:	Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“	151
Tabelle 9-1:	Grundlagen und Berechnung Investitionskosten (CAPEX)	169
Tabelle 9-2:	Grundlagen und Berechnung Output-Erlös	169
Tabelle 9-3:	Grundlagen und Berechnung Betriebskosten (OPEX)	170

Glossar

AbfallR	Zeitschrift für Abfallrecht
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AbfVerbrG	Abfallverbringungsgesetz
AbfRRL	Abfallrahmenrichtlinie
ABI	Amtsblatt der Europäischen Union
AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AK	Arbeitskreis
Alt.	Alternative
AO	Abgabenordnung
AöR	Anstalt des öffentlichen Rechts
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
Art.	Artikel
ATV	Abwassertechnische Vereinigung
AVR	Auftragsvergaberichtlinie
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BFH	Bundesfinanzhof
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGH	Bundesgerichtshof
BGHZ	Bundesgerichts in Zivilsachen, offizielle Entscheidungssammlung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BR-Drs.	Bundesratsdrucksache
BT-Drs.	Bundestags-Drucksache
BVerfGE	Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts, offizielle Entscheidungssammlung
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
CAPEX	Investitionskosten (capital expenditure)
ChemG	Chemikaliengesetz
CLP	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen
DepV	Deponieverordnung
DK	Deponieklasse
DPP	Deutsche Phosphor-Plattform e.V.
DüngeG	Düngegesetz
DüV	Düngeverordnung
DüMV	Düngemittelverordnung
GK	Kläranlagen-Größenklasse
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
eKS	entwässerter Klärschlamm
EL	Ergänzungslieferung

EStG	Einkommensteuergesetz
EuGH	Europäischer Gerichtshof
Euwid	Recycling und Entsorgung
EW	Einwohnerwert
FF-Extraktion	Flüssig-Feststoff-Extraktion
FS	Faulschlamm
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung
GewStG	Gewerbesteuergesetz
GG	Grundgesetz
GK	Größenklasse (einer Kläranlage)
GkG	Gesetz über kommunale Gemeinschaftsarbeit (GkG NRW)
GKU	Gemeinsame Kommunalunternehmen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GmbHG	GmbH-Gesetz
GO	Gemeindeordnung
GV NW	Gesetz- und Verordnungsblatt Nordrhein-Westfalen
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
HGB	Handelsgesetzbuch
Hs.	Halbsatz
InsO	InsolvenzverordnungKA Kläranlage
KAG	Kommunalabgabengesetz
KKR	Klärschlammkooperation Rheinland
KKW	Kohlekraftwerk
Kro NW	Kreisordnung für das Land Nordrhein-Westfalen
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KS	Klärschlamm
KSA	Klärschlammmasche
KStG	Körperschaftsteuergesetz
KStZ	Kommunale Steuer-Zeitschrift
KSVA	Klärschlammverbrennungsanlage
KSVB	Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH
LABfG	Landesabfallgesetz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
LDüngVO	Landesdüngeverordnung
LWG	Landeswassergesetz
MitVA	Mitverbrennungsanlage (zur Klärschlamm Entsorgung)
mwN	mit weiteren Nachweisen
NAC	Neutrales Ammoniumcitrat
NJW	Neue Juristische Wochenschrift
NVwZ	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
KSVA	(Mono) Klärschlammverbrennungsanlage
NRW	Nordrhein-Westfalen
OPEX	Betriebskosten (operational expenditure)
OVG	Oberverwaltungsgericht
P	Phosphor
ProdHaftG	Produkthaftungsgesetz

PS	Primärschlamm
REACH	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe
RL	Richtlinie
Rn	Randnummer
S.	Satz oder Seite
SSP	Single-Superphosphat
StGB	Strafgesetzbuch
StoffBilV	Stoffstrombilanzverordnung
TM	Trockenmasse
TRL	Technologischer Reifegrad (Technology Readiness Level)
TS	Trockensubstanz
TS KS	Trockensubstanz Klärschlamm
TSP	Tripel-Superphosphat
UBA	Umweltbundesamt
ÜS	Überschussschlamm
VBIBW	Verwaltungsblätter für Baden-Württemberg
VG	Verwaltungsgericht
VGH	Verfassungsgerichtshof
VVA	Abfallverbringungsverordnung
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WVG	Wasserverbandsgesetz

Zusammenfassung

Hintergrund

Phosphor ist ein nicht substituierbarer Rohstoff, dessen Verfügbarkeit als global relevanter Engpass für die Düngung und die Nahrungsmittelversorgung identifiziert wurde. Da Deutschland keine eigenen Phosphaterzvorkommen besitzt, soll zukünftig der im Abwasser enthaltene Phosphor zurück in den Kreislauf geführt werden. Der gesetzliche Rahmen hierfür wurde 2017 durch die novellierte Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und die novellierte Düngeverordnung (DüV) geschaffen. Mit der Umsetzung der Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung sind insbesondere die Betreiber von Kläranlagen, von Klärschlammverbrennungsanlagen und von Mitverbrennungsanlagen betroffen, ebenso die Technologieanbieter für eine Phosphorrückgewinnung sowie die Düngemittelindustrie. Eine Bestandaufnahme und eine ganzheitliche Betrachtung der betroffenen Branchen können zur Ableitung der Handlungsbedarfe bzw. -optionen eine wichtige Grundlage darstellen. Vor diesem Hintergrund hat das Umweltministerium NRW Ende 2018 die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) P-Strategie zur Durchführung des Projekts „Die Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen“ beauftragt. Mit Hilfe des Projektes sollte für die betroffenen Akteure Transparenz hinsichtlich der relevanten Rahmenbedingungen hergestellt werden. Der Schwerpunkt lag bei den technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten für eine sichere Entsorgung der relevanten Klärschlämme.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die am 3.10.2017 in Kraft getretene AbfKlärV verpflichtet Klärschlammherzeuger größerer Kläranlagen dazu, ihren abschließend behandelten Klärschlamm ab 2029 für Kläranlagen ab 100.000 EW einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen; die bodenbezogene Verwertung wird unzulässig. Diese Regelung betrifft ab 2032 auch die Kläranlagen ab 50.000 EW. Klärschlamm aus kleinen Kläranlagen darf nach der AbfKlärV auch weiterhin bodenbezogen verwertet werden. Dennoch schränkt die Düngeverordnung bereits jetzt die landwirtschaftliche, bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm stark ein.

Phosphorrückgewinnung ist eine abfallrechtliche Pflicht. Phosphorrückgewinnungsverfahren in der „flüssigen Phase“ auf der Kläranlage unterliegen dem Wasserrecht, das keine Phosphorrückgewinnungspflicht vorsieht. Die Phosphorrückgewinnung aus dem Abfall Klärschlamm oder aus Klärschlammverbrennungsaschen ist rechtlich gleichwertig. Die AbfKlärV gilt in gleichem Maß auch für importierten Klärschlamm.

Klärschlämme, die der Phosphorrückgewinnung unterliegen, dürfen untereinander nur vermischt werden, wenn sie vor der Vermischung einen Phosphorgehalt von 20 g/kg oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweisen. Klärschlammverbrennungsaschen aus Klärschlammverbrennungsanlagen dürfen in einem Langzeitlager mit Aschen aus der Klärschlammmitverbrennungsanlage gemeinsam gelagert werden. Eine Vermischung der Aschen mit anderen Abfällen oder Stoffen im Langzeitlager ist dagegen grundsätzlich unzulässig.

Klärschlammherzeuger stehen am Anfang einer Kette von vielen an der Entsorgung und Phosphorrückgewinnung Beteiligten. Ihre abfallrechtliche Pflicht, Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, ist eine erfolgsgerichtete Pflicht, für deren Erfolgseintritt die Klärschlammherzeuger haften. Daraus erwachsen besondere Pflichten bei der Auswahl der weiteren Beteiligten und für die Prüfung der rechtlichen Zulässigkeit der vorgesehenen Entsorgung.

Für die Vermarktung des Phosphor-Rezyklats entscheidend ist das Erreichen des Abfallendes. Wird Phosphor aus Klärschlamm gemäß den Vorgaben der europäischen Düngemittelverordnung gewonnen, ist das Abfallende bereits mit dem Gewinnen des Phosphors erreicht. Sekundär-Phosphor kann dann als Produkt an Düngemittelhersteller vermarktet werden, was die Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnung deutlich erhöht.

Die Phosphorrückgewinnung aus der flüssigen Phase kann nicht über Gebühren finanziert werden. Das hier anwendbare Wasserrecht sieht keine Phosphorrückgewinnungspflicht vor. Dagegen sind die Kosten der Phosphorrückgewinnung aus dem Abfall Klärschlamm sowie aus den Aschen als betriebsbedingte Kosten gebührenfähig, sofern die Schlämme der Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegen. Das kann grundsätzlich auch Kosten der Langzeitlagerung umfassen. Kosten, die bereits vor 2029 und damit vor dem Beginn der Pflicht zur Phosphorrückgewinnung anfallen, können in Teilen gebührenfähig sein. Dazu gehören etwa Kosten im Zusammenhang mit der für 2023 geltenden Berichtspflicht der Klärschlammherzeuger, aber auch Prüfungen in den Bereichen Organisation und Investition. Nicht vor 2029 gebührenfähig sind Kosten für Planung und Herstellung von Anlagen, sofern sie Herstellungs- und Anschaffungskosten sind; sie können erst ab Inbetriebnahme der Anlagen angesetzt werden. Besondere Herausforderungen werden an die Planung gestellt: Kapazitätsreserven sind gebührenfähig, Überkapazitäten nicht.

Eine Finanzierung über Sonderabgaben scheitert an hierfür entwickelten engen, finanzverfassungsrechtlichen Voraussetzungen. Eine Umlagefinanzierung entsprechend der EEG-Umlage ist aber möglich.

Eine Rechtspflicht zum Einsatz von Rezyklaten existiert nach derzeitiger Rechtslage nicht, kann aber über noch zu erlassende Verordnungen erreicht werden. Ins Leere läuft die Rechtspflicht, wenn es an Qualität und Quantität der Rezyklate mangelt. Da die Rechtspflicht nur national regelbar ist, besteht zudem die Gefahr, dass Endnutzer auf günstigen Primär-Rohstoff-Dünger aus benachbarten EU-Staaten zurückgreifen.

Zur Umsetzung der AbfKlärV werden sich Kommunen zusammenschließen. Ihnen stehen öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Kooperationsformen zur Verfügung. Unter den öffentlich-rechtlichen Kooperationsformen wird das Gemeinsame Kommunalunternehmen favorisiert. Es ist der GmbH nachgebildet, die wiederum die favorisierte privatrechtliche Organisationsform ist. Die interkommunale Zusammenarbeit unterliegt grundsätzlich dem Vergaberecht. Es ist im Rahmen der Ermittlung, wer wie mit wem kooperiert, zwingend zu prüfen. Dabei sollte allerdings nicht die Vermeidung der Ausschreibung im Vordergrund stehen, sondern in welchem Rahmen und mit welcher Kooperationsform die Beteiligten langfristig am besten ihre Ziele erreichen.

Abfallrechtlich gelten keine besonderen Anforderungen an die Logistik, da es sich bei kommunalen Klärschlämmen regelmäßig um nicht gefährlichen Abfall handelt. Sofern Klärschlamm, der in Deutschland der Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegt, exportiert werden soll, kann der Export mit einem Einwand unterbunden werden, wenn im Empfangsstaat keine Phosphorrückgewinnungspflicht gilt.

Stand der Klärschlamm Entsorgung in NRW

In NRW wurden 2017 seitens des LANUV 610 Kläranlagen, fünf Klärschlammbehandlungsanlagen und acht Zwischenlager geführt. Auf Grund der novellierten Klärschlammverordnung besteht für 77 Kläranlagen der GK 4b bzw. für 71 Kläranlagen der GK 5 nach 2032 bzw. 2029 Handlungsbedarf hinsichtlich der Phosphor-Rückgewinnung. Bezogen auf das gesamte Klärschlamm aufkommen in NRW von rund 388.000 t TM im Jahr 2017 erzeugten die „zuführungspflichtigen“ Kläranlagen der GK 4b und GK 5 mit rund 315.000 t TM ca. 82 % der Klärschlämme.

Im Jahr 2017 wurden in NRW insgesamt 380.194 t TM Klärschlämme entsorgt. Davon wurde rund 89 % verbrannt und 8 % landwirtschaftlich verwertet. Andere Entsorgungswege waren von untergeordneter Bedeutung. Von den thermisch entsorgten Klärschlämmen wurden 50,7 % in den Klärschlammverbrennungsanlagen und weitere 39,8 % in den Kohlekraftwerken verbrannt. Der Entsorgungsanteil in Zementwerken betrug 7,5 %.

Die Aktualisierung der entsorgten Klärschlamm mängen für das Jahr 2018 ergab 370.519 t TM/a. In den sechs Klärschlammverbrennungsanlagen in NRW wurden 2018 insgesamt 186.767 t TM Klärschlämme thermisch entsorgt, davon ca. 72 % Klärschlämme aus NRW. Weitere 208.777 t TM Klärschlämme wurden in den drei Kohleveredlungsanlagen der RWE mitverbrannt, die Klärschlämme aus NRW hatten darunter einen 42%-igen Anteil.

In NRW haben sich seit dem Inkrafttreten der AbfklärV im Jahr 2017 viele Wasserverbände und verbandsfreie Kläranlagen zu Kooperationen zusammengeschlossen, um ein gemeinsames Entsorgungskonzept zu verfolgen. Die in den Kooperationen verfolgten Entsorgungskonzepte sehen oft die thermische Vorbehandlung des Klärschlammes in Mono-KSVA mit einer anschließenden Phosphorrückgewinnung aus der Asche vor.

Insgesamt 28 Kläranlagen der GK 4b und GK 5 gehören weder zu einer Klärschlammkooperation noch zu einem Wasserverband und verfügen noch nicht über ein klares Phosphorrückgewinnungskonzept. Die Klärschlammmenge aus diesen Anlagen beträgt 44.680 t TM/a (Stand 2018).

Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Verfahren zur Phosphorrückgewinnung entwickelt und die erfolgsversprechenden Verfahren wurden in den Pilotmaßstab übertragen. Im Vollmaßstab sind davon aktuell erst wenige Verfahren verfügbar. Derzeit befinden sich noch eine geringe Anzahl der Verfahren in der Planungs- bzw. Bauphase.

Um den Stand der Verfahren bzw. Vorgehensweisen zur Verwertung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors abbilden zu können, wurden elf Verfahren für eine nähere Betrachtung im Projekt ausgewählt, welche im Hinblick auf einer Realisierung bis 2029 technisch und wirtschaftlich am erfolgversprechendsten erscheinen.

Für die ausgewählten Verfahren wurden vorhandene Prozessdaten und Erfahrungen aus aktuellen Grundlagenprojekten zu Phosphorrückgewinnung mit den Technologieanbietern ergänzt und abgestimmt. Standardisierte Betriebskosten (Personal, Energieverbrauch, Rohstoffverbrauch und Abfallentsorgung) und Produkterlöse wurden auf Basis der validierten Energie- und Massenbilanzen berechnet. Investitionskosten (Bau- und Maschinentchnik) wurden mit Abschreibung und Zinskosten ermittelt. Aus diesen Informationen wurden zwei Dokumente zur Veröffentlichung erarbeitet und mit den Technologieanbietern validiert. Einerseits wurde jedes Verfahren mit Hilfe eines Punktesystems in elf Kriterien aus den Kategorien Technologie, Umwelt und Wirtschaftlichkeit charakterisiert, wodurch Interessenten einen schnellen Überblick über die Stärken und Schwächen der einzelnen Verfahren und die Unterschiede zwischen den Verfahren erhalten. Andererseits wurde für jedes Verfahren ein einheitlich aufgebauter Steckbrief erstellt, womit ein ausführlicher Einblick in die Funktion und Eigenschaften der einzelnen betrachteten Verfahren ermöglicht wird. Die betrachteten Verfahrenstypen weisen dabei je nach technischem Ansatz folgende Gemeinsamkeiten auf:

- Die auf Rücklösung aus nicht entwässertem Schlamm basierten Verfahren wie AirPrex®, PhosForce und das Stuttgarter Verfahren haben auf Grund der verdünnten und Organik-haltigen Matrix nur begrenzte Phosphorausbeuten und somit niedrigere Produkterlöse.
- EuPhoRe® und Pyrophos behandeln Klärschlamm thermisch und bieten somit eine Kombination aus Entsorgung und Phosphorrückgewinnung. AshDec® behandelt Asche thermisch, um die Qualität des Outputmaterials zu erhöhen.
- Die drei Aschelaugungsverfahren (Ecophos®, Parforce, Phos4Life), insbesondere Phos4Life, setzen auf eine umfassende Auftrennung der Aschematrix in einzelne Komponenten, wodurch die P-Ausbeute, der Produkterlös und der Grad der Kreislaufführung steigen. Allerdings nehmen dadurch aber auch die Komplexität und die Kosten der Verfahren zu.
- Der Ascheinsatz in der Düngewirtschaft als Rohstoff oder Fertigprodukt ist hingegen prozesstechnisch einfacher, da keine Schadstoffausschleusung vorgenommen wird, was sich wiederum positiv auf die Kosten auswirkt.

Schlussfolgernd haben alle betrachteten Verfahren einen ausreichenden Entwicklungsstand, um technisch für eine Umsetzung im Jahr 2029 in Frage zu kommen. Eine Umsetzung scheint auch aus wirtschaftlicher Sicht für alle Verfahren realistisch zu sein, da die zusätzlichen Kosten nur einen geringen Anteil (<5 %) der Abwassergebühren ausmachen würden. Rechtlich ist zu erwarten, dass das Abfallende

der Outputmaterialien erreicht wird und somit keine zusätzliche Hürde darstellen sollte. Im Laufe der Umsetzung der Anforderungen der AbfklärV könnte aber die begrenzte Löslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat den Einsatz mancher Outputs erschweren. Dennoch können alle der näher beschriebenen Technologien für verschiedene P-Rückgewinnungsszenarien in NRW berücksichtigt werden und einen Beitrag zu einer erfolgreichen Umsetzung leisten.

Szenarienausarbeitung

Um sich die Folgen der Umsetzung der AbfklärV hinsichtlich der Klärschlamm Entsorgung und der in diesem Zusammenhang stattfindenden Phosphorrückgewinnung klarzumachen, kommen Szenarien zum Einsatz, mit deren Hilfe Aussagen über Zustände in der Zukunft gemacht werden können, deren Zustandekommen mit Unsicherheiten behaftet sind. In NRW stellen sich vor diesem Hintergrund unter anderem folgende grundlegende Fragen:

- Welche Möglichkeiten der Phosphorrückgewinnung bestehen, wenn die Klärschlamm Entsorgung in den vom AbfklärV betroffenen Kläranlagen ausschließlich mittels Klärschlamm-Monoverbrennung?
- Was ändert sich, wenn auch kleinere Kläranlagen (< 50.000 EW) von der Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung betroffen sind?
- Welche Möglichkeiten zur Phosphorrückgewinnung bestehen, wenn ein Teil des Klärschlammes in Kohlekraftwerken mitverbrannt wird?
- Welche Ansätze zur Phosphorrückgewinnung jenseits der Rückgewinnung aus der Asche gibt es, mit denen den Anforderungen der novellierten AbfklärV Rechnung getragen werden kann?

Diesen Fragen entsprechend wurden vier Szenarien untersucht:

- „Klärschlamm-Monoverbrennung aller Klärschlämme“,
- „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“,
- „Einbeziehung der Mitverbrennung in Kraftwerken“ sowie
- „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“.

Schon heute befinden sich so viele Klärschlammverbrennungsanlagen in der Planung, dass ein Großteil des in NRW anfallenden Klärschlammes in NRW unabhängig von der Kläranlagengröße in Klärschlammverbrennungsanlagen monoverbrannt und Phosphor aus der Asche zurückgewonnen werden könnte. Die Phosphorrückgewinnung aus der Asche im Anschluss einer Verbrennung würde sich stärker ausprägen, wenn es gelänge, die Asche aus der Mitverbrennung des Klärschlammes mit ascheärmer Kohle in Kohlekraftwerken als Phosphorquelle nutzbar zu machen. Im Vergleich dazu sind die Rahmenbedingungen für eine Phosphorrückgewinnung aus Faulschlamm auf Kläranlagen in NRW mit knapp über zehn Prozent des anfallenden Klärschlammes gegeben.

Kostenabschätzung der Szenarien

Im Rahmen der Kostenabschätzung wurden die Investitions- und Betriebskosten der neu zu errichtenden Anlagen in NRW nach den oben beschriebenen Szenarien bestimmt. Als Bilanzraum wurden die Behandlungsstufen, von der Trocknung des entwässerten Klärschlammes bis zur dessen Entsorgung (ggf. auch als Asche) betrachtet. Darunter sind die thermischen Verfahren Klärschlamm Trocknung bzw. -verbrennung sowie die Phosphorrückgewinnung zu nennen.

Der Bedarf der zu errichtenden Anlagen wurden unter Betrachtung der Bestandskapazität der thermischen Entsorgungsanlagen in NRW berechnet, die voraussichtlich auch nach dem Jahr 2029 zur Verfügung stehen werden. Zur Berechnung wurden unter der Annahme von gleichbleibenden Klärschlamm-mengen die in NRW erzeugten Klärschlamm-mengen vom Jahr 2018 herangezogen. Auf Basis von aktuellen Umsetzungen zur Klärschlamm Trocknung und -verbrennung bzw. den Validierungen, die im Rahmen dieses Projekts mit Technologieanbietern zur Phosphorrückgewinnung durchgeführt wurden, wurden für

die obengenannten Behandlungsstufen mengenspezifische Kosten ermittelt. Je nach Bedarf in jedem Szenario wurden anschließend Szenarienkosten abgeschätzt. Derzeit liegen teilweise genauere Informationen zu den beabsichtigten konkreten Anlagen vor, dennoch nicht flächendeckend. Aus diesem Grund wurde die Kostenabschätzung für das jeweilige Szenario für die gesamte zu behandelnden Klärschlamm- bzw. Aschemenge basierend auf einen verallgemeinerten Kostenansatz durch die ermittelten spezifischen Kosten durchgeführt.

Im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ haben die Bestandsanlagen, die auch nach dem Jahr 2029 betrieben werden sollen, eine Kapazität von 182.636 t TM/a. Um den Gesamtentsorgungsbedarf in NRW abdecken zu können, müssen weitere Klärschlamm-trocknungs- bzw. Klärschlammverbrennungsanlagen mit einer Kapazität von 187.883 t TM/a errichtet werden. Die Jahreskosten für die neuen Anlagen, inklusive Phosphorrückgewinnung summieren sich auf 72 -135 Mio. €/a für NRW. Diese Kosten beziehen sich auf den Neubau von oben aufgeführten Anlagen.

Im Szenario „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“ werden die bestehenden i.d.R. zur Kohleveredlung genutzten Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken in NRW in Betracht gezogen. Derzeitiger Umsatz der drei Veredelungsanlagen für Klärschlämme beträgt 208.777 t TM/a und 42 % dieser Kapazität stand 2018 für Klärschlämme aus NRW zur Verfügung. Die zukünftigen verfügbaren Kapazitäten für NRW-Schlämme in diesen Anlagen sind derzeit nicht bekannt. Es ist zu erwarten, dass die Kosten einer Phosphorrückgewinnung aus der Mischasche der Kohle und des Klärschlammes stark vom Aschegehalt der mitverbrannten Kohle abhängen. Eine veröffentlichte Kostenermittlung für solche Verfahren liegt zu diesem Zeitpunkt nicht vor. Daher konnten die spezifischen Kosten zur Rückgewinnung hierfür nur angenommen werden. Sollten die Kosten der Phosphorrückgewinnungsverfahren aus der Mischasche nach Aschegehaltangaben der DWA (2,5 %-15 %) linear ansteigen, ist eine Steigerung der spezifischen Kosten um 20 bis 115 % zu erwarten. Nach der Szenarienausarbeitung kann 46.985 t TM/a der in NRW anfallenden Klärschlämme ab dem Jahr 2029 in Kohleveredelungsanlagen mitverbrannt werden. Der restliche Bedarf der thermischen Entsorgung wird über die neuen Klärschlammverbrennungsanlagen abgedeckt. In diesem Fall liegen die Kosten dieses Szenarios zwischen 56 bis 121 Mio. €/a. Sollte die mitverbrannte Klärschlammmenge aus NRW weiterhin wie im Jahr 2018 bleiben, fallen Kosten in Höhe von 41 bis 109 Mio. €/a an. Zur Geltung dieses Szenarios muss auch die langfristige Verfügbarkeit der aschearmen Kohle zugesichert werden.

Das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“ berücksichtigt die Kläranlagen, die sich nicht im Gebiet eines Wasserverbands befinden und für die derzeit keine konkreten Planungen bekannt sind, in der Form, dass diese die direkten klärschlamm-basierten Phosphorrückgewinnungsverfahren einsetzen. Die restlichen erforderlichen Entsorgungskapazitäten werden über Klärschlammverbrennung und Phosphorrückgewinnung aus der Asche abgedeckt. Die Klärschlammmenge aus diesen Anlagen betrug im Jahr 2018 um 44.680 t TM/a. Darunter stammen 34.020 t TM/a Klärschlämme aus den Kläranlagen, die ihren Klärschlamm aktuell nicht in den Klärschlammverbrennungsanlagen entsorgen. Die Kosten für dieses Szenario summiert sich, ähnlich wie beim Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ auf 70,5-135 Mio. €/a. Die 34.020 t TM/a Klärschlämme müssen jedoch im Anschluss zur Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage für weitere 2,4 Mio. €/a thermisch entsorgt werden.

Maßnahmenempfehlungen

Die Empfehlungen aus der durchgeführten Studie für die Phosphorrückgewinnungsstrategie in NRW sind nachfolgend zusammengefasst:

- Für die Wahl eines Phosphorrückgewinnungsverfahrens hat die praktizierte Art der Klärschlamm-entsorgung entscheidende Bedeutung. Die Entscheidung für ein Verfahren sollte daher erst nach integrierter Abwägung der Vor- und Nachteile aller relevanten Kombinationen von Klärschlamm-entsorgung und Phosphorrückgewinnung erfolgen.
- Die Kläranlagenbetreiber müssen gemäß AbfKlärV zwar erst Ende 2023 ein Konzept zur Phosphorrückgewinnung aus ihrem Klärschlamm vorlegen. Wegen des aktuellen Entsorgungseinganges und

der engen Verknüpfung von Entsorgungs- und Phosphorrückgewinnungsweg sollte mit der Entwicklung des Konzeptes schon jetzt begonnen werden.

- Betreiber von Kläranlagen < 50.000 EW können de facto zur Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm gezwungen sein. Deshalb müssen auch die Betreiber dieser Kläranlagen ein Konzept für die Phosphorrückgewinnung vorlegen.
- In Anbetracht aller Kosten kann die Langzeitlagerung von Klärschlammasche mit anschließender Phosphorrückgewinnung mit höheren Kosten verbunden sein als die direkte Phosphorrückgewinnung. Deswegen und weil die Umlage dieser Mehrkosten auf die Abwassergebühren problematisch ist, sollte die Option der Langzeitlagerung ggf. einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Abwägung unterzogen werden.
- Sollte sich die Klärschlamm-Monoverbrennung in NRW in Zukunft mit entsprechenden Verbrennungskapazitäten als dominanter Entsorgungspfad etablieren und sich ein Kläranlagenbetreiber vor diesem Hintergrund für die Mono-Verbrennung mit Phosphorrückgewinnung aus der Asche entscheiden, sollte der Zugang zu einer entsprechenden Anlage zeitnah sichergestellt werden.
- Da die erforderlichen Verbrennungskapazitäten bereits vorhanden sind, kann die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammmitverbrennungasche von Kohlekraftwerken bzw. Kohleveredlungsanlagen wirtschaftlich eine vielversprechende Alternative darstellen. Angesichts der Unsicherheit der Kläranlagenbetreiber darüber, ob und unter welchen Bedingungen dies der Fall ist, fehlt bislang allerdings der Nachweis der großtechnischen Umsetzbarkeit seitens der Mitverbrennungsanlagenbetreiber.
- Liegen in der Nähe des Kläranlagenstandortes geeignete Rahmenbedingungen vor, kann anstelle der Mono-Verbrennung des Klärschlammes und der Phosphorrückgewinnung aus der Asche die direkte thermische Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm wirtschaftlich deutlich vorteilhafter sein. Interessierte Kläranlagenbetreiber sollten mit entsprechenden Technologieanbietern in Kontakt treten.
- Wenn auf einer Kläranlage aus betrieblichen Gründen sowieso eine Reduktion des Phosphor-Gehaltes im Schlamm sinnvoll ist oder ortsnah eine kostengünstige Mitverbrennungsgelegenheit für den phosphorabgereicherten Klärschlamm zur Verfügung steht, sollten Kläranlagenbetreiber eine Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage in Betracht ziehen.
- Da die Qualität des P-Rezyklats für die Höhe der Erlöse und damit die Wirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnung von großer Bedeutung ist, ist sie bei der Entwicklung des Phosphorrückgewinnungskonzeptes unbedingt zu berücksichtigen. Eine wichtige Rolle spielt dabei, ob das P-Rezyklat als Produkt oder als Abfall eingestuft wird.
- Bei Klärschlämmen mit deutlich unterschiedlichen Schadstoff- (insbesondere Schwermetall-)gehalten kann es sinnvoll sein, sie je nach Schadstoffgehalt unterschiedlichen Phosphorrückgewinnungsverfahren zuzuführen. Das gilt umso mehr, als der Schadstoffgehalt des P-Rezyklats entscheidendes Kriterium für das Erreichen des Abfallendes ist.
- Der Klärschlammherzeuger bleibt bis zum Abschluss der Phosphorrückgewinnung und bis zur ordnungsgemäßen und schadlosen Entsorgung der anfallenden Abfälle verantwortlich. Um ihm die entsprechende Kontrolle zu erleichtern, sollte die Qualitätssicherung für Klärschlamm um den Aspekt der Phosphorrückgewinnung erweitert werden.
- Bei der Wahl der besten Kooperationsform sollte der Fokus nicht darauf verengt sein, vergaberechtsfrei zu kooperieren. Das Vergaberecht steht am Anfang der Kooperation, die Kooperation selbst wird voraussichtlich für mehrere Jahrzehnte bestehen. Sie muss für die Beteiligten im Alltag ihren Zweck effizient erfüllen und für alle Beteiligten handhabbar sein. Dabei spielen zahlreiche Aspekte und individuelle Bedürfnisse der Beteiligten eine Rolle.

1 Veranlassung

Phosphor ist ein nicht substituierbarer Rohstoff, dessen Verfügbarkeit als global relevanter Engpass für die Düngung und die Nahrungsmittelversorgung identifiziert wurde. Europa hat eine Importabhängigkeit von über 90 % in Bezug auf mineralischen Phosphor. In der Folge wurde Phosphatgestein von der Europäischen Kommission im Jahr 2014 zu einem kritischen Rohstoff eingestuft. Der Hauptanteil des in der Gesellschaft verbrauchten Phosphors gelangt über das Abwasser in die kommunalen Kläranlagen und wird dort fast vollständig in den Klärschlamm, die festen Reststoffe aus der kommunalen Abwasserbehandlung, überführt. Auch Deutschland besitzt keine eigenen Phosphorlagerstätten und muss Phosphor, sofern er nicht zurückgewonnen wird, importieren. Seit Anfang 2000 wird in Deutschland diskutiert, den im Abwasser enthaltenen Phosphor zurück in den Kreislauf zu führen.

Am 3. Oktober 2017 ist die novellierte Klärschlammverordnung (AbfKlärV) in Kraft getreten, die für größere Kläranlagen grundsätzlich eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm vorschreibt. Diesen Kläranlagen ist auch die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft bzw. im Landschaftsbau untersagt. Kläranlagen der Größenklasse (GK) 5 (Ausbaugröße >100.000 EW) sind ab dem Jahr 2029 zur Rückgewinnung des Phosphors verpflichtet, wenn der Klärschlamm ≥ 20 g/kg Phosphor in der Trockenmasse enthält (entspricht ≥ 2 %). Dasselbe gilt für Anlagen der GK 4b (Ausbaugröße >50.000 EW) ab dem Jahr 2032. Durch diese Gesetzesänderung wird der Einstieg in die Phosphorrückgewinnung politisch gefordert. Die Novellierung fordert außerdem bis zum Jahr 2023 für alle Kläranlagen die Erstellung eines Konzeptes zur zukünftigen Phosphorrückgewinnung.

Auch die novellierte Düngeverordnung (DüV) trat 2017 in Kraft. Sie schränkt bereits jetzt die landwirtschaftliche, bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm stark ein und führt zu einer Neuordnung der Klärschlammverwertung. Viele Kläranlagenbetreiber greifen schon jetzt auf eine thermische Klärschlammbehandlung zurück. Um diese zu gewährleisten, schließen sich viele Kläranlagenbetreiber zu Kooperationen zusammen, die gemeinsam den Bau von Verbrennungsanlagen planen. Dabei steht zunächst die Entsorgungssicherheit im Vordergrund; jedoch muss ebenso die Phosphorrückgewinnung geplant werden.

Die Technologien zur Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasser, dem Klärschlamm und der Klärschlammaschen befinden sich derzeit noch meist in der Erprobung. Es existieren bereits vielfältige Phosphorrückgewinnungstechnologien, die mehr oder weniger ausgereift sind. Die Erfahrungen im Bereich der großtechnischen Umsetzung sind derzeit noch begrenzt. Der Markt entwickelt sich jedoch sehr dynamisch und in den nächsten Jahren sind wichtige Fortschritte und wertvolle Erfahrungen zu erwarten. Aus diesen Gründen ermöglicht der Gesetzgeber auch eine vorläufige Zwischenlagerung von Klärschlammverbrennungaschen, sofern der in der Asche enthaltene Phosphor für eine spätere Rückgewinnung zur Verfügung steht. Die Kläranlagen, die unter die Phosphorrückgewinnungspflicht fallen, haben die folgenden Optionen:

- Der Phosphorgehalt im Klärschlamm wird mindestens um 50 % oder bis < 20 g/kg in der Trockenmasse reduziert. Danach kann der phosphorarme Klärschlamm thermisch entsorgt werden.
- Der Klärschlamm wird in einer Verbrennungs- bzw. Mitverbrennungsanlage thermisch vorbehandelt und der enthaltene Phosphor wird entweder im direkten Anschluss oder nach einer Zwischenlagerung zu mindestens 80 % zurückgewonnen.

Die Phosphorrückgewinnung ist somit eine neue Aufgabe, die erfüllt werden muss. Die passenden Lösungen hängen u.a. von den lokalen Bedingungen ab (z.B. Ausgangsmaterial, zu behandelnde Menge, Technik auf der Kläranlage, Integrierbarkeit auf der Kläranlage, mögliche Kooperationspartner, vorhandene – thermische- Behandlungsanlagen, P-Rezyklat-Abnehmer etc.).

Mit der Umsetzung der Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung sind insbesondere die Betreiber von Kläranlagen, von Klärschlammverbrennungsanlagen und von Mitverbrennungsanlagen betroffen, ebenso wie Technologieanbieter für eine Phosphorrückgewinnung sowie die Düngemittelindustrie. Eine Bestandsaufnahme und eine ganzheitliche Betrachtung der betroffenen Branchen können zur Ableitung der Handlungsbedarfe bzw. -optionen eine wichtige Grundlage darstellen.

Vor diesem Hintergrund hat das Umweltministerium NRW Ende 2018 die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) P-Strategie zur Durchführung des Projekts „Die Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen“ beauftragt.

Mit Hilfe des Projektes sollte für die betroffenen Akteure Transparenz hinsichtlich der relevanten Rahmenbedingungen hergestellt werden. Der Schwerpunkt lag bei den technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten für eine sichere Entsorgung der relevanten Klärschlämme.

Die Projektbearbeitung erfolgte zwischen 2018 und 2020 durch eine Arbeitsgemeinschaft, in der die Unternehmen und die Institute Sweco GmbH, Fachhochschule Nordwestschweiz, Deutsche Phosphorplattform, Fraunhofer ISI, talanwälte und Atemis GmbH, tätig waren. Die Arbeit wurde insgesamt in 8 Arbeitspaketen durchgeführt.

- Arbeitspaket 1:** Auswertung aktueller Erkenntnisse zur Phosphorrückgewinnung und zur Klärschlammmentsorgung
- Arbeitspaket 2:** Rechtliche und organisatorische Fragestellungen bezüglich der zukünftigen Klärschlammmentsorgung
- Arbeitspaket 3:** Auswertung der detaillierten Bestandsaufnahme der Klärschlammmentsorgung in NRW und Ermittlung der relevanten Kläranlagen – Zukünftige Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung und die Klärschlammmentsorgung
- Arbeitspaket 4:** Darstellung und Bewertung erfolgversprechender Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammaschen
- Arbeitspaket 5:** Erarbeitung von Szenarien der zukünftigen Klärschlammmentsorgung
- Arbeitspaket 6:** Abschätzung der mit den Szenarien verbundenen Kosten
- Arbeitspaket 7:** Empfehlung von Maßnahmen zur Umsetzung der Phosphorrückgewinnung für kommunale Klärschlämme in NRW
- Arbeitspaket 8:** Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung von Sitzungen des projektbegleitenden Arbeitskreises

Die zur Zielerreichung erforderliche intensive Grundlagenermittlung erfolgte in den Arbeitspaketen 1 bis 4. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden Szenarien im Arbeitspaket 5 abgeleitet und im Arbeitspaket 6 ökonomisch bewertet. Schließlich wurden im Arbeitspaket 7 die Ergebnisse zusammenfassend betrachtet und Empfehlungen ausgesprochen. Um die Wirklichkeitsnähe der erarbeiteten Szenarien zu gewährleisten wurden Akteure aus den betroffenen Branchen in einem projektbegleitenden Arbeitskreis in die Projektbearbeitung eingebunden. Die Institutionen des projektbegleitenden Arbeitskreises sind aus der Anlage 9.1 zu entnehmen. Der Austausch fand im Rahmen von Sitzungen bzw. im Umlaufverfahren im Arbeitspaket 8 statt.

Dieser Bericht beinhaltet die Beschreibung der Projektbearbeitung bzw. die Darstellung der im Projekt erreichten Ergebnisse.

2 Rechtliche und organisatorische Fragestellungen bezüglich der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung

2.1 Übersicht zu den in diesem Kapitel betrachteten Themen bzw. Vorgehensweise

Zu Beginn werden Rechtsbereiche neben der AbfKlärV erläutert. Die systematische Einordnung der Verordnung ist wichtig für ihr Verständnis und die Grundlage für viele Folgefragen. Es folgt eine Untersuchung, inwieweit Klärschlamm nach allgemeinen Kriterien und den besonderen Anforderungen der AbfKlärV vermisch werden dürfen. Ob diese Anforderungen auch für Klärschlamm gelten, der aus dem Ausland nach Deutschland importiert wird, erläutert der darauffolgende Abschnitt.

Wichtig für die Praxis ist die Langzeitlagerung und welche Pflichten sich für die jeweils Beteiligten daraus ergeben. Nach einer Phosphorrückgewinnung steht ein Sekundär-Rohstoff zur Verfügung, der vor allem für die Herstellung von Düngemitteln genutzt werden soll. Für die Akzeptanz des Sekundär-Phosphors ist zu klären, ob es sich dabei noch um Abfall handelt. Das Abfallende bestimmt die Vermarktungsmöglichkeiten und damit, in welcher Höhe der Verkauf von Sekundär-Phosphor zur Refinanzierung der Kosten der Phosphorrückgewinnung beitragen kann. Lassen sich die Kosten der Phosphorrückgewinnung nicht durch Verkaufserlöse decken, ist zu klären, ob sich Finanzierungslücken durch die Erhebung von Gebühren schließen lassen und, falls ja, ob diese Gebühren schon jetzt oder erst ab Geltung der Phosphorrückgewinnungspflicht (d.h. ab 2029 bzw. 2032) erhoben werden dürfen.

Aufgrund der hohen Investitions- und Phosphorrückgewinnungskosten ist davon auszugehen, dass sich Klärschlammhersteller zusammenschließen werden. Kooperationsmöglichkeiten bieten sowohl öffentlich-rechtliche Formen als auch Gesellschaften des Privatrechts. Stets ist bei Beteiligung öffentlicher Stellen zu beachten, ob derartige Kooperationen vergaberechtsfrei möglich sind oder ob eine Ausschreibungspflicht besteht.

Abschließend folgen eine Risikobewertung sowie eine Betrachtung der abfallrechtlichen Aspekte der Logistik.

Dieses Kapitel steht nicht allein. Abfallende und Vermarktung sind direkt verbunden mit Kapitel 4, das sich mit den Phosphorrückgewinnungsverfahren beschäftigt. Vermarktung und Logistik werden zudem vor allem in Kapitel 5 dargestellt, welches die Szenarien zur zukünftigen Klärschlamm Entsorgung erarbeitet. Die Erkenntnisse aus Kapitel 2 stehen insofern in Zusammenhang mit den Aussagen der Kapitel 4 und 5.

Zur Zitierweise:

- Zitate von Gesetzen und Verordnungen werden mit ihren offiziellen Abkürzungen verwendet.
- Normen der novellierten Verordnung über die Klärschlammverwertung werden nicht mit einer Abkürzung versehen. Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.9.2017 wird so zitiert, wie sie im Bundesgesetzblatt 2017, Teil I, Nr. 65, Seite 3465, veröffentlicht ist (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Zitierweise der AbfKlärV

Art. 1	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost (Klärschlammverordnung – AbfKlärV)	seit 3.10.2017
Art. 2	Änderung der Deponieverordnung	seit 3.10.2017
Art. 3	Folgeänderungen	seit 3.10.2017
Art. 4	Änderung der Klärschlammverordnung	ab 1.1.2023
Art. 5	Weitere Änderung der Klärschlammverordnung	ab 1.1.2029
Art. 6	Weitere Änderung der Klärschlammverordnung	ab 1.1.2032
Art. 7	Bekanntmachungserlaubnis	seit 3.10.2017
Art. 8	Inkrafttreten, Außerkrafttreten	seit 3.10.2017

2.2 Rechtsrahmen

2.2.1 Aufgabenstellung

Die Klärschlamm Entsorgung betreffende Regelungen anderer Rechtsbereiche: Neben der Klärschlammverordnung beeinflussen auch Regelungen außerhalb des Abfallrechtes die zukünftige Klärschlamm Entsorgung, z.B. die Düngemittelverordnung.

2.2.2 Reichweite, Anwendungsbereich der AbfKlärV

Problembeschreibung

Seit 3.10.2017 regelt die AbfKlärV das Auf- oder Einbringen von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost zur Verwertung als Stoff nach § 2 Nummer 1 und 6 bis 8 des Düngegesetzes auf oder in einen Boden (Art. 1 § 1 Abs. 1 Nr. 1). Mit Wirkung zum 1.1.2029 erweitert sich der Anwendungsbereich. Kläranlagenbetreiber sind dann verpflichtet, den in ihren Anlagen anfallenden Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen (Art. 5 § 3 Abs. 1 und 2).

Die Phosphorrückgewinnung ist bereits in der Wasserphase auf der Kläranlage möglich (integrierte Rückgewinnung). Das im Abwasser enthaltene Phosphat wird durch Einsatz von Fällmitteln (Eisen- oder Aluminium-Salzen) oder von phosphatakkumulierenden Mikroorganismen entweder direkt in der Wasserphase (Faulschlamm) oder im anfallenden Zentrat nach der Klärschlamm Entwässerung zurückgewonnen. Verfahren sind etwa AirPrex, Phosforce sowie das Stuttgarter Verfahren (s. Abschnitt 4.2) sowie UBA-Text 13/2019, Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung, Seiten 79, 94, Tabelle 4-1).

Die Phosphorrückgewinnung ist auch aus der Festphase des Klärschlammes möglich und rechtlich zulässig, also aus dem vollständig entwässerten Klärschlamm oder aus den Klärschlammverbrennungsrückständen (sog. nachgeschaltete Rückgewinnung). Verfahren sind etwa AshDec, EuPhoRe, Pyrophos, Parforce und Phos4Life (s. Abschnitt 4.2 sowie UBA-Text 13/2019, Seiten 80, 94, Tabelle 4-2).

Zwischen diesen Phasen verläuft die Grenze von Wasser- und Abfallrecht. Der Begriff des Klärschlammes existiert sowohl wasserrechtlich als auch abfallrechtlich. Die Abwasserbehandlung unterfällt dem Wasserrecht. Anlagenbetreiber müssen entscheiden, welche Verfahren sie einsetzen.

Neben technischer Machbarkeit stellt sich vor allem die Frage der Finanzierbarkeit. Gebührenfähig sind Rückgewinnungsverfahren, wenn sie erforderlich sind. Zu klären ist daher, ob die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung gemäß AbfKlärV auch das Wasserrecht und damit die dortigen technischen Rückgewinnungsverfahren erreicht.

Begriffe gemäß AbfKlärV

Der Entstehung von Klärschlamm gehen Abwasser und Rohschlamm voraus.

Abwasser

Abwasser ist häusliches und kommunales Abwasser, das in den Anwendungsbereich des Anhangs 1 der Abwasserverordnung fällt, und Abwasser, das in einer betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlage behandelt wurde und in seiner stofflichen Zusammensetzung mit dem Abwasser nach Nummer 1 vergleichbar ist. (Art. 1 § 2 Abs. 4)

Rohschlamm

Bei der Behandlung von Abwasser entsteht Rohschlamm. Rohschlamm ist nicht stabilisierter oder teilstabilisierter Schlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen vor Abschluss der Abwasserbehandlung entnommen wird (Art. 1 § 2 Abs. 3). Für die Abgrenzung von Roh- zu Klärschlamm ist der Hinweis „vor Abschluss der Abwasserbehandlung“ entscheidend, denn:

Klärschlamm

Klärschlamm ist ein Abfall aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen (Art 1 § 2 Abs. 2 Satz 1).

Klärschlamm ist also das Ergebnis einer Behandlung von Abwasser. Bereits der Wortlaut der Definition zeigt, dass der Verordnungsgeber mit dem Ende der Behandlung von Abwasser einen Regimewechsel vorschreibt. Denn Klärschlamm im Sinne der AbfKlärV wird als „Abfall“ (§ 3 Abs. 1 S. 1 KrWG) bezeichnet (Art 1 § 2 Abs. 2 Satz 1). Wann aber eine Behandlung von Abwasser abgeschlossen ist, definiert die AbfKlärV nicht.

Beginn und Reichweite des Wasserrechts

Die Anwendbarkeit des Wasserrechts ergibt sich aus einer sog. Bereichsausnahme des KrWG; das KrWG definiert selbst, wann es nicht anwendbar ist. In Bezug auf das Wasserrecht gilt: das KrWG ist nicht anwendbar auf Stoffe, sobald sie in Gewässer oder Abwasseranlagen eingeleitet oder eingebracht werden (§ 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG). „Stoff“ ist umfassend im Sinne des § 3 Abs. 1 KrWG zu verstehen und erfasst auch „Gegenstände“ (Petersen, in: Jarass/Petersen, KrWG, 1. Auflage 2014, § 2 Rn 95.)

„Abwasseranlage“ zieht eine gegenständliche Grenze, Wasserrecht ist gebunden an Stoffe in einer Abwasseranlage. Klärschlamm wird allerdings nicht eingebracht oder eingeleitet, sondern entsteht erst durch die Behandlung von Abwasser. Das ist indes unproblematisch, denn unter dem Begriff Abwasseranlage werden (entsprechend dem in § 18b WHG a.F. verwendeten Begriff) alle auf eine gewisse Dauer angelegten Einrichtungen zur Abwasserbeseitigung, insbesondere zum Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie zum Entwässern von Klärschlamm erfasst (Czychowski/Reinhardt WHG § 60 Rn. 9 mwN). Der Begriff Abwasseranlage entspricht damit dem der Abwasserbeseitigungsanlage (OVG NW, Urteil v. 13.9.2017 - 20 A 601/14, Rn 60; Petersen, in: Jarass/Petersen, KrWG, 1. Auflage 2014, § 2 Rn 97).

Phasen der Abwasserbeseitigung

Abwasserbeseitigung umfasst nicht nur das eigentliche Einwirken auf das Abwasser, sondern auch die vorgelagerten Schritte, wie das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser (§ 54 Abs. 2 S. 1, 1. Hs WHG).

Abwasser ist gemäß § 54 Abs. 1 S. 1 WHG das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser, Nr. 1) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser, Nr. 2).

Wasserrechtlicher Begriff des Klärschlamm

Die Abwasserbeseitigung umfasst überdies das Entwässern von Klärschlamm (§ 54 Abs. 2 S. 1, 2. Hs WHG). Der wasserrechtliche Begriff des Klärschlamm weicht von der abfallrechtlichen Definition ab. Klärschlamm im Sinne des Abwasserrechts ist der beim Umgang mit Abwasser durch Sedimentation, Fällung, Siebung oder ähnliche Vorgänge als Rückstand anfallende ungelöste, aber immer noch wasserhaltige Teil des Abwassers, wobei es sich nicht unbedingt um eine schlammartige Substanz handeln muss; auch anfallendes Rechengut, Sandfanggut oder fetthaltige Lösungen werden von der Bestimmung erfasst (vgl. ATV-Regelwerk-Abwasser, Nr. 3 des Arbeitsblatts 123; Zöllner, in: Sieder/Zeitler/Dahme/Knopp, WHG AbwAG, 2018, § 54 Rn 35).

Dass das Entwässern von Klärschlamm ausdrücklich im Wasserrecht geregelt ist, stellt klar, dass es sich bei Klärschlamm zu diesem Zeitpunkt noch nicht um Abfall handelt und das Abfallrecht verschlossen bleibt (OVG Sachsen-Anhalt, Beschluss vom 11.08.2003 – 2 M 155/03, Rn 4).

Wann ist die wasserrechtliche Klärschlamm Entwässerung abgeschlossen?

Wie gerade ausgeführt, begrenzt der Begriff der Abwasseranlage die Anwendbarkeit des Wasserrechts gegenständlich. Zudem gibt es eine zeitliche Grenze: Abfallrecht ist nicht anwendbar, „sobald“ Stoffe in eine Abwasseranlage eingeleitet oder –gebracht sind (§ 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG). Das definiert den Beginn des Wasserrechts (vgl. Breuer, in: Jarass/Petersen/Weidemann, KrW-/AbfG § 2 Rn. 80; Kropp in Lersner/Wendenburg/Versteyl, Recht der Abfall- und Kreislaufwirtschaft des Bundes, der Länder und der Europäischen Union, § 2 Rn. 76).

Ist ein Stoff in die Abwasseranlage gelangt, stellt sich die Frage, wie lange Wasserrecht anwendbar bleibt. Die Frage beantwortet wiederum das Wasserrecht, nicht das Abfallrecht (Scheier, in: Fluck/Frenz/Fischer/Franßen, KrWG, Stand: Juli 2013, § 2 Rn. 154).

§ 54 Abs. 2 Satz 1 WHG rechnet im Interesse einer erleichterten Grenzziehung zwischen Abwasserbeseitigung und Abfallrecht das Entwässern von Klärschlamm zur Abwasserbeseitigung, sofern es im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung steht (BVerwG, Urteil v. 8.7.2020 – 7 C 19/18 Rn 18). Entwässern ist der Entzug von Wasser auf mechanischem, chemischem oder thermischem Weg, etwa durch Pressen, Zentrifugieren, mit Konditionierungsmitteln oder durch Erhitzen des Klärschlamm, der den Schlamm in eine Form versetzen soll, die seine endgültige - abfallrechtliche - Entsorgung möglich machen soll, mithin eine Aufbereitungsmaßnahme zur ordnungsgemäßen Beseitigung oder Verwertung (VG Düsseldorf, Urt. V. 24. 1. 2014 – 17 K 2868/11, Rn 84 ff. m. w. N.; VGH Baden-Württemberg, Beschluss vom 20. Juli 1995 - 8 S 1939/95, Rn 3).

Gegenständlich sind damit alle Schritte umfasst, die in räumlichem Zusammenhang mit einer Kläranlage oder in funktionellem Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung stehen (OVG NRW, Urteil vom 12. März 2009 - 20 A 1251/07 -, juris, Rn. 29; VGH Baden-Württemberg, Beschluss vom 20. Juli 1995 - 8 S 1939/95 -, juris, Rn. 5; VG Stuttgart, Urteil vom 16. April 2007 - 11 K 1176/06 -, juris, Rn. 22).

Wenngleich es um das „Entwässern“ von Klärschlamm geht, gibt es keinen allgemeingültigen Wassergehalt, ab dem eine Entwässerung abgeschlossen ist. Entscheidend ist, mit welchem Zweck, das heißt,

für welches angestrebte Entsorgungsverfahren der Klärschlamm entwässert wird (Dünger, Deponierung, Brennstoff etc.). Das Wasserrecht überlässt es dem Betreiber der Kläranlage, selbst und planmäßig im Rahmen eines Gesamtkonzepts über das Ziel der Entsorgung und über die dafür notwendigen technischen Maßnahmen zu entscheiden (VG Düsseldorf, Urteil v. 24. 1. 2014 – 17 K 2868/11, Rn 99).

Bei Unklarheiten kommt es auf die Art und den Schwerpunkt des Behandlungsvorgangs an. Gehört eine Klärschlamm trocknungsanlage zu einer Abwasserbehandlungsanlage, handelt es sich noch um Abwasserbeseitigung, selbst wenn der dabei entstehende Rückstand am Ende verbrannt werden soll. Wird die Schlamm entwässerung dagegen im Zusammenhang mit einem Kompostwerk betrieben, wird der Vorgang dagegen regelmäßig vollständig als Abfallbehandlung zu qualifizieren sein (Zöllner, in: Sieder/Zeitler/Dahme/Knopp, WHG, 54 Rn 35; Czychowski/Reinhardt, § 54 Rn. 27 m. w. N.); Ganske, in: Landmann/Rohmer, § 54 Rn 50). Klärschlamm bleibt solange dem Regime des Wasserrechts unterworfen, bis die Abwasserbehandlung abgeschlossen ist, keine erneute Einbringung des Schlamm in eine Abwasseranlage mehr beabsichtigt ist und der Klärschlamm zur weiteren Entsorgung aus der Abwasseranlage ausgeschieden wird (Bayerischer Verwaltungsgerichtshof, Beschluss vom 1. August 2007 - 14 CS 07.413, 14 CS 07.414 -, juris, Rn. 28; VG Düsseldorf, Urteil v. 24. 1. 2014 – 17 K 2868/11, Rn 110 m. w. N.; Zöllner, in: Sieder/Zeitler/Dahme/Knopp, WHG, 54 Rn 35).

Ende des Wasserrechts, Beginn des Abfallrechts

Wenngleich mit „sobald“ der Beginn des Wasserrechts geregelt wird, entspricht es dem Sinn und Zweck des § 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG, das Ende des Wasserrechts korrespondierend herzuleiten. Das KrWG wird nur verdrängt, solange das Wasserrecht Regelungen zur Abwasserbeseitigung trifft. Ein dem Einleiten oder Einbringen entgegengesetzter Vorgang aus der Abwasserbehandlungsanlage beendet das Wasserrecht und hebt die Sperre für das Abfallrecht auf (OVG NW, Urteil v. 13.9.2017 - 20 A 601/14, Rn 58 ff.; EuGH C-252/05 „Thames Water“, Rn. 35 am Ende).

Aus den zuvor dargestellten Grundsätzen folgt die Reichweite des Wasserrechts. Ergibt sich aus dem planmäßigen Gesamtkonzept des Kläranlagenbetreibers, dass im Rahmen der Entwässerung von Klärschlamm keine weiteren Maßnahmen vorgesehen sind, ist die Behandlung abgeschlossen. Klärschlamm, der bei der Abwasserbeseitigung angefallen ist, aber nicht mehr Gegenstand der Abwasserbeseitigung ist, ist als Abfall aus Abwasserbehandlungsanlagen einzustufen (OVG NW, Urteil v. 13.9.2017 - 20 A 601/14, Rn 63).

Die Abwasserbeseitigung ist auch dann abgeschlossen, wenn Klärschlamm zwar noch – Wasserverlust durch Schwerkraft – entwässert, dies aber nicht mehr zielgerichtet und ohne Kontrolle durch den Betreiber geschieht. Auch die Lagerung von Klärschlamm auf dem Gelände der Kläranlage, aber in einem abgetrennten und stillgelegten Bereich, beendet die Abwasserbeseitigung. Eine räumliche-örtliche Entfernung des Klärschlamm aus einer Abwasserbeseitigungsanlage ist für die Anwendbarkeit des Abfallrechts nicht erforderlich (BVerwG, Urteil v. 8.7.2020 – 7 C 19/18 Rn 18 f.).

In dem Moment verändert sich die Willensrichtung des Betreibers vom Behandeln zum abfallrechtlichen Entledigen. Die Entledigung ist anzunehmen, wenn der Besitzer Stoffe oder Gegenstände einer Verwertung oder einer Beseitigung zuführt oder die tatsächliche Sachherrschaft über sie unter Wegfall jeder weiteren Zweckbestimmung aufgibt (§ 3 Abs. 2 KrWG). Die „Zuführung“ beginnt mit der finalen Bereitstellung und Überlassung der Stoffe und Gegenstände an einen Entsorger. Regelmäßig geht der faktischen Entledigung der Wille zur Entledigung (§ 3 Abs. 3 KrWG) voraus und lässt einen Stoff oder Gegenstand zu Abfall werden, bevor Handlungen zur finalen Überlassung tatsächlich vorgenommen werden (Petersen, in: Jarass/Petersen, KrWG, 1. Auflage 2014, § 3 Rn 51 und 68).

Im Gesamtkonzept des Anlagenbetreibers sind die Phasen der Behandlung des Klärschlamm in der Anlage sowie der weitere Verbleib des zu Ende behandelten Klärschlamm festgelegt. Klärschlamm wird damit regelmäßig zu Abfall, sobald er das Stadium erreicht, ab dem er zur weiteren Entsorgung bereitgestellt wird, ohne dass eine Bereitstellung faktisch schon stattfindet.

Damit ist klar, dass die AbfKlärV schon aufgrund der Definition von Klärschlamm als „Abfall“ (Art 1 § 2 Abs. 2 Satz 1) auf die dem Wasserrecht zugehörigen Stadien nicht anwendbar ist.

VO-Ermächtigungsgrundlage und -begründung

Das ergibt sich zudem aus der Verordnungsermächtigung. Ermächtigungsgrundlagen für die AbfKlärV sind §§ 11 Abs. 2, 12 Abs. 7 KrWG (vgl. Verordnungsbegründung, BT-Drs. 18/10884, S. 102; OVG NW, Urteil v. 13.9.2017 - 20 A 601/14, Rn 62). Als abfallrechtliche Vorschriften kommen die §§ 11, 12 KrWG überhaupt nur zur Anwendung, wenn das Abfallrecht gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG anwendbar ist. Solange das Wasserrecht gilt, bleibt die Tür zum Abfallrecht und damit auch zu den abfallrechtlichen Ermächtigungsgrundlagen für die AbfKlärV verschlossen. Ein Nebeneinander von Abfallrecht und Wasserrecht soll vermieden werden (BT-Drs. 10/2885, S. 13 f. (vom 21.2.1985 zur Änderung des Abfallbeseitigungsgesetzes)).

Reichweite und Regelungskompetenz der AbfKlärV können deshalb systematisch nicht über das Abfallrecht hinausgehen.

Eine Ausdehnung der AbfKlärV auf das Wasserrecht hat der Ordnungsgeber auch nicht verfolgt. In der Verordnungsbegründung (BT-Drs., 18/10884, S. 106) heißt es:

„Regelungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus dem Abwasser sind nicht unmittelbarer Bestandteil der Verordnung. Die Anforderungen der Verordnung, die an eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm als Abfall gestellt werden, können in der Praxis jedoch auch dazu führen, dass eine Phosphorrückgewinnung bereits im Abwasserstrom auf der Abwasserbehandlungsanlage und somit im Vorfeld der Klärschlammstehung erfolgt. Dies steht nicht im Widerspruch zu den Zielen der Verordnung.“ (Hervorhebungen durch den Verfasser)

Pflicht zur „Zuführung“, nicht zur Phosphorrückgewinnung

Mit diesen Ergebnissen in Einklang steht auch die Konstruktion der Pflichten des Klärschlammherstellers.

Eine „Pflicht des Kläranlagenbetreibers zur Phosphorrückgewinnung“ ist in der AbfKlärV nicht geregelt. Nach Art. 1 § 3 Abs. 1 hat der Klärschlammhersteller den in seiner Abwasserbehandlungsanlage anfallenden Klärschlamm möglichst hochwertig zu verwerten; darin kann ggf. noch eine eigene Pflicht zur Verwertung herausgelesen werden, die wegen § 22 KrWG aber keine höchstpersönliche ist. Die ab 2029 geltende Fassung ist abfallrechtlich klarer. Nach Art. 5 § 3 Abs. 1 hat der Klärschlammhersteller den in seiner Anlage anfallenden Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung oder einer Verbrennungsanlage „zuzuführen“.

Die Pflicht des Klärschlammherstellers, den Abfall Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, beginnt mit dem Abschluss der Entwässerung des Klärschlammes (Abwasserbeseitigung) und dem nun gebildeten Entledigungswillen. In diesem Moment wird der Kläranlagenbetreiber vom Abwasserbehandler zum Abfallhersteller und -besitzer und ist damit nach § 22 Satz 1 KrWG zur Verwertung oder Beseitigung verpflichtet (vgl. Dieckmann, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 22 Rn 9).

Darin liegt die typische Konstellation jeder Abfallüberlassung.

Die AbfKlärV regelt die Pflicht zur Verwertung dadurch, dass sie dem Klärschlammhersteller eine Zuführungspflicht auferlegt. Zuführung bedeutet finale Bereitstellung und Überlassung des Abfalls an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger oder ein Entsorgungsunternehmen. Bereitstellung und Überlassung sind der eigentlichen Entsorgung vorgelagert und aufgrund des bereits gebildeten Entledigungswillens dem Abfallrecht zuzuordnen (Petersen, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 3 Rn 52; BT-Drs. 12/7284, Seite 12).

Auch der private Abfallhersteller hat nach Entstehung des Entledigungswillens seinen Abfall bereitzustellen und zu überlassen (§ 17 Abs. 1 Satz 1 KrWG). Der – insofern unerhebliche – Unterschied zwischen

den allgemeinen abfallrechtlichen Aspekten und denen der AbfKlärV liegt darin, dass die AbfKlärV die Bereitstellung und Überlassung als Zuführungspflicht konkretisiert und an die Phosphorrückgewinnung koppelt (siehe Abbildung 2-1). Eine solche Kopplung an bestimmte Outputformen ist dem Abfallrecht nicht fremd. So legt die Gewerbeabfallverordnung für bestimmte Gemische von gewerblichen Siedlungsabfällen und überwiegend nicht mineralischen Gemischen von Bau- und Abbruchabfällen fest, dass diese Gemische vom Erzeuger Vorbehandlungsanlagen „zuzuführen“ sind, die über bestimmte technische Mindestanforderungen verfügen (§§ 4 Abs. 1 Satz 1, 6 Abs. 1 Satz 1, 9 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 und Abs. 3 Satz 1 GewAbfV).

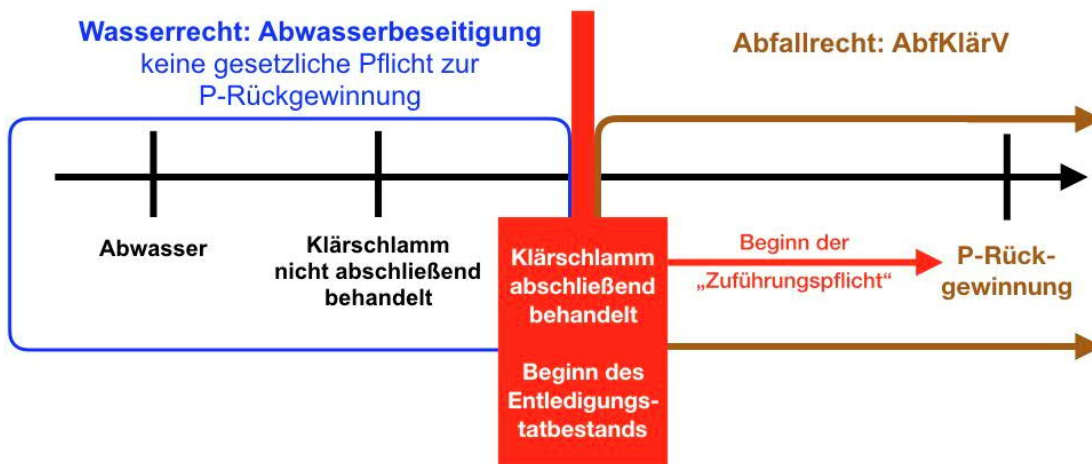


Abbildung 2-1: Ende Wasserrecht, Beginn Abfallrecht

2.2.3 Phosphorrückgewinnung für Anlagen < 50.000 EW

Zum 1.1.2029 hat der Klärschlammhersteller den in seiner Abwasserbehandlungsanlage anfallenden Klärschlamm unmittelbar einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, wenn der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist (Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 1), oder einer thermischen Vorbehandlung in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder einer Klärschlammmitverbrennungsanlage (Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 2). Eine bodenbezogene oder anderweitige Abfallentsorgung bleibt aber für Klärschlammhersteller möglich, wenn es sich um eine Abwasserbehandlungsanlage mit einer genehmigten Ausbaugröße von bis zu 100.000 Einwohnerwerten (EW) handelt (Art. 5 § 3 Abs. 3 und 4) bzw. ab 1.1.2032 von bis zu 50.000 EW (Art. 6).

Diskutiert wird, ob für Anlagen mit einer Ausbaugröße von bis zu 50.000 EW auch eine Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung besteht. Das ist nicht der Fall.

Argumente für eine Zuführungspflicht der Anlagen bis 50.000 EW

Für eine Zuführungspflicht auch der kleinen Anlagen spricht die zeitliche Entwicklung der AbfKlärV.

Nach der seit 3.10.2017 geltenden Rechtslage ist eine Phosphorrückgewinnung „anzustreben“ (Art. 1 § 3 Abs. 1 S. 2 AbfKlärV). Dieser unverbindliche Programmsatz wandelt sich zum 1.1.2029 in eine echte Rechtspflicht. Sofern der Klärschlamm bestimmte Anforderungen erfüllt, ist „der Klärschlammhersteller“ zur Zuführung verpflichtet. Die Vorschrift unterscheidet hinsichtlich des Klärschlammherstellers nicht nach Ausbaugrößen, sondern nimmt unterschiedslos jeden Klärschlammhersteller in die Pflicht.

Argumente gegen eine Zuführungspflicht

Diese Auffassung lässt sich indes nur halten, wenn Art. 5 § 3 Abs. 1 isoliert betrachtet wird. Das greift zu kurz.

Denn Abs. 1 steht systematisch in untrennbarem Zusammenhang mit den Absätzen 3 und 4. Die Formulierung „abweichend von Abs. 1“ stellt den Anlagen < 50.000 EW mit der bodenbezogenen Verwertung eine gleichwertige Alternative zur Verfügung. Eine Kopplung mit den Vorgaben der Abfallhierarchie gemäß §§ 6, 8 Abs. 1 KrWG gibt es nicht. Auch das Wort „kann“ macht deutlich, dass es dem Betreiber ins freie Ermessen gestellt ist, ob er den Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuführt oder bodenbezogen verwertet. Das Ermessen ist nicht eingeschränkt oder an weitere Bedingungen geknüpft. Das ergibt sich schon daraus, dass gesteigerte Anforderungen für den Betreiber nur an eine anderweitige Abfallentsorgung gestellt werden; denn hier ist eine vorherige Zustimmung der Behörden erforderlich. Die bodenbezogene Verwertung wird – im Umkehrschluss – nicht gegenüber der Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung herabgestuft.

Neben systematischen Gründen sprechen vor allem und unzweideutig die Motive des Verordnungsgebers gegen eine Zuführungspflicht der Anlagen < 50.000 EW.

In den einführenden Erläuterungen der Verordnungsbegründung zu Art. 5 heißt es (BT-Drs., 18/10884, S. 223 (Hervorhebungen durch den Verfasser)):

„Die nach Ablauf der letzten Stufe der Übergangsfrist bestehende Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm obliegt uneingeschränkt allen Betreibern von Abwasserbehandlungsanlagen als Klärschlammherzeuger, die über eine Anlage mit einer genehmigten Ausbaugröße von mehr als 50.000 EW verfügen, soweit der Klärschlamm dieser Anlage einen Phosphorgehalt von 20 g/kg Klärschlamm TM oder mehr aufweist. [...] Auf freiwilliger Basis besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, derartige Schlämme einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen.“

Die Motive des Verordnungsgebers liegen darin begründet, dass die kleineren Anlagen nicht mit den hohen Kosten für die Phosphorrückgewinnung belastet werden sollen (BT-Drs., 18/10884, S. 3 (Hervorhebungen durch den Verfasser)):

„Die in Artikel 5 der Verordnung getroffenen Regelungen zur verpflichtenden Rückgewinnung von Phosphor für Abwasserbehandlungsanlagen ab einer Ausbaugröße von 100.000 Einwohnerwerten (12 Jahre nach Inkrafttreten der Verordnung) und ab einer Ausbaugröße von über 50.000 Einwohnerwerten (15 Jahre nach Inkrafttreten der Verordnung) kommen vor allem kleineren und mittleren Abwasserbehandlungsanlagen zu Gute, da somit alle Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen mit einer Ausbaugröße von bis zu 50.000 Einwohnerwerten keiner Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung unterliegen. Für diese Anlagen bleibt auch weiterhin die Möglichkeit zur bodenbezogenen Klärschlammverwertung eröffnet. Die Interessen von kleinen und mittleren Unternehmen wurden damit in besonderer Weise berücksichtigt.“

Die Formulierung wiederholt sich auf Seite 160 (ebenso BR-Drs. 255/17, S. 142). Dort erläutert die Verordnungsbegründung die Auswirkungen der AbfKlärV gerade auf kleinere und mittlere Unternehmen. Insofern sei eine Gesetzesfolgenabschätzung entsprechend dem Leitfaden zur Berücksichtigung der Belange mittelständischer Unternehmen durchgeführt worden. Bei der Konzeption der Pflichten aus der Verordnung seien an verschiedenen Stellen Ausnahmeregelungen geschaffen worden, die vor allem kleinen und mittleren Unternehmen zu Gute kommen. Dementsprechend heißt es in der Einleitung zu Art. 5 § 3 (BT-Drs., 18/10884, S. 227; BR-Drs. 255/17, S. 204 (Hervorhebungen durch den Verfasser)):

„Die weitreichende Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ausschließlich für Betreiber größerer Abwasserbehandlungsanlagen ist insbesondere vor dem Hintergrund gerechtfertigt, dass die Phosphorrückgewinnung bei kleineren Abwasserbehandlungsanlagen in der Regel mit überproportionalen Kostenbelastungen und einer vergleichsweise geringen Menge an zurückgewonnenem Phosphor verbunden sein dürfte. Nach angemessenem Erfahrungszeitraum mit der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm von größeren Abwasserbehandlungsanlagen sollte eine Prüfung dahingehend erfolgen, ob die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ggf. sukzessive auch auf Anlagen mit kleineren Ausbaugrößen ausgedehnt werden sollte. Denkbar ist zudem, dass eine Phosphorrückgewinnung bei kleineren Anlagen auch ohne verbindliche rechtliche Verpflichtungen sinnvoll sein kann, wenn Kooperationen zwischen mehreren Betreibern von Abwasserbehandlungsanlagen möglich sind.“

Faktische Zuführungspflicht

Das Entfallen der Zuführungspflicht ist also grundsätzlich an die faktische Möglichkeit gekoppelt, Klärschlamm landwirtschaftlich verwerten zu können. Scheidet die bodenbezogene Verwertung mangels landwirtschaftlicher Flächen, die dafür in Frage kommen, aus, muss sich der Betreiber auch einer Kläranlage bis 50.000 EW Ausbaugröße Alternativen suchen. Stehen dann nur Verbrennungsanlagen zur Verfügung, die eine Phosphorrückgewinnung durchführen, werden auch die Schlämme aus der kleineren Anlage durch faktische Zwänge einer Phosphorrückgewinnung zugeführt.

Zu einer rechtlichen Phosphorrückgewinnungspflicht führt das indes nicht. Denn neben der Verbrennung steht den Betreibern kleiner Kläranlagen auch die Möglichkeit einer anderweitigen Abfallentsorgung zur Seite, was im Regelfall eine energetische Verwertung sein wird (BT-Drs., 18/10884, S. 229).

Daraus kann nicht gelesen werden, dass es eine energetische Verwertungsanlage sein muss, die auch eine Phosphorrückgewinnung durchführt. Das ergibt sich insbesondere nicht aus dem Wortlaut des Art. 5 § 3 Abs. 3 Satz 1 Alt. 2, der gerade nicht von einer Anlage zur Phosphorrückgewinnung spricht, sondern ausdrücklich die Tür zu einer anderweitigen Abfallentsorgung öffnet. Allerdings ist dieser Weg nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde möglich. Es ist zu erwarten, dass die zuständige Behörde ihre Zustimmung an eine Phosphorrückgewinnung koppelt. Eine pauschale Anordnung zur Phosphorrückgewinnung ist allerdings nicht zulässig. Vielmehr hat sich die Entscheidung im Einzelfall an der Abfallhierarchie und insbesondere am Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzip (§ 6 Abs. 2 KrWG) zu orientieren, was ggf. zu einer anderweitigen Verwertung ohne Phosphorrückgewinnung führen kann.

2.2.4 Umgehung der Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung

Gemäß Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 1 ist der Klärschlammherzeuger zur Phosphorrückgewinnung verpflichtet, wenn der Klärschlamm einen Phosphorgehalt vom 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Wie oben beschrieben (s. Abschnitt 2.2.2), gibt es zahlreiche technische Verfahren, die eine Phosphorrückgewinnung im Abwasser erlauben. Mit diesen Verfahren könnte der Anlagenbetreiber den Phosphorgehalt im Klärschlamm noch in der Abwasserbehandlungsanlage auf unter 20 g/kg TM absenken. Die aus Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 1 resultierende Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung würde ihn dann nicht mehr treffen. Fraglich ist, ob ein solches Vorgehen zulässig ist oder ob darin eine Umgehung der AbfKlärV liegt.

Wie oben gezeigt (s. Abschnitt 2.2.2), kann die AbfKlärV keine Vorgaben für die Wasserphase machen. Ein Verbot, den Phosphorgehalt im Abwasserstrom zu reduzieren, ist rechtssystematisch über die dem Abfallrecht zuzuordnende AbfKlärV nicht erreichbar. Die Möglichkeit der Reduzierung des Phosphorgehalts im Abwasserstrom kann deshalb schon nicht als Regelungslücke der abfallrechtlichen AbfKlärV gewertet werden. Überdies ist dem Ordnungsgeber dieses Problem bewusst gewesen. So heißt es in der Verordnungsbegründung, dass sich für Klärschlämme nach Ablauf der Übergangsfristen Folgendes ergebe (BT-Drs. 18/10884, Seite 105):

Im Regelfall Pflicht zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen mit einem Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm (g/kg) TM (also 2 % oder mehr). Dies ist mit dem Einsatz von Verfahren zur Fällung des Phosphors aus der flüssigen Klärschlammphase verbunden. Mit den Vorgaben der Verordnung konform ist auch die Phosphorabtrennung bereits aus dem Abwasser, um den Phosphorgehalt des Klärschlammes auf weniger als 20 g/kg TM zu reduzieren, auch wenn dies nicht ausdrücklich über die Verordnung geregelt wird.

Weiter heißt es auf Seite 106:

„Regelungen zur Rückgewinnung von Phosphor aus dem Abwasser sind nicht unmittelbarer Bestandteil der Verordnung. Die Anforderungen der Verordnung, die an eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm als Abfall gestellt werden, können in der Praxis jedoch auch dazu führen, dass eine Phosphorrückgewinnung bereits im Abwasserstrom auf der Abwasserbehandlungsanlage und somit im Vorfeld der Klärschlammstehung erfolgt. Dies steht nicht im Widerspruch zu den Zielen der Verordnung.“

2.2.5 Abfallrecht

Europäisch

Die Kernregelung des europäischen Abfallrechts ist die Abfallrahmenrichtlinie, (AbfRRL)

Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (ABl. L 312 S. 3, ber. 2009 L 127 S. 24), Celex-Nr. 3 2008 L 0098, zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndRL (EU) 2018/851 vom 30.5.2018 (ABl. L 150 S. 109).

Die AbfRRL regelt die Anwendbarkeit des Abfallrechts und alle abfallrelevanten Grundpflichten. Auf Abwasser ist sie nicht anwendbar (Art. 2 Abs. 2 Buchstabe a) AbfRRL). Die Abfallhierarchie gibt vor, dass Abfall hochwertig zu verwerten ist (stofflich vor energetisch) und eine Beseitigung nur in Ausnahmefällen die Verwertung verdrängt (Art. 4 AbfRRL). Für die Phosphorrückgewinnung besonders wichtig ist, ob das zurückgewonnene Phosphor nach Durchlaufen des Rückgewinnungsverfahrens noch Abfall ist oder das Abfallende erreicht (Art. 6 AbfRRL). Hiervon wird wesentlich abhängig sein, ob das zurückgewonnene Phosphor vermarktungsfähig ist und bei der Herstellung von Produkten natürliche Rohstoffe ersetzen kann.

An dieser Stelle überschneiden sich Abfallrecht, Düngerecht und die Verantwortung der Hersteller, bei der Produktion auf Stoffe und Gegenstände zu setzen, die recycelt worden sind (erweiterte Herstellerverantwortung, Art. 8 Abs. 2 Unterabs. 2 AbfRRL). Für den Einsatz des zurückgewonnenen Phosphors besonders bedeutsam ist die europäische Düngemittelverordnung ((EU) 2019/1009), siehe dazu unten 0 und im Detail die Ausarbeitung zum Abfallende (Abschnitt 2.6).

Bundesrecht

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG),

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Art. 1 G zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union vom 23.10.2020 (BGBl. I S. 2232),

ist die Umsetzung der AbfRRL in deutsches Recht und die zentrale Regelung für das Abfallrecht. Die wichtige Abgrenzung zwischen Wasser- und Abfallrecht ist in § 2 Abs. 2 Nr. 9 KrWG geregelt (ausführlich schon oben 2.2.2). Die Ermächtigungsgrundlagen für die AbfKlärV sind §§ 11 Abs. 2, 12 Abs. 7 KrWG.

Erzeuger und Besitzer haben Abfälle zu vermeiden, sofern das nicht möglich ist zu verwerten; dabei gilt der Vorrang der stofflichen vor der sonstigen, insbesondere energetischen Verwertung. Die Beseitigung soll nur verfolgt werden, wenn andere Möglichkeiten ausscheiden oder die Beseitigung die umweltfreundlichere Variante ist (zu allem §§ 6 bis 8 KrWG). Die für die Phosphorrückgewinnung so wichtige Frage des Abfallendes ist geregelt in § 5 KrWG.

Die AbfKlärV stellt eine Verbindung zum Deponierecht her, das in der Deponieverordnung (DepV),

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Art. 2 VO zur Änd. der Abfallverzeichnis-VO und der DeponieVO vom 30.6.2020 (BGBl. I S. 1533),

geregelt ist. Nach Art. 5 § 3b Abs. 3 ist die Lagerung der Klärschlammverbrennungsgasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands in einem Langzeitlager nach § 23 Absatz 6 der DepV zulässig, sofern, 1., eine Vermischung mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien und ein oberflächiger Abfluss der Klärschlammverbrennungsgasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands ausgeschlossen sind und, 2., die Möglichkeit einer späteren Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsgasche und dem kohlenstoffhaltigen Rückstand oder die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Klärschlammverbrennungsgasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands gewährleistet bleibt.

Landesrecht

Das im Rahmen der konkurrierenden Gesetzgebung (Art. 72, 74 Nr. 24 GG) erlassene Landesabfallgesetz,

Abfallgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG -) vom 21. Juni 1988, (GV. NRW. S. 250) SGV. NRW. 74, zuletzt geändert durch Art. 2 ÄndG vom 7. 4. 2017 (GV. NRW. S. 442),

legt fest, dass die Kreise und kreisfreien Städte öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger im Sinn des § 17 Absatz 1 Satz 1 KrWG sind. Sie sind zuständig für sämtliche überlassungspflichtige Abfälle, die in ihrem Gebiet anfallen (§ 5 Abs. 1 bis 6 LAbfG). Für die Entsorgung von Klärschlamm, der in Anlagen der sondergesetzlichen Wasserverbände angefallen ist, sind die Wasserverbände selbst zuständig (§ 5 Abs. 8 LAbfG).

Kreise, kreisfreie Städte und kreisangehörige Gemeinden müssen die Abfallentsorgung nicht alleine stemmen. Sie können sich zur Erfüllung ihrer Aufgaben der Formen kommunaler Zusammenarbeit nach den Vorschriften des Gesetzes über kommunale Gemeinschaftsarbeit (GkG) bedienen, sowie geeignete Dritte damit beauftragen.

2.2.6 Europäische Klärschlammrichtlinie (86/278/EWG)

Die europäische Klärschlammrichtlinie,

Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft,

bezweckt, die Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft so zu regeln, dass schädliche Auswirkungen auf Böden, Vegetation, Tiere und Menschen verhindert und zugleich eine ordnungsgemäße Verwendung von Klärschlamm gefördert werden.

Sie ist kein abfallrechtliches Regelwerk, denn in landwirtschaftlichen Betrieben verwendeter Klärschlamm fällt nicht unter die Richtlinie 75/442/EWG des Rates vom 15. Juli 1975 über Abfälle (Erwägungsgründe, Abs. 3).

Nach der Richtlinie besitzen Schlämme agronomisch nutzbringende Eigenschaften; die Förderung ihrer Verwertung in der Landwirtschaft ist deshalb gerechtfertigt, vorausgesetzt, dass sie ordnungsgemäß verwendet werden (Erwägungsgründe, Abs. 7). Die Verwendung von Klärschlamm ist gekoppelt an das Erreichen bestimmter Schadstoffkonzentrationen in den Böden oder in bestimmten Anbauflächen (z.B. Weiden, Futteranbauflächen, Obst- und Gemüsekulturen während der Vegetationszeit).

Eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ist in der Richtlinie nicht geregelt.

2.2.7 Wasserrecht

Rechtsrahmen

Europäisch

Wesentliche europäische Regelwerke sind die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23.10.2000 (im Folgenden: WRRL) und die Richtlinie des Rates der EU über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG).

Die WRRL schafft einen Ordnungsrahmen für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Dabei gilt es, die Verschlechterung der Gewässer zu verhindern, sie zu schützen, verbessern und ggf. zu sanieren (Art. 4 WRRL). Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, Programme zur Überwachung der Gewässer aufzustellen, um einen zusammenhängenden Überblick über den Zustand der Gewässer zu erhalten (Art. 8 WRRL). Insbesondere sind Maßnahmenprogramme (Art. 11 WRRL) zu schaffen. Zum Schutz des Grundwassers haben die Mitgliedsstaaten auch dafür zu sorgen, dass die Begrenzungen der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (EU-Nitratrichtlinie, siehe unten VI 1. a.) spätestens zwölf Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie festgelegt und/oder durchgeführt werden (Art. 10 Abs. 2 Buchstabe c) WRRL und Anhang V, Ziffer 2.4.2). Nitrate und Phosphate gelten als wichtige Schadstoffe, die zur Eutrophierung beitragen (Anhang VIII Nr. 11 WRRL).

Die Richtlinie 91/271/EWG betrifft das Sammeln, Behandeln und Einleiten von kommunalem Abwasser. Neben der Errichtung einer Kanalisation in einer Gemeinde sieht die Richtlinie vor, kommunales Abwasser vor dem Einleiten in ein Gewässer zu reinigen durch eine biologische Stufe mit Nachklärbecken oder vergleichbarer Einrichtung (Art. 4 RL 91/271/EWG). Klärschlamm ist wiederzuverwenden, die Entsorgung ist zu regeln oder einer Registrierungs- oder Genehmigungspflicht zu unterwerfen (Art. 14 RL 91/271/EWG). Die Richtlinie legt Anforderungen fest an die Beschaffenheit der Kanalisation, Einleitungen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Gewässer und industrielles Abwasser; zudem werden Referenzmethoden für die Überwachung und Auswertung der Ergebnisse gefordert (Anhang I der RL 91/271/EWG). Hinsichtlich der Einleitung in Gewässer wird zwischen empfindlichen Gebieten (etwa natürliche Süßwasserseen) und weniger empfindlichen Gebieten (etwa bestimmte Meeressgewässer) unterschieden (Anhang II RL 91/271/EWG).

Bundesrecht

Die wichtigste bundesrechtliche Normierung des Wasserrechts ist das Wasserhaushaltsgesetz (WHG),

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Art. 1 Erstes G zur Änd. des WasserhaushaltsG vom 19.6.2020 (BGBl. I S. 1408),

Zweck des WHG ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie

als nutzbares Gut zu schützen (§ 1 WHG). Dazu wird die Benutzung von Gewässern unter einen Erlaubnis- oder Bewilligungsvorbehalt gestellt (§ 8 WHG). Benutzung ist auch das Einleiten von Stoffen in Gewässer (§ 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG). Zu den besonderen wasserwirtschaftlichen Tätigkeiten gehören die öffentliche Wasserversorgung (§§ 50 ff. WHG) und Abwasserbeseitigung (§§ 54-61 WHG). Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 55 Abs. 1 Satz 1 WHG). Abwasser ist das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) (§ 54 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 WHG) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließende Wasser (Niederschlagswasser) (§ 54 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 WHG).

Die Abwasserbeseitigung betrifft nicht nur die Behandlung des Abwassers, sondern auch die vorgelagerten Schritte, also das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm in Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung (§ 54 Abs. 2 Satz 1 WHG).

Zuständig für die Abwasserbeseitigung sind die juristischen Personen des öffentlichen Rechts, die nach Landesrecht hierzu verpflichtet sind (Abwasserbeseitigungspflichtige) (§ 56 Satz 1 WHG).

Verantwortlich für die Unterhaltung oberirdischer Gewässer sind grundsätzlich die Eigentümer; das gilt nicht, sofern dafür nach landesrechtlichen Vorschriften Wasser- oder Bodenverbände zuständig sind (§ 40 Abs. 1 Satz 1 WHG). Bundesrechtlich sind Wasser- und Bodenverbände im Wasserverbandsgesetz (WVG)

Gesetz über Wasser- und Bodenverbände (Wasserverbandsgesetz - WVG) vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405), geändert durch Art. 1 WasserverbandsänderungsG vom 15. 5. 2002 (BGBl. I S. 1578)

geregelt. Sie sind Körperschaften des öffentlichen Rechts als Gebietskörperschaften (§ 1 Abs. 1 WVG) und für die Abwasserbeseitigung des in ihrem Verbandsgebiet anfallenden Abwassers zuständig (§ 2 Nr. 9 WVG). Dazu gehört auch die Abfallentsorgung im Zusammenhang mit der Durchführung von Verbandsaufgaben (§ 2 Nr. 10 WVG). Eine Errichtung nach Landesrecht ist ebenfalls möglich.

Landesrecht

Das Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen

(Landeswassergesetz – LWG –) vom 25.6.1995, zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 29. Mai 2020 (GV. NRW. S. 376),

gilt für die in § 2 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 und 3 WHG aufgeführten Gewässer, also oberirdische Gewässer und das Grundwasser. Es regelt die Bewirtschaftung, öffentliche Wasserversorgung, Wasserschutzgebiete und – neben weiteren Bereichen – die Abwasserbeseitigung. Letztere ist in den §§ 43 bis 60 LWG geregelt. Sie knüpfen an die §§ 54 ff. WHG an und konkretisieren die notwendigen landesrechtlichen Regelungen.

Im Hinblick auf die Behandlung von Klärschlamm haben Abwasserbehandlungsanlagen Klärschlamm für eine ordnungsgemäße Beseitigung aufzubereiten (§ 43 Nr. 2 LWG). Zuständig sind die Gemeinden, die das auf ihrem Gebiet anfallende Abwasser gemäß § 56 WHG zu beseitigen haben (§ 46 Abs. 1 Satz 1 LWG). Dazu gehört die Aufbereitung des durch die Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlammes für seine ordnungsgemäße Verwertung und Beseitigung (§ 46 Abs. 1 Satz 2 Nr. 3 LWG) sowie der Betrieb der für die Abwasserbeseitigung notwendigen Anlagen (§ 46 Abs. 1 Satz 2 Nr. 4 LWG).

Die Gemeinde muss die Aufgabe der Abwasserbeseitigung nicht alleine erledigen, sondern kann sich mit anderen Kommunen zusammenschließen (§ 50 Satz 1 LWG) oder die Aufgabe übertragen (§ 52 Abs. 1

Satz 1 LWG). Davon zu unterscheiden ist die Abwasserbeseitigung durch sondergesetzliche Wasserverbände. Das LWG enthält keine Vorschriften über die Errichtung und Aufgaben der Wasserverbände, es setzt ihre Existenz voraus, wie sich aus § 52 Abs. 2 Satz 1 LWG ergibt. Das nordrhein-westfälische Ausführungsgesetz zum WVG

Gesetz zur Ausführung des Gesetzes über Wasser- und Bodenverbände (Wasserverbandsgesetz - WVG) vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405) im Lande Nordrhein-Westfalen (NRW AGWVG) vom 7. März 1995,

enthält lediglich Ergänzung des bundesrechtlichen WVG. Die Gemeinde, die Mitglied eines sondergesetzlichen Wasserverbands ist, kann ihre Pflichten zum Sammeln und Fortleiten des Abwassers auf den Wasserverband übertragen. Dem Verband obliegt die Übernahme, Behandlung und Einleitung von Schmutzwasser (§ 53 Abs. 1 LWG).

Keine wasserrechtliche Pflicht zur Phosphorrückgewinnung

Nach den obigen Ausführungen steht fest, dass die Pflicht, Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, ausschließlich abfallrechtlich eingeordnet werden kann. Da es aber Rückgewinnungsverfahren gibt, die Phosphor bereits aus der flüssigen Phase zurückgewinnen können, stellt sich die Frage, ob das Wasserrecht im Sinne einer Phosphorrückgewinnungspflicht (neu) zu interpretieren ist und damit neue Anforderungen an Abwasserbehandlungsanlagen und die Abwasserbeseitigung gestellt werden.

Abwasserbehandlungsanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung eingehalten werden (§ 60 Abs. 1 Satz 1 WHG). Abwasser ist so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 55 Abs. 1 Satz 1 WHG). Abwasserbeseitigung umfasst das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klärschlamm in Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung (§ 54 Abs. 3 Satz 1 WHG). Die vorgenannten Vorschriften existierten schon vor Inkrafttreten der AbfKlärV und sind nicht geändert worden. Ein Verständnis, dass die Abwasserbeseitigung oder das Entwässern von Klärschlamm nun die Phosphorrückgewinnung umfasst, kann deshalb nicht angenommen werden.

Landesrechtlich ergibt sich nichts Anderes.

Nach § 43 Nr. 2 LWG ist eine Abwasserbehandlungsanlage eine Einrichtung, die dazu dient, den im Zusammenhang mit der Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlamm für eine ordnungsgemäße Beseitigung aufzubereiten. Beseitigung ist in dem Zusammenhang als abfallrechtliche „Entsorgung“ zu verstehen, die Verwertung und Beseitigung umfasst. Das ergibt sich aus § 46 Abs. 1 Nr. 3 LWG. Danach umfasst die Verpflichtung der Gemeinden zur Abwasserbeseitigung das Behandeln und die Einleitung des Abwassers sowie die Aufbereitung des durch die Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlamm für seine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung.

Die Aufbereitung des Klärschlamm für seine Verwertung oder Beseitigung baut keine Brücke zwischen Wasser- und Abfallrecht. Klärschlamm ist als Abfall immer ordnungsgemäß und schadlos im Sinne von § 7 Abs. 2 und 4 KrWG zu entsorgen, und zwar unabhängig davon, welche Art der Aufbereitung des Klärschlamm in der Kläranlage und gemäß dem dort geltenden Wasserrecht vorgenommen wird. § 46 Abs. 1 Nr. 3 LWG fordert keinen Verwertungsvorrang vor der Beseitigung und schon gar keine hochwertige Verwertung. Wie der Klärschlamm entsorgt wird, überlässt die Vorschrift dem Abfallrecht. Der Hinweis auf die ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung ist insofern nur deklaratorisch, denn sie gilt abfallrechtlich ohnehin; § 46 Abs. 1 Nr. 3 LWG kann also kein eigenständiger abfallrechtlicher Regelungsgehalt entnommen werden.

2.2.8 Düngerecht

Die Vorschriften des Düngerechts bleiben durch die AbfKlärV unberührt (Art. 1 § 1 Abs. 5). Die AbfKlärV flankiert und ergänzt das Düngerecht, soweit Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost zur Verwertung als Stoff nach § 2 Nr. 1 und 6 bis 8 DüngG auf- oder eingebracht werden soll (Art. § 1 Abs. 1). Der Verweis auf das DüngG betrifft den Einsatz als Düngemittel, Bodenhilfsstoff, Pflanzenhilfsmittel und Kultursubstrat.

Die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von zu Abfall gewordenen Klärschlämmen regelt vorrangig das Düngerecht, die AbfKlärV ist subsidiär. § 11 Abs. 2 Satz 3 KrWG bestimmt, dass abfallrechtliche Anforderungen an die Verwertung von Klärschlamm nicht festgelegt werden können, soweit die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von Bioabfällen und Klärschlämmen durch Regelungen des Düngerechts gewährleistet ist. Seit 1.1.2015 gelten für den Einsatz von Klärschlämmen als Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel die Anforderungen des Düngerechts (§ 10 Abs. 3 Nr. 1 DüMV), das durch die AbfKlärV ergänzt, aber nicht modifiziert wird.

Europäisches Düngerecht

Das europäische Düngerecht wird bestimmt vor allem durch die EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG) und die Düngemittel-Verordnung (VO (EG) 2003/2003).

EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG)

Die Richtlinie hat zum Ziel, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen (Art. 1 EU-Nitratrichtlinie). Die Mitgliedsstaaten sind danach verpflichtet, Regeln der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft aufzustellen und Aktionsprogramme auszuarbeiten (Artt. 4, 5 EU-Nitratrichtlinie). Die Aktionsprogramme sind alle vier Jahre zu überprüfen und haben u. a. die verfügbaren wissenschaftlichen und technischen Daten, insbesondere über die jeweiligen Stickstoffeinträge aus landwirtschaftlichen und anderen Quellen zu berücksichtigen (Art 5 Abs. 3 und 7 EU-Nitratrichtlinie).

Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 – EU-Düngemittelverordnung

Die Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel,

ABl. Nr. L 304 S. 1, Celex-Nr. 3 2003 R 2003, zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO (EU) 2016/1618 vom 8.9.2016 (ABl. Nr. L 242 S. 24),

regelt Erzeugnisse, die als Düngemittel mit der Bezeichnung „EG-Düngemittel“ in Verkehr gebracht werden (Art. 1 VO 2003/2003). Sie gilt vor allem für mineralische Dünger und deckt in Deutschland „etwa 90 bis 95 % des Massendüngermarktes“ ab. Kritisiert wurde, dass sie keine Schadstoffregelungen enthält (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestags, Mögliche Auswirkungen der geplanten EU-Düngemittelverordnung auf kleinere Betriebe, WD 5 - 3000 - 090/17, Seite 4 m. w. N.).

Die Zulassung als EG-Düngemittel ist freiwillig. Ein Düngemittelhersteller, der diese Kennzeichnung nicht anstrebt, kann sein Düngemittel nach nationalen Vorschriften zulassen.

Die Verordnung bringt binnenmarktrechtliche Probleme mit sich. Sofern ein Düngemittel gemäß der Verordnung zugelassen ist, muss es aufgrund der Warenverkehrsfreiheit (Artt. 26, 34, 28 AEUV) in allen Ländern der EU eingesetzt werden dürfen. Das gilt auch dann, wenn in einem Mitgliedsstaat die Anforderungen an die Zulassung höher sind als die der VO 2003/2003.

Die VO 2003/2003 wird mit Wirkung zum 16.7.2022 aufgehoben (Art. 51 VO (EU) 2019/1009) und durch die Verordnung (EU) 2019/1009 abgelöst.

Verordnung (EU) 2019/1009 – EU-Düngemittelverordnung neu

Die Verordnung (EU) 2019/1009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1069/2009 und (EG) Nr. 1107/2009 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 ist zum 15.7.2019 in Kraft getreten (Art. 53 VO (EU) 2019/1009) und gilt uneingeschränkt ab 16.7.2022. Sie gilt für EU-Düngeprodukte.

Ein EU-Düngeprodukt muss Anforderungen für die Produktfunktionskategorie (Anhang I) und Komponentenmaterialkategorie (Anhang II) erfüllen sowie gekennzeichnet sein (Anhang III), damit es im Binnenmarkt eingesetzt werden kann.

Die Verordnung legt überdies Kriterien fest, nach denen Material, das Abfall im Sinne der Richtlinie 2008/98/EG (Abfallrahmenrichtlinie) darstellt, seine Abfalleigenschaft verlieren kann, wenn es in einem konformen EU-Düngeprodukt enthalten ist (Art. 19 VO (EU) 2019/1009). Phosphor wird als Primär-Makronährstoff bezeichnet (Erwägungsgrund 25), beim Recycling von Phosphor aus Klärschlamm soll der Zugang zum Binnenmarkt gewährleistet werden (Erwägungsgrund 58). Einzelheiten werden in der Ausarbeitung zum Abfallende (2.6.1) untersucht.

Nationales Düngerecht des Bundes

Das nationale Düngerecht des Bundes untergliedert sich im Wesentlichen in Düngegesetz, Düngeverordnung und Düngeverordnung:

Düngegesetz

Das Düngegesetz,

DüngeG vom 9.1.2009, zuletzt geändert durch Art. 277 Elfte ZuständigkeitsanpassungsVO vom 19.6.2020 (BGBl. I S. 1328),

regelt insbesondere die Anforderungen an das Inverkehrbringen und die Anwendung von Düngeprodukten, Bodenhilfsstoffen, Pflanzenhilfsmitteln und Kultursubstraten. Es enthält Ermächtigungen, die näheren Bestimmungen durch Rechtsverordnungen zu erlassen, hier die Düngeverordnung (DüV).

Die Änderungen des DüngeG in 2017 waren nötig, um die Vorgaben der EU-Nitratrichtlinie umzusetzen. Die Vorgaben reichten nicht aus, um den Grenzwert für die Nitratkonzentration im Grundwasser von 50 mg/l gemäß EU-Nitratrichtlinie einzuhalten. Der EuGH stellte fest, dass die Bundesrepublik Deutschland gegen ihre Verpflichtungen aus Art. 5 Abs. 5 und 7 in Verbindung mit Anhang II Teil A Nrn. 1 bis 3 und 5 und Anhang III Nr. 1 Ziff. 1 bis 3 und Nr. 2 der EU-Nitratrichtlinie verstoßen hat (Urteil vom 21. Juni 2018, Rechtssache C-543/16 – Kommission/Deutschland).

Bei der Überprüfung des Aktionsprogramms wurde erheblicher Anpassungsbedarf festgestellt. Um die Düngeverordnung derart ändern zu können, musste aber zunächst die Verordnungsermächtigung im DüngeG geändert werden.

Düngeverordnung

Die Düngeverordnung

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) - vom 26. Mai 2017; BGBl. I S. 1305), zuletzt geändert durch Art. 1 VO zur Änd. der DüngeVO und anderer Vorschriften vom 28.4.2020 (BGBl. I S. 846),

wurde aufgrund von § 3 Abs. 4 DüngeG (neu) erlassen und präzisiert die Anforderungen an die gute fachliche Praxis der Düngung zum Schutz des Grundwassers vor übermäßigen Nitratreinträgen.

Sie führte eine bundeseinheitliche Düngebedarfsermittlung ein, wonach ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung zu gewährleisten ist. Dazu sind bei den Stickstoffbedarfswerten insbesondere zu berücksichtigen:

- die Stickstoffmengen, die im Boden verfügbar sind,
- die Stickstoffmengen, die während des Pflanzenwachstums zusätzlich pflanzenverfügbar werden,
- die Nachlieferung von Stickstoff aus der Anwendung von organischen Düngemitteln im Vorjahr und aus Vor- und Zwischenfrüchten.

Die Düngeverordnung beinhaltet Aufbringungsbeschränkungen für stickstoff- und phosphathaltige Düngemittel in Abhängigkeit von Standort und Bodenzustand, regelt Sperrzeiten für die Aufbringung von Düngemitteln und macht Vorgaben zur Lagerung organischer Düngemittel.

Düngemittelverordnung

Die Düngemittelverordnung

DüMV - Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln vom 5. Dezember 2012, zuletzt geändert durch Art. 1 Dritte ÄndVO vom 2.10.2019 (BGBl. I S. 1414),

gilt für das Inverkehrbringen von Düngemitteln, die nicht als EG-Düngemittel bezeichnet sind, sowie von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln. Während die DüV Vorgaben für die fachliche Praxis des Düngens macht, legt die DüMV fest, wie das dazu verwendete Düngemittel selbst beschaffen sein muss.

Der Anwendungsbereich schließt daher eine Lücke für Düngemittel, die über keine europäische Anerkennung oder Zulassung als Düngemittel verfügen, dennoch aber nach nationalem Recht als Düngemittel eingesetzt werden dürfen. Dieser Weg wird durch europäische Verordnungen nicht verboten. Bereits die VO 2003/2003 verbietet die Entwicklung von Düngemitteln nach nationalen Standards nicht; die VO (EU) 2019/1009 behält dies bei (Erwägungsgrund 5 und Art. 3 Abs. 3).

Stoffstrombilanzverordnung

Zum 1.1.2018 trat die Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV)

Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen - Stoffstrombilanzverordnung – StoffBilV, vom 14. Dezember 2017, BGBl. I S. 3942, ber. BGBl. I 2018 S. 360)

in Kraft. Sie wurde erlassen aufgrund von § 11a Abs. 2 Satz 1, 4 und 5 des geänderten DüngeG. Über die Stoffstrombilanz soll die Zufuhr von Nährstoffen in und die Abgabe von Nährstoffen aus bestimmten Betrieben erfassen. Das soll einen nachhaltigen und ressourcenschonenden Umgang mit Nährstoffen gewährleisten.

AVV Gebietsausweisung – AVV GeA

Nach § 13a Absatz 1 Satz 2 DüV soll zur bundeseinheitlichen Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten eine allgemeine Verwaltungsvorschrift erlassen werden. Das Bundeskabinett hat die Allgemeine Verwaltungsvorschrift am 12. August 2020 beschlossen (<https://www.bmel.de/Shared-Docs/Gesetzestexte/DE/avv-gebietsausweisung.html;jsessionid=B9B9E771A6CE4E71E6D6D3172DE873C6.internet2832>).

Düngerecht NRW

Die LDüngVO

Verordnung über besondere Anforderungen an die Düngung (Landesdüngerverordnung – LDüngVO) vom 19. Februar 2019, zuletzt geändert durch Art. 1 ÄndVO vom 24.3.2020 (GV. NRW. S. 198),

basiert auf § 13 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1, Abs. 5 Nr. 1 und Abs. 6 Nr. 1 DüV. Danach wird den Landesregierungen die Befugnis übertragen, Rechtsverordnungen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat oder Phosphat zu erlassen. Die LDüngVO regelt (§ 1)

1. die verbindliche Einteilung der landwirtschaftlichen Flächen in Nordrhein-Westfalen in
 - a) Gebiete von Grundwasserkörpern im schlechten chemischen Zustand nach § 7 der Grundwasserverordnung auf Grund einer Überschreitung des in Anlage 2 der Grundwasserverordnung enthaltenen Schwellenwerts für Nitrat und
 - b) Gebiete von Grundwasserkörpern mit steigendem Trend von Nitrat nach § 10 der Grundwasserverordnung und einer Nitratkonzentration von mindestens drei Vierteln des in Anlage 2 der Grundwasserverordnung enthaltenen Schwellenwertes für Nitrat (nitratbelastete Gebiete),
2. weitergehende Anforderungen an die gute fachliche Praxis beim Düngen für nitratbelastete Gebiete nach Nummer 1,
3. abweichende Anforderungen an die gute fachliche Praxis beim Düngen für nicht nitratbelastete Gebiete und
4. abweichende Vorlage-, Melde- oder Mitteilungspflichten für Nährstoffvergleiche.

2.2.9 Bodenschutzrecht

Das Bundesbodenschutzgesetz

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 3 VO zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.9.2017 (BGBl. I S. 3465)

verfolgt das Ziel, die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Es ist grundsätzlich subsidiär gegenüber anderen Vorschriften. Auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten findet es Anwendung, soweit etwa Vorschriften des Düngemittel- und Pflanzenschutzrechts Einwirkungen auf den Boden nicht regeln (§ 3 Abs. 1 Nr. 4 BBodSchG).

2.2.10 Bioabfallverordnung

Die Regelungen über Bioabfall sind ebenfalls subsidiär gegenüber anderen Regelungen. Die BioAbfV,

Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. April 2013 (BGBl. I S. 658), zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 2 VO zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27.9.2017 (BGBl. I S. 3465),

überschneidet sich mit der AbfKlärV insofern, als es um Bioabfälle und Gemische geht, die als Düngemittel auf Böden eingesetzt werden (§ 1 Abs. 1 BioAbfV). Die BioAbfV gilt aber nicht, soweit die AbfKlärV Anwendung findet (§ 1 Abs. 3 Nr. 3 BioAbfV).

Bioabfälle sind Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft oder aus Pilzmaterialien zur Verwertung, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können, einschließlich Abfälle zur Verwertung mit hohem organischen Anteil tierischer oder pflanzlicher Herkunft oder an Pilzmaterialien; zu den Bioabfällen gehören insbesondere die in Anhang 1 Nummer 1 in Spalte 1 genannten, in Spalte 2 weiter konkretisierten und durch die ergänzenden Bestimmungen in Spalte 3 näher gekennzeichneten Abfälle (§ 2 Nr. 1 BioAbfV).

Auf Böden dürfen je Hektar innerhalb von drei Jahren nicht mehr 20 t (ggf. 30 t) Trockenmasse von Bioabfällen und Gemischen aufgebracht werden (§ 6 Abs. 1 BioAbfV). Innerhalb dieses Zeitraums ist auch die Aufbringung von Klärschlamm nach der AbfKlärV zulässig (§ 8 BioAbfV).

2.3 Vermischung vor Phosphorrückgewinnung

Es ist zu prüfen, inwiefern ab 1.1.2029 eine Vermischung von Klärschlämmen mit bspw. Tiermehl, Knochenmehl, Kohle oder Sekundärbrennstoffen vor einer Phosphorrückgewinnung zulässig ist.

2.3.1 Vermischung, Verdünnung nach allgemeinem Abfallrecht (KrWG)

Ein generelles Vermischungsverbot kennt das Abfallrecht nicht. Vielmehr ist zwischen einem Getrennthaltungsgebot und einem Vermischungsverbot für bestimmte Abfälle zu unterscheiden.

Getrennthaltungsgebot

Abfälle sind getrennt zu halten, sofern dies zur Erfüllung der Anforderungen nach § 7 Abs. 2 bis 4 KrWG und § 8 Abs. 1 KrWG erforderlich ist (§ 9 Abs. 1 KrWG). „Abfälle“ meint alle Abfälle, auf die Unterscheidung zwischen gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen kommt es zunächst nicht an. § 9 KrWG erfasst nur Abfälle zur Verwertung. Für die Getrennthaltung von Abfällen zur Beseitigung legt § 15 Abs. 3 KrWG eigene Kriterien fest.

Die Getrennthaltung soll zunächst sicherstellen, dass Abfälle vorrangig verwertet und nachrangig beseitigt werden. Erzeuger und Besitzer von Abfällen sind zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet (§ 7 Abs. 2 Satz 1 und 2 KrWG). Wie der Erzeuger seinen Abfall verwertet, ist ihm nicht freigestellt. Die Abfallhierarchie regelt eine echte Rangfolge (§ 6 Abs. 1 KrWG). Dabei ist eine möglichst hochwertige Verwertung zu erreichen (§ 8 Abs. 1 KrWG).

Vermischungsverbot

Das Vermischungsverbot bezieht sich auf gefährliche Abfälle zur Verwertung. Die Vermischung gefährlicher Abfälle mit anderen Kategorien von gefährlichen Abfällen oder mit anderen Abfällen, Stoffen oder

Materialien ist unzulässig (§ 9 Abs. 2 Satz 1 KrWG). Darüber hinaus ist auch die Vermischung von gefährlichen Abfällen zur Verwertung mit Abfällen zur Beseitigung unzulässig (interkategoriales Vermischungsverbot).

Ausnahmsweise ist eine Vermischung zulässig. Erforderlich ist, dass die Vermischung einer hierfür zugelassenen Anlage erfolgt (Nr. 1), die Anforderungen an eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung nach § 7 Abs. 3 KrWG eingehalten und schädliche Auswirkungen der Abfallbewirtschaftung auf Mensch und Umwelt durch die Vermischung nicht verstärkt werden (Nr. 2) sowie das Vermischungsverfahren dem Stand der Technik entspricht (§ 9 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 KrWG).

Verdünnungsverbot

Unzulässig ist die Verdünnung von gefährlichen Abfällen mit anderen Abfällen und Stoffen (§ 9 Abs. 2 Satz 1 KrWG). Das Verdünnen ist eine gezielte Form des Mischens, um Schadstoffkonzentrationen zu reduzieren.

Getrennthaltungsgebot für Bioabfälle, § 11 Abs. 1 KrWG

Ein besonderes Getrennthaltungsgebot regelt § 11 Abs. 1 KrWG für Bioabfälle. Danach sind Bioabfälle, die einer Überlassungspflicht nach § 17 Abs. 1 KrWG unterliegen, spätestens ab dem 1. Januar 2015 getrennt zu sammeln, soweit dies für eine hochwertige Verwertung erforderlich ist.

Klärschlamm ist hiervon nicht erfasst. Seine Definition und Konkretisierung obliegen auch weiterhin der AbfKlärV.

2.3.2 Getrennthaltungsgebot, Vermischungsverbot gemäß AbfKlärV

Eine Vermischung des Abfalls Klärschlamm ist zu verschiedenen Zeitpunkten der Entsorgung denkbar.

- **Der Klärschlamm wird einer Phosphorrückgewinnung ohne Verbrennung zugeführt; dieser Klärschlamm wird vor der Phosphorrückgewinnung noch mit den weiteren Stoffen vermischt.**
- **Voraussetzung ist, dass die Phosphorrückgewinnung technisch möglich und wirtschaftlich ist.**
- **Denkbar ist auch, dass der Klärschlamm zunächst verbrannt wird und die dann entstehende Klärschlammverbrennungssasche mit den weiteren Komponenten gemischt wird.**
- **In der Praxis findet aber regelmäßig eine Konditionierung der zu verbrennenden Abfälle vor der Verbrennung statt, spätestens im Bunker. Eine nachträgliche Konditionierung verändert den Abfall. Handelt es sich bei den Aschen um gefährlichen Abfall, scheidet eine Vermischung nach § 9 Abs. 2 KrWG grundsätzlich aus.**
- **Klärschlamm wird in der (Mono)Verbrennungsanlage angeliefert. Vor der Zuführung des Klärschlammes in die Feuerung wird der Klärschlamm konditioniert durch Vermischung mit etwa Tiermehl und/oder Sekundärbrennstoffen. Der Feuerung wird also ein Gemisch zugeführt, das sich nach der Verbrennung in der Asche wiederfindet, die anschließend einer Phosphorrückgewinnung zugeführt wird.**

Das zuletzt genannte Szenario entspricht dem regelmäßigen Vorgehen in Verbrennungsanlagen und wird deshalb untersucht.

Abfallrechtliche Einstufung von Klärschlamm

Nach Art. 1 § 2 Abs. 2 Satz 1 ist Klärschlamm ein Abfall aus der abgeschlossenen Behandlung von Abwasser. Abwasser ist häusliches und kommunales Abwasser, das in den Anwendungsbereich des Anhangs 1 der Abwasserverordnung fällt, und Abwasser, das in einer betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlage behandelt wurde und in seiner stofflichen Zusammensetzung mit dem Abwasser nach Nummer 1 vergleichbar ist (Art. 1 § 2 Abs. 4).

Ob ein Abfall gefährlich ist, richtet sich danach, ob er eine oder mehrere der Eigenschaften aufweist, die in Anhang III der Richtlinie 2008/98/EG (AbfRRL) aufgeführt sind (sog. HP-Kriterien, § 3 Abs. 2 Satz 1 Abfallverzeichnisverordnung – AVV). Aufgrund der Vorgaben von Anhang 1 der Abwasserverordnung ist davon auszugehen, dass Klärschlamm aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen regelmäßig keine dieser Eigenschaften aufweist und damit nicht gefährlicher Abfall ist. Die Abfallverzeichnisverordnung stuft Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser typischerweise als nicht gefährlich ein (AVV-Schlüssel 19 08 05).

„Klärschlammgemisch“ - Düngerecht

Bei einem „Klärschlammgemisch“ handelt es sich nicht um ein Gemisch, wie es die Prüfungsfrage umschreibt. Ein Klärschlammgemisch ist ein Gemisch aus Klärschlamm und anderen Materialien nach Anlage 2 Tabelle 7 und 8 der DüMV (Art. 1 § 2 Abs.7). Werden Klärschlämme aus unterschiedlichen Anlagen miteinander vermischt, handelt es sich auch nicht um ein Klärschlammgemisch. Denn ausdrücklich kein Klärschlammgemisch ist ein Gemisch aus verschiedenen Klärschlämmen (Art. 1 § 2 Abs. 7 am Ende). Der Begriff „Klärschlammgemisch“ ist also ausschließlich düngerechtlich zu verstehen.

Vermischung von Klärschlamm – Abfallrecht

Da es sich bei kommunalen Klärschlämmen regelmäßig um nicht gefährliche Abfälle handelt, gilt das Vermischungsverbot gemäß § 9 Abs. 2 KrWG nicht. Eine Vermischung von Klärschlamm mit Klärschlamm oder anderen Stoffen wie Tiermehl, Kohle oder Sekundärbrennstoffen ist abfallrechtlich unter dieser Prämisse also grundsätzlich zulässig.

Es sind aber spezielle Beschränkungen und Vorgaben der AbfKlärV zu beachten.

Vermischungsverbot des Art. 1 § 15 Abs. 3

Nach Art. 1 § 15 Abs. 3 sind die Abgabe und das Auf- oder Einbringen eines Klärschlammes, der mit Klärschlämmen aus Abwasserbehandlungsanlagen mit einer genehmigten Ausbaugröße ab 1 000 Einwohnerwerten vermischt wurde, nur zulässig, wenn es sich um Klärschlämme aus Abwasserbehandlungsanlagen desselben Klärschlammherstellers handelt und die Klärschlämme die Anforderungen des § 8 Absatz 1 und 2 Satz 1 und des § 11 vor der Vermischung erfüllen.

Art. 1 § 15 Abs. 3 betrifft nicht den hier zu prüfenden Fall. Denn es geht um den Bereich der Abgabe und des Auf- oder Einbringens des Klärschlammes an den Klärschlammnutzer oder Gemisch- bzw. Komposthersteller (Art. 1 § 2 Abs. 10) und damit um düngerechtliche Aspekte. In diesen Zusammenhang gehört auch die Vermischungsregel des Art. 1 § 8 Abs. 2.

Vermischung von Klärschlämmen (Art. 5 § 3a Abs. 2)

Nach Art. 5 § 3a Abs. 2 ist eine Vermischung des Klärschlammes mit anderen Klärschlämmen vor Durchführung der Phosphorrückgewinnung im Sinne von Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 1 als Option vorgesehen. Andere Klärschlämme können auch solche unterschiedlicher Klärschlammhersteller sein, wie Satz 2 klarstellt. Entscheidend ist, dass der jeweils zugemischte Klärschlamm vor der Vermischung einen Phosphorgehalt von 20 g/kg oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Die Vorgabe ist eine Klärschlamm-spezifische Ausprägung des Verdünnungsverbots aus § 9 Abs. 2 Satz 1 KrWG. Es ist nicht an die Einstufung

als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall gekoppelt, sondern an den Phosphorgehalt. Der Verordnungsgeber will verhindern, dass Klärschlämme vermischt werden mit dem Ziel, Art. 5 § 3 Abs. 1 Nr. 1 zu umgehen. Danach ist eine Phosphorrückgewinnung nur zwingend, wenn der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Werden solche Klärschlämme mit Klärschlämmen vermischt, die einen niedrigeren Phosphorgehalt aufweisen, kann der Phosphorgehalt im Gesamtgemisch auf unter 20 g/kg abgesenkt werden. Das hätte zur Folge, dass das Gemisch insgesamt nicht der Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegt (BT-Drs. 18/10884, Seite 231).

Vermischung von Klärschlämmen mit anderen Stoffen

Da die Vermischung von Klärschlämmen untereinander an einen Mindest-Phosphorgehalt gekoppelt ist, scheidet die Vermischung mit anderen Stoffen und Materialien aus, die sich negativ darauf auswirken. Sofern ihre Einmischung dazu führt, dass die Verwertung nur noch energetisch und nicht mehr stofflich möglich ist, liegt darin ein Verstoß gegen das Gebot der möglichst hochwertigen Verwertung aus §§ 6 Abs. 1, 8 Abs. 1 Satz 1 KrWG.

Tiermehl (fettreich) ist ein Erzeugnis, das durch Trocknen und Mahlen von Körpern und Körperteilen warmblütiger Landtiere und gegebenenfalls durch nachträgliche Entfettung durch ein geeignetes Verfahren gewonnen wird und praktisch frei von Haaren, Borsten, Federn, Hufen, Horn, Haut sowie von Magen- und Darminhalt ist und technisch frei von Rückständen organischer Lösungsmittel ist (Umweltbundesamt Österreich, Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich, 2001, S. 14). Kennzeichnend ist der hohe Phosphorgehalt von 8 % (Umweltbundesamt Österreich, S. 4).

Das entspricht umgerechnet 80 g/kg. Eine Vermischung mit Klärschlamm hätte auf den Phosphorgehalt also positive Auswirkungen. Für die Zulässigkeit der Vermischung müssen aber auch allgemeine abfallrechtliche Anforderungen eingehalten werden. Sofern Tiermehl ein Produkt oder jedenfalls nicht gefährlicher Abfall ist, gilt das Vermischungsverbot nicht. Überdies sind die Abfallhierarchie und das Gebot der möglichst hochwertigen Verwertung zu beachten.

Die Hinzumischung von Tiermehl kann aber zu praktischen Schwierigkeiten führen. Nach Art. 5 § 3a Abs. 1 Nr. 1 ist zur Phosphorrückgewinnung ein Verfahren anzuwenden, das eine Reduzierung des nach Art. 5 § 3c Abs. 1 gemessenen Phosphorgehalts „des behandelten Klärschlammes“ um mindestens 50 % gewährleistet. Nach dem ausdrücklichen Wortlaut gilt die Quote von 50 % nur bezogen auf den Klärschlammanteil. Das Phosphorrückgewinnungsverfahren muss bezogen auf diesen Anteil technisch geeignet sein. Um die Eignung prüfen zu können, muss der Phosphorgehalt im Klärschlamm vor der Vermischung mit anderen Stoffen oder Materialien feststehen und dokumentiert sein.

Vermischung in der Verbrennungsanlage

Die AbfKlärV unterscheidet zwischen Klärschlammverbrennungs- und Klärschlammmitverbrennungsanlagen. Ob eine Vermischung zulässig ist, hängt u. a. davon ab, was unter einer Klärschlammverbrennungs- und Klärschlammmitverbrennungsanlage zu verstehen ist.

Die Verordnung sollte aus Gründen der Klarheit nachjustiert werden. Begriffe der Verordnung einerseits und der Begründung andererseits weichen voneinander ab. Die Verordnung kennt nur Klärschlammverbrennungsanlagen, die Begründung spricht von Monoverbrennungsanlagen. Der bis 2.10.2017 in § 23 Abs. 6 DepV enthaltene Begriff der Klärschlammmonoverbrennung ist mit Art. 2 Nr. 3 aufgegeben und durch „Aschen aus der Klärschlammverbrennung und aus der Klärschlammmitverbrennung“ ersetzt worden.

Die Begründung dagegen spricht ganz überwiegend synonym von Monoverbrennung, ohne den Begriff zu konkretisieren oder gar zu definieren. Sie scheint zu unterstellen, dass Klärschlammverbrennung und Monoverbrennung (mono = „einzig“) dasselbe sind. Das widerspricht der Definition der 17. BImSchV.

Schließlich weicht die Zweckbestimmung der Klärschlammmitverbrennungsanlage nach AbfKlärV von der einer Abfallmitverbrennungsanlage nach der 17. BImSchV ab.

Im Einzelnen:

Klärschlammverbrennungsanlage

Eine Klärschlammverbrennungsanlage ist nicht definiert als „Monoverbrennungsanlage“, sondern als Feuerungsanlage nach § 2 Abs. 4 der 17. BImSchV, in der Klärschlamm zum Zweck der Vorbehandlung verbrannt wird, wobei das in der Feuerungsanlage verwendete thermische Verfahren auch andere vergleichbare Verfahren wie Vergasung, Teilverbrennung und thermische Behandlungsverfahren mit indirekter Beheizung des Behandlungsreaktors oder eine Kombination daraus umfassen kann, sofern die aus der Vorbehandlung des Klärschlammes entstehenden festen kohlenstoffhaltigen Rückstände einer Phosphorrückgewinnung oder einer Verwertung oder Aufbereitung vor einer Verwertung zugeführt werden (Art. 5 § 2 Abs. 11a).

Feuerungsanlage nach § 2 Abs. 4 der 17. BImSchV ist eine Abfallverbrennungsanlage, deren Hauptzweck darin besteht, thermische Verfahren zur Behandlung von Abfällen oder Stoffen (jeweils Plural) nach § 1 Abs.1 der 17. BImSchV zu verwenden. Diese Verfahren umfassen die Verbrennung durch Oxidation und andere vergleichbare thermische Verfahren wie Pyrolyse, Vergasung oder Plasmaverfahren.

Der Verordnungsgeber stellt klar, dass es sich bei Klärschlammverbrennungsanlagen und Klärschlammmitverbrennungsanlagen, wie sie in Art. 5 § 2 Abs. 11a und 11b definiert sind, „um Feuerungsanlagen zur Verbrennung oder Mitverbrennung von Abfällen entsprechend der [...] 17. BImSchV handelt“, die AbfKlärV also nicht beabsichtigt, die Begriffe eigenständig zu definieren (BT-Drs. 18/10884, S. 226).

Klärschlammmitverbrennungsanlage

Eine Klärschlammmitverbrennungsanlage ist nach Art. 5 § 2 Abs. 11b eine Feuerungsanlage oder Großfeuerungsanlage nach § 2 Abs. 2 oder 3 der 17. BImSchV, in der Klärschlamm zum Zweck der Vorbehandlung mitverbrannt wird.

Feuerungsanlage im Sinne von § 2 Abs. 3 der 17. BImSchV ist eine Abfallmitverbrennungsanlage. Eine Abfallmitverbrennungsanlage ist eine Feuerungsanlage, deren Hauptzweck in der Energiebereitstellung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht und in der Abfälle – bei gemischten Siedlungsabfällen nur soweit es sich um aufbereitete gemischte Siedlungsabfälle handelt –, 1., als regelmäßige oder zusätzliche Brennstoffe verwendet werden oder, 2., mit dem Ziel der Beseitigung thermisch behandelt werden.

Abgrenzung nach dem Hauptzweck

Die 17. BImSchV unterscheidet Abfallverbrennung und Abfallmitverbrennung nach ihrem Hauptzweck. Die AbfKlärV definiert den Hauptzweck anders.

Hauptzweck nach 17. BImSchV

Besteht der Hauptzweck darin, thermische Verfahren zur Behandlung ausschließlich von Abfällen zu verwenden, handelt es sich um eine Abfallverbrennungsanlage.

Dagegen liegt der Hauptzweck der Abfallmitverbrennungsanlage in der Energiebereitstellung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse, bei der Abfälle als regelmäßige oder zusätzliche Brennstoffe verwendet werden oder thermisch beseitigt werden sollen.

Ausschlaggebend für die Abgrenzung Verbrennung oder Mitverbrennung ist danach nicht, ob ausschließlich oder nur zum Teil Abfälle verwendet werden (Ohms, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Werkstand: 91. EL September 2019, 17. BImSchV, § 1 Rn 10), vielmehr entscheidet der Zweck der Anlage.

Der Begriff „Mono“-Verbrennungsanlage,

„Mono“ = einzig, allein, einzeln; ein..., Ein... (z. B. monosem, Monogamie), www.duden.de,

dient nicht der Rechtsklarheit und sollte daher in Vollzugshilfen, Erlassen, Verwaltungsvorschriften etc. vermieden werden.

Hauptzweck nach AbfKlärV

Der Zweck der Abfallverbrennungsanlagen ist sowohl nach 17. BImSchV als auch nach der AbfKlärV die (Vor)Behandlung von Abfällen (§ 2 Abs. 4 Satz 1 17. BImSchV; Art. 5 § 2 Abs. 11a). Beide Regelungen stimmen überein.

Dagegen ist der Zweck der Mitverbrennung in 17. BImSchV und AbfKlärV unterschiedlich definiert:

- Nach der 17. BImSchV liegt der Hauptzweck der Mitverbrennung in der **Energiebereitstellung oder Produktion stofflicher Erzeugnisse** und in der thermischen Behandlung von Abfällen **zur Beseitigung**.
- Nach der AbfKlärV besteht der Zweck der Mitverbrennungsanlage **in der Vorbehandlung** von Abfall. Das ist derselbe Zweck, den AbfKlärV und 17. BImSchV der Verbrennungsanlage zuweisen, ein Zirkelschluss.

Was ist gewollt?

Wie der Verweis auf die 17. BImSchV zeigt, hatte der Verordnungsgeber nicht im Sinn, die Anlagentypen in der AbfKlärV eigenständig neu zu definieren. Unabhängig davon, ob Klärschlamm verbrannt wird, unterteilen sich Verbrennungsanlagen in Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen. Hauptzweck, Kern und Ausgestaltung der Anlage definiert zuvorderst die 17. BImSchV.

Die Klärschlammverbrennungsanlage gemäß AbfKlärV entspricht der Abfallverbrennungsanlage nach der 17. BImSchV. Der Zusatz in Art. 5 § 2 Abs. 11a, dass die Klärschlammverbrennungsanlage eine Anlage ist, „in der Klärschlamm zum Zweck der Vorbehandlung verbrannt wird“, dient der Ausfüllung des Begriffs „Klärschlamm“-Verbrennungsanlage. Eine Umgestaltung in eine Anlage, in der nur ein einziger Abfall „Klärschlamm“ im Sinne einer einzigen Abfallart verbrannt wird, war nicht gewollt. Anderenfalls müsste der Verweis auf § 2 Abs. 4 der 17. BImSchV entfallen. Nach der dortigen Definition ist die Verbrennung von anderen Abfällen, auch solchen unterschiedlicher Herkunft und Güte, zulässig. Einzelheiten und ggf. Einschränkungen müssen über die Anlagengenehmigung geregelt werden.

Dieser Ausgangspunkt gilt auch für den Begriff der Klärschlamm**mit**verbrennungsanlage. Basis ist das Begriffsverständnis der 17. BImSchV, wie der Verweis zeigt. Das wesensbestimmende Merkmal ist wiederum der Hauptzweck der Anlage. Diesen Hauptzweck will die AbfKlärV nicht verändern oder ersetzen. Sofern die AbfKlärV die Klärschlamm**mit**verbrennungsanlage als Feuerungsanlage beschreibt, „in der Klärschlamm zum Zweck der Vorbehandlung mitverbrannt wird“, ändert das den Hauptzweck nach der 17. BImSchV nicht. Vielmehr handelt es sich um eine Ergänzung für den Fall, dass in einer Abfall**mit**verbrennungsanlage auch Klärschlamm verbrannt wird.

Folgen für die Prüfungsfrage

Die Verbrennung von anderen Abfällen neben Klärschlamm ist in beiden Anlagentypen zulässig. Ob diese anderen Abfälle einen engen Bezug zur Kläranlage haben oder andere sind, entscheidet der Betreiber

der Verbrennungsanlage bei der Konzeptionierung seiner Anlage. Ist das Ziel eine möglichst hohe Phosphorrückgewinnung, werden von vornherein keine Abfälle zum Einsatz kommen, die den Phosphorgehalt der Aschen verdünnen.

Tiermehl ist kein Abfall und unterliegt insofern nicht dem abfallrechtlichen Vermischungsverbot. Für den Phosphorgehalt der Klärschlammverbrennungsasche dürfte die Verbrennung von Tiermehl günstig sein, denn es hat einen hohen Phosphorgehalt von 8 % (80 g/kg). Hinsichtlich der Verbrennung scheint in der Klärschlammverbrennungsanlage die Zusammensetzung¹ der mit Tiermehl vermischten Klärschlammverbrennungsasche kein Problem zu sein² (Umweltbundesamt Österreich, Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich, 2001, S. 4).

Die Studie hat allerdings nicht die Folgen für eine Phosphorrückgewinnung aus der Asche untersucht.

Vermischungsverbot von Klärschlämmen im Langzeitlager

In dem hier unterstellten Szenario hat eine Vermischung von Klärschlamm mit anderen Stoffen bereits vor der Verbrennung stattgefunden. Die dadurch entstandene Verbrennungsasche ist vom Betreiber der Verbrennungsanlage unmittelbar einer Phosphorrückgewinnung oder stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Verbrennungsasche zuzuführen (Art. 5 § 3 Abs. 2). Vor Durchführung der Phosphorrückgewinnung ist aber die Lagerung der Klärschlammverbrennungsasche in einem Langzeitlager nach § 23 Abs. 6 DepV zulässig (Art. 5 § 3b Abs. 3).

Die Zulässigkeit der Langzeitlagerung ist an zwei Voraussetzungen geknüpft:

- Im Langzeitlager muss eine Vermischung der Klärschlammverbrennungsasche mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien und ein oberflächiger Abfluss der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands ausgeschlossen sein,

und

- die Möglichkeit einer späteren Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und dem kohlenstoffhaltigen Rückstand oder die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands muss gewährleistet bleiben.

„Klärschlammverbrennungsasche“

Während die AbfKlärV zwischen Klärschlammverbrennungsanlagen und Klärschlammmitverbrennungsanlagen differenziert, fasst sie die Aschen aus beiden Anlagentypen unter dem einheitlichen Begriff der Klärschlammverbrennungsasche zusammen. Eine eigene Begriffsdefinition fehlt zwar. Der Befund ergibt sich vielmehr aus der Verwendung des Begriffs der Klärschlammverbrennungsasche.

Nach Art. 5 § 1 Abs. 1 Nr. 1 b) gilt die AbfKlärV für die Rückgewinnung von Phosphor aus der bei der Vorbehandlung von Klärschlamm in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder einer Klärschlammmitverbrennungsanlage anfallenden „Klärschlammverbrennungsasche“. Der Betreiber einer Klärschlammverbrennungsanlage und der Betreiber einer Klärschlammmitverbrennungsanlage – Differenzierung – haben die Klärschlammverbrennungsasche – keine Differenzierung – einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen (Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1). Zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche

¹ Dazu etwa Umweltbundesamt Österreich, Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich, 2001, S. 27.

² Anders aber bei der Mitverbrennung im Zementwerk, der hohe Phosphorgehalt verschlechtert das Abbindeverhalten im Zement, Umweltbundesamt Österreich, Bestandsaufnahme der thermischen Entsorgung von verarbeiteten tierischen Proteinen in Österreich, 2001, S. 45.

ist ein bestimmtes Rückgewinnungsverfahren anzuwenden. Art. 5 § 3b Abs. 1 verwendet nur diesen Begriff, kommt aber erst durch Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1 zur Anwendung, in dem die Klärschlammverbrennungsasche aus beiden Anlagentypen gemeint ist.

„Klärschlammverbrennungsasche“ im Langzeitlager

Die Lagerung der Klärschlammverbrennungsasche im Langzeitlager ist nur zulässig, wenn eine Vermischung der Klärschlammverbrennungsasche mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien ausgeschlossen ist.

Da Klärschlammverbrennungsasche einheitlich die Aschen aus der Klärschlammverbrennung und Klärschlamm-Mitverbrennung umfasst, ist danach jedenfalls die gemeinsame Lagerung von Aschen aus der Klärschlammverbrennung einerseits und Aschen aus der Klärschlamm-Mitverbrennung andererseits zulässig. Im Hinblick auf Klärschlämme – nicht Aschen – unterschiedlicher Betreiber stellt Art. 5 § 3a Abs. 2 die Vermischung unter den Vorbehalt eines schriftlichen Vertrags. Eine vergleichbare Regelung existiert für Klärschlammverbrennungsaschen nicht. Ein Verbot ergäbe sich aber dann, wenn die Vermischung „mit anderen Abfällen“ auch die Vermischung mit Klärschlammverbrennungsaschen unterschiedlicher Betreiber umfassen sollte.

Dagegen spricht das Verständnis des Begriffs der Klärschlammverbrennungsasche. Wenn schon die Vermischung von Aschen aus Klärschlammverbrennungsanlagen mit solchen aus Klärschlamm-Mitverbrennungsanlagen zulässig ist und es dadurch zu einer Verdünnung des Phosphorgehalts kommt, spielt es für den Phosphorgehalt in den Aschen keine Rolle, wer Betreiber ist. Das gilt umso mehr, als der Betreiber einer Klärschlammverbrennungsanlage selbst dann verpflichtet ist, seine Aschen der Phosphorrückgewinnung zuzuführen, wenn er (auch) Klärschlamm annimmt, dessen Phosphorgehalt unter 20 g/kg liegt. Der Verordnungsgeber nimmt insofern eine Verdünnung des Phosphorgehalts bereits in der Klärschlammverbrennungsanlage in Kauf.

Etwas Anderes gilt natürlich, wenn – nach dem allgemeinen Abfallrecht – Klärschlammverbrennungsasche als gefährlicher Abfall eingestuft ist. Unabhängig vom Erzeuger ist die Vermischung gefährlicher Abfälle nur unter den engen Voraussetzungen von § 9 Abs. 2 KrWG zulässig.

„Klärschlammverbrennungsasche“ und andere Abfälle

Dagegen ist die Vermischung mit Abfällen anderer Herkunft und Zusammensetzung aufgrund der Gefahr der weiteren Verdünnung des Phosphorgehalts in der Asche unzulässig.

„Klärschlammverbrennungsasche“ und andere Stoffe, Materialien

Da die AbfKlärV die Sicherung der Ressource Phosphor zum Ziel hat, gilt auch im Hinblick auf die Langzeitlagerung von Verbrennungsaschen, dass die Vermischung mit Stoffen oder anderen Materialien, die den Phosphorgehalt anreichern, vom Sinn und Zweck gedeckt ist. Das ist allerdings nur unter den engen Voraussetzungen des Art. 5 § 3b Abs. 3 zulässig.

In Genehmigungsverfahren und Praxis müsste der Anlagenbetreiber die Unbedenklichkeit der Zusammenlagerung von solchen anderen, phosphoranreichernden Stoffen oder Materialien sowie die Einhaltung der Voraussetzungen des Art. 5 § 3b Abs. 3 nachweisen. Gelingt das nicht, muss zur Erhaltung eines möglichst hohen Phosphorgehalts von einer gemeinsamen Lagerung abgesehen werden.

2.4 Importierter Klärschlamm

Einsatz von aus dem Ausland importierten Klärschlamm in einer Mono- oder Mitverbrennungsanlage für Klärschlamm

Es ist zu klären, ob die in § 3 Abs. 2 AbfKlärV [*Anm.: gemeint: Art. 5*] festgelegte Pflicht des Betreibers der Verbrennungsanlage zur Zuführung der Klärschlammverbrennungsasche bzw. des kohlenstoffhaltigen Rückstands nach einer Mitverbrennung zu einem Phosphorrückgewinnungsverfahren auch für Asche gilt, die aus importiertem Klärschlamm resultiert.

2.4.1 Rechtsrahmen Abfallimport

Import und Export von Abfällen werden juristisch als Verbringung bezeichnet. Die für Deutschland wesentlichen Regelwerke sind

- **Basler Übereinkommen vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (Amtsblatt Nr. L 039 vom 16/02/1993 S. 0003 – 0022),**
- **Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen (ABl. L 190 S. 1, ber. L 299 S. 50, 2008 L 318 S. 15, 2013 L 334 S. 46 und 2015 L 277 S. 61), Celex-Nr. 3 2006 R 1013 – im Folgenden: VVA –**
- **Gesetz zur Ausführung der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen und des Basler Übereinkommens vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (Abfallverbringungsgesetz – AbfVerbrG), vom 19. Juli 2007 (BGBl. I S. 1462), zuletzt geändert durch Art. 33 Zweites Datenschutz-Anpassungs- und Umsetzungsgesetz EU vom 20.11.2019 (BGBl. I S. 1626) – im Folgenden: AbfVerbrG –**

2.4.2 Geltung

Die VVA als europäische Verordnung ist unmittelbar geltendes Recht; eine Umsetzung in nationales Recht ist nicht erforderlich. Das deutsche AbfVerbrG regelt nur Bereiche, für die die VVA selber keine Vorgaben macht.

Die VVA gilt für die Verbringung von Abfällen

- **zwischen Mitgliedstaaten innerhalb der Gemeinschaft oder mit Durchfuhr durch Drittstaaten;**
- **aus Drittstaaten in die Gemeinschaft;**
- **aus der Gemeinschaft in Drittstaaten;**
- **mit Durchfuhr durch die Gemeinschaft von und nach Drittstaaten (Art. 1 Abs. 2 VVA).**

Der Import von Abfällen wird als Einfuhr bezeichnet. „Einfuhr“ ist jede Verbringung von Abfällen in die Gemeinschaft mit Ausnahme der Durchfuhr durch die Gemeinschaft (Art. 2 Nr. 30 VVA).

2.4.3 Verfahren

Welches Verfahren für die Einfuhr zu wählen ist, hängt vom Versandstaat und vom zu verbringenden Abfall ab. Verbringungen innerhalb der europäischen Union sind geregelt in Art. 3 ff. VVA. Einfuhren aus Drittstaaten sind in Art. 41 ff. VVA geregelt. Drittstaaten sind solche, die nicht Mitglied der europäischen Union sind.

Grundsätzlich ist für die Einfuhr das Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung erforderlich. Das gilt nach Art. 3 Abs. 1 VVA für alle Abfälle zur Beseitigung sowie für die in Tabelle 2-2 dargestellten Abfälle zur Verwertung:

Tabelle 2-2: Erfordernis der Notifizierung für grenzüberschreitende Abfall-Transporte

Anhang IV	„Gelbe Liste“: Liste von Abfällen, die dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen
Anhang IVA	In Anhang III aufgeführte Abfälle, die dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen, s. dazu Art. 3 Abs. 3 VVA
Anhang III	Abfälle, die dort nicht als Einzeleintrag gelistet sind. Ebenso gilt die Notifizierungspflicht für diejenigen in Anhang III genannten Abfälle, wenn sie eine der in Anhang III der AbfRRL genannten gefahrenrelevanten Eigenschaften aufweisen (Art. 3 Abs. 3 VVA)
Anhang IIIB	Abfälle der grünen Liste, die zusätzlich aufgeführt werden, bis gemäß Artikel 58 Absatz 1 Buchstabe b über ihre Aufnahme in die entsprechenden Anhänge des Basler Übereinkommens oder des OECD-Beschlusses entschieden ist (der Anhang ist derzeit leer)
und	nicht als Einzeleintrag in Anhang III, IIIB, IV oder IVA eingestufte Abfälle nicht als Einzeleintrag in Anhang III, IIIB, IV oder IVA eingestufte Abfallgemische, sofern sie nicht in Anhang IIIA aufgeführt sind

Ohne Notifizierungspflicht unterliegt die Einfuhr von Abfällen den allgemeinen Informationspflichten des Art. 18 VVA (Art. 3 Abs. 2 VVA).

2.4.4 Rollen

Beteiligte einer notifizierungspflichtigen Verbringung können sein – ohne Behörden:

- **Exporteur – Notifizierender, Art. 2 Nr. 15,**
- **Importeur – Empfänger, Art. 2 Nr. 14,**
- **Transporteur, ergibt sich aus Art. 2 Nr. 33,**
- **Abfallerzeuger, Art. 2 Nr. 9,**
- **Beseitigungs- oder Verwertungsanlage, nicht definiert**

Verbringungsrechtlich ist der Begriff des Importeurs nicht definiert, sondern lediglich der des Empfängers. In Feld 2 des Notifizierungsformulars aus Anhang IA erscheinen beide Begriffe als gleichbedeutend. Das ist misslich. Empfänger ist nach Art. 2 Nr. 14 die Person oder das Unternehmen, die bzw. das der Gerichtsbarkeit des Empfängerstaats unterliegt und zu der bzw. dem die Abfälle zur Verwertung oder Beseitigung verbracht werden. Damit kann aber auch die in Feld 10 Anhang IA genannte Beseitigungs- oder Verwertungsanlage gemeint sein. Zugleich kann Importeur faktisch auch ein Händler oder Makler sein. Entscheidend ist, dass damit jedenfalls nicht der Notifizierende gemeint ist, sondern ein Verantwortlicher im Empfängerstaat.

Die AbfKlärV definiert den Importeur eigenständig. Nach Art. 1 § 2 Abs. 16 ist Importeur jede natürliche oder juristische Person oder Personenvereinigung, die Klärschlamm, Klärschlammgemisch oder Klärschlammkompost zur Verwertung auf oder in einen Boden in den Geltungsbereich des Kreislaufwirt-

schaftsgesetzes verbringt oder verbringen lässt. Die Definition der AbfKlärV dient vor allem der personellen Abgrenzung zum Klärschlammherzeuger. Bei der Einfuhr nach Deutschland treffen die Bestimmungen der AbfKlärV nicht den ausländischen Betreiber einer Abwasserbehandlungsanlage, sondern den Importeur (BT-Drs. 18/10884, Seite 165).

Misslich ist, dass die AbfKlärV die Definition des Importeurs nicht fortschreibt. Die Definition in Art. 1 § 2 Abs. 16 gilt seit 3.10.2017 und verbindet die Funktion des Importeurs ausschließlich mit der bodenbezogenen Verwertung; denn Importeur ist die Person, die Klärschlamm zur Verwertung „auf oder in einen Boden“ verbringt. Für die Zwecke des Art. 1 ist das ausreichend. Für die ab 1.1.2029 geltende Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ist die Einschränkung „auf oder in einen Boden“ zu streichen, der ab 1.1.2029 geltende Art. 5 sieht das aber nicht vor. Daraus zu schließen, dass der ab 2029 auftretende Importeur, der Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuführt, von seinen Pflichten befreit wird, ist indes nach der klaren Pflichtenzuweisung des Art. 1 § 1 Abs. 3, vom Sinn und Zweck her (Zugriff auf einen Verantwortlichen im Inland) und gemäß dem Willen des Ordnungsgebers nicht haltbar.

2.4.5 Notifizierungspflicht für den Import von Klärschlamm

In der VVA ist Klärschlamm als Abwasserschamm mit dem Eintrag AC270 in Anhang IV, Teil II, gelistet. Als „gelb“ gelisteter Abfall unterliegt Klärschlamm deshalb der vorherigen schriftlichen Notifizierung gemäß Art. 3 ff. VVA. Zum Export von Klärschlamm wird auf Ziffer 2.10.2 verwiesen.

Hinsichtlich der Durchführung des Notifizierungsverfahrens gelten keine Besonderheiten. Einer Verbringung kann jedoch nur zugestimmt werden, wenn vor der Verbringung die Zulässigkeit des Entsorgungswegs feststeht. Im Rahmen der Notifizierung haben die zuständigen Behörden sowohl im Versandstaat als auch im Empfangsstaat die Rechtmäßigkeit des gewählten Entsorgungswegs zu prüfen. Dazu gehört auch die AbfKlärV mit allen Anforderungen.

2.4.6 Besondere Vorgaben der AbfKlärV

Nach Art. 1 § 1 Abs. 3 gelten die für den Klärschlammherzeuger, Gemischhersteller oder Komposthersteller geltenden Bestimmungen der AbfKlärV entsprechend für den Importeur dieses Klärschlammes, Klärschlammgemischs oder Klärschlammkomposts. Damit erklärt sich die AbfKlärV auch auf importierten Klärschlamm vollumfänglich für anwendbar. Mit „entsprechend“ meint der Ordnungsgeber, dass die Pflichten der AbfKlärV (insbesondere Untersuchungs- und Nachweispflichten, Rückstellprobe) vom Importeur zu erfüllen sind (BT-Drs. 18/10884, Seite 165).

Das bedeutet auch, dass es keinen Unterschied macht, ob der importierte Klärschlamm direkt einer Phosphorrückgewinnung zugeführt oder zunächst verbrannt werden soll.

Die Verbrennung des (ausländischen) Klärschlammes ist aber nicht das Ende der Verwertungskette. Dabei ist die Verbrennung keine „vorläufige Verwertung“ im Sinne von Art. 15 VVA; denn vorläufige Verwertung meint die Verwertungsverfahren R12 und R13 nach Anhang II AbRRL (Art. 2 Nr. 7 VVA). Aber das Ziel der Verwertung von Klärschlamm nach der AbfKlärV ist nicht die Verbrennung, sondern die Phosphorrückgewinnung. Dementsprechend muss die Notifizierung bis zur Anlage zur Phosphorrückgewinnung reichen. Das ist problematisch, solange noch keine Anlagen zur Phosphorrückgewinnung existieren. Dann ist jedenfalls der Weg in ein Langzeitlager im Anschluss an die Verbringung anzugeben.

2.4.7 Einwände bei Nichtzuführung zur Phosphorrückgewinnung

Im Rahmen der Notifizierung ist der gewählte Entsorgungsweg auf seine Rechtmäßigkeit zu prüfen. Die zuständigen Behörden können die Notifizierung anderenfalls durch Einwände untersagen. Einwände gegen die Verbringung von zur Beseitigung bestimmten Abfällen sind in Art. 11 VVA, Einwände gegen die Verbringung von zur Verwertung bestimmten Abfällen in Art. 12 VVA geregelt.

So können die Behörden einwenden, dass die geplante Verbringung nicht im Einklang mit nationalen Rechtsvorschriften zum Schutz der Umwelt steht (Art. 12 Abs. 1 Buchstabe b) VVA). Um die Rechtmäßigkeit der Verbringung nach der AbfKlärV zu prüfen, benötigen die Behörden deshalb auch Angaben zum Phosphorgehalt des ausländischen Klärschlammes.

Bei der Prüfung der Rechtmäßigkeit der Verbringung in eine Klärschlammverbrennungsanlage, deren Aschen in ein Langzeitlager verbracht werden, ist auf das richtige Verständnis des Begriffs Langzeitlager zu achten. Langzeitlager kann auch als Deponierung missverstanden werden, was endgültige Ablagerung ohne Möglichkeit einer späteren Nutzung meint. Das Langzeitlager für Klärschlamm ist aber keine endgültige Ablagerung, sondern ein „Langzeit-Zwischenlager“, bei dem von vornherein bestimmt ist, dass die Aschen schließlich einer Phosphorrückgewinnung zugeführt werden, wenn Phosphorrückgewinnungsverfahren im großtechnischen Maßstab zur Verfügung stehen.

2.5 Langzeitlagerung von Aschen

Langzeitlagerung von Asche aus der Mono- oder Mitverbrennung von Klärschlamm bis zum Einsatz in einem Phosphorrückgewinnungs-Verfahren

- Die Regelungen der novellierten AbfKlärV zur Langzeitlagerung von Asche aus der Mono- oder Mitverbrennung von Klärschlamm sind, wie nachfolgend skizziert, klärungsbedürftig. Grundsätzlich muss der [Anm.: von der *Phosphorrückgewinnungspflicht betroffene*] Kläranlagenbetreiber ab 2029 bzw. 2032 den Klärschlamm „unmittelbar“ einer Mono- oder Mitverbrennungsanlage zuführen und diese Anlage muss die Asche „unmittelbar“ einem Phosphorrückgewinnungsverfahren zuführen (gem. Artikel 5 Nr. 4 zu § 3 Abs. 1 und 2 AbfKlärV). Dennoch ist vor einer Phosphorrückgewinnung eine Langzeitlagerung möglich (gem. Artikel 5 Nr. 6 zu § 3b Abs. 3 AbfKlärV). In der Verordnung ist allerdings keine Pflicht festgelegt, dass Betreiber von Langzeitlagern die abgelagerte Asche einer Phosphorrückgewinnung zuführen müssen.
- Es ist die rechtliche Frage zu beantworten, welche Verpflichtungen hinsichtlich einer Phosphorrückgewinnung für in Langzeitlagern gelagerte Asche aus der Mono- oder Mitverbrennung von Klärschlamm gelten.
- Weiterhin sind Eigentumsfragen zu klären:
- Die Auftragnehmerin hat die rechtliche Situation darzustellen, wer entlang der Prozesskette Kläranlage – Verbrennungsanlage – Langzeitlager – Phosphorrückgewinnungsanlage Eigentümer der Asche ist und wer zur Phosphorrückgewinnung verpflichtet ist.
- Welche abfallrechtlichen Pflichten sind bei dem Einbringen in und der späteren Entnahme aus dem Langzeitlager zum Zweck der Phosphorrückgewinnung zu erfüllen?

2.5.1 Langzeitlagerung

Vor Durchführung der Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche ist gemäß Art. 5 § 3b Abs. 3 die Lagerung in einem Langzeitlager nach § 23 Abs. 6 DepV zulässig, sofern, 1., eine Vermischung mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien und ein oberflächiger Abfluss der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands ausgeschlossen sind und, 2., die Möglichkeit einer späteren Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und dem kohlenstoffhaltigen Rückstand oder die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands gewährleistet bleibt.

Langzeitlager

Kennzeichnend für ein Langzeitlager nach Art. 5 § 2 Abs. 11c ist die Dauer, für die das Material gelagert werden darf. Nach § 2 Nr. 22 DepV ist Langzeitlager eine Anlage zur Lagerung von Abfällen nach § 4 Abs. 1 BImSchG in Verbindung mit Nummer 8.14 des Anhangs 1 zur 4. BImSchV. Die unter Ziffer 8.14 des Anhang 1 der 4. BImSchV genannten Anlagen sind Anlagen zum Lagern von Abfällen über einen Zeitraum von jeweils mehr als einem Jahr. Das führt aber nicht automatisch zur Anwendbarkeit von Deponierecht. Denn die DepV gilt nicht für die Lagerung von Abfällen in Langzeitlagern, soweit die Abfälle vor der Verwertung über einen Zeitraum von weniger als drei Jahren gelagert werden (§ 1 Abs. 3 Nr. 5 DepV).

Allgemeine deponierechtliche Anforderungen an Langzeitlager

Langzeitlager und Abfall sind gekoppelt über die Zuordnungswerte nach Anhang 3, Tabelle 2 DepV. Gemäß § 23 Abs. 1 DepV und § 8 Abs. 4 DepV hat der Deponiebetreiber bei jeder Abfallanlieferung unverzüglich eine Annahmekontrolle durchzuführen. Nach § 23 Abs. 1 Satz 2 DepV gilt § 8 Abs. 4 DepV mit der Maßgabe, dass nur Abfälle angenommen werden dürfen, für die ein schriftlicher Nachweis darüber vorliegt, dass die nachfolgende ordnungsgemäße und schadlose Verwertung oder gemeinwohlverträgliche Beseitigung gesichert ist. Hier setzt § 23 Abs. 6 DepV an. Von der Nachweispflicht über die nachfolgende Verwertung der Klärschlammverbrennungsasche kann auf Antrag eine Ausnahme zugelassen werden. Der Verordnungsgeber begründet das mit den noch fehlenden Verfahren zur Phosphorrückgewinnung in großtechnischem Maßstab und der daraus folgenden – derzeitigen – Unwirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnung (BT-Drs. 18/10844, Seite 218).

Spezifische Anforderungen nach der AbfKlärV

Die Lagerung von Klärschlammverbrennungsaschen im Langzeitlager ist nach Art. 5 § 3b Abs. 3 nur zulässig, sofern

1. eine Vermischung mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien und ein oberflächiger Abfluss der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands ausgeschlossen sind und
und
2. die Möglichkeit einer späteren Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und dem kohlenstoffhaltigen Rückstand oder die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands gewährleistet bleibt.

Zu Nr. 1 wird auf die Ausführungen zur Vermischung in Abschnitt 2.3 verwiesen.

Die Vorgaben der Nr. 2 werden in Verordnung und Begründung nicht näher erläutert.

Betriebserfahrungen aus der Schweiz zeigen, dass die Lagerung von Klärschlammverbrennungsaschen in separaten Bereichen auf Deponien keine Probleme verursacht. Auch im Sickerwasser seien keine chemischen Auffälligkeiten erkennbar; relevante Phosphorkonzentrationen seien nicht feststellbar. Ein späterer Rückbau der Aschen zum Zweck der Phosphorrückgewinnung sei ohne besondere Probleme möglich (UMTEC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik und Baudirektion Kanton Zürich, Deponierelevante Eigenschaften von Klärschlammasche, 2009 (https://www.umtec.ch/uploads/tx_hsrpm/Factsheet_Klaerschlammasche.pdf)).

In dem im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen erstellten Bericht „Phosphatrückgewinnung aus Deponien und

Altablagerungen“ (https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/phosphatrueckgewinnung_aus_deponien.pdf) wurde mit Hilfe von Untersuchungen festgestellt, dass die Phosphorrückgewinnung aus Deponaten von Klärschlammverbrennungsasche ähnlich gut wie bei Frischmaterialien sei.

Art. 5 § 3b Abs. 3 Nr. 2 dürfte technische und organisatorische Aspekte des späteren Rückbaus von Aschen zum Zweck der Phosphorrückgewinnung betreffen. Der Rückbau wird nur mit schwerem Gerät möglich sein. Auch muss nach vielen Jahren der Lagerung der Zugang für einen Abtransport vollumfänglich erhalten bleiben. Die Lagerdauer kann entsprechend § 23 Abs. 6 DepV ohne zeitliche Grenze – wengleich individuell beschränkt auf einen Zeitraum von jeweils fünf Jahren – verlängert werden. Die Anforderungen an die Möglichkeiten der späteren Phosphorrückgewinnung richten sich auch nach den technischen Entwicklungen zur Phosphorrückgewinnung aus der Asche. Je länger eine Lagerung dauert, desto mehr muss darauf geachtet werden, ausreichend Platz für die Lagerung vorzuhalten.

2.5.2 Pflichten der Beteiligten

Klärschlammherzeuger

Allgemeine abfallrechtliche Pflichten (nicht abschließend)

Abfallrechtlich gelten für den Klärschlammherzeuger zunächst dieselben Regeln wie für jeden Abfallherzeuger. § 3 Abs. 8 KrWG definiert den Beginn der Erzeugereigenschaft. § 22 Satz 2 KrWG definiert das Ende: unabhängig von einer Drittbeauftragung bleibt der Erzeuger für seinen Abfall verantwortlich, bis die Verwertung endgültig und ordnungsgemäß abgeschlossen ist (sog. Ewigkeitshaftung, vgl. etwa Versteyl, Die öffentlich-rechtliche und zivilrechtliche Haftung bei der Entsorgung von Bauabfällen im Verhältnis Behörde – Entsorgungspflichtiger – Entsorger, in: Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5, 2018). Sie ist ordnungsgemäß, wenn sie in Einklang mit dem KrWG und anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften steht (§ 7 Abs. 3 Satz 2 KrWG). Sie ist abgeschlossen, wenn sämtliche mit dem Abfall verbundenen Pflichten erfüllt sind und von dem Abfall keine schädlichen Auswirkungen mehr ausgehen.

Besondere Pflichten nach AbfKlärV

Bei der Entsorgung von Klärschlamm entsteht eine Entsorgungskette:

Klärschlammherzeuger > ggf. Transporteur > Verbrennungsanlage > ggf. Transporteur > Anlage zur Phosphorrückgewinnung > ggf. Transporteur > Entsorgung der um Phosphor angereicherten Aschen.

In einer Kette von verschiedenen Beteiligten schulden sämtliche Erzeuger und Besitzer des Abfalls gleichermaßen den Verwertungserfolg. Die Entsorgungspflicht ist eine erfolgsgerichtete Leistungspflicht, für deren Erfolg der Erzeuger und jeder Besitzer in der Entsorgungskette haftet (BVerwG, Urteil v. 28.6.2007 - 7 C 5/07, Rn 19 (Entsorgerkette)).

Die Einhaltung der AbfKlärV als öffentlich-rechtliche Vorschrift im Sinne von § 7 Abs. 3 Satz 2 KrWG konkretisiert die abfallrechtliche Verantwortung des Klärschlammherzeugers. Denn er darf nicht „irgendwie“ verwerten, sondern ist verpflichtet, den Klärschlamm entweder einer Phosphorrückgewinnung oder einer thermischen Vorbehandlung zuzuführen. Aus dem Begriff „zuführen“ wird deutlich, dass der Klärschlammherzeuger selber nicht zur Durchführung der Phosphorrückgewinnung verpflichtet ist. Er muss aber zwingend gewährleisten, dass aus seinen relevanten Klärschlämmen Phosphor zurückgewonnen wird. Das ist seine „erfolgsgerichtete Leistungspflicht“, für deren Erfüllung er solange haftet, bis der Erfolg eingetreten ist.

Daraus ergeben sich viele mögliche Verantwortlichkeiten. Beschränkt auf die hier fragliche Phosphorrückgewinnung aus der Verbrennungsasche sind die Folgenden realistisch:

Verbrennung von Klärschlämmen

Führt der Klärschlammhersteller seinen Klärschlamm einer Klärschlammverbrennungsanlage oder Klärschlammverbrennungsanlage zu, muss er sich vergewissern, dass der Betreiber der Verbrennungsanlage die Aschen einer Phosphorrückgewinnung zuführt. Zwar ist Art. 5 § 3 Abs. 2 vom Wortlaut her an den Betreiber der Verbrennungsanlage gerichtet. Das konstituiert abfallrechtlich aber nur einen weiteren Verantwortlichen. Die erfolgsgerichtete Verwertungspflicht des Klärschlammherstellers bleibt, wie oben gezeigt, uneingeschränkt bestehen.

Kommunaler Klärschlamm hat den AVV-Schlüssel 19 08 05. Mit der Verbrennung verändert sich die Beschaffenheit. Die Herkunft des Abfalls Verbrennungsasche ist der Abfallgruppe 19 01 (Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen) zuzuordnen. Die nicht gefährliche Asche fällt unter den AVV-Schlüssel 19 01 12 (Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen). Das bedeutet jedoch wiederum nicht, dass der Klärschlammhersteller von seiner Entsorgungspflicht frei wird. Vielmehr tritt nun der Betreiber der Verbrennungsanlage als Abfallveränderer und damit Zweiterzeuger (§ 3 Abs. 8 Nr. 2 KrWG) hinzu. Entsprechendes gilt sodann auch für den (ggf. weiteren) Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage.

Diese Akkumulation von Verantwortlichen ist Ausdruck des Verursacherprinzips, das allen umweltrechtlichen Regelungen zu Grunde liegt (st. Rspr., BVerwG, Urteil v. 28.6.2007 - 7 C 5/07, Rn 19).

Dieselben Grundsätze gelten bei Klärschlammverbrennungsanlagen, die neben kommunalen auch industrielle Klärschlämme verbrennen, sowie bei Klärschlammverbrennungsanlagen.

Ein Ende der Verantwortlichkeit des Abfallbesitzers (nicht des Erzeugers!) ist möglich, wenn durch Behandlung oder Vermischung die Beschaffenheit oder Zusammensetzung derart geändert wird, dass ein neuer Abfall entsteht. Das ergibt sich als Umkehrschluss aus der Entsorgungsketten-Entscheidung des BVerwG (BVerwG, Urteil v. 28.6.2007 - 7 C 5/07, Rn 22).

Es ist daher anlagenbezogen zu prüfen, welche Art und Güte von Abfällen verbrannt und als Asche der weiteren Entsorgung zugeführt werden.

Behandlung der Asche bei der Phosphorrückgewinnung

Wird die Klärschlammverbrennungsasche in einer Phosphorrückgewinnungsanlage behandelt, um den enthaltenen Phosphor zu lösen, wird sich die chemische Zusammensetzung in Abhängigkeit von den zur Phosphorrückgewinnung angewendeten Technologien ändern. Bleibt die Asche Abfall, kann das zur Änderung des AVV-Schlüssels führen, etwa zur Abfallgruppe 19 02 (Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)). Der Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage ist insofern Erzeuger und zur Einstufung verpflichtet, insbesondere zur Ermittlung, ob es sich um gefährlichen Abfall handelt.

Untersuchungspflichten ab 1.1.2029

Ab 1.1.2029 ist der Klärschlammhersteller insbesondere zur Ermittlung des Phosphorgehalts und des Gehalts an basisch wirksamen Stoffen insgesamt, bewertet als Calciumoxid, verpflichtet (Art. 5 § 3c Abs. 1 Satz 1). Die Untersuchung ist je angefangene 500 t Klärschlamm TM vorzunehmen, höchstens im Abstand von sechs Monaten. Ist der Klärschlamm bereits nach dem bereits jetzt geltenden Art. 1 § 5 Abs. 1 Satz 1 Nr. 4 ordnungsgemäß auf den Phosphorgehalt untersucht worden, kann das Ergebnis verwendet werden (Art. 5 § 3c Abs. 1 Satz 2). Wird der Klärschlamm in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder Klärschlammverbrennungsanlage vorbehandelt, sind weitere Untersuchungen nach der Erstuntersuchung nicht erforderlich (Art. 5 § 3c Abs. 2). Die Ergebnisse der Untersuchungen hat er der für ihn zuständigen Behörde innerhalb von vier Wochen nach Durchführung der Untersuchungen vorzulegen (Art. 5 § 3c Abs. 3).

Nachweispflichten ab 1.1.2029

Um die ab 1.1.2029 relevante Kette der Phosphorrückgewinnung und Entsorgung verfolgen zu können, hat der Klärschlamm-erzeuger Nachweise zu führen. Die Nachweispflicht erstreckt sich gemäß Art. 5 § 3d Abs. 1 und 3 vor allem auf das Ergebnis der durchgeführten Phosphorrückgewinnung, die Zuführung des Klärschlammes zu einer Klärschlammverbrennungsanlage oder zu einer Klärschlammmitverbrennungsanlage, die zur Vermischung eingesetzten Klärschlämme und das Ergebnis der Klärschlammuntersuchung.

Registerpflichten ab 1.1.2029

Der Klärschlamm-erzeuger hat nach Art. 5 § 3e ein Register zu führen. Es hat die nach Art. 5 § 34 Abs. 1 vorgesehenen Angaben zu enthalten. Hinsichtlich der bodenbezogenen Verwertung von Klärschlamm gilt gemäß Art. 5 § 18a für den Klärschlamm-erzeuger ebenfalls eine Pflicht zur Führung eines Registers, das die in Art. 5 § 34 Abs. 1a vorgesehenen Angaben zu enthalten hat.

Zwischenergebnis

Der Klärschlamm-erzeuger bleibt bis zum vollständigen Verwertungserfolg, das heißt, bis zum Abschluss der Phosphorrückgewinnung, verantwortlich. Auch die Verbrennung seines Klärschlammes ändert daran nichts, sie führt nur zu einem weiteren Verantwortlichen, dem Betreiber der Verbrennungsanlage. Entsprechendes gilt für den Betreiber einer Phosphorrückgewinnungsanlage. Den Klärschlamm-erzeuger trifft daher eine Prüfungspflicht nicht nur hinsichtlich der Auswahl der richtigen Verbrennungsanlage, sondern auch bezogen auf den weiteren Weg des Klärschlammes bzw. der Aschen zur Phosphorrückgewinnung. Erfüllt der Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage seine Pflichten nicht, bleibt die Pflicht des Klärschlamm-erzeugers, seinen Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, uneingeschränkt bestehen. Gleiches gilt auch, wenn der Betreiber eines Langzeitlagers entgegen Art. 5 § 3b Abs. 3 die Verbrennungsaschen vermischt oder die Möglichkeit einer Rückholbarkeit vereitelt hat. Die Verordnungs-begründung spricht von der „Gesamtverantwortung des Klärschlamm-erzeugers als Erzeuger des Abfalls Klärschlamm“ (BT-Drs. 18/10884, Seite 236).

Bei der Vertragsgestaltung sind diese Risiken zu berücksichtigen. Zu beachten ist, dass Pflichten immer nur im jeweiligen Vertragsverhältnis festgelegt werden können (Verbot des Vertrags zu Lasten Dritter). Vertraglich nicht möglich ist es, die Rollen, die das Abfallrecht den Beteiligten zuweist, abzubedingen. Abfallrecht als Sonderordnungsrecht ist nicht dispositiv.

Pflichten des Betreibers der Verbrennungsanlage

Grundlagen, Nachweispflicht ab 1.1.2029

Der Anlagenbetreiber hat zunächst die Grundentscheidung zu treffen, welche Klärschlämme er ab 1.1.2029 annimmt. Das betrifft nicht nur die Frage der Gefährlichkeit und Herkunft, sondern vor allem die des Phosphorgehalts. Der Phosphorgehalt stellt die Weichen für den weiteren Weg seiner Asche. Nimmt er (auch) Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt von 20 g/kg TM oder mehr an, ist er verpflichtet, seine Aschen einer Phosphorrückgewinnung oder einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Verbrennungsasche oder des kohlenstoffhaltigen Rückstands nach Maßgabe des Art. 5 § 3b Abs. 1 zuzuführen (Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1). Diese Pflicht gilt, wie gezeigt, auch dann, wenn unter den verbrannten Klärschlämmen auch solche sind, deren Phosphorgehalt unter 20 g/kg TM liegt. Denn von Phosphorrückgewinnung befreit ist nur der Betreiber einer Verbrennungsanlage, der „ausschließlich“ Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt von weniger als 20 g/kg TM einsetzt (Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 2).

Je nach Ausgestaltung als Klärschlammverbrennungsanlage oder Klärschlammmitverbrennungsanlage hat der Betreiber der Verbrennungsanlage Input- und Brennstoffe zu überwachen. So darf die Klärschlammmitverbrennungsanlage nur mit Kohle oder Gas befeuert werden (Art. 5 § 3b Abs. 2).

Ebenso wie der Klärschlammherzeuger ist auch der Betreiber der Verbrennungsanlage nicht selbst zur Durchführung der Phosphorrückgewinnung verpflichtet. Art. 5 § 3b Abs. 1 formuliert „zur Phosphorrückgewinnung [...] ist ein Verfahren anzuwenden“ und weist die Durchführung der Phosphorrückgewinnung keinem bestimmten Pflichtigen zu. Zwingend ist allerdings, dass durch das Verfahren mindestens 80 % des Phosphorgehalts zurückgewonnen werden. Diese Verpflichtung reicht bis zum Klärschlammherzeuger zurück. Denn wenn er sich für eine thermische Behandlung des Klärschlammes entscheidet, muss der von ihm gewählte Weg die Phosphorrückgewinnung samt Rückgewinnungsquote von 80 % gewährleisten.

Ab 1.1.2029 gelten für den Betreiber der Verbrennungsanlage als Erzeuger der Verbrennungsasche folgende spezielle Nachweispflichten:

1. das Ergebnis der durchgeführten Phosphorrückgewinnung nach Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1 Nr. 1,
2. die stoffliche Verwertung der Verbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands nach Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 und
3. die Langzeitlagerung der Verbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands nach Art. 5 § 3b Abs. 3

Diesen für den Klärschlammherzeuger so wichtigen Nachweis hat der Betreiber der Verbrennungsanlage von Gesetzes wegen dem Klärschlammherzeuger unverzüglich zu übersenden, ebenfalls der für diesen zuständigen Behörde (Art. 5 § 3d Abs. 4 Satz 2).

Anders als für den Klärschlammherzeuger existiert für den Betreiber der Verbrennungsanlage keine spezielle Registerpflicht; allgemeine Nachweis- und Registerpflichten gemäß § 49 KrWG und der NachwV bleiben unberührt.

Der Betreiber hat die Verbrennungsaschen abfallrechtlich einzustufen. Je nach Gefährlichkeit, und Herkunft, insbesondere abhängig davon, ob es sich um Mono- oder Mitverbrennungsaschen handelt, kommen unterschiedliche AVV-Schlüssel in Betracht. Bei Mitverbrennungsanlagen mit Rostfeuerung sind Aschen Abfälle aus thermischen Prozessen, Gruppe 10 01 „Abfälle aus Kraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen (außer 19)“:

- **10 01 14*: Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus der Abfallmitverbrennung, die gefährliche Stoffe enthalten,**
- **10 01 15: Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub aus der Abfallmitverbrennung mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 14 fallen.**

Der Zusatz „(außer 19)“ verweist auf Kapitel 19 der AVV, das u. a. Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen betrifft. Da Klärschlamm Abfall ist und Klärschlammverbrennungsaschen das Ergebnis einer Abfallverbrennung sind, ist Gruppe 19 01 einschlägig (Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen). Es kommen folgende AVV-Schlüssel in Betracht:

- **19 01 11*: Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, die gefährliche Stoffe enthalten,**
- **19 01 12: Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen,**
- **19 01 13*: Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält.**
- **19 01 14: Filterstaub mit Ausnahme desjenigen, der unter 19 01 13 fällt.**

Entscheidung über die Langzeitlagerung

Vor der „unmittelbaren“ Durchführung der Phosphorrückgewinnung hat der Betreiber der Verbrennungsanlage für die Zeit ab 1.1.2029 zu entscheiden, ob er die Asche in einem Langzeitlager zwischengelagert.

Was unter „unmittelbar“ zu verstehen ist, definiert die Verordnung nicht. Bei der Möglichkeit der Langzeitlagerung hatte der Ordnungsgeber den Stand der Technik und Kosten vor Augen (BT-Drs. 18/10884, Seite 233).

Damit sind Klärschlammherzeuger und Betreiber der Verbrennungsanlage gleichsam verpflichtet, die technologische Entwicklung der Phosphorrückgewinnungsverfahren zu verfolgen. Ab wann eine Anlage zur Phosphorrückgewinnung den „großtechnischen Maßstab“ erreicht hat, ist offen. Für die Klärschlammherzeuger dürfte die Langzeitlagerung aber eher Kostenverstärker sein. Denn mit der Langzeitlagerung entfällt die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung nicht. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Kosten einer zukünftigen Phosphorrückgewinnung grundsätzlich umso teurer werden, je länger die Langzeitlagerung dauert.

Pflichten des Betreibers der Phosphorrückgewinnungsanlage

Genehmigungspflicht

Auch die Phosphorrückgewinnungsanlage kann der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht nach §§ 4 Abs. 1 Satz 1 und 2 BImSchG, § 1 Abs. 1 Satz 1 und 2 der 4. BImSchV und Anhang 1 zur 4. BImSchV unterliegen. Je nach eingesetzter Technologie und Ausgestaltung können die Anlage oder Anlagenteile unterschiedlichen Ziffern des Anhangs 1 zur 4. BImSchV unterfallen, etwa 8.8.2 und/oder 8.10. Bei der Annahme der Verbrennungsasche ist darauf zu achten, dass die relevanten AVV-Schlüssel, die für die Verbrennungsasche gelten (zuvor unter „Pflichten des Betreibers der Verbrennungsanlage“), genehmigt werden.

Besondere Pflichten ab 1.1.2029

Zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und aus dem kohlenstoffhaltigen Rückstand hat der Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage ein Verfahren anzuwenden, durch das mindestens 80 Prozent des Phosphorgehalts der Verbrennungsasche oder des kohlenstoffhaltigen Rückstands zurückgewonnen werden (Art. 5 § 3b Abs. 1). Phosphorrückgewinnung ist jedes Verwertungsverfahren, durch das Phosphor, 1., aus Klärschlamm, oder, 2., aus Klärschlammverbrennungsasche des in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder Klärschlammverbrennungsanlage eingesetzten Klärschlammes oder aus kohlenstoffhaltigem Rückstand zurückgewonnen wird (Art. 5 § 2 Abs. 4a). Dabei lässt die Verordnung die Entscheidung über das Verfahren offen.

Klärschlammherzeuger und Betreiber der Verbrennungsanlage sind, wie gezeigt, beide nicht selbst zur Durchführung der Phosphorrückgewinnung verpflichtet, schulden aber den Erfolg. Die Pflichten aus Art. 5 § 3d Abs. 2, 3 4 Satz 2 und Abs. 5, insbesondere der Nachweis über das Ergebnis der durchgeführten Phosphorrückgewinnung sind dem Betreiber der Verbrennungsanlage zugewiesen. Führt er die Phosphorrückgewinnung nicht selbst durch, muss er dafür sorgen, dass der Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage ihm sämtliche erforderlichen Daten für seine Nachweispflicht meldet. Der Betreiber der Verbrennungsanlage bleibt, wie § 22 Satz 2 KrWG fordert, für die Erfüllung der Pflichten originär verantwortlich.

Pflichten nach der Phosphorrückgewinnung

Mit der Phosphorrückgewinnung entstehen jedenfalls zwei Fraktionen: 1., der zurückgewonnene Phosphor, 2., die abgereicherte Asche.

Zurückgewonnener Phosphor

Hinsichtlich des Phosphors stellt sich zunächst die Frage, ob die Abfalleigenschaft beendet ist (siehe dazu die Ausführungen im Abschnitt „Abfallende“, Ziffer 2.6.1). Ist sie beendet, gilt Abfallrecht weitgehend nicht mehr. Hinzuweisen ist auf die am 29.10.2020 in Kraft getretene Änderung des KrWG und weiterer Ver-

ordnungen (BGBl. I S. 2232). Gemäß § 49 Abs. 2 KrWG in Verbindung mit § 24 Abs. 8 Nachweisverordnung sind Entsorger zur Führung eines Registers auch für solche Erzeugnisse, Materialien und Stoffe verpflichtet, die aus der Vorbereitung zur Wiederverwendung, aus dem Recycling oder aus einem sonstigen Verwertungsverfahren hervorgehen und das Abfallende erreichen.

Abgereicherte Asche

Die nun nicht mehr phosphorhaltige Asche bleibt Abfall (s. auch dazu Abschnitt Abfallende 2.6). Der Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage ist nun Erzeuger der abgereicherten Asche und insofern zur abfallrechtlichen Einstufung verpflichtet.

2.5.3 Eigentum

Für die abfallrechtlichen Verantwortlichkeiten spielt das Eigentum keine Rolle. Abfallrecht knüpft die Verantwortlichkeiten an die Erzeuger- und Besitzer-Eigenschaft. Wie oben dargelegt (s. Abschnitt 2.2.5), können diese öffentlich-rechtlichen Zuweisungen nicht vertraglich abbedungen werden.

Da es sich um ein rein zivilrechtliches Institut handelt, sind die Beteiligten frei zu vereinbaren, wer wann und unter welchen Voraussetzungen Eigentümer des Abfalls oder des zurückgewonnenen Phosphors wird. Eine Veränderung des Eigentums bewirkt keine Veränderung der abfallrechtlichen Verantwortlichkeiten.

2.6 Abfallende

Es ist zu klären, unter welchen Bedingungen das aus dem Phosphorrückgewinnungsverfahren resultierende Material Abfall- oder Produkt-Status aufweist.

2.6.1 Ende der Abfalleigenschaft

Nach Art. 6 AbfRRL³ haben die Mitgliedstaaten Maßnahmen zu treffen, um sicherzustellen, dass Abfälle, die ein Recyclingverfahren oder ein anderes Verwertungsverfahren durchlaufen haben, nicht mehr als Abfälle betrachtet werden.

Die Vorschrift wurde umgesetzt in § 5 KrWG. Danach endet die Abfalleigenschaft eines Stoffes oder Gegenstandes, wenn er ein Verwertungsverfahren durchlaufen hat und so beschaffen ist, dass

1. er üblicherweise für bestimmte Zwecke verwendet wird,
2. ein Markt für ihn oder eine Nachfrage nach ihm besteht,
3. er alle für seine jeweilige Zweckbestimmung geltenden technischen Anforderungen sowie alle Rechtsvorschriften und anwendbare Normen für Erzeugnisse erfüllt sowie
4. seine Verwendung insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt führt.

Anwendungsbereich, EU-DüngemittelIV ((EU) 2019/1009)

§ 5 KrWG kommt nur für Stoffe oder Gegenstände zur Anwendung, deren Abfallende nicht bereits durch europäisches Recht festgelegt worden ist. Nach Art. 6 Abs. 2 Satz 2 AbfRRL bestimmt die Kommission

³ Geändert durch Richtlinie 2018/851/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 30.5.2018 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG, ABl. 2018 L 150, S. 109; Umsetzungsfrist: 5.7.2020.

im Komitologie-Verfahren konkrete Kriterien für das Abfallende. Die daraus folgenden Verordnungen sind in den Mitgliedstaaten bindend.

Eine solche Verordnung ist die Verordnung (EU) 2019/1009 des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 mit Vorschriften für die Bereitstellung von EU-Düngeprodukten auf dem Markt. In deren Art. 19 heißt es, dass in dieser Verordnung Kriterien festgelegt werden, nach denen Material, das Abfall im Sinne der AbfRRL darstellt, seine Abfalleigenschaft verlieren kann, wenn es in einem konformen EU-Düngeprodukt enthalten ist. In solchen Fällen wird das Verwertungsverfahren im Einklang mit dieser Verordnung durchgeführt, bevor das Material seine Abfalleigenschaft verliert, und das Material gilt als konform mit den in Artikel 6 AbfRRL festgelegten Bedingungen und wird daher ab dem Zeitpunkt der Ausstellung der EU-Konformitätserklärung nicht mehr als Abfall angesehen.

Problematisch ist insofern die Formulierung, dass die Abfalleigenschaft erst endet, wenn das Material in einem konformen EU-Düngeprodukt enthalten ist. Bei wörtlicher Auslegung wäre aus dem Klärschlamm gewonnener Phosphor weiterhin Abfall, solange es nicht in einem Düngeprodukt enthalten ist. Das wäre ein erheblicher Wettbewerbsnachteil des Phosphor-Rezyklats gegenüber Primärrohstoffen. Denn der Klärschlammherzeuger müsste den zurückgewonnenen Phosphor als „Abfall“ vermarkten. Die Akzeptanz bei den Düngemittelherstellern wäre gering. Das wiederum gefährdet den Erlös aus dem Verkauf und damit die Refinanzierung der Kosten der Phosphorrückgewinnung.

Um dies zu klären, ist ein Blick auf die Voraussetzungen für das Erreichen des Abfallendes geboten.

Verwertungsverfahren „durchlaufen“

Nach § 5 Abs. 1 KrWG ist zunächst erforderlich, dass ein Verwertungsverfahren durchlaufen wird.

Nach § 3 Abs. 23 KrWG ist Verwertungsverfahren jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen. Wann dieser Zeitpunkt erreicht ist, kann nicht isoliert, sondern nur in Zusammenschau mit den weiteren Voraussetzungen für das Abfallende ermittelt werden. Grundsätzlich bedeutet „durchlaufen“ nicht, dass ein Verwertungsverfahren abgeschlossen sein muss. Deshalb kann grundsätzlich auch ein Vorprodukt das Abfallende erreichen (Petersen, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 5 Rn 30).

Es empfiehlt sich daher, zunächst die weiteren Voraussetzungen für das Abfallende zu skizzieren und eine Gesamtbetrachtung anzuschließen.

Verwendung für bestimmte Zwecke

Die Anforderung beruht auf der Annahme, dass Stoffe, die einer definierten Zweckbestimmung unterliegen, weniger wahrscheinlich (wieder) zu Abfall werden. Die Zweckbestimmung steht wiederum in Zusammenhang mit den weiteren Voraussetzungen.

Markt

Ein „Markt“ liegt bei einem Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage hinsichtlich einer bestimmten Ware oder Dienstleistung vor; es muss mindestens je ein Anbieter und ein Nachfrager vorhanden sein. Auch diese Anforderung geht auf die Annahme zurück, dass Stoffe mit einem Marktwert weniger wahrscheinlich zu Abfall werden können (BT-Drs. 17/6052, 77).

Erfüllung der technischen und rechtlichen Normen

Der aus dem Abfallrecht entlassene Stoff muss in seiner konkreten „Verwendung“ legal genutzt werden können. Das setzt voraus, dass der Stoff die Voraussetzungen des Produktrechts erfüllt. Die „technischen

Anforderungen“ beschreiben, welche Fähigkeiten oder Eigenschaften der Stoff haben muss, um die ordnungsgemäße Funktion im Rahmen der jeweiligen Zweckbestimmung zu erfüllen (Petersen, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 5 Rn 40).

Neben dem KrWG sind die Vorschriften etwa des Chemikalien-, Gefahrstoff-, Produkt- oder Immissionschutzrechts sowie alle genormten technischen Standards einzuhalten (BT-Drs. 17/6052, 77).

Keine schädlichen Auswirkungen

Die Voraussetzung ergänzt die Vorgabe der Einhaltung aller technischen und rechtlichen Normen um den Faktor Mensch und Umwelt. Die Vorgabe der ordnungsgemäßen und schadlosen Entsorgung von Abfällen (§ 7 Abs. 3 KrWG) wird hier als Schutzmechanismus vor Erreichen des Abfallendes erneut verwendet und will eine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf verhindern (Petersen, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 5 Rn 46).

Vergleichende Sicherheitsbetrachtung

Mit der vergleichenden Sicherheitsbetrachtung wird das für Abfälle geltende Sicherheitsniveau über den gesamten Lebenszyklus hinweg mit dem des Produktrechts verglichen, unter das der aus der Abfalleigenschaft zu entlassene Stoff fallen würde. Zu prüfen ist zum einen, ob das Produktrecht die gesundheits- und umweltrelevanten Auswirkungen der Stoffe und Gegenstände hinreichend minimieren kann, zum anderen, ob eine Entlassung von Stoffen aus dem Abfallregime zu höheren Gesundheits- und Umweltrisiken führen kann (Petersen, in: Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, 1. Auflage 2014, § 5 Rn 51 f.).

Rechtsprechung: Zeitpunkt des Abfallendes

Die Rechtsprechung beantwortet die Frage nach dem Abfallende regelmäßig danach, ob die typischen Abfallgefahren bereits mit der Herstellung eines Sekundärproduktes ausgeschlossen werden oder erst mit der Verwendung des Sekundärproduktes in einem Produkt.

In der Entscheidung „Mayer Parry“ ging es um ein „3B-Material“. Mayer Parry Recycling kaufte Schrott und Verpackungsabfälle, die sie zu Material verarbeitete, das als Material der Qualität 3B in Stahlwerken zur Herstellung von Stahlblöcken verwendet wurde. Nach Auffassung des EuGH handelte es sich bei dem Material noch um Abfall. Das Material entspreche nämlich nicht dem Zustand, zu dem es behandelt werde. Das 3B-Material stelle eine Mischung dar, die neben Eisenanteilen Verunreinigungen wie Farbe und Öl, nicht eisenhaltige Stoffe sowie unerwünschte chemische Bestandteile enthalte, die im Zusammenhang mit seiner Verwendung zur Stahlherstellung entfernt werden müssen. Erst der Einsatz bei der Herstellung von Stahlblöcken beseitige die Gefahren durch die Verunreinigung (EuGH, Urteil vom 19. Juni 2003 - C-444/00 - Mayer Parry Recycling).

In der Klärschlammkompost-Entscheidung des BVerwG stellte ein Anlagenbetreiber aus Klärschlamm, Grün- und Parkabfällen einen Kompost her, der nicht zu Dünge Zwecken, sondern für die Rekultivierung um Landschaftsbau eingesetzt wurde. Nach Auffassung des BVerwG handelte es sich noch um Abfall. Das Ende der Abfalleigenschaft eines Stoffes sei bedingt durch die Beendigung des Verwertungsverfahrens bei gleichzeitiger Erfüllung der sich aus dem Abfallrecht ergebenden Pflichten des Abfallbesitzers in Bezug auf die Schadlosigkeit der Verwertung. Erst mit der ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung des Abfalls ende das Regime des Abfallrechts. Bereits mit dem Gewinnen von (neuen) sekundären Rohstoffen aus Abfällen ende im Regelfall die Verwertung und damit der Anwendungsbereich des Abfallrechts, wenn die Eigenschaften der gewonnenen Stoffe mit den Eigenschaften der zu substituierenden Primärrohstoffe identisch oder vergleichbar seien und ein Auftreten abfalltypischer Gefahrenlagen damit ausscheide. Dies liege etwa - unter bloßer Änderung der stofflichen Eigenschaften - vor bei der Gewinnung von Pappe aus Altpapier, von Glas aus Altglas oder von Kupfer aus Kabeln. Entsprechendes gelte, wenn aus Abfällen erstmals ein neuer Rohstoff gewonnen werde (wie im Fall der Gewinnung von Biogas aus Abfällen). Die Identität oder Vergleichbarkeit der gewonnenen Sekundärrohstoffe mit den (ursprüng-

lichen) Primärrohstoffen indiziere bereits die Schadlosgkeit der Verwertung. Die Gefahr eines Schadstofftransfers in die Umwelt könne bei der Verwertung von Klärschlamm über den Vorgang der Kompostierung hinaus nicht von der Hand gewiesen werden. Klärschlamm enthalte als Schadstoffsenke im Rahmen der Abwasserreinigung eine Vielzahl von Schadstoffen. Insbesondere werde dessen Schwermetallgehalt bei einer Kompostierung nicht abgebaut, sondern in Folge der damit einhergehenden Volumenreduzierung konzentriert (BVerwG, Urteil vom 14. 12. 2006 - 7 C 4/06).

In einer ersten Entscheidung zum 2012 in Kraft getretenen § 5 KrWG entschied der VGH Kassel entsprechend. Die Herstellung des Stoffes „Woolit“ (künstliche Mineralfasern, eingebunden in einer Mischung aus Ton, Wasser und Bindemittel, die dann der Rohmasse bei der Ziegelherstellung vor dem Brennvorgang beigegeben wird) führe noch nicht zum Ende der Abfalleigenschaft der darin größtenteils enthaltenen künstlichen Mineralstoffe. Diese würden bei der Herstellung von „Woolit“ nicht beseitigt, sondern lediglich in die anderen Materialien eingebunden. Das Verwertungsverfahren sei erst durchlaufen, wenn die stofflichen Eigenschaften des Abfalls so verändert worden sind, dass das abfallspezifische Gefährdungspotenzial vollständig beseitigt ist und dem Stoff die vorherigen abfalltypischen Gefahren nicht mehr innewohnen (VGH Kassel, Beschluss vom 9.10.2012 – 2 B 1860/12).

Dieser Auffassung folgte 2016 das OVG Magdeburg in einer Entscheidung zu Bau- und Abbruchabfällen aus einem Hausabriss. Das „Durchlaufen“ sei nicht bereits mit Sortierung auf Baustelle, sondern erst bei gleichzeitiger Erfüllung der sich aus dem Abfallrecht ergebenden Pflichten des Besitzers in Bezug auf die Schadlosgkeit der Verwertung gegeben (OVG Magdeburg, Beschluss vom 12.8.2016 – 2 M 24/16).

Kein Entledigungstatbestand

Selbst wenn sämtliche Voraussetzungen für das Abfallende erfüllt sind, verlangt der EuGH dennoch die Prüfung, ob sich der Besitzer des in Rede stehenden Gegenstands entledigt, entledigen will oder entledigen muss (EuGH, Urteil v. 7.3.2013 – C-358/11).

Phosphor-Rezyklat: Abfallende

Ein Problem für das Erreichen des Abfallendes liegt darin, dass Zusammensetzung und Struktur (Korngröße) der Rezyklate stark schwanken können. Phosphor-Rezyklate weisen selbst innerhalb derselben Gruppe heterogene Zusammensetzungen auf, was zu großen Unterschieden in der Löslichkeit führen kann (Theilen et. al., Absatz- und Vermarktungsmöglichkeiten von Phosphor-Rezyklaten aus der Klärschlammaufbereitung, Fachgutachten für das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2019, Seite 18).

Abfallende nach EU-DüMV für Teilströme bereits mit der Gewinnung

Nach Art. 19 EU-DüngemittelV ist zunächst ein Verwertungsverfahren im Einklang mit der Verordnung durchzuführen. Um ein EU-Düngeprodukt zu werden, muss es die Anforderungen der Anhänge I bis III der EU-DüngemittelV erfüllen (Art. 4 EU-DüngemittelV). Anhang I betrifft die Produktfunktionskategorie, z. B. Düngemittel, Kalkdüngemittel, Bodenverbesserungsmittel.

Anhang II regelt die Komponentenmaterialkategorie. Ein EU-Düngeprodukt darf nur aus Komponentenmaterialien (CMC) bestehen, die die Anforderungen an eine oder mehrere der in diesem Anhang aufgeführten CMC erfüllen. Dazu gehören Stoffe und Gemische aus unbearbeiteten Rohstoffen. Ausgenommen sind nach Teil II Nr. 1 a) Abfall und, b) Stoffe oder Gemische, die in einem oder mehreren Mitgliedstaaten aufgrund nationaler Maßnahmen zur Umsetzung des Artikels 6 der AbfRRL nicht mehr als Abfälle angesehen werden. Gemeint sind damit nationale Regeln, wann für einen zu Abfall gewordenen Stoff das Abfallende erreicht ist. Regeln für das Abfallende nach der EU-DüngemittelV sind damit nicht gemeint, da anderenfalls Art. 19 EU-DüngemittelV über Anhang II ausgehebelt würde.

Die Regelung des § 2 Abs. 2 Satz 2 AbfKlärV kann nicht als eine solche nationale Regelung angesehen werden. Danach ist kein Klärschlamm ein aus Klärschlamm gewonnener Stoff, der durch Behandlungsverfahren so verändert worden ist, dass klärschlammtypische, stoffcharakteristische Merkmale nicht mehr vorhanden sind. Wenngleich dies an die von der Rechtsprechung entwickelten Kriterien zum Abfallende erinnert, besagt die Vorschrift jedoch nur, wann ein Stoff nicht mehr „Klärschlamm“ ist; das schließt jedoch nicht aus, dass der Stoff unter anderen Gesichtspunkten weiter Abfall bleibt.

Art. 19 EU-DüngemittelV ist so zu verstehen, dass das Abfallende erreicht ist, sobald das Verwertungsverfahren der Phosphorrückgewinnung in Einklang mit den Vorschriften der EU-DüngemittelV durchlaufen ist. Der Einsatz im Düngeprodukt ist für das Erreichen des Abfallendes nicht erforderlich.

Die EU-DüngemittelV legt fest, unter welchen Voraussetzungen Ausgangsstoffe im Düngemittel eingesetzt werden dürfen. **Zurückgewonnener Phosphor**, der die Anforderungen der EU-DüngemittelV erfüllt, ist damit wie Primär-Phosphor als Komponente eines Düngemittels anzusehen. Das Abfallende ist nicht erst mit dem Einsatz des Rohstoffs im Düngemittel erreicht, weil die typischen Abfallgefahren bereits mit dem Durchlaufen des Aufbereitungsverfahrens im Einklang mit der EU-DüngemittelV nicht mehr existieren. Deshalb formuliert Art. 19 Satz 2 am Ende EU-DüngemittelV, dass das Material als konform mit den Abfallende-Kriterien der AbfRRL gilt und nicht mehr als Abfall angesehen wird „ab dem Zeitpunkt der Ausstellung der EU-Konformitätserklärung“. Zurückgewonnener, aber im Düngemittel noch nicht eingesetzter Phosphor kann daher als Produkt vermarktet werden.

Dafür spricht auch Erwägungsgrund 19 EU-DüngemittelV. Danach gibt es für bestimmte verwertete Abfälle eine Nachfrage des Marktes nach einer Verwendung als Düngeprodukt:

„Sobald solche Produkte alle Anforderungen der vorliegenden Verordnung erfüllen, sollten sie nicht mehr als Abfall im Sinne der Richtlinie 2008/98/EG gelten, und daher sollten Düngeprodukte, die solche verwerteten Abfallmaterialien enthalten oder daraus bestehen, Zugang zum Binnenmarkt erhalten können.“

Damit korrespondiert Erwägungsgrund 19 der Richtlinie 2018/851 zur Änderung der AbfRRL. Danach kann vom Ende der Abfalleigenschaft ausgegangen werden, wenn Stoffe oder Gegenstände die einschlägigen, für Produkte geltenden Vorschriften erfüllen.

Auf den **Klärschlamm selbst** sind diese Grundsätze nicht anwendbar. In der EU-DüngemittelV sind dazu keine Vorgaben enthalten. Zudem handelt es sich nach der Rechtsprechung weiter um Abfall, solange die typischen Gefahren des Klärschlammes (Schwermetalle, Mikroplastik, Medikamentenrückstände) noch enthalten sind (s. Abschnitt 2.2.8).

Klärschlammverbrennungsaschen erreichen ebenfalls nicht das Abfallende. Sie sind nicht in den Anhängen gelistet. Gemäß Art. 42 Abs. 2 EU-DüngemittelV bewertet die Kommission unverzüglich nach dem 15.7.2019 Struvit, Biokohle und Ascheprodukte. Ergibt die Bewertung, dass die Kriterien der EU-DüngemittelV erfüllt sind, können sie in Anhang II EU-DüngemittelV aufgenommen werden.

Abfallende nach deutschem Recht

Europäische und nationale DüMV sind bisher nicht synchronisiert worden. Insbesondere enthält die deutsche DüMV keine Kriterien, wann ein aus dem Abfall gewonnenes Rezyklat verkehrsfähig für den Einsatz als Düngemittel ist (so auch Theilen, Hessen, Seite 62).

Sofern die Klärschlammverbrennungsaschen das Abfallrecht nicht nach der EU-DüngemittelV verlassen, ist das Abfallende nach nationalem Recht aber nicht ausgeschlossen. Nach Anlage II, Tabelle 6 zur deutschen DüMV sind Aschen aus der Verbrennung von Klärschlamm (6.2.3) und die Phosphatfällung ausdrücklich Ausgangsstoffe für die Herstellung von Düngemitteln. Erfüllen sie die Voraussetzungen der DüMV, ist grundsätzlich anzunehmen, dass die nationalen Anforderungen an das Abfallende (§ 5 KrWG)

gegeben sind (s. auch UBA-Texte 13/2019, Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung, Abschlussbericht, Seite 253 f.).

Zu beachten ist aber, dass die Schwermetallbelastungen von Klärschlammverbrennungaschen stark schwanken und die Grenzwerte der DüMV häufig nicht einhalten. Überdies wird der direkte Einsatz von Aschen aufgrund ihrer schlechten Löslichkeit und geringen Düngewirksamkeit nicht empfohlen (Theilen, Hessen, Seite 26 f.). Die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (§ 5 Abs. 1 Nr. 4 KrWG) sind daher zwingend ergänzend zu untersuchen.

Eine Zulassung der Aschen als EU-Düngemittel ist wegen Anhang II Teil II Nr. 1 b) EU-DüngemittelV nicht möglich.

Die Ergebnisse zu den Phosphorrückgewinnungsverfahren sind dargestellt in Abschnitt 4.3.

2.6.2 REACH-Verordnung ((EG) Nr. 1907/2006)

Mit dem Erreichen des Abfallendes sind allerdings die Vorgaben der REACH-Verordnung,

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (ABl. L 396 S. 1, ber. 2007 L 136 S. 3[4]), Celex-Nr.3 2006 R 1907, zuletzt geändert durch Art. 1 VO (EU) 2019/1691 vom 9.10.2019 (ABl. L 259 S. 9),

zu beachten. Mit Richtlinie (EU) 2018/851 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle wurde auch die Schnittstelle zwischen Abfallrecht einerseits und Produkt- und Chemikalienrecht andererseits konturiert. Nach Art. 1 Nr. 6 Buchstabe c) RL 2018/851 wird der für das Abfallende zuständige Art. 6 AbfRRL ergänzt. Danach haben natürliche oder juristische Personen, die erstmalig ein Material verwenden, das kein Abfall mehr ist und nicht in Verkehr gebracht wurde, oder ein Material erstmalig in Verkehr bringen, nachdem es kein Abfall mehr ist, dafür zu sorgen, dass das Material den einschlägigen Anforderungen des Chemikalien- und Produktrechts entspricht. Die Regelung ist umgesetzt worden in § 7a KrWG. In dessen Abs. 2 wird klargestellt, dass eine REACH-Registrierung oder die Erfüllung produktrechtlicher Anforderungen allein nicht ausreicht, um ein Material als Produkt einzustufen. Bei aus Abfall gewonnenen Stoffen oder Gegenständen müssen zunächst die Voraussetzungen von § 5 Abs. 1 KrWG erfüllt sein, bevor die Vorschriften des Chemikalien- und Produktrechts zur Anwendung kommen.

Hieran knüpft die EU-DüngemittelV an. Nach Anhang II Teil II Nr. 2 EU-DüngemittelV müssen alle dem EU-Düngeprodukt einzeln oder in einem Gemisch zugesetzten Stoffe gemäß REACH-VO in einem Dossier registriert sein. Das Dossier muss bestimmte Informationen und einen Stoffsicherheitsbericht nach Art. 14 REACH-VO enthalten. Darauf kann nur verzichtet werden, wenn der Stoff unter eine der Ausnahmen von Registrierungspflicht nach Anhang IV der REACH-VO oder unter die Nummern 6, 7, 8 oder 9 des Anhangs V der REACH-VO fällt.

2.7 Vermarktung, Herstellerverantwortlichkeit

Vermarktung des Rezyklats: Die Vermarktung des zurückgewonnenen Phosphors, insbesondere wenn dieser ausschließlich für Düngezwecke geeignet ist, erfordert Spezialkenntnisse, Infrastrukturen, Netzwerke und Marktkennntnisse, die mit der bisherigen Aufgabenstellung der Abwasserentsorgung wenig zu

tun haben. An dieser Stelle sind daher realistische Optionen für die Vermarktung des Rezyklats aufzuzeigen.

Herstellerverantwortung für das Phosphor-Recycling-Produkt: Welche Herstellerverantwortung trägt der Erzeuger des Phosphor-Recycling- Produktes?

2.7.1 Akzeptanz

Der Vermarktungserfolg hängt zunächst von der Qualität der Rezyklate für den vorgesehenen Einsatzzweck ab. Ausschlaggebend für einen Einsatz der P-Recyclingprodukte in der Landwirtschaft ist ihre agronomische Wirksamkeit (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Recyclingphosphate in der Düngung – Nutzen und Grenzen, 2020, Seite 14). Schwankende Zusammensetzungen können zu unterschiedlichen Löslichkeiten führen und damit die Düngewirksamkeit beeinflussen (Theilen, Hessen, Seite 18). Selbst bei gleichen P-Rezyklattypen sind die Ergebnisse erheblich variabel. Dies beruht zum einen auf einer variablen chemischen Zusammensetzung des gleichen Rezyklattyps, zum anderen auf den unterschiedlichen Versuchsbedingungen, z. B. im Hinblick auf Versuchsdauer, Versuchspflanzen und Versuchsboden (pH-Wert, organische Substanz, Textur etc.). Hier ist es wünschenswert, auch in Vegetationsversuchen über standardisierte Testverfahren einheitliche Bewertungsgrundlagen zu schaffen (BMEL, Seite 18).

Außerdem müssen Phosphor-Rezyklate auch weitere agronomische Anforderungen einhalten, insbesondere im Hinblick auf Mindestmahlfeinheit, Korngrößenverteilung, Homogenität, Streufähigkeit etc. (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Recyclingphosphate in der Düngung – Nutzen und Grenzen, 2020, Seite 13)

Vermarktung benötigt kontinuierliche Verfügbarkeit. Insgesamt beträgt der Bedarf an Phosphorsäuren in Deutschland 40.000 - 50.000 Mg P_2O_5/a . Für die Phosphatproduktion außerhalb der Düngemittel- und Futtermittelproduktion (z. B. Flammenschutzmittel) kommen in Deutschland noch ca. 100.000 - 150.000 Mg P_2O_5/a hinzu (DPP, 2018, Schriftliche Mitteilungen. (D. Frank, Interviewer) Frankfurt: Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V.; Theilen, Hessen, Seite 48). Phosphorsäure kann zudem zum Phosphatieren in der Metallindustrie eingesetzt werden (Theilen, Hessen, Seite 55).

Vorbehalte gegenüber Schwermetallbelastungen und Medikamentenrückständen müssen aktiv durch gezielte Öffentlichkeitsarbeit angegangen werden (Theilen, Hessen, Seite 56). Die rechtliche Zulassung für den vorgesehenen Einsatz ist unbedingte Voraussetzung für die Akzeptanz. Eine Umfrage für den Einsatz im Ökolandbau hat in Tabelle 2-3 dargestellten Akzeptanzkriterien ergeben.

Tabelle 2-3: Kriterien für die Akzeptanz von P-Rezyklaten im Ökolandbau

Ranking	Kriterium	Gewichtung
-	Rechtliche Zulassung	Unbedingte Voraussetzung
1	Schadstofffreiheit	27,30 %
2	Wirkung	17,60 %
3	Energieaufwand	13,50 %
4	Transparenz	10,90 %
5	Streufähigkeit	9,10 %
6	Preis	9,00 %
7	Image	8,10 %
8	Äußerlicher Unterschied zu chemisch-synthetischen Mineraldüngern	4,50 %

(Tabelle nach Jedelhauser, Aschenbrenner, Vjestica, Wierer, Fischinger, & Binder. (2015). Kriterien für die Akzeptanz von recyceltem Phosphatdünger aus Abwasser und Klärschlamm - Ergebnisse einer Praxisbefragung von ökologisch wirtschaftenden Landwirten. In 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Abrufbar unter: https://orgprints.org/26773/1/26773_jedelhauser.pdf)

2.7.2 Wege zur Marktdurchsetzung

Generell erreichen Phosphor-Rezyklate die beste Akzeptanz, wenn sie mit Primär-Phosphor vergleichbar sind. Ziel muss das bestmögliche Produkt sein. Gesteuerte Maßnahmen zur Durchsetzung sind subsidiär. Die zwangsweise Durchsetzung eines qualitativ schlechteren Sekundär-Phosphors wird zu Umgehungsmaßnahmen führen, wie etwa den Import von Dünger mit Primär-Phosphor aus dem Ausland. Verpflichtende Maßnahmen können dann sinnvoll sein, wenn die Vergleichbarkeit erreicht ist, Aufklärung über die Qualität stattgefunden hat und die Nachfrage dennoch ausbleibt.

Da es bei der Marktdurchsetzung auch um die Finanzierung der Kosten der Phosphorrückgewinnung geht, sind eine etwaige Rechtspflicht von Düngemittelherstellern zur Abnahme von Phosphor-Rezyklaten (unten 2.8.4) und die Subventionierung des Phosphorrecyclings (unten 2.8.3) im Abschnitt 3.8 „Finanzierung“ beschrieben.

Bevor der Einsatz von Phosphor-Rezyklaten zwangsweise durchgesetzt wird, sind andere, geringer belastende Mittel zu prüfen, etwa eine **freiwillige Selbstverpflichtung der Düngemittelindustrie**. Die Düngemittelindustrie wird dazu indes nur bereit sein, wenn die Akzeptanz-Kriterien im Sekundär-Phosphor vollständig und nachhaltig erfüllt sind. Außerdem dürfte es an der Bereitschaft fehlen, für Sekundär-Phosphor mehr zu bezahlen als für Primär-Phosphor (Montag et. al., Bewertung konkreter Maßnahmen einer weitergehenden Phosphorrückgewinnung aus relevanten Stoffströmen sowie zum effizienten Phosphoreinsatz, 2014, S. 173), anders als etwa bei den ökologisch orientierten Landwirten, die bereit wären, höhere Kosten für Sekundär-Phosphor zu akzeptieren (Theilen, Hessen, Seite 63). Das wiederum kann ein Hebel auf der Nachfrageseite (Landwirte) gegenüber den Düngemittelherstellern sein und gleichzeitig ein Argument gegen die Vorbehalte der Düngemittelhersteller, der Kunde sei nicht bereit, für Rezyklate mehr Geld zu bezahlen.

Eine **Qualitäts- oder Gütesicherung** ist nach dem Vorgesagten zwingend für die Vermarktungsfähigkeit der Sekundär-Phosphate, sie ist überdies im Sekundär-Rohstoffbereich an vielen Stellen bekannt und etabliert. Es steht dem Hersteller des Rezyklats frei, sich einer Güteüberwachung zu unterwerfen, sie ist freiwillig. Das Gütesiegel umfasst eine Eigen- und Fremdkontrolle und soll einen Vertrauenstatbestand schaffen: ein nach Kriterien des Gütesicherungsgebers hergestelltes Produkt erfüllt die für den Nachfragenden relevanten Eigenschaften. Um die Vermarktungsfähigkeit nicht zu schwächen, sollte auf (bundes)einheitliche Gütekriterien gesetzt werden (vgl. insofern Ausführungen im Referenten-Entwurf vom 6.2.2017 zur geplanten Ersatzbaustoffverordnung, Seite 1 und 6 f.). Gerade im Bereich mineralischer Ersatzbaustoffe zeigt sich, wie länderspezifische, zerklüftete Regelwerke dazu führen, dass Sekundär-Baustoffe jedenfalls auf Seiten der öffentlichen Hand nahezu nicht nachgefragt werden, was wiederum ein negatives Signal für private Nachfrager aussendet.

Die in § 12 Abs. 1 KrWG und §§ 19 ff. AbfKlärV angelegte Qualitätssicherung bezieht sich nicht auf Phosphor-Rezyklate, sondern verlangt ein Konzept zur Minderung von Schadstoffeinträgen im Vorfeld der Klärschlammmentstehung in einer Abwasserbehandlungsanlage und zur Minderung von hygienischen Risiken des Klärschlammes (Art. 1 § 21 Abs. 1). Es empfiehlt sich, die hier angelegte Qualitäts- und Gütesicherung um den Aspekt der Phosphorrückgewinnung zu erweitern. Gerade im Hinblick auf die abfallrechtliche Erzeugerhaftung des Klärschlammherstellers (s. Abschnitt 2.2.5) ist das zur Haftungsminimierung notwendig.

Schließlich ist eine **Beimischungsquote** denkbar. Vorbild können die §§ 37a ff BImSchG sein, die die Hersteller von Kraftstoffen verpflichten, einen Mindestanteil an Biokraftstoffen zu gewährleisten. Die Regelungen setzen die Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen um. Für den Einsatz von Phosphor-Rezyklaten fehlt eine europäische Vorgabe (vgl. oben 2.2.6).

Die europäische Klärschlamm-Richtlinie soll aber laut EU-Kommission evaluiert werden, wozu im vierten Quartal 2020 eine öffentliche (online) Konsultation vorgesehen ist (Euwid, 22.6.2020). Im Kraftstoffbereich ist das Verfehlen eines Mindestanteils sanktioniert, indem der Hersteller zur Zahlung einer Abgabe verpflichtet wird (§ 37c Abs. 2 BImSchG). Dabei handelt es sich um eine Ausgleichsabgabe eigener Art (Ersatzabgabe), die kein Finanzierungsinstrument ist, sondern als Ausgleich für die Nichteinhaltung einer öffentlich-rechtlichen Pflicht erhoben wird (Jarass, BImSchG, 13. Auflage 2020, § 37c Rn 7). Sie soll gewährleisten, dass es aus wirtschaftlicher Sicht für den Verpflichteten günstiger ist, die Quotenverpflichtung einzuhalten (BFH, Beschluss v. 2.11.2015 - VII B 68/15 Rn.10; BT-Drs. 16/2709, S.23). Die Ausgestaltung ist verfassungsgemäß (BVerfG, Beschluss vom 25. 7. 2007 - 1 BvR 1031/07; BFH, Beschluss v. 2.11.2015 - VII B 68/15 Rn 16 f.), auch die finanzverfassungsrechtlichen Anforderungen sind gewahrt (Jarass, § 37c BImSchG Rn 7).

2.7.3 Herstellerverantwortlichkeit

Die Herstellerverantwortlichkeit wird in zwei Richtungen verstanden: 1., die Verantwortlichkeit, die der Hersteller nach Produktrecht trägt (Lebensanfang), 2., bezogen auf die Pflichten, bei der Herstellung eines Produktes die abfallrechtliche Produktverantwortung umzusetzen (Lebensende).

Produktrechtliche Verantwortung (Lebensanfang des Produkts)

Phosphor, der aus dem Abfall Klärschlamm zurückgewonnen worden ist und mit der Gewinnung alle Voraussetzungen des § 5 KrWG erfüllt, ist als solcher bereits ein Produkt; er muss nicht erst Bestandteil eines weiteren Produkts werden (z. B. Düngemittel). Um als Produkt gehandelt und vermarktet werden zu können, muss das Produktrecht Sekundär-Phosphor vollständig akzeptieren. Dazu gehören nicht nur Normen, die sich mit dem Produkt an sich befassen, sondern auch mit den Inhaltsstoffen, die in den Stoffen und Gegenständen enthalten sein können, aus denen das Produkt hergestellt wird. Diese Normen hängen von der beabsichtigten Verwendung des Stoffs oder Gegenstands ab. Für Sekundär-Phosphor ist insofern insb. die REACH-Verordnung zu beachten (oben 2.6.2).

Neben den branchenspezifischen Vorgaben gelten die allgemeinen Pflichten. Nach § 3 Abs. 2 Produktsicherheitsgesetz darf ein Produkt nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn es bei bestimmungsgemäßer oder vorhersehbarer Verwendung die Sicherheit und Gesundheit von Personen nicht gefährdet. Derartige Aspekte werden bereits im Rahmen von § 5 Abs. 1 Nr. 3 und 4 KrWG zum Abfallende zu prüfen sein. Sofern es sich bei dem Phosphor-Rezyklat um einen Stoff oder ein Gemisch im Sinne vom § 3 Nr. 1 und 4 ChemG handelt, hat der Hersteller, der ihn/es in den Verkehr bringt, eine Einstufung vorzunehmen (§ 13 Abs. 2 ChemG). Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen richten sich nach den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung, § 13 Abs. 1 ChemG).

Für den Verkauf des Produkts Sekundär-Phosphor gelten zivilrechtlich die Gewährleistungsregeln der §§ 434 ff. BGB. Phosphor als Sache ist danach mangelfrei, wenn sie bei Gefahrübergang die vereinbarte Beschaffenheit hat. Soweit die Beschaffenheit nicht vereinbart ist, ist die Sache frei von Sachmängeln, wenn sie sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendung eignet (§ 434 Abs. 1 BGB). Bei Mängeln stehen dem Käufer die Rechte der Nachbesserung, des Rücktritts, der Minderung und des Schadensersatzes zur Verfügung (§ 437 BGB).

Wird durch den Fehler eines Sekundär-Phosphor-Produkts jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, ist der Hersteller des Produkts verpflichtet, dem Geschädigten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen (§ 1 Abs. 1 Satz 1 ProdHaftG). Produkthaftung ist Gefährdungshaftung, das heißt, auf Fahrlässigkeit oder Vorsatz des Herstellers kommt es nicht an (verschuldensunabhängige Haftung). Ein Fehler im Sinne des ProdHaftG liegt vor, wenn es nicht die Sicherheit bietet, die berechtigter Weise erwartet werden kann (§ 3 Abs. 1 ProdHaftG). Die Ersatzpflicht kann aber entfallen, wenn der Fehler darauf beruht, dass das Produkt in dem Zeitpunkt, in dem der Hersteller es in den Verkehr brachte, dazu zwingenden Rechtsvorschriften entsprochen hat (§ 1 Abs. 2 Nr. 4 ProdHaftG). Die Haftung entfällt auch, wenn der Fehler nach dem Stand der Wissenschaft und Technik

in dem Zeitpunkt, in dem der Hersteller das Produkt in den Verkehr brachte, nicht erkannt werden konnte (§ 1 Abs. 2 Nr. 5 ProdHaftG).

Eine Schadenshaftung kann auch nach allgemeinem Deliktsrecht eintreten (§ 823 BGB). Sie setzt allerdings Verschulden voraus, erfasst dafür auch Verletzungen der Freiheit, des Eigentums oder eines sonstigen Rechts.

Abfallrechtliche Produktverantwortung (Lebensende des Produkts)

Die Herstellerverantwortung wird nach der Art. 8 AbfRRL als erweiterte Herstellerverantwortung bezeichnet. Sie ist in § 23 KrWG in deutsches Recht umgesetzt worden unter dem Titel Produktverantwortung. Erzeugnisse sind danach möglichst so zu gestalten, dass bei ihrer Herstellung und ihrem Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird und sichergestellt ist, dass die nach ihrem Gebrauch entstandenen Abfälle umweltverträglich verwertet oder beseitigt werden. Adressaten der Produktverantwortung sind Hersteller, Be- oder Verarbeiter oder die Vertreiber von Erzeugnissen.

Abfallrechtlich ist unter einem Erzeugnis ein Produkt zu verstehen (Beckmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, § 23 KrWG Rn 17). Sekundär-Phosphor, der das Abfallende erreicht hat, ist damit selbst bereits ein Erzeugnis. Da sich die Produktverantwortung an den Hersteller richtet, ist insofern bereits der Betreiber einer Phosphorrückgewinnungsanlage, aus der ein Phosphor-Rezyklat als Nicht-Abfall hervorgeht, den Pflichten der Produktverantwortung unterworfen. Er hat deshalb etwa das Entstehen von Abfall bei der Gewinnung des Phosphor-Produkts zu vermindern (§ 23 Abs. 1 Satz 2 KrWG).

Die Produktverantwortung richtet sich überdies an den Hersteller, der für sein Produkt das rezyklierte Phosphor-Produkt einsetzt oder einsetzen könnte. Die Produktverantwortung umfasst nach § 23 Abs. 2 Nr. 2 KrWG den vorrangigen Einsatz von verwertbaren Abfällen oder sekundären Rohstoffen bei der Herstellung von Erzeugnissen. Die Vorschrift dient dem Schutz der natürlichen Ressourcen und regelt einen Vorrang des Sekundär-Materials (Tünnesen-Harms, in: Jarass/Petersen, KrWG, 2014, § 23 Rn 32).

Eine Einsatzpflicht ergibt sich daraus indes nicht. Gemäß § 23 Abs. 4 KrWG bestimmt erst eine nach §§ 24, 25 KrWG erlassene Rechtsverordnung, welche Pflichten die Produktverantwortlichen wahrzunehmen haben. Während der Gesetzgeber darin eine latente Grundpflicht sieht (vgl. zur Novellierung des KrWG s. BR-Drs. 88/20, Seite 61), entnehmen andere ihr lediglich eine Appell-Funktion (Tünnesen-Harms, § 23 Rn 36; Beckmann, in: Landmann/Rohmer, Umweltrecht, § 23 KrWG Rn 25).

Die Novelle zum KrWG selbst sieht keine Einsatzquoten für Rezyklate vor. Der Gesetzgeber begründet das damit, dass die novellierte AbfRRL umgesetzt werden sollte und diese keine generelle Vorgabe mache, Rezyklate bei der Herstellung von Erzeugnissen zu verwenden. Vorgesehen sei nur eine Förderung. Lediglich Art. 6 Abs. 5 der Einwegkunststoff-Richtlinie enthalte konkrete Quoten zur Verwendung von recyceltem Material in Erzeugnissen (BR-Drs. 88/20, Seite 9).

Nachdem der Bundestag am 17.9.2020 die Neufassung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (zum 29.10.2020 in Kraft getreten) beschlossen hat, teilte das Bundesumweltministerium mit, dass etwa die Bevorzugungspflicht der öffentlichen Stellen für den Einsatz von Rezyklaten nun in Verordnungsform zu gießen sei (Euwid-Recycling, 18.9.2020). Das dürfte daher ein guter Moment sein, um auf Bundesebene eine Verordnung zu schaffen, die den Einsatz von recyceltem Phosphor vorsieht.

2.8 Finanzierung

Phosphorrecycling verursacht voraussichtlich erhöhte Kosten. Welche Möglichkeiten aus Sicht der Kommunen zur Finanzierung oder Kostenerstattung bestehen, wird im Folgenden dargestellt.

Prüfung der rechtlichen Möglichkeiten von Maßnahmen zur Finanzierung der Phosphorrückgewinnungsverfahren, z. B.:

- über das Kommunalabgabengesetz durch die Erhebung von Gebühren
- über die Abwasserabgabe
- über Maßnahmen zur Subventionierung des Phosphorrecyclings, insbesondere eine spezifische Förderung von Verfahren bis zur Marktreife
- über Einführung einer Rechtspflicht von Düngemittelherstellern zur Abnahme von Phosphor-Rezyklaten

Prüfung der Erstattung von Kosten für die Phosphorrückgewinnung

- Können Kosten schon vor In-Kraft-Treten der Verpflichtung im Jahr 2029 bzw. 2032 geltend gemacht werden?
- Können Kosten auch von Kläranlagenbetreibern geltend gemacht werden, obwohl diese gem. AbfKlärV nicht zur Phosphorrückgewinnung verpflichtet sind (<50.000 Einwohnerwerte (EW) oder Phosphorgehalt < 20 g je kg Trockenmasse)?
- Inwiefern können für die Langzeitlagerung von Klärschlamm-Verbrennungsrückstände Kosten geltend gemacht werden?
- Wie werden evtl. Erlöse aus dem Verkauf von im Rahmen der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage erzeugtem Phosphor-Dünger steuerlich behandelt? Welche Konsequenzen ergeben sich, wenn die Erlöse nicht kostendeckend sind?

2.8.1 Finanzierung durch Gebühren gemäß Kommunalabgabengesetz (KAG)

Prinzipien des Abgabenrechts

Die Pflicht zur Zahlung einer Abgabe setzt ein Abgabenschuldverhältnis voraus. Das wiederum verlangt, dass ein gesetzlicher oder Gesetzesabgeleiteter Abgabentatbestand erfüllt wird (BVerfG NJW 1979, 861). Abgabensatzungen müssen für den Abgabentatbestand und die Bemessung der Höhe klar und berechenbar regeln (Bestimmtheitsgrundsatz, BVerfG NJW 2007, 2466). Da Abgaben Belastungen sind, müssen Abgabentatbestände restriktiv ausgelegt werden, insbesondere verbietet sich die belastende Analogie (BVerfG NJW 1996, 3146). Dabei ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu beachten. Aus ihm leiten sich das Äquivalenzprinzip und das Erdrosselungsverbot ab (BVerwG NVwZ 1988, 346).

Das **Äquivalenzprinzip** verbietet ein Missverhältnis zwischen der Leistung der Verwaltung und der Gebührenhöhe im Einzelfall und gibt eine Gebührenobergrenze vor (BVerwGE 80, 36; OVG NW, Urteil v. 27.4.2015 – 9 A 2813/12). Das **Erdrosselungsverbot** wird aus Artt. 12 und 14 GG abgeleitet. Es verbietet Steuer- und Gebührensätze, die in einer Weise in die persönliche und wirtschaftliche Entfaltung des Abgabenschuldners eingreifen, dass die Betätigung praktisch unmöglich gemacht oder unverhältnismäßig eingeschränkt wird (BVerfGE 16, 147/161).

Dass ein Sachverhalt rückwirkend einem Abgabentatbestand unterworfen wird, ist regelmäßig unzulässig, ebenso die rückwirkende Abgabenerhöhung (BVerfGE 13, 261/271; BVerwG NVwZ 1990, 168).

Das **Kostendeckungsprinzip** ist zwar kein verfassungsrechtlicher Grundsatz, verlangt aber eine Ausrichtung der Gebührenhöhe am Verwaltungsaufwand. Gewinnzuschläge sind untersagt (VGH München KStZ, 1995, 114/116).

Abgabenarten

Abgaben sind Steuern, Gebühren und Beiträge und sonstige Abgaben (§ 1 Abs. 1 und 3 KAG).

Steuern

Steuern sind Geldleistungen, die keine Gegenleistung für eine besondere Leistung darstellen und von einem öffentlich-rechtlichen Gemeinwesen zur Erzielung von Einnahmen allen auferlegt werden, bei denen der Tatbestand zutrifft, an den das Gesetz die Leistungspflicht knüpft (§ 3 Abs. 1 AO).

Gebühren

Gebühren sind Abgaben nicht steuerlicher Art. Sie dürfen nicht nur der Einnahmenerzielung dienen, sondern müssen besonders sachlich gerechtfertigt sein. Gebühren sind Abgaben, die die Kommunen als Gegenleistung für Amtshandlung und Leistungen der Verwaltung oder für die tatsächliche Inanspruchnahme öffentlicher Einrichtungen und Anlagen (Benutzungsgebühren) erheben (BVerfGE 20, 257/269).

Nach § 4 Abs. 2 KAG sind Gebühren Geldleistungen, die als Gegenleistung für eine besondere Leistung - Amtshandlung oder sonstige Tätigkeit - der Verwaltung (Verwaltungsgebühren) oder für die Inanspruchnahme öffentlicher Einrichtungen und Anlagen (Benutzungsgebühren) erhoben werden. Die mit den Gebühren erzielten Einnahmen sollen die Kosten für die öffentliche Tätigkeit ganz oder teilweise decken, was sie von der Steuer unterscheidet (BVerfGE 50, 217/226).

Verwaltungsgebühren dürfen nur erhoben werden, wenn die Leistung der Verwaltung von dem Beteiligten beantragt worden ist oder wenn sie ihn unmittelbar begünstigt (§ 5 Abs. 1 KAG). Benutzungsgebühren sind zu erheben, wenn eine Einrichtung oder Anlage überwiegend dem Vorteil einzelner Personen oder Personengruppen dient, sofern nicht ein privatrechtliches Entgelt gefordert wird. Im Übrigen können Gebühren erhoben werden (§ 6 Abs. 1 S. 1 und 2 KAG).

Der Hauptzweck der Gebührenerhebung ist die Finanzierung von Einrichtungen. Öffentliche Einrichtungen sind etwa die Abwasserbeseitigung und die Abfallentsorgung, wobei die Einrichtung durch die Kommune selbst oder durch (private) Dritte betrieben werden kann, soweit sich die Kommune einen bestimmenden Einfluss auf Zweckbestimmung und Betrieb der Einrichtung vorbehält (Gern/Brüning, Deutsches Kommunalrecht, 4. Auflage 2018, S. 597 Rn 1351 und S. 598 Rn 1354). Benutzung meint die tatsächliche Inanspruchnahme der Einrichtung, wobei die Möglichkeit der Inanspruchnahme bereits ausreicht (VGH Mannheim, VBIBW 1984, 25).

In NRW ist das Kostendeckungsprinzip gemäß § 6 Abs. 1 Satz 3 KAG eingeführt. Danach soll das veranschlagte Gebührenaufkommen die voraussichtlichen Kosten der Einrichtung oder Anlage nicht übersteigen und in den Fällen des Satzes 1 in der Regel decken. Was unter Kosten zu verstehen ist, regelt § 6 Abs. 2 Satz 1 KAG.

Beiträge

Beiträge sind nach § 8 Abs. 2 Satz 1 und 2 KAG Geldleistungen, die dem Ersatz des Aufwandes für die Herstellung, Anschaffung und Erweiterung öffentlicher Einrichtungen und Anlagen im Sinne des § 4 Abs. 2, bei Straßen, Wegen und Plätzen auch für deren Verbesserung, jedoch ohne die laufende Unterhaltung und Instandsetzung, dienen. Sie werden von den Grundstückseigentümern als Gegenleistung dafür erhoben, dass ihnen durch die Möglichkeit der Inanspruchnahme der Einrichtungen und Anlagen wirtschaftliche Vorteile geboten werden.

Beiträge sind dadurch gekennzeichnet, dass sie den Vorteil abgreifen, der einem Berechtigten aus der abstrakten Nutzbarkeit einer Erschließungsanlage (z. B. Abwasserbeseitigung) erwächst. Im Unterschied zur Gebühr kommt es nicht darauf an, dass der Berechtigte von der Anlage Gebrauch macht (Gern/Brüning, Deutsches Kommunalrecht, 4. Auflage 2018, S. 603 Rn 1367).

Sonderabgaben

Sonderabgaben sind nur ausnahmsweise und unter strengen Voraussetzungen zulässig. Nach der ständigen Rechtsprechung des Bundesverfassungsgerichts müssen im Wesentlichen vier Voraussetzungen erfüllt sein (vgl. BVerfGE 55, 274/298 ff.):

1. Mit der Sonderabgabe muss ein über die bloße Mittelbeschaffung hinausgehender Sachzweck verfolgt werden.
2. Die Sonderabgabe darf nur eine vorgefundene homogene Gruppe belasten, wobei zwischen dem mit der Abgabenerhebung verfolgten Zweck und dieser Gruppe eine spezifische Sachnähe (Finanzverantwortung) bestehen muss.
3. Das Abgabenaufkommen muss „gruppennützig“, also im Interesse der Gruppe der Abgabepflichtigen verwendet werden.
4. Da Sonderabgaben gegenüber der Steuer die seltene Ausnahme bleiben sollen, ist die Sonderabgabe zeitlich zu begrenzen und muss deshalb laufend auf ihre Rechtfertigung überprüft werden.

In der „Kohlepfennig“-Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG, Beschluss vom 11.10.1994 – 2 BvR 633/86) ging es darum, dass Zuschüsse an Unternehmen gewährt wurden, die Steinkohle zur Energieerzeugung einsetzten, und denen deswegen Mehrkosten gegenüber dem Einsatz von – billigerem – schwerem Heizöl entstanden. Über eine Ausgleichsabgabe (Kohlepfennig), zahlbar durch die Energieversorgungsunternehmen, die Elektrizität an Endverbraucher lieferten, wurde ein Fonds gespeist, aus dem die Mehrkosten beglichen werden sollten. Die Energieversorgungsunternehmen wälzten diese Belastung auf die Endverbraucher ab. Das BVerfG erklärte diese Abgabe für verfassungswidrig. Die belasteten Stromverbraucher seien keine homogene Gruppe, die von der Allgemeinheit abgrenzbar sei. Sie trage keine besondere Finanzierungsverantwortlichkeit, weise keine besondere Sachnähe für die Kohleverstromung auf.

Die Abwälzung der Kosten der Phosphorrückgewinnung über eine Sonderabgabe auf den Bürger dürfte ebenso zu bewerten sein. Eine besondere Sachnähe für die Phosphorrückgewinnung weisen die Bürger nicht auf. Auch stellen sie keine homogene, von der Allgemeinheit abgrenzbare Gruppe dar.

Bei den Klärschlamm-Entschädigungsfonds traf die Finanzierungsverpflichtung dagegen nicht die Allgemeinheit, sondern die „Hersteller von Klärschlämmen“. Sie sollten „Beiträge“ in einen Fonds zahlen, aus dem etwaige Haftungsfolgen (Personen-/Sachschäden) für die Verwendung von Klärschlamm als Dünger aufgefangen werden sollten. Die Beschwerdeführer machten geltend, die Beiträge belasteten materiell nicht die Klärschlammabgeber, sondern die Abwassergebührensschuldner. Die kommunalen Beschwerdeführerinnen seien gesetzlich gezwungen, kostendeckende Gebühren zu erheben, weshalb die Beiträge auf die Abwassergebührenpflichtigen umgelegt werden müssten. Nach oben dargestellten Voraussetzungen spielte das keine Rolle. Die Sachnähe sei gegeben. Der Entschädigungsfonds diene der verbesserten Abnahme von Klärschlamm als Dünger durch die Landwirte. Der Gesetzgeber verwende das Umwelthaftungsrecht als Gestaltung der abfallrechtlichen Verwertung. Die Hersteller von Klärschlamm seien zudem eine homogene Gruppe. Daran ändere auch die Möglichkeit nichts, die wirtschaftliche Last auf den Gebührenzahler abzuwälzen.

Eine Sonderabgabe, die sämtliche Abwassererzeuger belastet, ist danach unzulässig. Eine Sonderabgabe zu Lasten der Klärschlammherzeuger dürfte wenig sinnvoll sein, da sie ohnehin die Kostenlast der Phosphorrückgewinnung zu tragen haben und dadurch nicht entlastet werden. Eine Sonderabgabe zu Lasten der Düngemittelhersteller, die zukünftig ausschließlich Primär-Phosphor einsetzen, könnte sinnvoll, dürfte aber ebenfalls unzulässig sein. Die Düngemittelhersteller müssten zum Sachzweck der Abgabe in einer spezifischen Beziehung stehen und eine besondere Finanzierungsverantwortung tragen. Die Phosphorrückgewinnung ist aber keine Pflicht der Düngemittelhersteller, sondern der Klärschlammherzeuger.

Gebührenerhebung für die Phosphorrückgewinnung

Gebühren gehen der Erhebung von Steuern vor. Die Gemeinden und Kreise sollen Steuern nur erheben, soweit die Deckung der Ausgaben durch andere Einnahmen, insbesondere durch Gebühren und Beiträge, nicht in Betracht kommt (§ 2 Abs. 2 S. 1 KAG).

Gebühren können nur erhoben werden, wenn ihnen eine Leistung (synallagmatisch) gegenübersteht. Leistung kann eine Amtshandlung oder sonstige Tätigkeit der Verwaltung sein (Verwaltungsgebühr) oder die Inanspruchnahme öffentlicher Einrichtungen und Anlagen (Benutzungsgebühr) sein (§ 4 Abs. 2 KAG).

Kosten der Abwasserbeseitigung sind über § 54 LWG als Benutzungsgebühren ansatzfähig. Es handelt sich um eine landesgesetzliche Spezial-Regelung zur Umlage von Kosten im Rahmen der Erhebung der Abwassergebühren (Schmutzwassergebühr, Niederschlagswassergebühr) mit Vorrang gegenüber den Regelungsmaßgaben im Kommunalabgabengesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (KAG NRW, Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 176).

Phosphorrückgewinnung in der flüssigen Phase

Nach § 54 LWG gehören bei Benutzungsgebühren zu den ansatzfähigen Kosten alle Aufwendungen, die den Gemeinden durch die Wahrnehmung ihrer Pflichten nach § 46 LWG entstehen. Nach § 46 Abs. 1 Nr. 3 und 4 LWG umfasst die Abwasserbeseitigung insbesondere die Aufbereitung des durch die Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlammes für seine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung sowie Errichtung und Betrieb der für die Abwasserbeseitigung notwendigen Anlagen.

Wie bereits in der Erörterung des Rechtsrahmens dargelegt (2.2.2), umfasst die Abwasserbeseitigung nicht die Phosphorrückgewinnung. Die Phosphorrückgewinnung ist eine abfallrechtliche Pflicht. Die dadurch anfallenden Kosten sind keine Kosten der Abwasserbeseitigung. Es fehlt ein wasserrechtlicher Befehl zur Phosphorrückgewinnung. Da Gebühren Belastungen sind, verbietet sich eine erweiternde Auslegung oder Analogie.

Sofern aus technischen Gründen und zum Schutz der Anlage Phosphor eliminiert wird, handelt es sich nicht um eine Phosphorrückgewinnung im Sinne der AbfKlärV. Damit verbundene Kosten fallen im Rahmen der Abwasserbeseitigung an und sind als betriebsbedingte Kosten grundsätzlich umlagefähig.

Pflicht zur „Zuführung“, betriebsbedingte Kosten

Die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ist nicht als höchstpersönliche Aufgabe der Klärschlammherzeuger ausgestaltet. Vielmehr sind Klärschlammherzeuger verpflichtet, den in ihren Abwasserbehandlungsanlagen anfallenden Klärschlamm unmittelbar einer Phosphorrückgewinnung „zuzuführen“ (Art. 5 § 3 Abs. 1). Dabei kann die Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm selbst oder aus der Klärschlammverbrennungsgasphase geschehen. Es spielt zudem keine Rolle, ob Betreiber der Phosphorrückgewinnungsanlage der Klärschlammherzeuger selbst oder ein Dritter ist. Dem Klärschlammherzeuger stehen insofern mehrere Möglichkeiten offen, seiner Pflicht, den in seiner Abwasserbehandlungsanlage abschließend behandelten und zu Abfall gewordenen Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, nachzukommen.

Die Zuführungspflicht setzt allerdings nicht erst mit der Übergabe des Klärschlammes an eine Entsorgungs- oder Phosphorrückgewinnungsanlage ein. Die Zuführungspflicht trifft den Klärschlammherzeuger, sobald sein Klärschlamm abschließend behandelt ist. In dem Moment entfällt die Möglichkeit des Klärschlammherzeugers als Abfallherzeuger und -besitzer, seinen Entsorgungsweg nach allgemeinen Kriterien zu wählen; die AbfKlärV konzentriert den weiteren Weg auf die Phosphorrückgewinnung.

Gebührenfähig sind nach § 54 LWG alle Aufwendungen, die den Gemeinden durch die Wahrnehmung ihrer Pflichten nach § 46 LWG entstehen. Nach § 46 Abs. 1 Nr. 3 LWG umfasst die Abwasserbeseitigung die Aufbereitung des durch die Abwasserbehandlung anfallenden Klärschlammes für seine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung. Ansatzfähig sind Kosten, die betriebsbedingt in der kommunalen

Abwasserentsorgungseinrichtung entstanden sind. Als betriebsbedingt können grundsätzlich alle diejenigen Kosten angesehen werden, die der Stadt/Gemeinde dadurch entstehen, dass sie im Rahmen ihrer öffentlichen Abwasserentsorgungseinrichtung die ihr nach § 56 WHG i. V. m. § 46 Abs. 1 LWG NRW obliegende Abwasserbeseitigungspflicht erfüllt (Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175; vgl. Queitsch, ZKF 2014 S. 25 ff., 58 ff.).

Kosten für die Entsorgung von Klärschlamm sind betriebsbedingte Kosten der kommunalen Abwasserentsorgungseinrichtung einer Gemeinde,

„denn bei der Reinigung des Abwassers fällt durchgängig Klärschlamm an, welcher einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt werden muss. Vor diesem Hintergrund ist es ein wesentlicher Bestandteil der Abwasserbeseitigungspflicht, dass auch der in öffentlichen Kläranlagen anfallende Klärschlamm einer umweltgerechten Entsorgung zugeführt wird [...]“ (Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175h).

2.8.2 Finanzierung über die Abwasserabgabe

Die Abwasserabgabe ist eine Abgabe, die für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer zu zahlen ist (§ 1 Satz 1 AbwAG). Abwasser ist Schmutz- und Niederschlagswasser (§ 2 Abs. 1 AbwAG), Einleiten im Sinne dieses Gesetzes ist das unmittelbare Verbringen des Abwassers in ein Gewässer (§ 2 Abs. 2 AbwAG).

Die Abwasserabgabe ist zweckgebunden. Sie ist für Maßnahmen, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen, einzusetzen (§ 13 Abs. 1 AbwAG). Solche Maßnahmen sind insbesondere der Bau von Abwasserbehandlungsanlagen, der Bau von Regenrückhaltebecken und Anlagen zur Reinigung des Niederschlagswassers, der Bau von Ring- und Auffangkanälen an Talsperren, See- und Meeresufern sowie von Hauptverbindungssammlern, die die Errichtung von Gemeinschaftskläranlagen ermöglichen, der Bau von Anlagen zur Beseitigung des Klärschlammes, Maßnahmen im und am Gewässer zur Beobachtung und Verbesserung der Gewässergüte wie Niedrigwasseraufhöhung oder Sauerstoffanreicherung sowie zur Gewässerunterhaltung, Forschung und Entwicklung von Anlagen oder Verfahren zur Verbesserung der Gewässergüte sowie Ausbildung und Fortbildung des Betriebspersonals für Abwasserbehandlungsanlagen und andere Anlagen zur Erhaltung und Verbesserung der Gewässergüte (§ 13 Abs. 2 AbwAG).

Die Phosphorrückgewinnung ist eine abfallrechtliche Pflicht und zielt nicht auf die Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte ab. Eine Finanzierung über die Abwasserabgabe ist nicht möglich.

2.8.3 Finanzierung über Maßnahmen zur Subventionierung des Phosphorrecyclings, insbesondere eine spezifische Förderung von Verfahren bis zur Marktreife

Subventionierung, oder: Beihilfe, meint eine Leistung aus öffentlichen Mitteln, die der Förderung der Wirtschaft dienen soll und wenigstens zum Teil ohne marktmäßige Gegenleistung gewährt wird (vgl. § 264 Abs. 8 StGB). Eine solche Leistung greift in den Markt ein. Das Beihilfenrecht, das über die Zulässigkeit entscheidet, ist damit Teil des Wettbewerbsrechts. Beihilfen sind lediglich als Ausgleich von Marktversagen zulässig.

Europäischer Rahmen

Staatliche oder aus staatlichen Mitteln gewährte Beihilfen gleich welcher Art, die durch die Begünstigung bestimmter Unternehmen oder Produktionszweige den Wettbewerb verfälschen oder zu verfälschen drohen, sind nach Art. 107 Abs. 1 AEUV mit dem Binnenmarkt unvereinbar, soweit sie den Handel zwischen Mitgliedstaaten beeinträchtigen. Beabsichtigt ein Mitgliedsstaat, Beihilfen einzuführen, hat er die Kommission zu unterrichten (Art. 108 Abs. 3 Satz 1 AEUV). Die Kommission ist ermächtigt, Verordnungen zu

erlassen, nach der bestimmte Arten von Beihilfen von einer Unvereinbarkeitsprüfung ausgenommen sind (Art. 108 Abs. 4 AEUV).

Eine solche Verordnung ist die Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 AEUV. Nach Art. 25 VO (EU) 651/2014 sind Beihilfen für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unter bestimmten Voraussetzungen mit dem Binnenmarkt vereinbar. Dazu gehören die Grundlagenforschung, industrielle Forschung, experimentelle Entwicklung und Durchführbarkeitsstudien.

Nach Art. 14 Abs. 1 AbfRRL sind die Kosten der Abfallbewirtschaftung einschließlich der notwendigen Infrastruktur und deren Betrieb gemäß dem Verursacherprinzip von dem Abfallerzeuger oder von dem derzeitigen Abfallbesitzer oder den früheren Abfallbesitzern zu tragen. Das sind die Klärschlammherzeuger.

Nach den Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2014-2020 (2014/Amtsblatt C 200/01) können staatliche Beihilfen einen positiven Beitrag zum Umweltschutz leisten. Das beinhaltet auch die Wiederverwendung von Wasser oder Mineralien, die ansonsten als Abfall keiner Verwendung mehr zugeführt würden. Zwar dürften - entsprechend dem Verursacherprinzip - Abfallerzeuger nicht von den Kosten der Abfallbewirtschaftung entlastet werden; allerdings dürfe das reibungslose Funktionieren der Märkte für Sekundär-Rohstoffe nicht beeinträchtigt werden (Rn. 157). So wird als zulässige Beihilfe die Investition angesehen, die über den Stand der Technik, d.h. Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling oder Verwertung, hinausgeht oder herkömmliche Technologien innovativ einsetzt, um zu einer Kreislaufwirtschaft überzugehen, in der Abfall eine Ressource darstellt (Rn 158).

Förder-Richtlinie „Regionales Phosphor-Recycling“

Nach diesen Kriterien hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Richtlinie zur Förderung von Zuwendungen für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Regionales Phosphor-Recycling“ (RePhoR) im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA3)“ vom 20.2.2018 erlassen und am 9.3.2018 im Bundesanzeiger bekannt gemacht (s. auch: <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1648.html>). Die Förderung erfolgt in zwei Phasen. In der ersten Phase ("Konzeptphase") sollen Konzepte für ein regionales P-Recycling erarbeitet werden. Im Anschluss werden aus den vorliegenden Konzepten die besten ausgewählt. Diese erhalten in der zweiten Phase ("Umsetzungsphase") eine Förderung zur Realisierung der Konzepte. Folgende Aktivitäten sind unter anderem förderfähig:

- **Entwicklung einer Gesamtstrategie zum P-Recycling und zur Klärschlammverwertung für die ausgewählte Region**
- **Vorbereitung der großtechnischen Realisierung einer Technologie zur P-Rückgewinnung inklusive Klärung von Genehmigungsvoraussetzungen**
- **Ausarbeitung eines Zeitplans für die Umsetzungsphase**
- **Durchführung von Veranstaltungen, die dem Aufbau der Verbände dienen**
- **Ausarbeitung von Management- und Betreibermodellen**
- **Erkundung der regionalen Potentiale für die Vermarktung von P-Rezyklaten**

2.8.4 Finanzierung über Einführung einer Rechtspflicht von Düngemittelherstellern zur Abnahme von Phosphor-Rezyklaten

Wie bereits oben erarbeitet (s. Abschnitt 2.7.3) lässt sich aus der Produktverantwortung gemäß § 23 KrWG keine durchsetzbare Einsatzpflicht von Rezyklat-Phosphor herleiten.

Nach Art. 8 Abs. 2 AbfRRL können die Mitgliedsstaaten geeignete Maßnahmen ergreifen, um zu fördern, dass Produkte und Bestandteile von Produkten so gestaltet werden, dass bei deren Herstellung und anschließendem Gebrauch die Umweltfolgen und das Abfallaufkommen verringert werden. Um die ordnungsgemäße Umsetzung der Abfallhierarchie zu erleichtern, können diese Maßnahmen unter anderem die Entwicklung, die Herstellung und das Inverkehrbringen von Produkten und Bestandteilen von Produkten fördern, die recycelte Materialien enthalten.

Eine Pflicht der Düngemittelhersteller zur Abnahme von Rezyklat-Phosphor bedeutet einen Eingriff in grundgesetzlich geschützte Rechte. Betroffen sind die Berufsausübungsfreiheit (Art. 12 Abs. 1 GG) und das Eigentum (Art 14 Abs. 1 GG). Eine Einschränkung dieser Rechte kann „im Interesse des Gemeinwohls und zur Lösung legitimer, mit der Werteordnung des Grundgesetzes vereinbar, gesetzgeberischer Sachaufgaben erfolgen. Hierzu zählt auch der Umwelt- und Ressourcenschutz nach Artikel 20a GG, der durch die Normen des KrWG seine konkreten Ausprägungen findet (§§ 1, 6 Abs. 1, 23 Abs. 1)“, so die Begründung zur Novelle des KrWG (BR-Drs. 88/20, Seite 64).

Das KrWG selbst sieht keine Einsatzquoten für Rezyklate vor. Der Verweis des Gesetzgebers auf die Einwegkunststoff-Richtlinie ((EU) 2019/904 vom 5.6.2019 zeigt aber, dass eine konkrete Quotenvorgabe für den Einsatz von Rezyklaten möglich ist und der europäische Gesetzgeber eine Abwägung der (Grund)Rechte vorgenommen hat. Art 6 Abs. 5 der Einwegkunststoff-Richtlinie legt Produkthanforderungen fest und verpflichtet die Mitgliedsstaaten sicherzustellen, dass PET-Flaschen ab 2025 zu mindestens 25 % aus recyceltem Kunststoff bestehen (ab 2030 zu 30 %). Wie bereits oben erwähnt (s. Abschnitt 2.7.3), erwägt das Bundesumweltministerium, Einsatzquoten in Verordnungsform zu gießen.

Im Rahmen der Abwägung werden aber auch düngetechnische und wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen sein. Eine Abnahmeverpflichtung wird praktisch scheitern, wenn die Rezyklate nicht für den vorgesehenen Einsatzzweck geeignet sind (s. oben zu den Akzeptanzkriterien, 2.7.1). Sofern durch die Abnahmeverpflichtungen höhere Kosten entstehen, werden diese auf die Kunden (die abnehmenden Landwirte) abgewälzt, was dazu führen kann, dass die Abnehmer günstigeren Dünger aus Staaten beziehen, in denen keine Einsatzpflicht von Rezyklaten besteht. Zudem muss gewährleistet sein, dass genügend Mengen an Rezyklaten verfügbar sind, um die Düngemittel mit Rezyklatanteil konstant herstellen zu können.

Eine Abnahmeverpflichtung kann der deutsche Gesetzgeber territorial nur für die Bundesrepublik Deutschland verordnen. Eine deutsche Regelung kann sich aber auf die Warenverkehrsfreiheit (Art. 34 AEUV) und damit auf den europäischen Binnenmarkt auswirken. Das in Art. 34 AEUV kodifizierte Verbot mengenmäßiger Beschränkungen und Maßnahmen gleicher Wirkung erfasst jede Handelsregelung, die geeignet ist, den gemeinschaftlichen Handelsverkehr mittelbar oder unmittelbar, tatsächlich oder potentiell zu behindern (EuGH, Urteil v. 11.7.1974 – Rs 8/74, Rn 5). Eine Abnahmeverpflichtung von Sekundär-Phosphor kann sich auf die bisher importierten Mengen an Primär-Phosphor auswirken.

Zwingende Erfordernisse des Umweltschutzes können allerdings eine innergemeinschaftliche Handelsbeschränkung rechtfertigen (EuGH, Urteil v. 11.12.2008 – C-524/07, Rn 57) und als Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und des Lebens von Menschen, Tieren und Pflanzen über Art. 36 AEUV gerechtfertigt sein (EuGH, Urteil v. 1.7.2014 – C-573/12, Rn 80). Eine Rechtfertigung kann sich zudem über die Umwelt selbst ergeben. Nach Art. 191 Abs. 1, Spiegelstrich 3 AEUV verfolgt die Umweltpolitik das Ziel der umsichtigen und rationellen Verwendung der natürlichen Ressourcen. Für den Bereich der Energiepolitik ist das durch den EuGH anerkannt (EuGH, Urteil v. 1.7.2014 – C-573/12).

Neben der Abnahmeverpflichtung kann über eine umlagenbasierte Finanzierung der Phosphorrückgewinnung nachgedacht werden. So könnten die Hersteller von Düngemitteln, die ausschließlich Primär-Phosphor verwenden, verpflichtet werden, einen Teil ihrer Gewinne unmittelbar an die Klärschlammherzeuger abzuführen, gebunden an den Zweck, darüber die Kosten der Phosphorrückgewinnung zu finanzieren. Da es sich um Geldflüsse zwischen Privatunternehmen handelt, liegt kein Fall staatlichen Beihilfrechts vor. Sofern der Mittelfluss ohne Mitwirkung der öffentlichen Hand geschieht, liegt auch keine Sonderabgabe vor, da es an einer Aufkommenswirkung zu Gunsten der öffentlichen Hand fehlt (vgl. BGH, Urteil v. 25.6.2014 – VIII ZR 169/13, Rn 14, zur EEG-Umlage; vgl. auch Montag et. al., Bewertung konkreter Maßnahmen einer weitergehenden Phosphorrückgewinnung aus relevanten Stoffströmen sowie zum effizienten Phosphoreinsatz, 2014, S. 190).

2.8.5 Prüfung der Erstattung von Kosten für die Phosphorrückgewinnung

Können Kosten schon vor In-Kraft-Treten der Verpflichtung im Jahr 2029 bzw. 2032 geltend gemacht werden?

Gebührenfähig sind die Kosten, die dem Klärschlammherzeuger dadurch entstehen, dass er seinen durch die Abwasserbehandlung zu Abfall gewordenen Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuführt. Da die Zuführung zur Phosphorrückgewinnung ab 1.1.2029 bzw. 1.1.2032 verpflichtend ist, gilt die Gebührenfähigkeit jedenfalls ab diesem Zeitpunkt.

Kosten vor dem 1.1.2029

Durch die AbfklärV entstehen nicht erst mit dem Beginn der Phosphorrückgewinnung Kosten. Nach Art. 4 § 3a Abs. 1 haben Klärschlammherzeuger, die im Kalenderjahr 2023 eine Abwasserbehandlungsanlage betreiben, der zuständigen Behörde bis spätestens 31. Dezember 2023 einen Bericht über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der ab 1. Januar 2029 durchzuführenden Phosphorrückgewinnung, zur Auf- oder Einbringung von Klärschlamm auf oder in Böden oder zur sonstigen Klärschlammensorgung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vorzulegen. Klärschlammherzeuger, die eine Abwasserbehandlungsanlage erstmals nach dem 31. Dezember 2023 in Betrieb nehmen, haben den Bericht nach Satz 1 spätestens sechs Monate nach der Betriebsaufnahme der Abwasserbehandlungsanlage vorzulegen.

Bevor der Klärschlammherzeuger einen Bericht vorlegen kann, muss er ermittelt haben, welche Maßnahmen geplant sind oder eingeleitet werden sollen. Dazu sind umfangreiche organisatorische, technische und kostenbezogene Prüfungen notwendig. Das betrifft insbesondere die Entscheidung, an welcher Stelle die Phosphorrückgewinnung durchgeführt werden soll. Von dieser Entscheidung hängen hohe Investitionskosten ab, wie etwa der Bau einer Klärschlammverbrennungsanlage. Auch Gutachten über mögliche Kooperationen, Zusammenschlüsse und Finanzierungsmöglichkeiten können notwendig werden. Sofern neue Anlagen gebaut werden sollen, sind benötigte Kapazitäten zu ermitteln, ebenso, auf welchem Weg die Stoffströme erreicht und gesichert werden können. Solche Kosten sind grundsätzlich als betriebsbedingte Kosten gebührenfähig (Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175i).

Sofern es sich dabei um Fremdleistungen im Sinne von § 6 Abs. 2 Satz 4 KAG handelt – also solche Leistungen, die von einer von der öffentlich-rechtlichen Körperschaft getrennten Person für diese im Rahmen der Pflichterfüllung erbracht werden –, sind nur solche Kosten gebührenfähig, die nach den Vorschriften des öffentlichen Preisrechts gefordert und angenommen werden dürfen und deren Bemessung dem Äquivalenzprinzip entspricht (OVG NW, Urteil v. 27.4.2015 – 9 A 2813/12, Rn 44).

Nicht gebührenfähig sind dagegen Planungskosten, die als Herstellkosten einer konkreten Anlage zu bewerten sind. Planungskosten, sofern sie bereits als Teil der Herstell- oder Anschaffungskosten der Anlage anzusehen sind, sind zu aktivieren und können erst nach Inbetriebnahme der Anlage im Rahmen der kalkulatorischen Anlageabschreibung Berücksichtigung finden (OVG NW, Urteil v. 24.11.1999 – 9 A

6065/96, Rn 6). Der Zeitpunkt, ab dem die Umlage möglich ist, korrespondiert mit den Zeitpunkten, ab dem die Phosphorrückgewinnung verpflichtend wird.

Kosten Anlagen im Bau

Kosten für Anlagen im Bau dürfen als Herstellungskosten erst ab dem Jahr in der Gebührenkalkulation berücksichtigt werden, in dem die Anlage erstmals genutzt wird (frühestens jedoch ab 1.1.2029 für betroffene Anlagen). Denn im Zeitpunkt des Entstehens der Vorfinanzierungsaufwendungen ist häufig nicht ohne Weiteres absehbar, ob ein Vorhaben realisiert oder sich wegen technischer, wirtschaftlicher, juristischer oder politischer Probleme verzögert oder gar völlig aufgegeben wird. Die Kosten der Anlage sind auf die gesamte Nutzungszeit umzulegen und abzuschreiben (OVG NW, Teilurteil v. 15.12.1994 – 9 A 2251/93, Rn 49).

Der Anlagenkapazität kommt besondere Bedeutung zu. Denn Kosten für Kapazitäten, die vom Entsorgungsbedarf und von der Phosphorrückgewinnung nicht veranlasst sind, können nicht als Benutzungsgebühr angesetzt werden. Das widerspricht dem Äquivalenzprinzip. Eine Überdimensionierung einer Anlage im Rechtssinne liegt vor, wenn aufgrund einer nicht sachgerechten Planung eine Anlage über eine angemessene Kapazitätsreserve hinaus zu groß dimensioniert worden ist, weil die erwartete Inanspruchnahme zu hoch eingeschätzt oder eine Anlage auf Vorrat gebaut worden ist. Bei der Prüfung, ob eine sachwidrige Überdimensionierung in diesem Sinne vorliegt, ist auf den Zeitpunkt der Planungsentscheidung abzustellen (OVG NW, Urteil v. 27.4.2015 – 9 A 2813/12, Rn 78).

Kapazitätsreserven (ohne Planungsfehler) sind dagegen grundsätzlich gebührenfähig (Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175g).

Können Kosten auch von Kläranlagenbetreibern geltend gemacht werden, obwohl diese gem. AbfKlärV nicht zur Phosphorrückgewinnung verpflichtet sind (<50.000 Einwohnerwerte (EW) oder Phosphorgehalt < 20 g je kg Trockenmasse)?

Wie bereits in der Erörterung des Rechtsrahmens dargelegt (oben 2.2.3), sind die Betreiber von Anlagen mit einer Ausbaugröße < 50.000 EW nicht verpflichtet, den Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen.

Das bedeutet allerdings nicht zwangsläufig, dass die Anlagenbetreiber von den Kosten der Phosphorrückgewinnung verschont bleiben. Bereits jetzt gibt es faktisch kaum Möglichkeiten, Klärschlamm bodenbezogen zu verwerten. Wenngleich die Ursache dafür im verschärften Düngerecht und nicht der AbfKlärV liegt, bedeuten weniger landwirtschaftliche Verwertungsmöglichkeiten zwangsläufig, dass andere Entsorgungswege, wie die Klärschlammverbrennung, beschritten werden müssen. Sofern damit höhere Entsorgungskosten verbunden sind, stellen auch sie betriebsbedingte Kosten dar, die gebührenfähig sind (Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175h).

Auch allgemeine abfallrechtliche Anforderungen können so zu höheren Entsorgungskosten führen. Art. 5 § 3 Abs. 3 Satz 1 Alt. 2 sieht vor, dass Klärschlammherzeuger kleinerer Anlagen ihren Klärschlamm neben der bodenbezogenen Verwertung auch einer anderweitigen Abfallentsorgung zuführen können; das kann etwa eine energetische Verwertung ohne nachfolgende Phosphorrückgewinnung sein. Allerdings setzt die anderweitige Entsorgung die Zustimmung der zuständigen Behörde voraus. Im Rahmen ihrer Zustimmung wird die Behörde die Einhaltung allgemeiner abfallrechtlicher Vorgaben prüfen. Dazu gehört auch die Abfallhierarchie (§ 6 KrWG), die eine möglichst hochwertige Verwertung vorschreibt (§ 8 Abs. 1 KrWG). Eine energetische Verwertung samt anschließender Phosphorrückgewinnung kann grundsätzlich hochwertiger sein als eine solche ohne Phosphorrückgewinnung. Allerdings wird die Behörde im Rahmen ihrer Prüfung das Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzip gemäß § 6 Abs. 2 KrWG zu berücksichtigen haben, sodass auch eine energetische Verwertung ohne anschließende Phosphorrückgewinnung die umweltverträglichere Entsorgung sein kann.

Die so entstehenden Kosten sind ebenfalls betriebsbedingt und damit gebührenfähig (vgl. Queitsch, in: Praxis der Kommunalverwaltung, A. III. 3. b. Rn 175h).

Inwiefern können für die Langzeitlagerung von Klärschlamm-Verbrennungsasche Kosten geltend gemacht werden?

Art. 5 § 3 Abs. 1 lässt dem Klärschlammherzeuger zunächst die Wahl, ob er seinen Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung oder einer thermischen Vorbehandlung in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder Klärschlammverbrennungsanlage zuführt. Der Betreiber der Verbrennungsanlage hat die Asche zwar unmittelbar einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen (Art. 5 § 3 Abs. 2 Satz 1), allerdings ist vor der Phosphorrückgewinnung die Lagerung der Asche in einem Langzeitlager zulässig (Art. 5 § 3b Abs. 3).

Die AbfKlärV selbst verpflichtet den Klärschlammherzeuger also nicht, den kostengünstigsten Weg zu wählen, sondern bietet ihm gleichwertige Alternativen. Im Rahmen dieser Alternativen wird der Klärschlammherzeuger nach allgemeinen kosten- und gebührenrechtlichen Gesichtspunkten die für ihn beste und kostengünstigste Variante wählen, die für ihn auch verfügbar ist.

Nach § 54 Satz 1 LWG sind ansatzfähige Kosten im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung gemäß § 46 LWG alle Aufwendungen, die den Gemeinden durch Wahrnehmung ihrer damit verbundenen Pflichten entstehen. Der Ordnungsgeber ging davon aus, dass die Regelungen zur Langzeitlagerung den Klärschlammherzeuger finanziell entlasten. Die Rückgewinnung und Aufbereitung von Phosphor aus Klärschlämmen zu Phosphordüngemitteln sei teurer als die Gewinnung von Phosphordünger aus Phosphatgestein. Anlagen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen stünden im großtechnischen Maßstab noch nicht zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund sollten die mit der Pflicht zur Phosphorrückgewinnung verbundenen zusätzlichen Kostenbelastungen unter den derzeitigen Kostenbedingungen begrenzt werden. Eine Aufbereitung der phosphorhaltigen Aschen könne damit auf einen Zeitpunkt verschoben werden, zu dem die Aufbereitung zu Phosphordüngemitteln im Vergleich zur Herstellung von konventionellen mineralischen Phosphordüngemitteln ökonomisch konkurrenzfähig oder der Absatz auf Grund der Marktreife des gewonnenen Phosphors zu Marktkonditionen erreicht sei (BT-Drs. 18/10884, Seite 233).

Der Ordnungsgeber hatte also mit dem Langzeitlager eine Reduzierung der Kostenbelastungen vor Augen. Mit dieser Prämisse sind die Kosten für Langzeitlager gebührenfähige Kosten. Der Klärschlammherzeuger wird aber die Entwicklung der Verfahren im Hinblick auf ihre Marktreife beobachten müssen. Wann diese erreicht ist, erläutern AbfKlärV und Ordnungsbegründung nicht.

Wie werden evtl. Erlöse aus dem Verkauf von im Rahmen der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage erzeugtem Phosphor-Dünger steuerlich behandelt? Welche Konsequenzen ergeben sich, wenn die Erlöse nicht kostendeckend sind?

Die Frage beschäftigt sich nicht mit dem Verkauf von Sekundär-Phosphor, sondern von einem Düngeprodukt, das unter Verwendung von Sekundär-Phosphor hergestellt worden ist.

Der Verkauf von Dünger, der unter Verwendung von Sekundär-Phosphor hergestellt worden ist, unterliegt steuerlich allgemeinen Grundsätzen. Mit dem Verkauf werden Einkünfte im Sinne von § 2 Abs. 1 EStG erzielt, denen Kosten gegenüberstehen. Besteuert wird der Gewinn, also der Unterschiedsbetrag zwischen dem Betriebsvermögen am Schluss des Wirtschaftsjahres und dem Betriebsvermögen am Schluss des vorangegangenen Wirtschaftsjahres, vermehrt um den Wert der Entnahmen und vermindert um den Wert der Einlagen (§ 4 Abs. 1 Satz 1 EStG).

Nach § 6 Abs. 2 KAG ist die Gebührenhöhe nach betriebswirtschaftlichen Grundsätzen zu ermitteln. Erträge, die durch den Verkauf von zurückgewonnenem Phosphor erzielt werden, sind von den Kosten der Phosphorrückgewinnung abzuziehen und kostenmindernd zu berücksichtigen (vgl. OVG NW, Urteil v. 27.4.2015 – 9 A 2813/12, Rn 52, 55).

Die konkrete Form der Besteuerung hängt von zahlreichen weiteren Faktoren ab. So ist die Unternehmens-/Rechtsform, die für die Phosphorrückgewinnung und/oder Herstellung des Düngers gewählt worden ist, und die Art der Tätigkeit entscheidend. Wie im Abschnitt 2.9.2 dargelegt, sind juristische Personen des öffentlichen Rechts bei der Wahrnehmung hoheitlicher Tätigkeiten grundsätzlich nicht steuerpflichtig, wohl aber, wenn sie nicht nur hoheitliche Aufgaben wahr- und am Wirtschaftsleben teilnehmen. Bereits die Phosphorrückgewinnung ist keine hoheitliche, sondern eine wirtschaftliche Tätigkeit (unten 2.9.1), erst recht die Herstellung eines Dünge-Produkts.

Eine Finanzierungslücke, die dadurch entsteht, dass die Erlöse des Verkaufs die Kosten nicht decken, kann über ansetzungsfähige Gebühren geschlossen werden. Ansetzungsfähig sind aber nur solche Gebühren, die den oben dargestellten Grundsätzen entsprechen. Im Hinblick auf die Prüfungsfrage dürfte die Finanzierungslücke größer sein, denn die Frage spricht von Phosphor-Rezyklaten, die „auf der Kläranlage“, also in der flüssigen Phase erzeugt werden. Die Kosten dieser Phosphorrückgewinnung sind nicht gebührenfähig, sodass eine Refinanzierung ausschließlich über Erlöse möglich ist.

2.9 Organisationsformen zum gemeinsamen Betrieb von Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm und zur Phosphorrückgewinnung

- **Welche Organisationsformen gibt es, falls mehrere Kläranlagenbetreiber bzw. Wasserverbände gemeinsam eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage oder Phosphorrückgewinnungsanlage betreiben wollen?**
- **Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind bei der Schaffung solcher Organisationsformen zu berücksichtigen?**
- **Welche Vor- und Nachteile weisen die unterschiedlichen Organisationsformen auf?**

2.9.1 Rechtscharakter der Tätigkeiten der Klärschlammherzeuger

Wie im Abschnitt 2.2 „Rechtsrahmen“ herausgearbeitet, unterfällt die Phosphorrückgewinnung im Sinne der AbfKlärV nicht der Abwasserbeseitigung, sondern der Abfallentsorgung.

Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage

Wenngleich die Abwasserbeseitigung, und damit auch die Behandlung des Klärschlammes, eine pflichtige Selbstverwaltungsaufgabe nach § 3 Abs. 1 GO NW in Verbindung mit § 46 LWG ist und keine solche zur Erfüllung nach Weisung gemäß § 3 Abs. 2 GO NW (Sommer, in: Kleebaum/Palmen, GO NRW, 2. Auflage 2013, § 3, S. 132; Honert/Rüttgers/Sanden, LWG 1996, § 53 Anm. 1.), ordnet das Wasserrecht selbst keine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung an; die Phosphorrückgewinnung ist insofern keine pflichtige Selbstverwaltungsaufgabe, sondern lediglich freiwilliger Teil des wasserrechtlichen Gesamtkonzepts des Anlagenbetreibers. Sie findet statt, bevor die AbfKlärV den abfallrechtlichen Befehl der Zuführung des Klärschlammes zur Phosphorrückgewinnung erteilen kann.

Zusammenschluss von Betreibern zur Phosphorrückgewinnung

Schließen sich mehrere Kläranlagenbetreiber bzw. Wasserverbände zusammen, um gemeinsam eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage oder eine Phosphorrückgewinnungsanlage außerhalb der Kläranlage zu betreiben, verlassen sie das Wasserrecht. Sobald die Klärschlammbehandlung auf der Kläranlage abgeschlossen ist, verwirklicht sich der Entledigungswille des Klärschlammherzeugers und löst den Regimewechsel zum Abfallrecht aus. Schließen sich die Klärschlammherzeuger zum Betrieb einer solchen Phosphorrückgewinnungsanlage zusammen, betreiben sie deshalb eine Abfallbehandlungsanlage. Ob das in Form einer Klärschlammverbrennungsanlage oder einer Anlage zur stofflichen Rückgewinnung des

Phosphors aus dem Klärschlamm selbst geschiedet, ist für die Einordnung als Abfallbehandlung unerheblich.

Die Abfallentsorgung als Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge betrifft nur den Fall der überlassungspflichtigen Abfälle. Für diese Abfälle sind die Kreise und kreisfreien Städte als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger im Sinne von § 17 Absatz 1 Satz 1 KrWG zuständig (§ 5 Abs. 1 LAbfG). Überlassungspflichtige Abfälle sind grundsätzlich alle Abfälle von Erzeugern und Besitzern aus privaten Haushalten (§ 17 Abs. 1 Satz 1 KrWG). Überlassungspflichtig sind zudem Abfälle zur Beseitigung aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushaltungen (§ 17 Abs. 1 Satz 2 KrWG). Klärschlamm ist Abfall aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushaltungen, allerdings handelt es sich um Abfall zur Verwertung, der nicht überlassungspflichtig ist.

Die sondergesetzlichen Wasserverbände sind nach § 5 Abs. 8 LAbfG originär zuständig für die Entsorgung des in ihren Anlagen angefallenen Klärschlammes.

Phosphorrückgewinnung als wirtschaftliche Tätigkeit

Sieht das Wasserrecht keine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung vor und fällt die abfallrechtliche Behandlung von Klärschlamm nicht in den Bereich der öffentlichen Daseinsvorsorge, kann die Phosphorrückgewinnung keine gesetzliche Pflichtaufgabe sein. Das gilt umso mehr, als die AbfKlärV eben keine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung anordnet, sondern den Klärschlammherzeugern aufgibt, die zu Abfall gewordenen Klärschlämme einer Phosphorrückgewinnung „zuzuführen“. Die AbfKlärV erlegt den Klärschlammherzeugern also keine originäre und höchstpersönliche Pflicht zur Phosphorrückgewinnung auf. Vielmehr zeigt der Begriff des „Zuführens“, dass die AbfKlärV offenlässt, wer die Phosphorrückgewinnung durchführen soll.

Sofern die Gemeinden die Phosphorrückgewinnung selbst durchführen, spricht Vieles dafür, dass es sich um eine wirtschaftliche Betätigung der Gemeinde im Sinne von § 107 Abs. 1 GO handelt.

Als wirtschaftliche Betätigung gilt nicht der Betrieb von Einrichtungen, zu denen die Gemeinde verpflichtet ist (§ 107 Abs. 2 Nr. 1 GO). Gemeinden als Klärschlammherzeuger sind zwar verpflichtet, den Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, aber nicht, die Phosphorrückgewinnung selbst durchzuführen. Daneben gelten Einrichtungen des Umweltschutzes nicht als wirtschaftliche Betätigung, insbesondere Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung (§ 107 Abs. 2 Nr. 4 GO); damit sind aber die gesetzlich zugewiesenen Aufgaben der Abwasserbeseitigung sowie der Abfallentsorgung im Sinne von § 5 LAbfG gemeint.

Als wirtschaftliche Betätigung ist dagegen der Betrieb von Unternehmen zu verstehen, die als Hersteller, Anbieter oder Verteiler von Gütern oder Dienstleistungen am Markt tätig werden, sofern die Leistung ihrer Art nach auch von einem Privaten mit der Absicht der Gewinnerzielung erbracht werden könnte (§ 107 Abs. 1 Satz 3 GO, so auch BVerwGE 39, 329/333).

Die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage ist ein freiwilliger Teil des Abwasserbeseitigungskonzepts, sie gehört nicht zum gesetzlichen Auftrag der Abwasserbeseitigung. Sie kann daher nicht als „nicht wirtschaftliche“ Tätigkeit eingeordnet werden. Schließen sich Gemeinden zusammen, um Phosphor aus dem zu Abfall gewordenen Klärschlamm zurückzugewinnen, liegt darin zunächst eine Dienstleistung im Sinne von § 107 Abs. 1 Satz 3 GO (zivilrechtlich Werkvertrag gemäß § 631 BGB) im Bereich der Abfallentsorgung. Klärschlamm gehört nicht zu den überlassungspflichtigen Abfällen, seine Entsorgung samt Phosphorrückgewinnung ist damit keine Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge und keine hoheitliche Pflichtaufgabe. Die Dienstleistung der Phosphorrückgewinnung kann vielmehr auch anderweitig am Markt erbracht werden, auch durch die privaten Entsorgungsunternehmen mit dem Zweck der Gewinnerzielung.

2.9.2 Organisationsformen

Der Zusammenschluss von Gemeinden zur Durchführung der Phosphorrückgewinnung unterliegt nicht der behördlichen Genehmigung nach § 50 Satz 1 LWG; sie ist nur für Abwasserbeseitigungspflichtige im Rahmen der Abwasserbeseitigung erforderlich. Aus denselben Gründen sind die Vorgaben des § 52 LWG unanwendbar.

Sofern die Phosphorrückgewinnung im Rahmen der Abfallbehandlung stattfindet, können die Betreiber aus verschiedenen öffentlichen und privaten Organisationsformen wählen. Die Vorgabe nach § 5 Abs. 7 LAbfG, wonach Kreise, kreisfreie Städte und kreisangehörige Gemeinden sich zur Erfüllung ihrer Aufgaben der Formen kommunaler Zusammenarbeit nach dem GkG bedienen sowie geeignete Dritte damit beauftragen können, gilt nur für die überlassungspflichtigen Abfälle. Auch insofern stehen öffentlich-rechtliche und private Organisationsformen zur Verfügung, wenngleich nicht jede Organisationsform in Frage kommt.

Eigenbetrieb

Eigenbetriebe sind von Gemeinden als Eigentümer getragene Unternehmen ohne Rechtspersönlichkeit (§ 114 Abs. 1 GO). Sie sind Teil des Vermögens der Gemeinde, das vom allgemeinen Vermögen der Gemeinde organisatorisch abgegrenzt ist (Sondervermögen).

Da Eigenbetriebe nicht rechtsfähig sind, können sie nicht als Rechtsform für die interkommunale Zusammenarbeit gewählt werden (von Brandt-Schwabedissen/Wellmann, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 72).

Eigengesellschaft

Im Gegensatz zu Eigenbetrieben sind Eigengesellschaften private Organisationen, in der Regel GmbH oder AG, und damit juristische Person. Die Typik der Eigengesellschaft liegt aber darin, dass sie in alleiniger kommunaler Trägerschaft („eigen“) steht. Für interkommunale Kooperationen sind sie nicht geeignet.

Anstalt öffentlichen Rechts (§ 114a GO NW)

Die Anstalt des öffentlichen Rechts (AöR) verbindet die rechtliche Selbständigkeit einer GmbH mit den hoheitlichen Steuerungs- und Kontrollmöglichkeiten des Rates (von Brandt-Schwabedissen/Wellmann, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 72).

Im Gegensatz zum Eigenbetrieb ist die Anstalt des öffentlichen Rechts also eine eigene Rechtspersönlichkeit. Die Rechtsverhältnisse der AöR regelt die Satzung (§ 114a Abs. 2 Satz 1 GO). Geleitet wird sie von einem Vorstand, der die AöR gerichtlich und außergerichtlich vertritt (§ 114a Abs. 6 GO). Ein Verwaltungsrat bestellt und überwacht die Geschäftsführung des Vorstands (§ 114a Abs. 7 Satz 1 GO). Der Verwaltungsrat wiederum unterliegt den Weisungen oder der vorherigen Entscheidung des Rates (§ 114a Abs. 7 GO).

Nachteil der AöR ist, dass die Gemeinde für Verbindlichkeiten der AöR unbeschränkt haftet (Gewährträgerschaft, § 114a Abs. 5 Satz 1 GO).

Für die interkommunale Kooperation ist die AöR nach § 114a GO nicht geeignet, da Träger „die Gemeinde“ ist. Für die Kooperation mehrerer Gemeinden kommen öffentlich-rechtlich die Formen des GkG in Betracht.

Rechtsformen des GkG

Die Möglichkeit kommunaler Zusammenarbeit besteht nur für Aufgaben, zu deren Wahrnehmung die Gemeinden berechtigt oder verpflichtet sind (§ 1 Abs. 1 Satz 1 GkG).

Berechtigte nach dem GkG

Von den Formen der kommunalen Gemeinschaftsarbeit nach dem GkG können nur Gemeinden und Gemeindeverbände Gebrauch machen (§ 1 Abs. 1 Satz 1 GkG).

Gemeinden sind Gebietskörperschaften des öffentlichen Rechts (§ 1 Abs. 2 GO NW). Gemeindeverbände sind kommunale Zusammenschlüsse, die zur Wahrnehmung von Selbstverwaltungsaufgaben gebildete Gebietskörperschaften sind und denen Selbstverwaltungsaufgaben obliegen, die nach Gewicht und Umfang denen der Gemeinden vergleichbar sind (vgl. BVerfG, Urteil vom 24. Juli 1979 - 2 BvK 1/78, Rn 68). Dazu gehören die Kreise (§ 1 Abs. 2 KrO NRW) und Landschaftsverbände (VerfGH NRW NWWBl. 2001, 340/344).

Sondergesetzliche Wasserverbände gehören nicht dazu. Sie sind zwar Körperschaften öffentlichen Rechts (vgl. § 1 Abs. 1 Satz 1 LippeVG), also durch staatlichen Hoheitsakt geschaffene, rechtsfähige, mitgliederschaftlich verfasste, aber vom Wechsel der Mitglieder unabhängige Organisationen des öffentlichen Rechts, die öffentliche Aufgaben in der Regel mit hoheitlichen Verwaltungsmitteln unter staatlicher Rechtsaufsicht wahrnehmen (Maurer, Allg. Verwaltungsrecht, § 23 Rn 37 ff).

Es fehlt allerdings an einer Vergleichbarkeit der Aufgaben. Der Aufgabenbereich der sondergesetzlichen Wasserverbände ist gesetzlich beschränkt auf wasserwirtschaftliche Aufgaben (s. etwa § 2 Abs. 1 RuhrVG). Gemeindeverbände im Sinne von Art. 78 LVerf NRW können aber nur solche Körperschaften des öffentlichen Rechts sein, die in größerem Umfang kommunale Aufgaben von einigem Gewicht als Selbstverwaltungsaufgaben wahrnehmen. Zweckverbände, die auf einzelne Aufgaben beschränkt sind, gehören nicht dazu. Sie sind zudem keine Gebietskörperschaften (§ 1 Abs. 1 WVG und etwa § 1 Abs. 1 Satz 2 RuhrVG).

Einige Wasserverbände firmieren als Genossenschaft. Der Begriff ist historisch bedingt und nicht mit der gesellschaftsrechtlichen Genossenschaft (§ 1 GenG) zu verwechseln. Diese Wasserverbände sind ebenfalls als öffentlich-rechtliche Körperschaft einzustufen (Nienkämper, Die Beiträge zu den sondergesetzlichen Wasserverbänden in NRW, 2017, Seite 5).

Kommunale Arbeitsgemeinschaft, § 2 GkG

Die kommunale Arbeitsgemeinschaft ist die loseste Form der Zusammenarbeit, sie hat keine Rechtspersönlichkeit. Die Gemeinden und ihre Verwaltungen bleiben selbständig. Die Gemeinden in der Arbeitsgemeinschaft verfolgen eigene und allgemeine Interessen. Sie arbeiten aufgrund einer wechselseitigen Übereinkunft zusammen, ohne Kompetenz- oder Organisationsverlust. Sie leiten Gemeinschaftslösungen ein, um eine möglichst wirtschaftliche und zweckmäßige Wahrnehmung der Aufgaben in einem größeren nachbarlichen Gebiet sicherzustellen und haben damit lediglich eine Beratungs- und Koordinierungsfunktion (§ 2 Abs. 2 GkG). Ihre Beschlüsse sind nicht bindend. Es können auch Themen behandelt werden, für die einzelne Mitglieder nicht zuständig sind, solange ihre Interessen „berührt“ werden (von Lennep, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 12; Teuber: Interkommunale Kooperationen unter Berücksichtigung vergabe- und wasserrechtlicher Fragestellungen, KommJur 2008, 444/447).

Rechtsgrundlage für den Zusammenschluss ist ein öffentlich-rechtlicher Vertrag, der gemäß § 57 VwVfG der Schriftform bedarf.

An dem Zusammenschluss können sich sonstige Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts sowie natürliche Personen und juristische Personen des Privatrechts beteiligen (§ 2 Abs. 1 Satz 2 GkG).

Öffentlich-rechtliche Vereinbarung, § 23 GkG

In einer öffentlich-rechtlichen Vereinbarung können Gemeinden und Gemeindeverbände vereinbaren, dass einer der Beteiligten einzelne Aufgaben der übrigen Beteiligten in seine Zuständigkeit übernimmt oder sich verpflichtet, solche Aufgaben für die übrigen Beteiligten durchzuführen (§ 23 Abs. 1 GkG). Deshalb können nur Aufgaben Gegenstand der Vereinbarung sein, für die die Beteiligten zuständig sind. Andere Beteiligte kommen nicht in Frage (von Lennep, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 13).

Ein neuer Rechtsträger entsteht nicht.

Mitglieder

Berechtigt sind nur Gemeinden und Gemeindeverbände, nicht aber kommunale Eigengesellschaften, Private oder gemischtwirtschaftliche Gesellschaften, an denen Gemeinden oder Gemeindeverbände beteiligt sind (Beckmann/Gesterkamp, Kommunal- und vergaberechtliche Anforderungen an eine interkommunale Gemeinschaftsarbeit in der Abfallwirtschaft, AbfallR 2003, 227/229).

Rechtsform

Die öffentlich-rechtliche Vereinbarung ist ein schriftlicher öffentlich-rechtlicher Vertrag (§ 24 Abs. 1 Satz 1 GkG, § 57 VwVfG). Ein neuer Rechtsträger entsteht nicht, sie entfaltet aber Außenwirkung (Lange, Kommunalrecht, 2. Auflage 2019, Seite 1360 Rn 69).

Errichtung

Zunächst ist die interne Willensbildung der an der Vereinbarung beteiligten Mitglieder erforderlich. Mindestinhalte sind nahezu keine vorgeschrieben. Kündigungsregelungen sind indes aufzunehmen, wenn die Vereinbarung unbefristet oder jedenfalls länger als 20 Jahre gilt (§ 23 Abs. 5 GkG).

Anschließend bedarf die Vereinbarung der Zustimmung der Aufsichtsbehörde (§ 29 Abs. 4 GkG). Mit der Bekanntmachung der Vereinbarung im Veröffentlichungsblatt wird die Vereinbarung wirksam, es sei denn, es ist in der Vereinbarung ein späterer Zeitpunkt bestimmt (§ 24 Abs. 4 GkG).

Der Abschluss der Vereinbarung kann betroffenen Gemeinden und Gemeindeverbänden auch durch die Aufsichtsbehörde auferlegt werden, regelmäßig dann, wenn dies aus Gründen des öffentlichen Wohls dringend geboten ist (§ 26 Abs. 1 GkG).

Organe

Da kein selbständiger Rechtsträger entsteht, gibt es auch keine Organe. Durch die Aufgabenübertragung wird die verantwortliche Durchführung auf die Körperschaft (Gemeinde, Gemeindeverband) delegiert oder mandatiert (dazu sogleich); sie ist für die Aufgabenerfüllung verantwortlich (§ 24 Abs. 2 Satz 1 GkG). In die Vereinbarung können aber Mitwirkungsrechte aufgenommen werden (§ 24 Abs. 3 GkG).

Aufgabenübertragung

Es sind delegierende und mandatierende Vereinbarungen möglich. Eine delegierende Vereinbarung liegt vor, wenn eine Gemeinde eine bestimmte Aufgabe der anderen Gemeinde in ihre Zuständigkeit übernimmt (§ 23 Abs. 1 Alt 1, Abs. 2 Satz 1 GkG); das Recht und die Pflicht zur Erfüllung dieser Aufgabe gehen auf sie – originär – über, somit auch das Recht der Gebührenerhebung (§ 25 GkG).

Eine mandatierende Vereinbarung liegt vor, wenn eine Gemeinde eine bestimmte Aufgabe für die übrigen Beteiligten durchführt, ohne dass die Rechten und Pflichten der anderen Gemeinden auf sie übergehen (§ 23 Abs. 1 Alt 2, Abs. 2 Satz 2 GkG, Erfüllungsgehilfe). Die Unterscheidung ist besonders vergaberechtlich relevant.

Haftung

Eine gesetzliche Haftungsbeschränkung existiert nicht. Da ein neuer Rechtsträger nicht entsteht, haften die beteiligten Gemeinden gegenüber Dritten unmittelbar.

Finanzierung

In der Vereinbarung soll eine Entschädigung für die übernehmende Gemeinde vorgesehen werden (§ 23 Abs. 4 GkG). Sie ist so zu bemessen, dass die durch die Übernahme oder Durchführung entstehenden Kosten gedeckt werden.

Zweckverband

Mitglieder

Mitglieder neben den Gemeinden und Gemeindeverbänden können sein (§ 4 Abs. und 3 GkG):

- **der Bund,**
- **die Länder,**
- **andere Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts,**
- **natürliche und juristische Personen des Privatrechts, wenn die Wahrnehmung der Verbandsaufgaben dadurch gefördert wird und Gründe des öffentlichen Wohles nicht entgegenstehen,**
- **Gemeinden und Gemeindeverbände außerhalb Nordrhein-Westfalens oder einer sonstigen nicht der Aufsicht des Landes unterstehenden Körperschaft, Anstalt oder Stiftung des öffentlichen Rechts mit Genehmigung der Bezirksregierung.**

Rechtsform

Der Zweckverband ist eine rechtsfähige Körperschaft des öffentlichen Rechts. Er ist Gemeindeverband (§ 5 Abs. 2 Hs. 1 GkG).

Der Zweckverband ist geschäftsfähig und prozessfähig (Gruneberg/Frank, Interkommunale Zusammenarbeit im aktuellen Vergaberecht (Teil 1), AbfallR 2016, 12/15).

Die Rechtsfähigkeit des Verbands ist auf die Aufgaben begrenzt, die ihm übertragen werden. Wird er außerhalb dieser Bereiche tätig, sind seine Aktivitäten zivilrechtlich nichtig. Er ist – anders als die „klassische“ öffentlich-rechtliche Körperschaft – stark mitgliedsbezogen, da ein Wechsel der Mitglieder nur unter den strengen Voraussetzungen des § 20 GkG möglich ist. Insofern gilt der Zweckverband auch als Personengesellschaft mit bestimmter Mitgliedschaft (Held, Becker, Decker, Kirchof, Krämer, Wansleben, Winkel, Kommunalverfassungsrecht NRW, § 5 GkG Ziff 1.2 und 1.3.3 sowie BGHZ 20, 199).

Errichtung

Der Zweckverband durchläuft bei seiner Errichtung zwei Phasen: 1., Bildung (§ 9 GkG), 2., Verleihung (§ 10 GkG). Die Verbandssatzung ist zwingend Voraussetzung für die Errichtung und regelt die Rechtsverhältnisse und inneren Angelegenheiten (§§ 7, 9, 13 Abs. 2 GkG). Die Satzung bedarf der Genehmigung der Aufsichtsbehörde (§ 10 Abs. 1 GkG). Die Aufsichtsbehörde hat die Satzung anschließend im amtlichen Veröffentlichungsblatt bekanntzumachen. Der Zweckverband entsteht am Tage nach der öffentlichen Bekanntmachung der Verbandssatzung und der Genehmigung im Veröffentlichungsblatt der Aufsichtsbehörde; die Satzung kann aber auch einen späteren Zeitpunkt bestimmen (§ 11 Abs. 2 GkG).

Zu unterscheiden sind Frei- und Pflichtverband. Ein Freiverband kommt in Frage für Aufgaben, zu deren Wahrnehmung die Gemeinden und Gemeindeverbände berechtigt sind; Pflichtverbände gibt es für Pflichtaufgaben (§ 4 Abs. 1 GkG).

Organe

Organe des Zweckverbands sind die Verbandsversammlung und die Verbandsvorsteherin oder der Verbandsvorsteher (§ 14 GkG). Die Verbandsversammlung ist das höchste Organ des Zweckverbands (Lange, Kommunalrecht, 2. Auflage 2019, Seite 1348 Rn 52) und besteht aus den Vertreterinnen und Vertretern der Verbandsmitglieder. Jedes Verbandsmitglied entsendet wenigstens eine vertretungsberechtigte Person in die Verbandsversammlung (§ 15 Abs. 1 GkG). Die Verbandsversammlung tritt wenigstens einmal im Jahr zusammen, und zwar zur Beschlussfassung über die Haushaltssatzung sowie über den Jahresabschluss und die Entlastung der Verbandsvorsteherin oder des Verbandsvorstehers, im Übrigen nach Bedarf (§ 15 Abs. 5 GkG).

Die Verbandsvorsteherin oder der Verbandsvorsteher wird von der Verbandsversammlung aus dem Kreis der Hauptverwaltungsbeamtinnen und Hauptverwaltungsbeamten oder mit Zustimmung ihrer Dienstvorgesetzten aus dem Kreis der allgemeinen Vertreterinnen und Vertreter oder der leitenden Bediensteten der zum Zweckverband gehörenden Gemeinden und Gemeindeverbände gewählt. Die Verbandsvorsteherin oder der Verbandsvorsteher führt die laufenden Geschäfte, vertritt den Verband nach außen und führt nach Maßgabe der Gesetze, der Verbandssatzung und der Beschlüsse der Verbandsversammlung die übrige Verwaltung des Zweckverbandes, unterzeichnet die Bekanntmachungsanordnungen der von der Verbandsversammlung beschlossenen Satzungen und vertritt den Zweckverband gerichtlich und außergerichtlich (§ 16 Abs. 1 und 2 GkG).

Aufgabenübertragung

Sofern er Aufgaben der Beteiligten übernimmt, gehen das Recht und die Pflicht zur Erfüllung dieser Aufgaben auf den Zweckverband über (§ 6 Abs. 1 Satz 2 GkG). Die abgebende Gemeinde wird im Umfang der Übertragung von ihrer Aufgabe befreit.

Die Gemeinden können wählen, ob der Zweckverband die Aufgabe übernehmen soll – sie also anstatt der Gemeinde durchführt – oder ob der Zweckverband lediglich Erfüllungsgehilfe wird (§ 6 Abs. 1 Satz 1 Alt. 2 GkG); im letzteren Fall bleibt die Gemeinde originär verantwortlich.

Haftung

Die Finanzierung des Zweckverbands durch eine Verbandsumlage führt zu einer Haftungsgemeinschaft. Die Mitgliedskörperschaften übernehmen damit auch Verantwortung für Anlagen und Einrichtungen, für die sie in eigener Verantwortung nicht zu haften hätten (Beckmann/Gesterkamp, Kommunal- und vergaberechtliche Anforderungen an eine interkommunale Gemeinschaftsarbeit in der Abfallwirtschaft (1), AbfallR 2003, 227/230).

Als juristische Person des öffentlichen Rechts kann der Zweckverband nicht insolvent werden (§ 12 Abs. 1 Nr. 2 InsO). Er haftet wie die AöR unbegrenzt.

Finanzierung

Der Verband finanziert sich durch seine Erträge und eine Umlage der Verbandsmitglieder. Die Umlage kommt nur in Betracht, sofern die sonstigen Erträge die entstehenden Aufwendungen nicht decken (§ 19 Abs. 1 Satz 1 GkG). Die Umlage soll in der Regel nach dem Verhältnis des Nutzens bemessen werden, den die einzelnen Verbandsmitglieder aus der Wahrnehmung der Aufgaben des Zweckverbandes haben (§ 19 Abs. 1 Satz 3 GkG). Der Zweckverband kann Gebühren und Beiträge gemäß dem Kommunalabgabengesetz (KAG) erheben, das entsprechend gilt (§ 19 Abs. 3 Satz 1 GkG).

Der Zweckverband kann die Erhebung von Gebühren aber den Mitgliedsgemeinden überlassen. Der Verband stellt den Gemeinden seine Aufwendungen im Wege der Umlage in Rechnung, die Gemeinden preisen die Umlage in die Gebühren ein und legen sie als Benutzungsgebühren auf die Benutzer um gemäß § 7 KAG.

Als juristische Person des öffentlichen Rechts unterliegt der Zweckverband nicht der Steuerpflicht (Queitsch, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 178).

Gemeinsame Kommunalunternehmen (GKU), § 27 GkG

Ein GKU kann von seinen Trägern zur gemeinsamen Aufgabenwahrnehmung gegründet werden (§ 27 Abs. 1 GkG).

Mitglieder

Mitglieder/Träger können sein (§ 27 Abs. 1 Satz 1 GkG):

- **mehrere Gemeinden und Kreise,**
- **die Landschaftsverbände**
- **und der Regionalverband Ruhr.**

Gegenüber dem Zweckverband ist der Zugang zum GKU beschränkter, insbesondere können sich keine Personen des Privatrechts beteiligen.

Rechtsform

Ein GKU ist ein Unternehmen in der Rechtsform einer Anstalt des öffentlichen Rechts in gemeinsamer Trägerschaft, auf das § 114a GO NW und die Kommunalunternehmensverordnung anzuwenden sind (§ 27 Abs. 1 GkG). Aufgrund der gemeinsamen Trägerschaft wird das GKU auch „Mehrmütter-AöR“ bezeichnet. Die Anstalt des öffentlichen Rechts ist eine juristische Person des öffentlichen Rechts. Sie ist selbständiger Verwaltungsträger und kann hoheitlich tätig werden. Sie ist rechtsfähig (von Lennep, in: Schneider, Handbuch Interkommunale Zusammenarbeit NRW, 2. Auflage 2012, S. 18 f.).

Die Organisationsform des GKU ist den Kapitalgesellschaften des Privatrechts nachgebildet, mit dem Kommunen "ohne Abwanderung in die Marktwirtschaft" an deren Vorteilen zu partizipieren können (Kirchgäßner/Knemeyer/Schulz, Das Kommunalunternehmen, 1997, S. 6).

Mit dem GKU können so Konzern- und Holdingstrukturen errichtet werden (§ 114a Abs. 4 GO NW). Strukturell ist das GKU mit der GmbH vergleichbar, Bezogen auf die Organe ist es ebenfalls zweigliedrig aufgebaut. Jahresabschluss und Lagebericht der Anstalt werden nach den für große Kapitalgesellschaften geltenden Vorschriften des Handelsgesetzbuches aufgestellt und geprüft (§ 114a Abs. 10 GO NW).

Errichtung

Zunächst sind die Rechtsverhältnisse der Beteiligten in der Unternehmenssatzung zu regeln. Sie ist Voraussetzung für die Errichtung (§ 27 Abs. 2 GkG). Die Mindestangaben in der Satzung regelt § 28 GkG. Dazu gehören etwa die Träger, der Sitz des Unternehmens, der Betrag der von jedem beteiligten kommunalen Träger des Unternehmens auf das Stammkapital zu leistenden Einlage (Stammeinlage) und Sitz- und Stimmenverteilung der Träger im Verwaltungsrat.

Die Träger des GKU müssen der Satzung und allen weiteren Gründungsschritten übereinstimmend beschließen (§ 27 Abs. 4 GkG). Die Aufsichtsbehörde hat die Beschlüsse zu genehmigen und sodann die Genehmigung und die Unternehmenssatzung oder ihre Änderung in ihrem amtlichen Veröffentlichungsblatt bekannt zu machen. Errichtung, Beitritt oder Verschmelzung werden am Tag nach der Bekanntmachung der Unternehmenssatzung oder ihrer Änderung wirksam, wenn nicht die Unternehmenssatzung einen späteren Zeitpunkt bestimmt (§ 27 Abs. 5 Satz 3 GkG).

Berechtigte können einer bestehenden Anstalt oder einem bereits existierenden GKU beitreten. Auch eine Ausgliederung von existierenden Regie- oder Eigenbetrieben auf das GKU ist möglich, ebenso die Verschmelzung bestehender Anstalten öffentlichen Rechts zu einem gemeinsamen Kommunalunternehmen (§ 27 Abs. 2 und 3 GkG).

Organe

Geleitet wird es von einem Vorstand, überwacht von einem Verwaltungsrat (§ 114a Abs. 6 und 7 GO). Dem Verwaltungsrat gehören die Hauptverwaltungsbeamtinnen und Hauptverwaltungsbeamten ihrer Träger an, ggf. die Beigeordneten (§ 28 Abs. 2 Satz 1 GkG). Der Verwaltungsrat bestellt den Vorstand, dessen Amtszeit fünf Jahre ist, aber verlängert werden kann (§ 114a Abs. 7 Satz 2 GO). Die Anzahl der Vorstandsmitglieder ist in der Unternehmenssatzung festzulegen (§ 114a Abs. 2 Satz 2 GO).

Aufgabenübertragung

Die Aufgabenübertragung auf das GKU ist sehr frei. Kommunen können selbst entscheiden, welche Aufgabe in welchem Umfang übertragen werden soll; auch kann sie den Anschluss- und Benutzungszwang vorschreiben und der Anstalt einräumen (§ 114a Abs. 3 GO); gesetzliche Beschränkungen gibt es insofern nicht (Wurzel/Schraml/Becker, Rechtspraxis der kommunalen Unternehmen, 3. Auflage 2015, Kapitel D, Rn. 170 ff.).

Es sind delegierende und mandatierende Pflichtenübertragungen möglich. Im Fall der delegierenden Übertragung bleiben der übertragenden Kommune nur die Rechte, die ihr gegenüber dem GKU gemäß Unternehmenssatzung zustehen.

Haftung

Da das GKU eine Anstalt öffentlichen Rechts ist, gilt auch für sie die Gewährträgerschaft; ihre Haftung ist also unbegrenzt (§ 114 Abs. 5 GO). Die Träger des GKU haften für Verbindlichkeiten des GKU als Gesamtschuldner. Der Ausgleich im Innenverhältnis richtet sich vorbehaltlich einer abweichenden Regelung in der Unternehmenssatzung nach dem Verhältnis der von jedem Träger des Unternehmens auf das Stammkapital zu leistenden Einlage (§ 28 Abs. 3 GkG).

Finanzierung

Eine Umlage wie beim Zweckverband (§ 19 GkG) ist für das GKU nicht vorgesehen. Es finanziert sich in erster Linie aus Erträgen und – als öffentlich-rechtliche Organisationsform – über Gebühren.

Auf das GKU ist die Kommunalunternehmensverordnung (KUV) anwendbar (§ 27 Abs. 1 Unterabsatz 2 GkG). Nach § 9 Abs. 1 KUV stellt die Gemeinde sicher, dass das Kommunalunternehmen seine Aufgabe

dauernd erfüllen kann. Das Kommunalunternehmen ist mit einem angemessenen Stammkapital auszustatten. Um die dauernde technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des GKU zu sichern, ist ein Überwachungssystem einzurichten, das es ermöglicht, etwaige bestandsgefährdende Entwicklungen frühzeitig zu erkennen (§ 9 Abs. 2 KUV). Zur Risikofrüherkennung gehören insbesondere die Risikoidentifikation, die Risikobewertung, Maßnahmen der Risikobewältigung einschließlich der Risikokommunikation, Risikoüberwachung/Risikofortschreibung und die Dokumentation.

Für die technische und wirtschaftliche Fortentwicklung des GKU und, soweit die Abschreibungen nicht ausreichen, für Erneuerungen sollen aus dem Jahresgewinn Rücklagen gebildet werden. Bei umfangreichen Investitionen kann neben die Eigenfinanzierung die Finanzierung aus Krediten treten. Eigenkapital und Fremdkapital sollen in einem angemessenen Verhältnis zueinanderstehen (§ 10 KUV).

Private Organisationsformen

Neben den öffentlich-rechtlichen Organisationsformen stehen Kommunen privatrechtlich Organisationsformen zur Verfügung (§ 1 Abs. 3 GkG), sofern die Erledigung einer Aufgabe nicht zwingend hoheitlich vorgenommen werden muss (Held u. a., Kommunalverfassungsrecht NRW, § 1 GkG Rn 8.1).

Private Organisationsformen bringen etliche Vorteile mit sich. Dazu gehört eine höhere Effizienz der Wirtschaftsführung, die sich an wirtschaftlichen Aspekten auszurichten hat und weniger anfällig gegenüber politischen, möglicherweise „sachfremden“ Einwirkungen ist (Uechtritz/Reck, in: Hoppe/ Uechtritz/Reck, Handbuch kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 16 Rn 17).

Kommunalverfassungsrechtliche Vorprüfung

Die Gründung von oder Beteiligung an einer privaten Organisationsform muss kommunalverfassungsrechtlich zulässig sein. Das ist der Fall, wenn die Voraussetzungen des § 107 Abs. 1 Satz 1 GO für wirtschaftlich tätige Einrichtungen erfüllt sind (§ 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 GO).

Der öffentliche Zweck, der eine solche Betätigung erfordert (§ 107 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 GO), ist die ab 2029 geltende Pflicht, den Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen. Die Phosphorrückgewinnung kann zwar auch durch Private durchgeführt werden. Die Pflicht der Klärschlammherzeuger, Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, besteht aber unabhängig davon, ob private Betreiber und Kapazitäten vorhanden sind.

Die sich zusammenschließenden Gemeinden müssen sodann darauf achten, dass die Beteiligung an einer privaten Organisationsform in einem angemessenen Verhältnis zu ihrer Leistungsfähigkeit steht (§ 107 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 GO).

Rechtsformwahl

Kommunen dürfen nur private Organisationsformen wählen, die die Haftung der Gemeinde beschränkt (§ 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 und 5 GO). Deshalb scheidet die Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR), die offene Handelsgesellschaft (oHG) und die Kommanditgesellschaft (KG) aus.

Als haftungsbeschränkte Personengesellschaft kommt die GmbH & Co. KG in Frage. Eine Kommanditgesellschaft besteht aus mindestens einem Komplementär und mindestens einem Kommanditisten. Der Komplementär haftet unbeschränkt, der Kommanditist beschränkt auf seine Einlage (§ 161 Abs. 1 HGB). Bei der GmbH & Co. KG wird als Komplementär keine natürliche Person eingesetzt, sondern eine GmbH, bei der die Haftung auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt ist.

Für hoheitliche Aufgaben scheidet die GmbH & Co. KG aus. Denn Voraussetzung ist der Betrieb eines Handelsgewerbes (§§ 161, 105 HGB). Für die wirtschaftliche Tätigkeit der Phosphorrückgewinnung kommt sie grundsätzlich in Frage. Gegen sie wird angeführt, dass zwei Gesellschaften gegründet werden müssen. In der Praxis hat das jedoch kaum Bedeutung, da die Komplementär-GmbH regelmäßig nur als

Haftungssperre eingesetzt und kapitalisiert wird; ein eigenes Geschäft betreibt sie nicht, dementsprechend gering ist der Aufwand beim Jahresabschluss. Gegen eine GmbH & Co. KG kann sprechen, was in der Wirtschaft gerade als Vorteil gesehen wird: die flexible Möglichkeit, im laufenden Betrieb Entnahmen zu tätigen. Hier ist sie deutlich weniger stringent als die GmbH, wenngleich in die Satzung natürlich Kontrollmaßnahmen aufgenommen werden können und sollten. Bei Gemeinden, die sich zusammenschließen, spielt dieser Aspekt jedoch kaum eine Rolle, sodass es regelmäßig sinnvoller ist, auf andere Formen des Zusammenschlusses zurückzugreifen.

Für die Praxis relevant sind die Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) und die Aktiengesellschaft (AG).

GmbH

Anders als die GmbH & Co. KG kann die GmbH zu jedem gesetzlich zulässigen Zweck errichtet werden (§ 1 GmbHG).

Gesellschafter

Eine GmbH kann durch eine oder mehrere Personen zu jedem gesetzlich zulässigen Zweck errichtet werden (§ 1 GmbHG). Gründer können also private natürliche und juristische Personen sowie Kommunen oder juristische Personen des öffentlichen Rechts sein.

Rechtsform

Die GmbH ist eine juristische Person des Privatrechts. Sie hat selbständig Rechte und Pflichten; sie kann Eigentum und andere dingliche Rechte an Grundstücken erwerben, vor Gericht klagen und verklagt werden. Für die Verbindlichkeiten der Gesellschaft haftet den Gläubigern nur das Gesellschaftsvermögen (§ 13 Abs. 1 und 2 GmbHG).

Errichtung

Die Gründung einer Gesellschaft, auch der GmbH, sind der Aufsichtsbehörde unverzüglich, spätestens sechs Wochen vor Beginn des Vollzugs, anzuzeigen (§ 115 Abs. 1 Satz 1 Buchstabe a) GO).

Die Gründung gliedert sich bei mehreren Gründern in drei Schritte:

- **Vorgründungsgesellschaft: Die Gründer einigen sich auf die Errichtung einer GmbH und über den Inhalt des Gesellschaftsvertrags (Satzung).**
- **Vor-GmbH: der Gesellschaftsvertrag bedarf notarieller Form (§ 2 Abs. 1 Satz 1 GmbHG). Mit der Unterzeichnung des Gesellschaftsvertrags beim Notar entsteht die GmbH noch nicht, sondern die sog. Vor-GmbH als eine Gesellschaft eigener Art (sui generis). Erst in dieser Phase können die Gesellschafter Bankkonten für die zukünftige GmbH eröffnen. Einzahlungen, die hierauf geleistet werden, gehen ohne Übertragungsakt in das Vermögen der zukünftigen GmbH über; vorherige Einzahlungen müssen formell auf die GmbH nach deren Eintragung im Handelsregister übertragen werden. Insbesondere ist nun die vereinbarte Stammeinlage einzuzahlen, mindestens 25.000,00 € (§ 5 Abs. 1 GmbHG).**
- **Wichtig: handeln die Gründer in diesem Stadium der Errichtung bereits im Namen der Gesellschaft, haften sie persönlich und solidarisch, und zwar unbeschränkt (§ 11 Abs. 2 GmbHG).**

- **GmbH: nach Unterzeichnung und notarieller Beurkundung des Gesellschaftsvertrags meldet der Notar die Gesellschaft zum Handelsregister an. Erst mit der Eintragung ins Handelsregister existiert die Gesellschaft als GmbH (§ 11 Abs. 1 GmbHG).**

Die Satzung der GmbH hat wenige zwingende gesetzliche Vorgaben zu erfüllen (Zweck, Firma, Stammkapital und die Zahl und die Nennbeträge der Geschäftsanteile, die jeder Gesellschafter gegen Einlage auf das Stammkapital (Stammeinlage) übernimmt, § 3 Abs. 1 GmbHG). Mit diesen Vorgaben stimmen wesentliche Forderungen des § 108 Abs. 1 Satz 1 GO NW überein. Besonders hervorzuheben ist die Pflicht der sich beteiligenden Gemeinde, sich einen angemessenen Einfluss, insbesondere in der Gesellschafterversammlung, zu sichern (§ 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 6 GO NW) und die GmbH auf den öffentlichen Zweck auszurichten (§ 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 7 GO).

Zwingend erforderlich ist die vorherige Zustimmung des Rates, ohne die auch keine Aufgaben der Gemeinde auf die GmbH übertragen werden können.

Organe

Die GmbH ist zweigliedrig, sie besteht aus der Gesellschafterversammlung und dem oder den Geschäftsführern. Sie muss einen oder mehrere Geschäftsführer haben; das können Gesellschafter oder Dritte sein (§ 6 Abs. 1 und 3 Satz 1 GmbHG). Neben der Geschäftsführung ist die Gesellschafterversammlung weiteres Organ, und zwar das oberste der Gesellschaft. Ein Aufsichtsrat (auch „Beirat“) ist grundsätzlich nur erforderlich, wenn die Gründer dies im Gesellschaftsvertrag vorgesehen haben (§ 52 GmbHG, Pflicht jedoch bei mehr als 500 Mitarbeitern).

Die Einwirkungsmöglichkeiten der Gesellschafter auf die Geschäftsführung sind in der GmbH groß. Hier gilt es zwischen Effizienz und berechtigten Kontrollinteressen abzuwägen. Der Geschäftsführer soll grundsätzlich einen gewissen Handlungsfreiraum haben. Ihm können aber Beschränkungen auferlegt werden (§ 37 Abs. 1 GmbHG). Der Gesellschafterversammlung unterliegen zudem die in § 46 GmbHG genannten Aufgaben.

Es empfiehlt sich, in der Satzung selbst nicht zu viele Beschränkungen aufzunehmen. Denn Änderungen der Satzung bedürfen eines Gesellschafterbeschlusses mit mindestens einer $\frac{3}{4}$ -Mehrheit und der notariellen Beurkundung (§ 53 Abs. 1 und 2 GmbHG). Die Satzung sollte daher vorsehen, dass die Gesellschafterversammlung einen Katalog zustimmungspflichtiger Geschäfte definieren darf; für die dort genannten Geschäfte ist der Geschäftsführer verpflichtet, einen vorherigen Gesellschafterbeschluss einzuholen. Sie kann jederzeit durch Gesellschafterbeschluss abgeändert werden, ohne notarielle Beurkundung. Verstößt der Geschäftsführer gegen die Pflicht zur Einholung eines Gesellschafterbeschlusses, hat das zwar im Außenverhältnis keine Auswirkung; es begründet aber die Geschäftsführerhaftung für dadurch entstandene Schäden.

Der Geschäftsführer kann jederzeit durch die Gesellschafter abberufen werden (§ 46 Nr. 5 GmbHG).

Aufgabenübertragung

Art und Umfang der übertragenen Aufgaben werden im Gesellschaftsvertrag festgelegt. Sie sind am (öffentlichen) Zweck der Gesellschaft auszurichten.

Haftung

Die Möglichkeit der Haftungsbeschränkung macht die GmbH für öffentliche Kooperationen besonders attraktiv. Gläubigern der GmbH steht ausschließlich das Gesellschaftsvermögen als Haftungsmasse zur Verfügung; ein Durchgriff auf die Gemeinden und Gemeindeverbände als Gesellschafter kommt in aller Regel nicht in Betracht. Das gilt auch für den Fall der Insolvenz der GmbH, eine gemeindliche Nachschusspflicht besteht nur bei kommunalen Pflichtaufgaben (Uechtritz/Reck, in: Hoppe/ Uechtritz/Reck, Handbuch kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 16 Rn 70 f.).

Finanzierung

Unabhängig davon, ob eine Aufgabe öffentlich oder in Form der GmbH erfüllt wird, ist die Gemeinde verpflichtet, die Finanzierung der Aufgabe präventiv im Haushalt einzuplanen (vgl. § 84 GO). Die verbundenen Kommunen müssen der GmbH ausreichend Kapital für die Aufgabenerfüllung zur Verfügung stellen. Die Planungspflicht besteht für mindestens fünf Jahre. Umgekehrt muss die GmbH sicherstellen, dass der Gemeinde die Rechnungsinformationen der Gesellschaft zur Verfügung stehen. Jahresabschluss und Lagebericht sind entsprechend den Vorschriften des HGB für große Kapitalgesellschaften aufzustellen und zu prüfen (§ 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 8 GO, Uechtritz/Reck, in: Hoppe/ Uechtritz/Reck, Handbuch kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 8 Rn 65 ff.). Im Übrigen finanziert sich die GmbH durch Erträge.

Aktiengesellschaft (AG)

Die AG ist eine subsidiäre Gesellschaftsform. Die Gemeinde(n) dürfen sie nur gründen, übernehmen, wesentlich erweitern oder sich daran beteiligen, wenn der öffentliche Zweck nicht ebenso gut in einer anderen Rechtsform erfüllt wird oder erfüllt werden kann (§ 108 Abs. 4 GO NW). Das liegt darin begründet, dass der Vorstand als Vertretungsorgan der zwar durch die Hauptversammlung und den Aufsichtsrat kontrolliert wird, diese jedoch deutlich weniger Einfluss auf den Vorstand nehmen können als etwa die Gesellschafter der GmbH auf die Geschäftsführer.

Eine Gesellschaft, bei der die Haftung auf das das Gesellschaftsvermögen begrenzt ist, ist auch die AG. Sie ist auch eine eigene Rechtspersönlichkeit (§ 1 Abs. 1 AktG).

Anders als die GmbH ist die AG dreigliedrig: Hauptversammlung, Aufsichtsrat, Vorstand. Voraussetzung für die Gründung ist die Satzung, die durch die Gründer in notarieller Form festgestellt werden muss (§§ 2, 23 Abs. 1 Satz 1 AktG). Eine AG benötigt mindestens vier Gründer, weil neben dem Vorstand allein der zwingend erforderliche Aufsichtsrat schon aus drei Mitgliedern besteht (§ 95 Abs. 1 Satz 1 AktG). Bevor die Satzung festgestellt werden kann, müssen zustimmende Ratsbeschlüsse der beteiligten Kommune(n) vorliegen (§ 108 Abs. 1, 107 Abs. 1, 107a GO).

Aufgrund ihrer Subsidiarität wird auf die Darstellung von Einzelheiten verzichtet.

Einbeziehung Privater in die kommunale Aufgabenerfüllung

Ergänzend sei noch auf einige Kooperationsmodelle zwischen Kommunen und Privaten in Form einer öffentlich-privaten Partnerschaft hinzuweisen.

Von der Selbstverwaltungsgarantie gedeckt ist auch die Möglichkeit, dass sich Kommunen zur Erfüllung ihrer Aufgaben privater Dritter bedienen. Ziel ist weniger, die Verantwortlichkeit für die Aufgabe komplett zu delegieren, sondern vielmehr die Pflichtaufgabe der Kommune von einem Privaten durchführen zu lassen. Gleichzeitig soll dabei privates Know-how und privates Kapital gewonnen werden. Wie oben dargestellt, ist eine Beteiligung Privater an öffentlich-rechtlichen Organisationsformen nur in der Form des Zweckverbands möglich. Praktikabel ist das nicht. Deshalb werden solche Beteiligungsmodelle regelmäßig in Organisationsformen des Privatrechts vollzogen. Kennzeichnend ist, dass dabei keine gesellschaftsrechtliche Verbindung nötig ist, sondern die Beziehung zwischen Kommune und Privaten regelmäßig rein vertraglicher Art ist.

Betreibermodell

Beim Betreibermodell übernimmt der Private die Funktion des Bauherrn und des Anlagenbetreibers. Er finanziert die Anlage und baut sie auf einem Grundstück, an dem er Eigentum oder ein Erbbaurecht erwirbt.

Das Betreibermodell erlaubt eine weitreichende Einbeziehung Privater in die Erledigung gemeindlicher Aufgaben durch Übertragung von Planung, Bau, Finanzierung, Betrieb einer Anlage. Für die Dauer der

Zusammenarbeit wird ein Vertrag mit einer Laufzeit von in der Regel 20-30 Jahren geschlossen. Soll danach der Projektgegenstand während der Laufzeit im Eigentum des privaten Betreibers stehen und am Ende der Vertragslaufzeit das Eigentum auf die Kommune übergehen, handelt es sich um das Erwerbmodell. Verbleibt das Eigentum während der Vertragslaufzeit bei der Kommune, spricht man von Inhabermodell (Hellermann, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 7 Rn. 193).

Der Betreiber erbringt im Außenverhältnis Leistungen im Namen und auf Rechnung der Kommune, Rechtsbeziehungen entstehen insofern nur zwischen den Anlagennutzern und der Kommune (Tettinger, NWVB. 2005, 1/3).

Die Kosten, die die Gemeinde an den Betreiber für den Betrieb der Anlage bezahlen muss, werden in die Gebühr einkalkuliert.

Vorteile des Betreibermodells:

- **Finanzierung der Investitionsmaßnahmen durch den privaten Betreiber, nicht durch die Kommune,**
- **Vergabe zum Festpreis,**
- **Vermeidung von Zielkonflikten: Zwang zum wirtschaftlichen Arbeiten einerseits, Anlagenüberwachung andererseits.**

Nachteile:

- **Problem der Anpassung der vertraglich vereinbarten Leistungen zum Beispiel an veränderte Mengen oder andere Anforderungen;**
- **Bei Ausfall des privaten Betreibers (zum Beispiel Insolvenz) Pflicht der Kommune, Ersatz zu finden oder selbst tätig zu werden,**
- **Umsatzsteuerpflicht,**

(Rudolph, in: Fettig/Späth, Privatisierung kommunaler Aufgaben, S. 175/ 183).

Betriebsführungsmodell

Im Unterschied zum Betreibermodell bleibt die Kommune selbst Eigentümerin und Betreiberin der Anlage. Allein die Betriebsführung (Wartung, technische und kaufmännische Verwaltung) nach Weisung der Kommune, in ihrem Namen und für ihre Rechnung, wird vertraglich auf ein privates Unternehmen übertragen. Der Vorteil dieses Modells ist, dass die Kommune eine starke Stellung innehat. Allerdings gehen nahezu sämtliche Vorteile, insbesondere hinsichtlich der Finanzierung, verloren (Hellermann, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 7 Rn. 195 f.).

Betriebsüberlassungsmodell

Das Betriebsüberlassungsmodell ist eine Mischform aus Betreiber- und Betriebsführungsmodell, bei dem sich die Kommune aus dem laufenden Betrieb der Anlage weiter zurückzieht und somit dem privaten Betreiber Gestaltungsspielräume ermöglicht.

Konzessionsmodell

Beim Konzessionsmodell bleibt die Aufgabenverantwortung bei der Kommune. Die Einrichtung oder Anlage wird von einem privaten Betreiber im eigenen Namen und auf eigene Rechnung geführt. Für die

Möglichkeit des Anlagenbetriebs zahlt er eine Konzessionsabgabe an den öffentlichen Aufgabenträger. Leistungs- und Rechtsbeziehungen entstehen ausschließlich zwischen dem Privaten und den Nutzern, Zahlungen werden ausschließlich an den privaten Betreiber entrichtet. Er trägt – im Gegensatz zum Betreibermodell – das volle wirtschaftliche Risiko.

Für die Kommune ist in diesem Modell wichtig, sich hinreichend Einwirkungs- und Kontrollmöglichkeiten zu sichern.

Vergaberechtlich handelt es sich um eine Dienstleistungskonzession und nicht um einen Dienstleistungsauftrag, wodurch die Durchführung eines Vergabeverfahrens entbehrlich ist, sofern europarechtliche Grundsätze der Gleichbehandlung, Nichtdiskriminierung und Transparenz (Art. 49, 56 AEUV) gewahrt sind (vgl. EuGH, Urteil v. 13.10.2005 – Rs C-458/03).

Kriterien für die Rechtsformwahl

Welche Rechtsform am besten geeignet ist, kann nicht generell beantwortet werden; jede hat Vor- und Nachteile. Entscheidend ist, welche Rechtsform die Interessen der Beteiligten am besten umsetzen kann. Es gibt unzählige Aspekte, die hier eine Rolle spielen. Die praktisch wichtigsten betreffen die Flexibilität, Einwirkungsmöglichkeiten, Haftung, Finanzierungsmöglichkeiten, haushalts- und personalwirtschaftliche Ziele sowie die Besteuerung.

Organisationsermessen bei der Rechtsformwahl

Grundsätzlich gibt es keinen Vorrang öffentlich-rechtlicher Organisationsformen vor den privatrechtlichen (BVerwG, Beschluss v. 18.10.1993 – 5 B 26/93, Rn 5). Im Rahmen der Einschätzungsprärogative zu beachtenden Faktoren sind etwa,

bezogen auf die Leistung selbst:

- **Wirtschaftlichkeit,**
- **Effektivität der Leistungserbringung,**
- **Sicherung der Dauerhaftigkeit der Leistungserbringung,**
- **Gleichberechtigter Zugang aller Einwohner,**
- **Verbraucherschutz,**
- **Dringlichkeit von Leistungssteigerungen durch zusätzliche Investitionen;**

bezogen auf die Finanzierung:

- **Investitionsvolumen,**
- **Art und Weise der Finanzierung,**
- **Entlang des kommunalen Haushalts,**
- **Steuerliche Unterschiede,**
- **Angemessenheit der Entgelte;**

bezogen auf die Stellung der Kommunen:

- **Umfang und Intensität kommunaler Einwirkungsmöglichkeiten auf Sachentscheidungen,**
- **Begrenzung haftungs- und strafrechtliche Verantwortlichkeiten,**
- **Möglichkeiten des Querverbundes mit anderen Leistungen der Daseinsvorsorge,**
- **Möglichkeiten des Ausstiegs und der Kündigung,**
- **Personal;**

bezogen auf sonstige Rahmenbedingungen:

- **Vermeidung von Wettbewerbsbeschränkungen,**
- **Umweltschutzbelange,**

(Tettinger, Die rechtliche Ausgestaltung von Public Private Partnership, DÖV 1996, 764/770).

Einschränkungen gibt es zudem im Zuständigkeitsbereich. Ein Träger öffentlicher Verwaltung kann nicht durch die Wahl der Form seiner Aktivitäten seinen Zuständigkeitsbereich ausweiten. Ausnahmen sind die oben geschilderten Möglichkeiten interkommunaler Kooperationen (Oebbecke, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 8 Rn. 10 f.).

Flexibilität

Flexibilität betrifft regelmäßig zwei Aspekte: 1., die Ausgestaltung der Organisationsform, 2. Flexibilität der Führung der Organisationsform.

Ausgestaltung der Organisationsform

Die größte Flexibilität bei den öffentlich-rechtlichen Organisationsformen weist das GКУ auf. Wie oben bereits dargestellt, sollte mit dem gemeinsamen Kommunalunternehmen das Beste aus öffentlichen und privaten Organisationsformen verbunden werden. Aufbau, Verfahren und staatlicher Einfluss lassen sich hier am besten maßschneidern und dosieren (Mann, NVwZ 1996, 557; Cronauge/Westermann, Rn 179).

Bei den privaten Organisationsformen bietet die GmbH die größte Flexibilität. Das GmbH-Recht ist weitgehend dispositiv und erlaubt insbesondere eine sehr flexible Gestaltung der Satzung und Einwirkungsmöglichkeiten der Gesellschafter auf die Geschäftsführung. Dagegen ist das Recht der AG weitgehend zwingend. Gerade die Möglichkeit, auf den Vorstand einzuwirken, ist bei der Aktiengesellschaft weitaus geringer.

Führung

Auch bei der Führung schneidet das gemeinsame Kommunalunternehmen unter den öffentlich-rechtlichen Organisationsformen am besten ab. Das verwundert nicht, weil das GКУ gerade entsprechend den Bedürfnissen des privaten Gesellschaftsrechts entwickelt wurde.

Bei den privaten Organisationsformen schneidet dagegen die Aktiengesellschaft am besten ab. Der Nachteil in der Ausgestaltung der Organisationsform ist der Vorteil in der Flexibilität der Führung. Es ist gerade das Wesen der Aktiengesellschaft, das der Vorstand weitgehend frei von der Einflussnahme seiner Aktionäre handeln kann. Der Aufsichtsrat ist beschränkt auf Kontroll- und Beratungsfunktionen.

Allerdings kann auch bei der GmbH die Satzung so ausgestaltet werden, dass der Geschäftsführung noch mehr oder weniger Selbstständigkeit eingeräumt wird. Aufgrund der weitgehend dispositiven Regeln können Selbstständigkeit der Unternehmensführung und Einwirkungsmöglichkeiten der Gesellschafter ausdifferenziert werden.

Einwirkungsmöglichkeiten

Ein großes Spannungsfeld betrifft die Einwirkungsmöglichkeiten der abgebenden Kommunen. Mit der Aufgabenübertragung einher geht zwar die Befreiung, allerdings wird damit regelmäßig ein Verlust an Entscheidungskompetenz befürchtet.

Im Verhältnis von privaten zu hoheitlichen Organisationsformen ist zu beachten, dass das Gesellschaftsrecht Bundesrecht ist. Die öffentlich-rechtlichen Kooperationsformen sind Landesrecht. Nach Art. 31 GG geht bundesgesetzliches Gesellschaftsrecht dem kommunalen Organisationsrecht vor. Die Gemeinde ist vom operativen Geschäft ausgeschlossen, ihre Rolle begrenzt auf die in einem Überwachungsorgan (vgl. § 108 Abs. 1 Satz 1 Nr. 6 GO). Sie ist nach dieser Vorschrift auch gehalten, sich einen „angemessenen Einfluss“ im Gesellschaftsvertrag, in der Satzung oder in anderer Weise zu sichern. Sie haben in Beiräten, Ausschüssen, Gesellschafterversammlungen, Aufsichtsräten oder entsprechenden Organen von juristischen Personen oder Personenvereinigungen, an denen die Gemeinde unmittelbar oder mittelbar beteiligt ist, die Interessen der Gemeinde zu verfolgen (§ 113 Abs. 1 Satz 1 GO). Allerdings sind die Beschlüsse des Rates und das Handeln der Gemeinde mit gesellschaftsrechtlichen Vorgaben verknüpft. Denn die Interessenverfolgung ist nur zulässig, soweit durch Gesetz nichts Anderes bestimmt ist (§ 113 Abs. 1 Satz 4 GO), und das sind solche – insbesondere zwingende Vorschriften – des Gesellschaftsrechts. Nach § 76 AktG etwa leitet der Vorstand die AG in eigener Verantwortung, er ist nicht an Weisungen der Kapitalgeber gebunden. Das gilt auch für die interkommunale AG.

Größere Einflussmöglichkeiten bestehen in der GmbH. Anders als in der AG sind weite Teile des Gesellschaftsvertrags dispositiv, gesetzliche Vorgaben können also durch den Gesellschaftsvertrag abgeändert werden. Hierüber lassen sich weitreichende Zugriffsmöglichkeiten der Gesellschafter auf die Geschäftsführung sichern.

Umfangreiche Steuerungseinflüsse haben Gemeinden im Zweckverband und GKU. Im GKU leitet der Vorstand zwar das Unternehmen – wie bei der AG – in eigener Verantwortung. Das gilt aber nur, soweit nicht gesetzlich oder durch die Satzung der Gemeinde etwas Anderes bestimmt ist (§ 114a Abs. 6 Satz 1, Hs 2 GO). Auch lassen sich Geschäftsführungs- und Leitungsbefugnisse vom Vorstand auf den Verwaltungsrat übertragen, soweit dies der gesetzgeberischen Intention nicht gänzlich zuwiderläuft (Uechtritz/Reck, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 16 Rn. 49).

Zudem besteht der Verwaltungsrat aus Hauptverwaltungsbeamten und Beigeordneten der Trägergemeinden (§ 28 Abs. 2 GkG). Der Verwaltungsrat ist in Sachen Aufgabenübertragung an die Entscheidung des Gemeinderats gebunden (§ 114a Abs. 7 Satz 3 Nr. 1 und Satz 4 GO). Eine vorherige Entscheidung des Rats ist erforderlich für alle Fälle des § 114a Abs. 7 Satz 3 Nr. 2 und 7 GO. Das betrifft die Beteiligung oder Erhöhung einer Beteiligung des GKU an anderen Unternehmen und die Veräußerung von Unternehmen, Einrichtungen und Beteiligungen (vgl. auch § 111 GO).

Mit der Aufgabenübertragung einher geht der Verlust der Möglichkeit des Selbsteintritts. Ist die Gemeinde der Auffassung, dass die Aufgabe etwa vom Zweckverband oder GKU nicht in ihrem Interesse erledigt wird, kann sie die Aufgabe nicht ohne weiteres wieder an sich ziehen (Beckmann/Gesterkamp, Kommunal- und vergaberechtliche Anforderungen an eine interkommunale Gemeinschaftsarbeit in der Abfallwirtschaft, AbfallR 2003, 227/230).

Haftung

Bei den öffentlich-rechtlichen Organisationsformen besteht grundsätzlich keine Haftungsbeschränkung. Da im Zweckverband und im GKU mehrere Gemeinden miteinander verbunden sind, führt dies über die

Verbandsumlage zu einer Haftungsgemeinschaft, mit der die Mitgliedskörperschaften auch die Verantwortung für Anlagen und Einrichtungen tragen, für die sie in eigener Verantwortung nicht zu haften hätten (Beckmann/Gesterkamp, Kommunal- und vergaberechtliche Anforderungen an eine interkommunale Gemeinschaftsarbeit in der Abfallwirtschaft, AbfallR 2003, 227/230).

Grundsätzlich ist die Haftung der Kommune nachrangig, d.h. in erster Linie haftet Dritten das Gesellschaftsvermögen. Sollte das aber nicht ausreichen, sind die Kommunen aufgrund der Gewährträgerschaft verpflichtet, die Gesellschaft mit genügend Kapital auszustatten, um ihre Verbindlichkeiten erfüllen zu können.

Dagegen ist die Haftung bei GmbH und AG auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt. Es besteht regelmäßig keine Durchgriffsmöglichkeit auf die Gesellschafter. Das gilt insbesondere im Falle einer Insolvenz. Auch für eine GmbH, deren Gesellschafter öffentlich-rechtlich sind, gibt es keine Nachschusspflicht zur Vermeidung einer Insolvenz oder zur Befriedigung der Gläubiger; eine Einschränkung gilt bei Pflichtaufgaben der Gemeinden, Aufgaben der Daseinsvorsorge müssen stets erfüllt werden. Diese Pflicht besteht allerdings ausschließlich im Verhältnis zwischen der Gemeinde und der Gesellschaft; ein Anspruch Dritter auf Tätigwerden der Gemeinde gegenüber der GmbH besteht nicht (Uechtritz/Reck, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 16 Rn. 69 f. m. w. N. und 74).

Finanzierung

Für Kreditgeber besteht regelmäßig bei öffentlich-rechtlichen Organisationsformen ein verringertes Risiko. Juristische Personen des öffentlichen Rechts sind nicht insolvenzfähig (§ 12 Abs. 1 Nr. 2 InsO). Das kann zu besseren Kreditkonditionen führen.

Eine private Organisationsform bietet sich insbesondere dann an, wenn das Kapital nicht nur durch Bankkredite, sondern vor allem durch Kapital der privaten Mitgesellschafter aufgebracht werden soll.

Kooperationsfähigkeit

Kooperationen zwischen der öffentlichen Hand und Privaten gibt es nicht nur innerhalb einer Organisationsform, sondern – wie die Ausführungen zu den Betreibermodellen gezeigt haben – auf vertraglicher Basis (Public Private Partnerships – PPP).

Bei der Organisations-PPP sind Kommunen und Private in einer Organisationsform verbunden. Diese Verbindung ist jedoch nicht von ihrer rein organisationsrechtlichen Zulässigkeit zu betrachten, sondern vor allem vergaberechtlich relevant.

Besteuerung

Juristische Personen des öffentlichen Rechts sind grundsätzlich nicht steuerpflichtig. Nehmen sie jedoch nicht nur hoheitliche Aufgaben wahr, sondern am Wirtschaftsleben teil, unterliegen sie der Besteuerung. Eine Steuerpflicht wird regelmäßig dann ausgelöst, wenn sie Wettbewerbsneutralität zwischen Tätigkeiten der juristischen Personen des öffentlichen Rechts und privaten Unternehmen herstellen soll. Für die Unternehmensbesteuerung besonders relevant sind Körperschafts-, Gewerbe- und Umsatzsteuer.

Erheblichen Einfluss auf die Frage, ob eine Steuerpflicht besteht, hat die gewählte Rechtsform. Eine private Organisationsform wird immer nach den für sie geltenden steuerlichen Vorschriften gesteuert. Bei den öffentlich-rechtlichen Organisationsformen richtet sich die Besteuerung vor allem danach, ob es sich um Betriebe gewerblicher Art handelt.

Betriebe gewerblicher Art von juristischen Personen des öffentlichen Rechts sind alle Einrichtungen, die einer nachhaltigen wirtschaftlichen Tätigkeit zur Erzielung von Einnahmen dienen; die Absicht, Gewinn zu erzielen, und die Beteiligung am allgemeinen wirtschaftlichen Verkehr sind nicht erforderlich. (§ 4 Abs.

1 KStG). Zu den Betrieben gewerblicher Art gehören etwa Betriebe, die der Versorgung der Bevölkerung mit Wasser, Gas, Elektrizität oder Wärme, dem öffentlichen Verkehr oder dem Hafenbetrieb dienen (§ 4 Abs. 3 KStG).

Unter Einrichtung in diesem Sinne ist jede Betätigung zur Erzielung von Einnahmen zu verstehen die sich von der sonstigen Tätigkeit funktionell abgrenzen lässt (BFH v. 3.2.2010 – I R 8/09).

Grundsätzlich geht die Finanzverwaltung vom Vorliegen einer Einrichtung aus, wenn der Jahresumsatz im Sinne von § 1 Abs. 1 Nr. 1 UStG aus der Tätigkeit den Betrag von 130.000 € Euro übersteigt. Die Tätigkeit muss mit der Absicht ausgeübt werden, Einnahmen zu erzielen; es spielt keine Rolle, ob sie in Form von Gebühren, Beiträgen oder in privatrechtlicher Form anfallen (Beinert/Kostic, in: Hoppe/Uechtritz/Reck, Handbuch Kommunale Unternehmen, 3. Auflage 2012, § 11 Rn. 10, 14).

Gewerbsteuerpflichtig ist jeder Gewerbebetrieb. Unter Gewerbebetrieb ist ein gewerbliches Unternehmen im Sinne des Einkommensteuergesetzes zu verstehen (§ 2 Abs. 1 GewStG). Bei hoheitlicher Tätigkeit entfällt die Gewerbsteuerpflicht. Es gilt das zur Körperschaftsteuer Ausgeführte entsprechend.

Der Umsatzsteuerpflicht unterliegen Unternehmer und Unternehmen, wenn sie eine gewerbliche Tätigkeit ausüben. Gewerblich ist jede nachhaltige Tätigkeit zur Erzielung von Einnahmen, auch wenn die Absicht, Gewinn zu erzielen, fehlt (§ 2 Abs. 1 UStG). Nach der Rechtsprechung gibt es wirtschaftliche Tätigkeiten juristischer Personen des öffentlichen Rechts, die als unternehmerisch anzusehen sind, auch wenn sie keinen Betrieb gewerblicher Art im Sinne des Körperschaftsteuergesetzes begründen, insofern sind auch die Vorgaben der Mehrwertsteuersystem-Richtlinie (Richtlinie 2006/112/EG vom 28.11.2006) zu beachten.

Juristische Personen des Privatrechts sind vollumfänglich körperschafts-, gewerbsteuer- und umsatzsteuerpflichtig. Das gilt auch dann, wenn die Anteilseigner öffentlich sind (vgl. §§ 1 Abs. 1 Nr. 1 KStG, 2 Abs. 2 Satz 1 GewStG).

2.9.3 Vergaberecht

Öffentliche Aufträge und Konzessionen werden im Wettbewerb und im Wege transparenter Verfahren vergeben (§ 97 Abs. 1 Satz 1 GWB). Kommunen sind als Gebietskörperschaften öffentliche Auftraggeber (§ 99 Nr. 1 GWB), ebenso von diesen gebildete Verbände (§ 99 Nr. 3 GWB). Vergaberecht ist grundsätzlich auf die interkommunale Zusammenarbeit anwendbar (EuGH, Urteil v. 13.01.2005, C-84/03 – Spanien).

Ausnahmen bestehen in den Fällen der Inhouse-Vergabe (vertikale Kooperation) und der horizontalen Kooperation.

„Auftrag“ oder innerstaatlicher Organisationsakt?

Die interkommunale Zusammenarbeit ist abzugrenzen vom – stets ausschreibungspflichtigen – öffentlichen Auftrag. Öffentliche Aufträge sind entgeltliche Verträge zwischen öffentlichen Auftraggebern und Unternehmen über die Beschaffung von Leistungen, die die Lieferung von Waren, die Ausführung von Bauleistungen oder die Erbringung von Dienstleistungen zum Gegenstand haben (§ 103 Abs. 1 GWB).

Auf eine bestimmte Rechtsform kommt es für die Frage der vergaberechtlichen Relevanz nicht an (vgl. EuGH, Urteil v. 13.6.2013 – Rs. C-386/11 – Piepenbrock –, Rn 29). Unionsrechtlich sind dazu keine Vorgaben für die Mitgliedsstaaten möglich. Denn jeder Mitgliedsstaat darf eigene Rechtsinstitute der interkommunalen Kooperation festlegen (vgl. Erwägungsgrund 33 der Auftragsvergaberichtlinie (2014/24/EU), im Folgenden: „AVR“, „Zusammenarbeit auf kooperativem Konzept“).

Die Form des Vertrags ist ebenfalls nicht entscheidend; auch ein öffentlich-rechtlicher Vertrag kann ein Auftrag im vergaberechtlichen Sinn sein. Entscheidend ist der wirtschaftliche Zweck. Entsprechend dieser

funktionalen Betrachtungsweise kann von einem öffentlichen Auftrag nur dann ausgegangen werden, wenn es sich um eine Beschaffung der öffentlichen Hand bei einem privaten Unternehmen handelt, also um eine „Überschreitung“ der Grenze zwischen Staat und Gesellschaft (Burgi, Warum die "kommunale Zusammenarbeit" kein vergaberechtspflichtiger Beschaffungsvorgang ist, NZBau 2005, 208/211).

Die AVR gilt nicht für Vereinbarungen, Beschlüsse oder andere Rechtsinstrumente, die die Übertragung von Befugnissen und Zuständigkeiten für die Ausführung öffentlicher Aufgaben zwischen öffentlichen Auftraggebern oder Gruppen von öffentlichen Auftraggebern regeln und die keine Vergütung für vertragliche Leistungen vorsehen; sie gelten als Angelegenheit der internen Organisation des betreffenden Mitgliedsstaats (Art. 1 Abs. 6 AVR).

Ein ausschließlich zwischen zwei oder mehr öffentlichen Auftraggebern geschlossener Vertrag fällt allerdings nicht in den Anwendungsbereich der AVR und ist damit vergabefrei möglich, wenn folgende Bedingungen – kumulativ – erfüllt sind (Art. 12 Abs. 4 AVR):

- **Der Vertrag begründet oder erfüllt eine Zusammenarbeit zwischen den beteiligten öffentlichen Auftraggebern mit dem Ziel sicherzustellen, dass von ihnen zu erbringende öffentliche Dienstleistungen im Hinblick auf die Erreichung gemeinsamer Ziele ausgeführt werden;**
- **die Durchführung dieser Zusammenarbeit wird ausschließlich durch Überlegungen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Interesse bestimmt und**
- **die beteiligten öffentlichen Auftraggeber erbringen auf dem offenen Markt weniger als 20 % der durch die Zusammenarbeit erfassten Tätigkeiten.**

Die Regelung wurde in § 108 Abs. 6 GWB „1:1“ übernommen (dazu sogleich).

Inhouse-Vergabe

Schließen sich mehrere Kommunen zusammen durch Gründung einer öffentlich-rechtlichen oder privatrechtlichen Organisationsform, wird dies als vertikale Kooperation und damit als Inhouse-Vergabe betrachtet. Das erklärt sich daraus, dass das gegründete Unternehmen letztlich von seinen Gesellschaftern abhängt (vgl. § 108 Abs. 1 GWB).

Die vergaberechtsfreie Inhouse-Vergabe bestimmt sich vor allem nach dem Kontroll- und Wesentlichkeitskriterium.

§ 108 Abs. 1 GWB

Vergaberecht ist nach § 108 Abs. 1 GWB nicht anwendbar bei öffentlichen Aufträgen, die von einem öffentlichen Auftraggeber an eine juristische Person des öffentlichen oder privaten Rechts vergeben werden wenn, 1., der öffentliche Auftraggeber über die juristische Person eine ähnliche **Kontrolle** wie über seine eigenen Dienststellen ausübt, 2., mehr als **80 Prozent** der Tätigkeiten der juristischen Person der Ausführung von Aufgaben dienen, mit denen sie von dem öffentlichen Auftraggeber oder von einer anderen juristischen Person, die von diesem kontrolliert wird, betraut wurde, und, 3., an der juristischen Person **keine direkte private Kapitalbeteiligung** besteht, mit Ausnahme nicht beherrschender Formen der privaten Kapitalbeteiligung und Formen der privaten Kapitalbeteiligung ohne Sperrminorität, die durch gesetzliche Bestimmungen vorgeschrieben sind und die keinen maßgeblichen Einfluss auf die kontrollierte juristische Person vermitteln.

Kontrolle

Die nach Nr. 1 erforderliche Kontrolle wird vermutet, wenn der öffentliche Auftraggeber einen ausschlaggebenden Einfluss auf die strategischen Ziele und die wesentlichen Entscheidungen der juristischen Person ausübt (§ 108 Abs. 2 GWB). Der EuGH spricht von einer Kontrolle wie über eine eigene Dienststelle (EuGH, Urteil v. 18.1.1999 – C-107/98 – Teckal – Rn 50).

In dem Fall hatte eine Gemeinde ohne Ausschreibung ein selbständiges Konsortium mit eigener Rechtspersönlichkeit beauftragt, an dem mehrere Gemeinden beteiligt waren. Laut EuGH war das vergabefrei möglich, weil die Gemeinden im Rahmen ihrer Beteiligung sowohl auf die strategischen Ziele als auch auf die wichtigen Entscheidungen ausschlaggebenden Einfluss nehmen konnten.

Die Kontrolle kann auch durch eine andere juristische Person, die der öffentliche Auftraggeber in gleicher Weise kontrolliert, ausgeübt werden (§ 108 Abs. 2 Satz 2 GWB). Dagegen ist eine Kontrolle wie über eine eigene Dienststelle regelmäßig dann nicht gegeben, wenn ein oder mehrere private Unternehmen beteiligt sind (EuGH, Urteil v. 11.1.2005 – C-26/03 – Stadt Halle –).

80 Prozent-Klausel

Gemäß § 108 Abs. 1 Nr. 2 GWB ist die Wesentlichkeit erfüllt, wenn mehr als 80 Prozent der Tätigkeiten der juristischen Person der Ausführung von Aufgaben dienen, mit denen sie von dem öffentlichen Auftraggeber oder von einer anderen juristischen Person, die von diesem kontrolliert wird, betraut wurde.

Zur Bestimmung des prozentualen Anteils nach wird der durchschnittliche Gesamtumsatz der letzten drei Jahre vor Vergabe des öffentlichen Auftrags oder ein anderer geeigneter tätigkeitsgestützter Wert herangezogen. Ein geeigneter tätigkeitsgestützter Wert sind zum Beispiel die Kosten, die der juristischen Person oder dem öffentlichen Auftraggeber in dieser Zeit in Bezug auf Liefer-, Bau- und Dienstleistungen entstanden sind. Liegen für die letzten drei Jahre keine Angaben über den Umsatz oder einen geeigneten alternativen tätigkeitsgestützten Wert wie zum Beispiel Kosten vor oder sind sie nicht aussagekräftig, genügt es, wenn der tätigkeitsgestützte Wert insbesondere durch Prognosen über die Geschäftsentwicklung glaubhaft gemacht wird (§ 108 Abs. 7 GWB).

Die Vorschriften setzen die Rechtsprechung des EuGH um (vgl. etwa EuGH, Urteil v. 18.1.1999 – C-107/98 – Teckal – Rn 50; EuGH, Urteil v. 11.5.2008 – C-340/04 – Carbotermo –).

Keine direkte private Beteiligung

Eine private Beteiligung führt grundsätzlich zur Ausschreibungspflicht. Mit der Beteiligung privaten Kapitals würden nicht nur öffentliche Zwecke, sondern auch private, gewinnorientierte Ziele verfolgt. Das führte zu einer Ungleichbehandlung, da die privaten Anteilseigner gegenüber nicht beteiligten privaten Unternehmen bevorzugt würden. Jede noch so geringe Beteiligung privaten Kapitals führt damit zur Ausschreibungspflicht (EuGH, Urteil v. 10.9.2009 – C-573/07 – Sea – Rn 53).

§ 108 Abs. 4 GWB

Vergaberecht ist ferner nicht anwendbar bei öffentlichen Aufträgen, bei denen der öffentliche Auftraggeber über eine juristische Person des privaten oder öffentlichen Rechts zwar keine Kontrolle im Sinne des § 108 Abs. 1 Nr. 1 GWB ausübt, aber der öffentliche Auftraggeber gemeinsam mit anderen öffentlichen Auftraggebern über die juristische Person eine ähnliche Kontrolle ausübt wie jeder der öffentlichen Auftraggeber über seine eigenen Dienststellen (§ 108 Abs. 4 Nr. 1 GWB, so auch EuGH, Urteil v. 13.11.2008 – C-324/07 – Coditel Brabant).

Neben dem Einfluss auf strategische Ziele und Entscheidungen kommt es darauf an, dass sich die beschlussfassenden Organe der juristischen Person aus Vertretern sämtlicher beteiligter öffentlicher Auftraggeber zusammensetzen und die juristische Person keine Interessen verfolgt, die denen des öffentlichen Auftraggebers zuwiderlaufen.

Im Übrigen sind die 80 %-Klausel und das Verbot der direkten privaten Kapitalbeteiligung zu beachten.

Horizontale Kooperationen, § 108 Abs. 6 GWB

Eine horizontale Kooperation liegt vor, wenn die Beteiligten auf gleicher Ebene und auf vertraglicher Basis miteinander zusammenarbeiten.

Vergaberecht ist nicht anzuwenden auf Verträge, die zwischen zwei oder mehreren öffentlichen Auftraggebern geschlossen werden, wenn, 1., der Vertrag eine Zusammenarbeit zwischen den beteiligten öffentlichen Auftraggebern begründet oder erfüllt, um sicherzustellen, dass die von ihnen zu erbringenden öffentlichen Dienstleistungen im Hinblick auf die Erreichung gemeinsamer Ziele ausgeführt werden, 2., die Durchführung der Zusammenarbeit nach Nr. 1 ausschließlich durch Überlegungen im Zusammenhang mit dem öffentlichen Interesse bestimmt wird und, 3., die öffentlichen Auftraggeber auf dem Markt weniger als 20 Prozent der Tätigkeiten erbringen, die durch die Zusammenarbeit nach Nr. 1 erfasst sind (§ 108 Abs. 6 GWB).

Vertrag über öffentliche Dienstleistungen

Wichtig ist, dass die öffentlichen Stellen tatsächlich zusammenarbeiten. Der EuGH fordert ein deutliches kooperatives Element, **das sich gerade auf die Wahrnehmung der Aufgabe des Gemeinwohls bezieht** (EuGH, Urteil v. 19.12.2012 – Rs. C-159/11 – Lecce –, Rn. 34). Schließen zwei Kommunen einen Vertrag über Dienstleistungen gegen Entgelt, insbesondere solchen, die auch von privaten Unternehmen erfüllt werden könnten, fehlt es daran (EuGH, Urteil v. 13.6.2013 – Rs. C-386/11 – Piepenbrock –, Rn. 37). Auch private Beteiligungen führen zur Anwendbarkeit des Vergaberechts (vgl. Erwägungsgrund 33 AVR, EuGH, Urteil v. 19.12.2012 – Rs. C-159/11 (Lecce), Rn. 35).

Art. 12 Abs. 4 AVR verlangt insofern einen „ausschließlich“ zwischen zwei oder mehr öffentlichen Auftraggebern geschlossenen Vertrag. § 108 Abs. 6 GWB spricht von Verträgen, die zwischen zwei oder mehreren öffentlichen Auftraggebern im Sinne des § 99 Nr. 1 bis 3 GWB geschlossen werden. Entgelt in diesem Sinne kann schon eine reine Kostenerstattung sein, die durch die Erbringung der vereinbarten Dienstleistung entsteht (EuGH, Urteil v. 13.6.2013 – Rs. C-386/11 – Piepenbrock –, Rn. 31).

Auch nach Art. 12 Abs. 4 AVR und § 108 Abs. 6 GWB kommt es vor allem auf kooperierende Aspekte zur gemeinsamen Erreichung eines im öffentlichen Interesse liegenden Ziels an.

Zusammenarbeit ausschließlich im öffentlichen Interesse

Privatwirtschaftliche Erwägungen dürfen im Rahmen der horizontalen Kooperation keine Rolle spielen. Ebenso darf die Kooperation nicht in Konkurrenz zu privaten Leistungserbringern treten (Ziekow, in: Ziekow/Völling, Vergaberecht, 2. Aufl., § 97 GWB Rn. 144).

Der EuGH hat in seinem Urteil vom 4.6.2020 (C-429/19) den Begriff der Zusammenarbeit, so wie er in Art. 12 Abs. 4 a. der AVR enthalten ist, konturiert. Laut Erwägungsgrund 33 der Richtlinie müsse die Zusammenarbeit auf einem kooperativen Konzept beruhen. Das Zusammenwirken aller Beteiligten für die Gewährleistung der von ihnen zu erbringenden öffentlichen Dienstleistungen sei unerlässlich. Eine Zusammenarbeit liege nicht vor, wenn sich der Beitrag eines Beteiligten auf die bloße Erstattung von Kosten beschränke; dann sei die Zusammenarbeit nicht mehr von einem öffentlichen Auftrag zu unterscheiden. Eine Zusammenarbeit zwischen Einrichtungen des öffentlichen Sektors beruhe auf einer gemeinsamen Strategie der Partner dieser Zusammenarbeit und setze voraus, dass die öffentlichen Auftraggeber ihre Anstrengungen zur Erbringung von öffentlichen Dienstleistungen bündelten.

Für ein Tätigwerden ausschließlich im öffentlichen Interesse kann die Kooperationsform indizierend sein. Bei den Formen des GkG spricht dafür, dass diese Kooperationsformen in der Regel ausschließlich den Kommunen vorbehalten sind und ausschließlich zur gemeinsamen Wahrnehmung von kommunalen Selbstverwaltungsaufgaben zur Verfügung stehen (Held/Winkel Wansleben, Kommunalverfassungsrecht NRW, Loseblatt, Stand: Juli 2015, § 1 GkG, Nr. 3).

20 Prozent-Klausel

In entsprechender Anwendung von § 108 Abs. 7 GWB wird für die Ermittlung des Ausmaßes der Tätigkeiten am Markt der Umsatz der letzten drei Jahre zu Grunde gelegt oder, mangels konkreter Zahlen, eine Prognose.

Gründung eines Zweckverbands, Aufgabenübertragung

Die Gründung des Zweckverbands besteht aus mehreren Schritten. Der EuGH fordert eine Gesamtbeurteilung der Errichtungsvorgänge inklusive der Berücksichtigung der Zielsetzung (EuGH, Urteil v. 21.12.2016 – C-51/15 – Remondis – Rn 37 f.). Schließen sich zwei Gebietskörperschaften zu einem Zweckverband zusammen, dem sie ihre bisherigen Befugnisse übertragen, sodass der Zweckverband diese Aufgaben als eigene Aufgaben wahrnimmt, liegt kein öffentlicher Auftrag vor, sodass keine Ausschreibungspflicht besteht (EuGH, Urteil v. 21.12.2016 – C-51/15).

Ein wesentliches Element ist die Form der Aufgabenübertragung. In der Rechtsprechung war bereits zuvor zwischen mandatierenden und delegierenden Aufgabenübertragungen unterschieden worden. Eine echte kommunale Kooperation bestehe nur für delegierende Übertragungen, durch die die übertragende Kommune von ihrer Aufgabe vollständig befreit wird. Sie seien vergaberechtsfrei möglich. Dagegen sei das Vergaberecht auf mandatierende Vereinbarungen, bei denen die übertragende Gemeinde sich einer anderen als Erfüllungsgehilfin bediene, anwendbar (OLG Düsseldorf, B. v. 21.6.2006 - VII- Verg 17/06 – Rn 31; OLG Naumburg, B. v. 3.11.2005 – 1 Verg 9/05).

Zwischenzeitlich war dieser Aspekt in den Hintergrund getreten. Entscheidend sei die Marktberührung und die Charakterisierung des konkreten Vorgangs (EuGH, Urteil v. 13.6.2013 – Rs. C-386/11 – Piepenbrock –, Rn 28 ff.).

Der EuGH greift mit seinem Urteil vom 21.12.2016 die delegierende Aufgabenübertragung wieder auf und verbindet sie mit dem Merkmal der Entgeltlichkeit. Die bloße Tatsache, dass einer öffentlichen Stelle in Folge der Aufgabenübertragung, die ihr zuvor eingeräumte Befugnis entzogen wird, lasse jegliches wirtschaftliche Interesse entfallen. Zwar führe die Zweckverbandsgründung zu einer Umlage und damit zu einer Umverteilung der Mittel. Darin könne aber kein Entgelt gesehen werden. Denn die Finanzierung des Zweckverbands sei notwendige Folge der freiwilligen Aufgabenübertragung und Kompetenzverlagerung. Die Mittel hätten den Kommunen zuvor selber zugestanden, sie seien ebenfalls vollständig verlagert worden. Die Kompetenzübertragung sei aber an die Voraussetzung geknüpft, dass sowohl Zuständigkeiten als auch Befugnisse gleichermaßen übertragen werden müssen, sodass der Zweckverband über eine finanzielle Unabhängigkeit verfügt. Dazu gehöre auch die Übertragung der Befugnis zur Erhebung von Gebühren.

In der Entscheidung „Piepenbrock“ hatte sich die übertragende Stelle eine Befugnis zurückbehalten, die Ausführung der Aufgaben zu kontrollieren und ggf. bei Schlechterfüllung eine Kündigung auszusprechen.

Die Handlungsfreiheit des neu gegründeten Zweckverbands stelle einen wesentlichen Unterschied zum öffentlichen Auftrag dar. Das bedeute nicht, dass die neue Stelle frei von jeglicher Einflussnahme sein müsse, vielmehr könnten die übertragenden Stellen Einfluss über entsprechende Organe, wie der Verbandsversammlung ausüben. Handlungsfreiheit bedeute zudem nicht, dass sie unumkehrbar sein müsse (EuGH, Urteil v. 21.12.2016 – C-51/15 – Remondis – Rn 53).

2.10 Logistik

„Für den Aufbau einer neuen Entsorgungsinfrastruktur werden logistische Fragen eine wichtige Rolle spielen, die daher im Projekt ausführlich zu würdigen sind. An dieser Stelle sind die relevanten logistischen Schritte des Klärschlamm, der Asche, der anfallenden Abfälle etc. sowie grundlegende Aspekte der Organisation der Logistik darzustellen.“

2.10.1 National

Der nationale Transport von Klärschlamm ist rechtlich unproblematisch. Da es sich bei kommunalen Klärschlämmen regelmäßig um nicht gefährliche Abfälle handelt, ist für den Transport lediglich erforderlich, dass der Transporteur das Befördern und Sammeln gemäß § 53 KrWG angezeigt hat. Bei Klärschlamm, der als gefährlicher Abfall eingestuft ist, gilt für den Transport die Erlaubnispflicht gemäß § 54 KrWG oder eine Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb für die abfallwirtschaftliche Tätigkeit des Sammelns und Beförderns. Für Klärschlammverbrennungsasche gilt entsprechendes.

Die Struktur der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung umfasst logistische Aspekte in Abhängigkeit davon, ob bestehende Strukturen genutzt werden können oder neue Entsorgungsmöglichkeiten erst noch geschaffen werden. Die diesbezüglichen Aspekte sind untersucht in Kapitel 5.

2.10.2 Grenzüberschreitend

Ist beabsichtigt, in Deutschland angefallenen Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt von 20 g/kg TM oder mehr grenzüberschreitend zu verbringen, kann ein Problem entstehen, wenn im Ausland keine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung besteht. Klärschlamm ist notifizierungspflichtiger Abfall zur Verwertung (oben 2.4.4). Behörden sowohl im Bestimmungsland als auch im Versandstaat können insofern Einwände gemäß Art. 12 VVA gegen die Verbringung erheben.

Gemäß Art. 12 Abs. 1 Buchstabe c) VVA können Behörden einwenden, die Verbringung würde nicht im Einklang mit nationalen Rechtsvorschriften im Versandstaat betreffend die Abfallverwertung stehen. Im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung ist aber zu prüfen, ob sich der Einwand auf das reibungslose Funktionieren des Binnenmarktes auswirkt.

Gegen einen solchen Einwand spricht, dass die bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm nach der europäischen Klärschlammrichtlinie (86/278/EWG, dazu oben 2.2.6) zulässig und eine Phosphorrückgewinnung nicht vorgesehen ist. Eine Verwertung im Ausland ohne Phosphorrückgewinnung ist insofern zulässig. Allerdings dürfen Behörden im Versandstaat die im Versandstaat geltenden Standards zu Grunde legen, auch wenn diese Standards höher sind als die im Bestimmungsstaat (EuGH, Urteil v. 16.12.2004 – C-277/02 – EU-Wood-Trading, Leitsatz 2). Der EuGH spricht insofern von „Standards“, und nicht von einer rechtlichen Zulässigkeit. Die Behörden dürfen alle sachdienlichen, mit der Verwertung verbundenen Risiken für Gesundheit und Umwelt berücksichtigen. Die Verbringungsverordnung sei im Sinne der Umweltpolitik der Gemeinschaft zu sehen, deren Zweck sei, die Verbesserung der Umweltqualität zu fördern. Dabei sei indes der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu wahren (EuGH, EU-Wood, Rn 46 ff.).

Erforderlich dürfte insofern jedoch eine Informationsverfahren nach Art. 12 Abs. 6 VVA sein. So hat Deutschland am 17.10.2017 die Kommission und die europäischen Staaten etwa in Bezug auf die Gewerbeabfallverordnung und die dort geregelte Pflicht unterrichtet, bestimmte Gemische zunächst einer Vorbehandlung zuzuführen. Die Gewerbeabfallverordnung sei eine Vorschrift, auf die sich die von den zuständigen Behörden in Deutschland gemäß Artikel 12 Absatz 1 Buchstabe c VVA erhobenen Einwände künftig stützen können (<https://www.bmu.de/gesetz/verordnung-eg-nummer-10132006-ueber-die-verbringung-von-abfaellen/>). Ähnliches dürfte für die AbfklärV gelten, die ebenfalls die Zuführung eines Abfalls zu einer bestimmten Vorbehandlung (Phosphorrückgewinnung) vorsieht.

2.11 Risikoanalyse

- **Auswahl der Phosphorrückgewinnungsmethode:** Klärschlammherzeuger haben zunächst die Grundfrage zu klären, an welcher Stelle Phosphor zurückgewonnen werden soll. Die Phosphorrückgewinnungspflicht gilt für den zu Abfall gewordenen Klärschlamm. Voraussetzung ist, dass der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 g/kg TM enthält. Es ist zulässig, dass der Phosphorgehalt bereits in der Abwasserbehandlungsanlage auf unter 20 g/kg TM abgesenkt wird, der so anfallende Klärschlamm also nicht mehr einer Phosphorrückgewinnung zugeführt werden muss.

Eine wasserrechtliche Phosphorrückgewinnungspflicht gibt es nicht. Damit ist die Phosphorrückgewinnung in der Abwasserbehandlungsanlage zwar nicht unzulässig. Allerdings sind die insofern für die Phosphorrückgewinnung anfallenden Kosten nicht gebührenfähig.

Ob eine Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm oder aus der Klärschlammverbrennungsschlacke gewählt wird, ist rechtlich unerheblich, da beide Varianten gleichwertig sind.

- **Zuführungspflicht:** Eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung durch die Klärschlammherzeuger existiert nicht. Es besteht lediglich eine Zuführungspflicht. Die Phosphorrückgewinnung ist daher keine höchstpersönliche Pflicht und kann auch durch (private) Dritte erfüllt werden. Für den Klärschlammherzeuger bedeutet die Zuführungspflicht eine erfolgsgerichtete Leistungspflicht, für deren Erfüllung er solange haftet, bis der Erfolg eingetreten ist. Das ist umso wichtiger, je mehr Beteiligte in der Verwertungskette tätig sind, etwa thermische Vorbehandlung mit integrierter Phosphorrückgewinnung oder Phosphorrückgewinnung durch einen externen Dritten. Der Klärschlammherzeuger ist daher gut beraten, die gesamte Entsorgungskette zu prüfen; die Übergabe an einen ersten in einer Kette von weiteren Verantwortlichen lässt die abfallrechtliche „Ewigkeitshaftung“ nicht entfallen. Der Klärschlammherzeuger bleibt grundsätzlich bis zum vollständigen Verwertungserfolg, das heißt, bis zum Abschluss der Phosphorrückgewinnung und ordnungsgemäßer und schadloser Entsorgung der nach der Phosphorrückgewinnung anfallenden Abfälle, verantwortlich.
- **Klärschlamm aus Anlagen < 50.000 EW:** Klärschlamm aus solchen Anlagen unterliegt zwar nicht der rechtlichen Pflicht, einer Phosphorrückgewinnung zugeführt zu werden. Faktische Zwänge können einer bodenbezogenen Verwertung aber entgegenstehen. Klärschlammherzeuger dieser Anlagen werden mit Zustimmung der Behörden ggf. auch andere Wege beschreiten müssen. In dem Zustimmungsverfahren sind Aspekte der Abfallhierarchie und damit die Vorgabe einer möglichst hochwertigen Verwertung zu berücksichtigen. Ein zwingender Vorrang der Verwertung mit Phosphorrückgewinnung ergibt sich daraus aber nicht.
- **Vermischung von Klärschlamm:** Nur Klärschlämme dürfen vermischt werden, die jeweils vor der Vermischung einen Phosphorgehalt von mehr als 20 g/kg TM aufweisen. Das unzulässige Verdünnen kann zu einem geringeren Phosphorgehalt im Gemisch und deshalb dazu führen, dass das Gemisch insgesamt nicht mehr einer Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegt. Auf diese Weise können die Rohstoffe dem Wirtschaftskreislauf entzogen werden.
- **Vermischung von Klärschlammverbrennungsschlacke:** Die AbfKlärV unterscheidet bei Schlacke nicht zwischen solchen aus Klärschlammverbrennungs- und Klärschlammmitverbrennungsanlagen, vielmehr fallen beide unter den Begriff Klärschlammverbrennungsschlacke. Aufgrund desselben Begriffsverständnisses ist eine gemeinsame Lagerung von Schlacke aus Klärschlammverbrennungs- und aus -mitverbrennungsanlagen im Langzeitlager zulässig. Da der Phosphorgehalt von Schlacke aus der Mitverbrennung häufig geringer ist als der von Schlacke aus der Verbrennung, kann es so zu einer – zulässigen – Verdünnung des Phosphorgehalts im Langzeitlager kommen.
- **Entscheidung über die Langzeitlagerung:** Hier bestehen für den Klärschlammherzeuger viele Unwägbarkeiten. Die Langzeitlagerung soll Kosten sparen, solange keine Phosphorrückgewinnungsverfahren im großtechnischen Maßstab existieren. Wann diese Marktreife existiert, kann nicht eindeutig bestimmt werden. Der Klärschlammherzeuger wird also die technische Entwicklung verfolgen

müssen. Das wird insbesondere dann relevant, wenn es durch die Langzeitlagerung zu Kostensteigerungen kommt und sich die Frage stellt, ob diese Kosten nach der Höhe nach gebührenfähig sind.

- **Abfallende:** Beim Übergang vom Abfall- zum Produktrecht ist darauf zu achten, dass das Abfallende nicht schon deshalb erreicht ist, weil etwa die Vorgaben der nationalen DüMV erfüllt sind. Das betrifft nur die technischen und rechtlichen Normen. Daneben muss auch die Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt nachgewiesen werden. Die EU-DüMV hilft, denn nach ihr zurückgewonnener Phosphor gilt nicht mehr als Abfall. Die deutsche DüMV regelt das nicht. Ein solcher Mechanismus ist aber für Akzeptanz und Vermarktung des Sekundär-Phosphors zwingend. Die deutsche DüMV sollte hier mit der europäischen DüMV gleichgeschaltet werden.
- **Vermarktung:** Eine erfolgreiche Vermarktung des Sekundär-Phosphors setzt zunächst voraus, dass Sekundär-Phosphor als bestmögliches Produkt gewonnen wird. Das Vermarktungspotenzial hängt weiter davon ab, dass Abnehmer Sekundär-Phosphor vollständig und vorbehaltlos akzeptieren. Besonders wichtig ist die rechtliche Zulassung für den vorgesehenen Einsatzzweck. Die Herkunft aus dem Abfall Klärschlamm führt zu Vorbehalten bezüglich Schwermetallgehalten, Medikamentenrückständen und Mikroplastik, denen durch aktive Öffentlichkeitsarbeit begegnet werden muss. Aber auch gleichbleibende Qualität und kontinuierliche Verfügbarkeit der Mengen sind wichtige Kriterien.
- **Finanzierung:** Die größten Unsicherheiten gibt es bei der Planung und Finanzierung der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung samt Phosphorrückgewinnung.

Die Phosphorrückgewinnung in der flüssigen Phase ist nicht gebührenfähig, weil hier Wasserrecht gilt, das eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung nicht vorsieht.

Klärschlamm entsteht als immanenter und unvermeidbarer Teil der Abwasserbehandlung. Die Pflicht der Klärschlammherzeuger besteht in der „Zuführung“ des zu Abfall gewordenen Klärschlammes zur Phosphorrückgewinnung. Eine Zuführungspflicht zur Abfallentsorgung besteht generell für alle Abfallerzeuger. Die AbfKlärV konkretisiert die generelle Entsorgungspflicht auf eine Verwertung samt Phosphorrückgewinnung. Die insofern entstehenden Abfallentsorgungskosten sind Aufwendungen, die im Zusammenhang mit der Abwasserbehandlung anfallen. Sie sind betriebsbedingte Kosten und umfassen auch die Kosten der – gesetzlich vorgeschriebenen – Phosphorrückgewinnung und sind somit gebührenfähig.

Kosten, die vor 2029 entstehen, sind in Teilen bereits jetzt gebührenfähig. Das können Kosten im Zusammenhang mit der ab 2023 geltenden Berichtspflicht sein. Das kann vorbereitende Gutachten betreffen, die sich mit der Frage auseinandersetzen, welche Art der Phosphorrückgewinnung angestrebt werden soll und welche Kapazitäten benötigt werden. Hiervon hängen ggf. erhebliche Investitionen ab. Auch die Ermittlung von Kooperationen und Zusammenschlüssen, um die benötigten Kapazitäten auszulasten oder Anlagen zu betreiben, können hierüber erfasst werden.

Die Frage der benötigten Kapazitäten ist besonders schwierig zu beantworten. Überkapazitäten sind nicht gebührenfähig. Die Abgrenzung zur noch gebührenfähigen Reservekapazität ist vorab schwer definierbar. Die Planung steht hier vor besonderen Herausforderungen.

Planungskosten selbst können nicht angesetzt werden, wenn sie als Herstellungskosten einer konkreten Anlage zu bewerten sind. Sie können erst ab Inbetriebnahme der Anlage im Rahmen der Abschreibung berücksichtigt werden.

Kosten für die Langzeitlagerung können grundsätzlich angesetzt werden. Allerdings hatte der Verordnungsgeber hierbei eine Kostenentlastung vor Augen, solange keine marktreife Rückgewinnungstechnik zur Verfügung steht. Wann das der Fall ist, ist vom Klärschlammherzeuger im Hinblick

auf die Gebührenfähigkeit der Kosten zu beobachten. Vermeidbare Kosten sind schon nach dem allgemeinen gebührenrechtlichen Grundsatz der Erforderlichkeit nicht ansetzbar.

- **Refinanzierung:** Sonderabgaben zu Lasten der Abwassererzeuger kommen aus finanzverfassungsrechtlichen Grundsätzen ebenso wenig in Frage wie Sonderabgaben zu Lasten der Düngemittelhersteller, die ausschließlich Primär-Phosphor einsetzen. Da die Phosphorrückgewinnung eine abfallrechtliche Pflicht ist, scheidet auch eine Finanzierung über die Abwasserabgabe aus.

Subventionen, insbesondere zur Förderung von Rückgewinnungsverfahren bis zur Marktreife, greifen in den europäischen Binnenmarkt ein und sind nur unter engen Voraussetzungen zulässig. Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gehören zu den zulässigen Vorhaben. Ebenfalls subventionierbar sind Vorhaben, die über den Stand der Technik, d.h. Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling oder Verwertung, hinausgehen oder herkömmliche Technologien innovativ einsetzen, um zu einer Kreislaufwirtschaft überzugehen, in der Abfall eine Ressource darstellt.

Eine Abnahmeverpflichtung der Düngemittelhersteller ist unter Berücksichtigung europa- und verfassungsrechtlicher Kriterien möglich, derzeit aber nicht umgesetzt. Aufgrund der zum 29.10.2020 in Kraft getretenen Änderung des KrWG besteht derzeit eine gute Gelegenheit, Abnahmepflichten oder Einsatzquoten durch Nutzung der Verordnungsermächtigungen einzubringen. Ein Nachteil ist die territoriale Beschränkung auf die Bundesrepublik Deutschland. Sofern die Abnahmepflicht zu Mehrkosten und/oder Qualitätseinschränkungen des Düngeprodukts führt, ist zu erwarten, dass vermehrt Düngemittel aus dem Ausland bezogen werden.

Die Abnahme des Sekundär-Phosphors kann auch über eine Beimischungsquote erreicht werden. Vorbild können die bereits existierenden Regelungen zur Beimischung von Biokraftstoffen in herkömmliche Kraftstoffe sein. Verfehlt ein Hersteller eine Mindestquote, ist er zur Zahlung einer Abgabe sui generis (keine Sonderabgabe) verpflichtet. Sie soll erreichen, dass es für den Hersteller wirtschaftlicher ist, Rezyklate einzusetzen, als ausschließlich auf Primär-Rohstoffe zu setzen.

Zulässig können schließlich Umlagemodelle entsprechend der EEG-Umlage sein.

- **Kooperationen, Vergaberecht:** Sowohl öffentlich-rechtliche als auch private Organisationsformen stellen den Klärschlammherzeugern zahlreiche Kooperationsmodelle zur Verfügung. Deutlich wichtiger ist die Beachtung des Vergaberechts. Am Ende sollte der Fokus nicht verengt sein, vergaberechtsfrei zu kooperieren, sondern darauf gerichtet, die für den Zweck beste Kooperationsform zu finden. Das kann auch die Einbindung (privater) Dritter bedeuten, also insbesondere eine Phosphorrückgewinnungsanlage, die von privaten Unternehmen betrieben wird, wenngleich eine private Beteiligung grundsätzlich zur Ausschreibungspflicht führt.
- **Logistik:** Der nationale Transport von Klärschlamm ist rechtlich unproblematisch. Bei internationalen Verbringungen von Klärschlamm ins Ausland ist eine Notifizierung notwendig. Da im Ausland keine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung besteht, könnten gerade in NRW Stoffströme ins benachbarte Ausland gelangen, um eine Phosphorrückgewinnung zu umgehen. Einer solchen Verbringung kann mit einem Einwand begegnet werden.

3 Stand der Klärschlammentsorgung in NRW

3.1 Datengrundlage und methodisch-strukturelle Vorgehensweise

Zur Darstellung des aktuellen Stands der Klärschlammentsorgung in NRW wurden sowohl die regelmäßige Datenerhebung vom LANUV als auch die speziellen Abfragen, die zur Abschätzung von zukünftigen Tendenzen vom LANUV zusätzlich durchgeführt worden sind, herangezogen. Die Basis für die Auswertung bilden die Daten aus dem Jahr 2017, da diese zum Zeitpunkt der Auswertung den aktuellen vollständigen Datensatz dargestellt haben.

Zur Auswertung der Abwasser- bzw. Klärschlammbehandlung sowie zur Klärschlammentsorgung in NRW wurde auf folgende Daten zurückgegriffen:

- **Stammdaten zu den Kläranlagen (ERIKA)**
- **Klärschlammbehandlung (ERIKA)**
- **Klärschlammentsorgung (ENADA, ABILA)**

In die Datenbanken ERIKA, ENADA und ABILA werden die Daten aus der jährlichen Bestandsaufnahme des LANUV eingepflegt. Diese werden daher bereits seitens des LANUV auf Plausibilität geprüft, so dass hier von belastbaren Datensätzen bzgl. der Stammdaten zu den Kläranlagen, zur Klärschlammbehandlung und -entsorgung ausgegangen werden konnte. Zu den aktuellen Kapazitäten der in NRW ansässigen Verbrennungsanlagen erfolgte ein Abgleich der Daten aus der jährlichen Datenerhebung des LANUV und der Angaben der Betreiber der Verbrennungsanlagen.

Die zusätzlichen Abfragen bei den Kläranlagenbetreibern, die zur Abschätzung von zukünftigen Tendenzen bei der Klärschlammentsorgung in NRW durchgeführt wurden, legten den Schwerpunkt auf die Pläne bzgl. einer P-Rückgewinnung und mögliche Änderungen in den Betriebsweisen der Kläranlagen sowie auf aktuelle bzw. zukünftige Kapazitäten bei allen Verbrennungsanlagen, in denen kommunaler Klärschlamm mitverbrannt wird. Auch der Phosphorgehalt im Klärschlamm wurde abgefragt.

Die Daten wurden auf Plausibilität und auf Freigabe durch den Betreiber zur weiteren Verarbeitung überprüft. Nach einer Bereinigung der Datensätze wurde die Belastbarkeit, wie z.B. die Anzahl der vorliegenden Datensätze zum Abfragepunkt geprüft und es wurden statistische Auswertungen vorgenommen.

Die Auswertung der Daten erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- **Darstellung der Kläranlagen, die zukünftig für eine Phosphorrückgewinnung besonders relevant sind (d.h.: P-Gehalt ≥ 20 g/kg in der Trockenmasse und Ausbaugröße > 50.000 EW).**
- **Detaillierte Darstellung der Klärschlammentsorgung in NRW (mit Angabe des Entsorgungswegs).**
- **Detaillierte Darstellung der an der Klärschlammentsorgung in NRW beteiligten Verbrennungsanlagen.**
- **Darstellung der Pläne der Kläranlagenbetreiber, die in der Zukunft absehbar die Klärschlammentsorgung beeinflussen.**

- **Darstellung der 2029 für die Klärschlamm Entsorgung in NRW voraussichtlich zur Verfügung stehenden Verbrennungsanlagen unter Berücksichtigung der Pläne der Anlagenbetreiber.**

Seit dem Inkrafttreten der novellierten Klärschlammverordnung findet eine Verschiebung der Klärschlamm m en gen in den unterschiedlichen Entsorgungswegen statt. In NRW werden bereits rund 90 % der anfallenden Klärschlamm e thermisch entsorgt. Daher wird keine erhebliche Verschiebung der Klärschlamm m en gen innerhalb der unterschiedlichen Entsorgungsweg e erwartet.

Mit Projektfortschritt standen seitens des LANUV ebenfalls die Datensätze für das Jahr 2018 zur Verfügung. Zur realistischen Abbildung der Situation in NRW wurden die für die Projektbearbeitung besonders wichtige Daten aus 2017 und 2018 miteinander abgeglichen. Beim Abgleich wurden regional Änderungen festgestellt, die jedoch für gesamt NRW nicht signifikant waren. Die auffälligen Änderungen sind in den nächsten Abschnitten ebenfalls dargestellt.

3.2 Auswertung der Daten zur Klärschlamm Entsorgung in NRW

3.2.1 Klärschlamm aufkommen und Entsorgungsmengen

Die Datenauswertung hinsichtlich des Klärschlamm aufkommens und des Entsorgungsweges erfolgte auf Basis der LANUV-Daten aus dem Jahr 2017. Nach diesen Daten wurden für NRW seitens des LANUV 610 Kläranlagen, 5 Klärschlammbehandlungsanlagen und 8 Zwischenlager geführt. In Tabelle 3-1 ist die Verteilung der 610 Kläranlagen hinsichtlich ihrer Größenklasse dargestellt.

Tabelle 3-1: Verteilung der Kläranlagen in NRW nach Größenklassen

Größenklasse (GK)	Kapazität in Einwohnerwert	Anzahl in NRW
1	< 1.000	55
2	1.000 - 5.000	94 (2 Stilllegungen im Laufe des Jahres)
3	5.001 - 10.000	70
4a	10.001 - 50.000	243 (1 Stilllegung im Laufe des Jahres)
4b	50.001 - 100.000	77 → Handlungsbedarf bis 2032
5	> 100.000	71 → Handlungsbedarf bis 2029

Auf Grund der novellierten Klärschlammverordnung besteht für 77 Kläranlagen der GK 4b bzw. für 71 Kläranlagen der GK 5 nach 2032 bzw. 2029 Handlungsbedarf hinsichtlich der Phosphor-Rückgewinnung. Wie im Abschnitt 2.2 dargestellt, sind diese Anlagen verpflichtet, ihre Klärschlamm e einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen. Bezogen auf das gesamte Klärschlamm aufkommen in NRW von rund 388.000 t TM im Jahr 2017 erzeugten die „zuführungspflichtige“ Kläranlagen der GK 4b und GK 5 mit rund 315.000 t TM ca. 82 % der Klärschlamm e.

Die Standorte der zuführungspflichtigen Kläranlagen der GK 4b und 5 sind in Abbildung 3-1 dargestellt. Dabei sind die Kläranlagen der GK 5 nochmals hinsichtlich der Ausbaugröße unterteilt worden. Die fünf größten Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von >1.000.000 EW befinden sich im dicht besiedelten Bereich entlang der Rheinschiene und im westlichen Ruhrgebiet. Allein auf diesen fünf Kläranlagen wird mit rd. 77.300 t TM ca. 20 % der in NRW anfallenden Klärschlamm menge erzeugt.

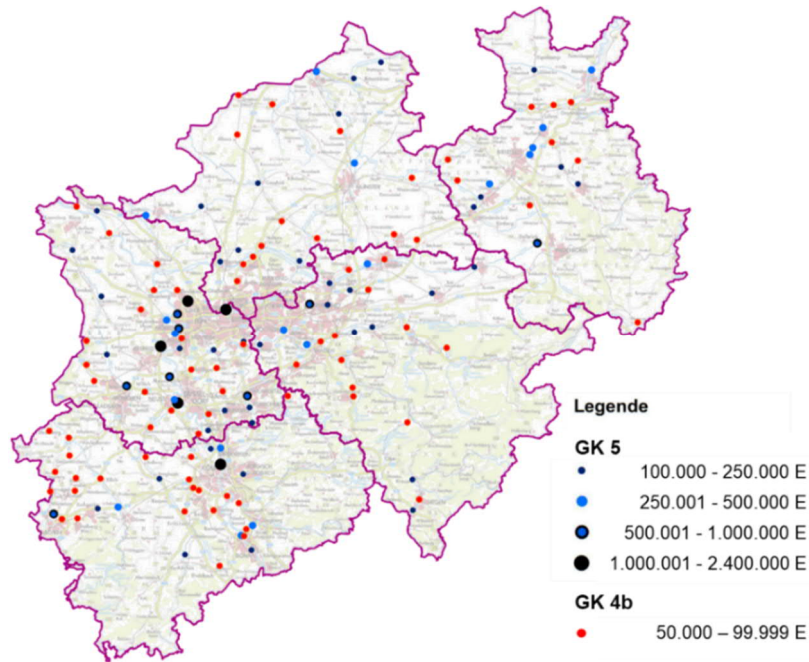


Abbildung 3-1: Lage der Kläranlagen der GK 4b und GK 5 in NRW

Eine Besonderheit für NRW sind die sondergesetzlichen Wasserverbände, die eine Vielzahl der Kläranlagen betreiben. Es ist zu erwarten, dass jeder Wasserverband für die zugehörigen Kläranlagen eine gemeinsame Lösung suchen wird. Daher kann die Verbandzugehörigkeit der Kläranlagen eine entscheidende Rolle zur Entwicklung der Zukunftsszenarien spielen. In Abbildung 3-2 sind die zuführungspflichtigen Kläranlagen nach Standort und Verbandzugehörigkeit dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Großteil der betroffenen Anlagen in NRW in Wasserverbänden organisiert ist. Allerdings liegen im Regierungsbezirk Detmold im Norden und Nordwesten von NRW bzw. an der Rheinschiene und im südlichen NRW auch zahlreiche verbandsfreie Kläranlagen, die von der Novellierung der Klärschlammverordnung direkt betroffen sind.

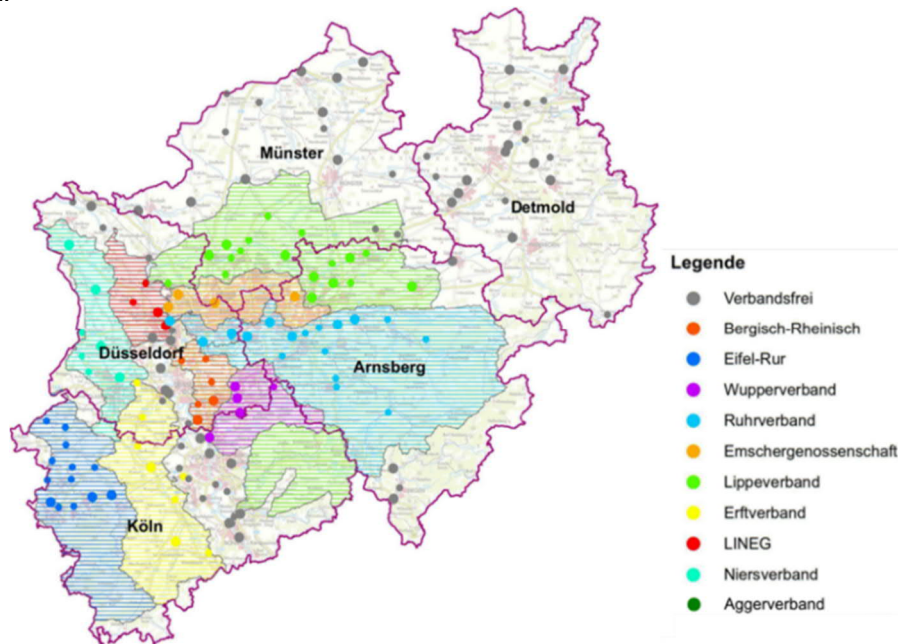


Abbildung 3-2: Kläranlagen GK 4b und GK 5 nach Verbandzugehörigkeit (Stand 2017)

Die tatsächlich entsorgte Klärschlammmenge unterscheidet sich vom Klärschlammaufkommen, da im Klärschlammaufkommen auch die Zwischenlagerung von Klärschlämmen berücksichtigt wird. Tatsächlich entsorgt wurden im Jahr 2017 in NRW rund 380.195 t TM Klärschlamm. Unter den Entsorgungswegen sind hauptsächlich die Verbrennung, Landwirtschaft, Landschaftsbau und biologische Behandlung zu nennen. Die Verteilung der Entsorgungswegen ist in Abbildung 3-3 grafisch dargestellt. Von den in NRW entsorgten rund 380.000 t TM/a Klärschlamm wurden 2017 rund 89 % verbrannt und 8 % landwirtschaftlich verwertet. Andere Entsorgungswegen waren von untergeordneter Bedeutung.

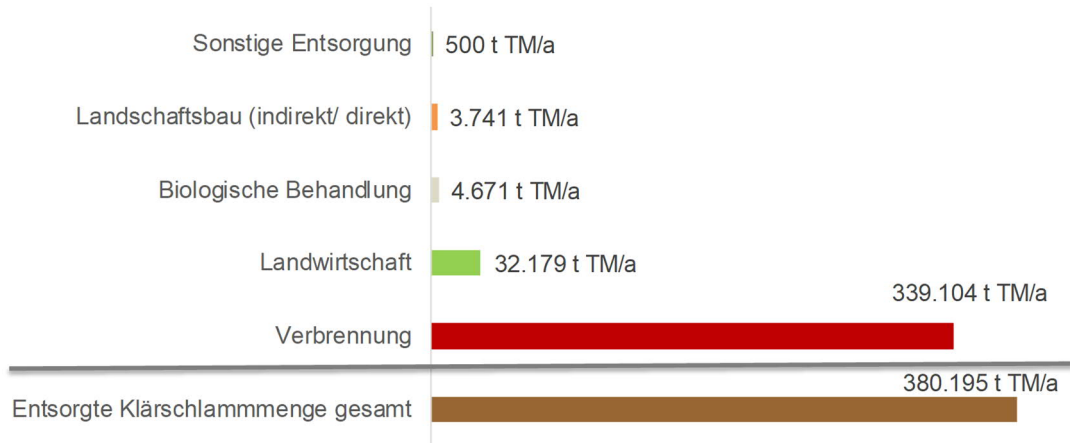


Abbildung 3-3: Aufteilung der Klärschlamm Entsorgungswege in NRW (Stand 2017)

Wie in Abbildung 3-4 dargestellt, zeigt die Verteilung der Entsorgungswegen regionale Unterschiede. In den dicht besiedelten Regionen sind die Verbrennungsanteile höher. In den weniger besiedelten nördlichen Regierungsbezirken wird vergleichsweise mehr Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet.

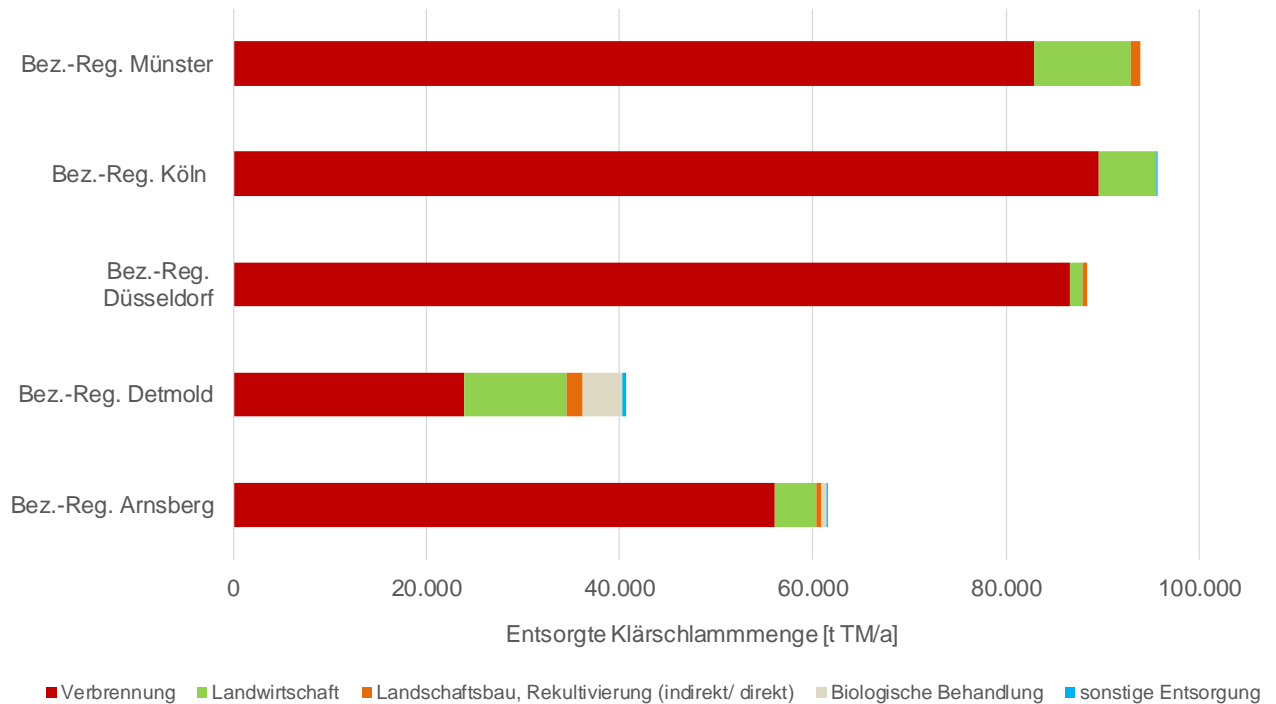


Abbildung 3-4: Klärschlamm Entsorgungswege in NRW nach Bezirksregierungen (Stand 2017)

Wie im Abschnitt 3.1 erläutert, ist seit dem Inkrafttreten der Klärschlammnovellierung im Jahr 2017 eine erhebliche Bewegung in den Bereichen Abwasser- und Klärschlammbehandlung sowie Klärschlamm Entsorgung zu beobachten. Da der Projektzeitraum sich direkt in der entwicklungsreichen Phase befand, kam es bereits während der Projektbearbeitung zu Verschiebungen der Klärschlamm Mengen von der landwirtschaftlichen Verwertung in die Verbrennung. Dies war insbesondere im Regierungsbezirk Detmold festzustellen. Im nächsten Abschnitt wird im Detail darauf eingegangen, inwieweit diese Entwicklungen in der weiteren Projektbearbeitung Berücksichtigung finden konnten.

3.2.2 Landwirtschaftliche Klärschlamm Entsorgung

Die landwirtschaftliche Klärschlamm Entsorgung hatte im Jahr 2017 mit 32.179 t TM einen Anteil von rund 8 % in NRW. In Abbildung 3-5 sind alle Kläranlagen in NRW dargestellt, die im Jahr 2017 ihren Klärschlamm u.a. noch landwirtschaftlich entsorgt haben.

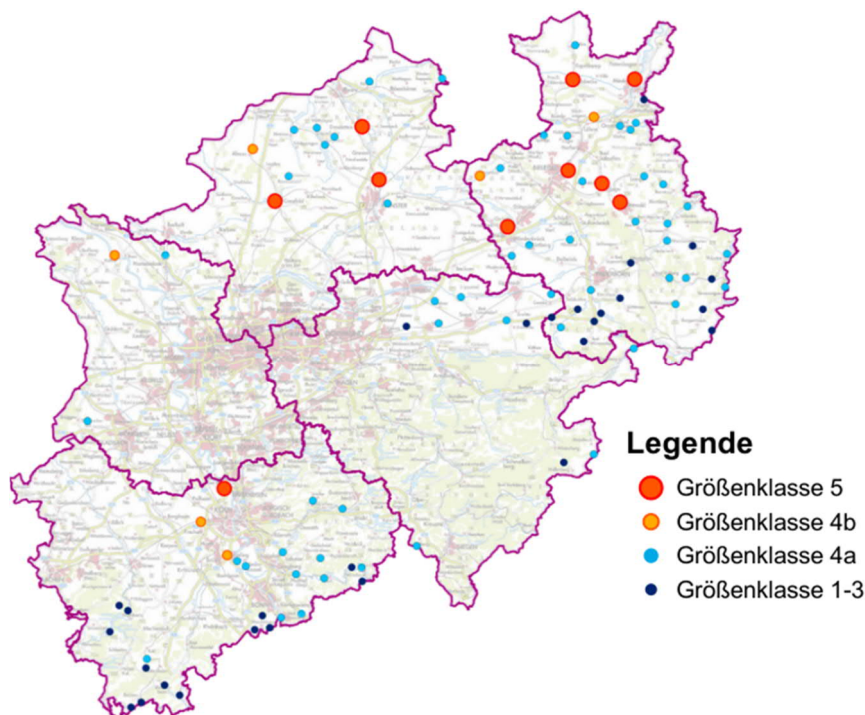


Abbildung 3-5: Landwirtschaftlich entsorgende Kläranlagen in NRW nach Größenklassen (Stand 2017)

Es wird deutlich, dass 2017 auch Kläranlagen der GK 4b und GK 5 Teilmengen der landwirtschaftlichen Entsorgung zugeführt haben. Die Verteilung der Anlagen innerhalb NRWs, die ihre Klärschlämme landwirtschaftlich verwerteten, zeigte regionale Unterschiede. Zwei Drittel der in NRW landwirtschaftlich entsorgten Klärschlämme sind den weniger dicht besiedelten Regierungsbezirken Detmold und Münster zuzuordnen (siehe auch Abbildung 3-4).

Die landwirtschaftlich entsorgten Mengen sind der Abbildung 3-6 zu entnehmen. Hier sind auch das Zwischenlager Soest sowie die Behandlungsanlage Hamm dargestellt, die Klärschlämme externer Erzeuger behandeln und in die landwirtschaftliche Verwertung abgeben. Diese Anlagen beziehen Klärschlämme aus unterschiedlichen Kläranlagen, die nicht selbst final entsorgen und werden daher in der Auswertung mitberücksichtigt.

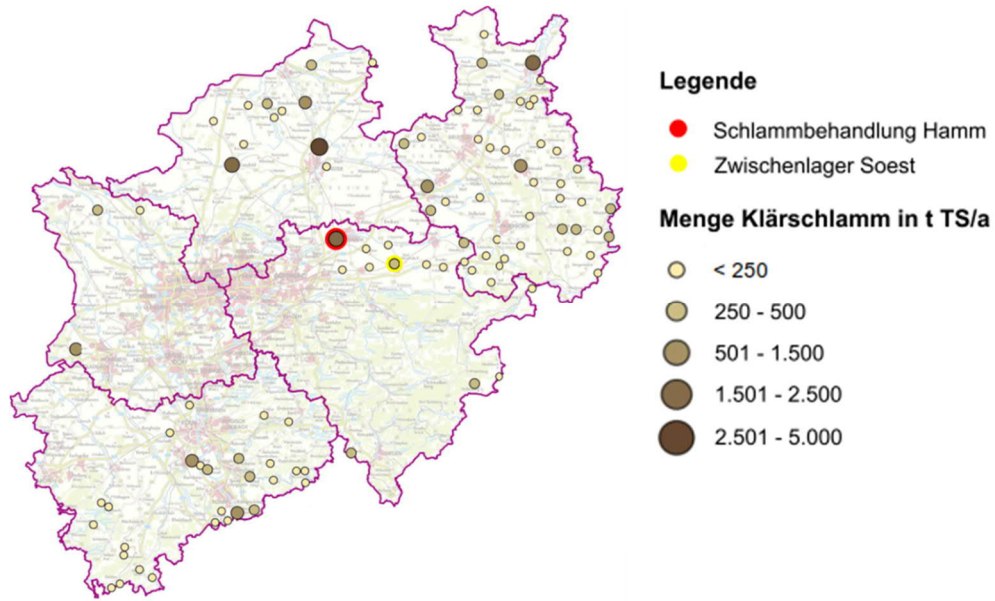


Abbildung 3-6: Klärschlamm mngen in landwirtschaftlich entsorgenden Kläranlagen in NRW (Stand 2017)

Aus Abbildung 3-6 geht hervor, dass im Regierungsbezirk Detmold der Anfall der landwirtschaftlich entsorgten Mengen auf die ganze Region und auf unterschiedliche Anlagengrößen verteilt ist. Im Regierungsbezirk Münster fallen zwei große Anlagen mit relativ großen Klärschlamm mngen auf. Da die bodenbezogene Verwertung für die Kläranlagen der GK 4b und GK 5 nach 2029 bzw. 2032 nicht mehr zulässig ist, werden in diesen Regionen die größten Verschiebungen der Klärschlamm mngen erwartet. Für einen Teil dieser Kläranlagen sind bereits konkrete Pläne vorhanden, die im Abschnitt 3.3 dargestellt werden.

Bei den landwirtschaftlich entsorgten Mengen wurden bereits während der Projektbearbeitung aktuelle Trends festgestellt. Insbesondere für den Regierungsbezirk Detmold konnten Verschiebungen bei den Entsorgungswegen festgestellt werden. In Abbildung 3-7 werden die Situationen 2017 und 2018 miteinander verglichen.

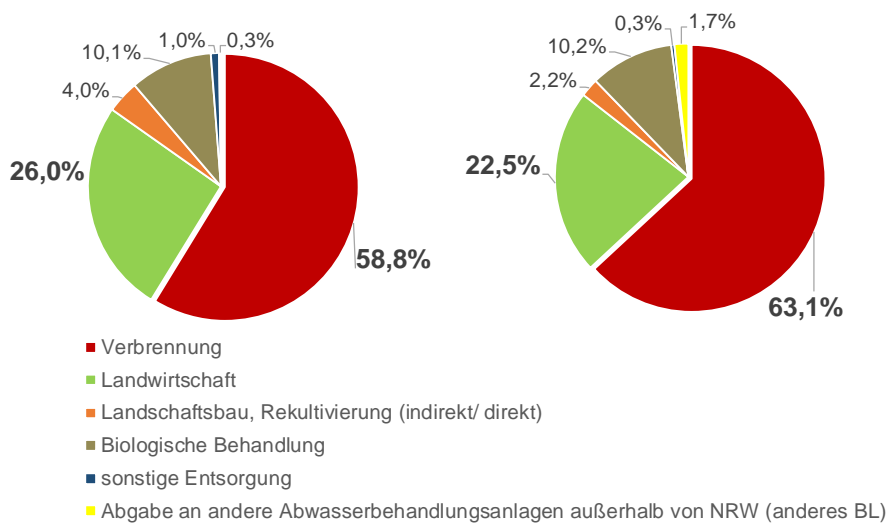


Abbildung 3-7: Aufteilung der Klärschlamm Entsorgungswege im Regierungsbezirk Detmold 2017 (links) und 2018 (rechts)

Aus den Daten kann abgelesen werden, dass sich regional ein Rückgang in der landwirtschaftlichen Entsorgung ergeben hat. Auch die Klärschlammwertung im Landschaftsbau hat abgenommen. Parallel mit diesen Rückgängen steigt der prozentuale Anteil des thermisch entsorgten Klärschlammes von 58,8 % auf 63,1 %.

Die Auswirkung dieser Änderungen auf die Zahlen für gesamt NRW ist jedoch relativ gering. Bezogen auf die Klärschlammengen in NRW war der Anteil der thermischen Entsorgung mit 89 % bereits im Jahr 2017 relativ hoch. Allerdings kann eindeutig von einem stetigen Rückgang der landwirtschaftlichen Entsorgung ausgegangen werden. Es wird vermutet, dass in den nächsten zwei bis drei Jahren über die Entwicklungen bezüglich einer Verschiebung der derzeit nicht thermisch verwerteten Klärschlammengen genauere Aussagen getroffen werden können.

3.2.3 Anlagen zur thermischen Klärschlamm Entsorgung

In NRW wurden im Jahr 2017 insgesamt 339.104 t TM Klärschlämme thermisch entsorgt. Darin enthalten sind auch die Klärschlämme, die zur thermischen Entsorgung in andere Bundesländer exportiert wurden. Die Verteilung je nach Entsorgungs-Bundesland ist in Abbildung 3-8 dargestellt.

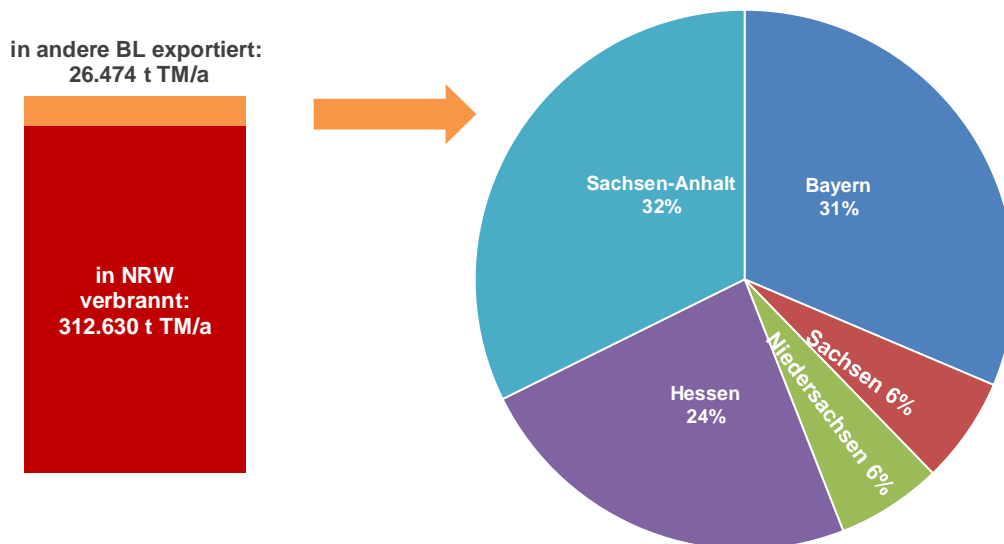


Abbildung 3-8: Thermisch entsorgte Klärschlammengen in NRW (Stand 2017)

Von 339.104 t TM thermisch entsorgten Klärschlämmen wurden 312.630 t TM in NRW verbrannt. Die in andere Bundesländer exportierte Menge betrug 26.474 t TM, was einem Anteil von 8 % an der gesamten thermisch entsorgten Menge entspricht.

In NRW stehen für die thermische Klärschlamm Entsorgung derzeit noch unterschiedliche Wege zur Verfügung:

- **(Mono-)Klärschlammverbrennungsanlagen**
- **Mitverbrennung in Kohlekraftwerken**
- **Mitverbrennung in Zementwerken**
- **Mitverbrennung z.B. in Müllverbrennungsanlagen etc. (im Weiteren als „Mitverbrennung sonstige“ geführt)**

In Abbildung 3-9 ist die prozentuale Verteilung der thermischen Klärschlammverwertung dargestellt. Knapp mehr als die Hälfte des in NRW anfallenden Klärschlammes wurde in Monoklärschlammverbrennungsanlagen verwertet, gefolgt von der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken. Die Mitverbrennung in Zementwerken und z.B. in Müllverbrennungsanlagen ist von untergeordneter Bedeutung.

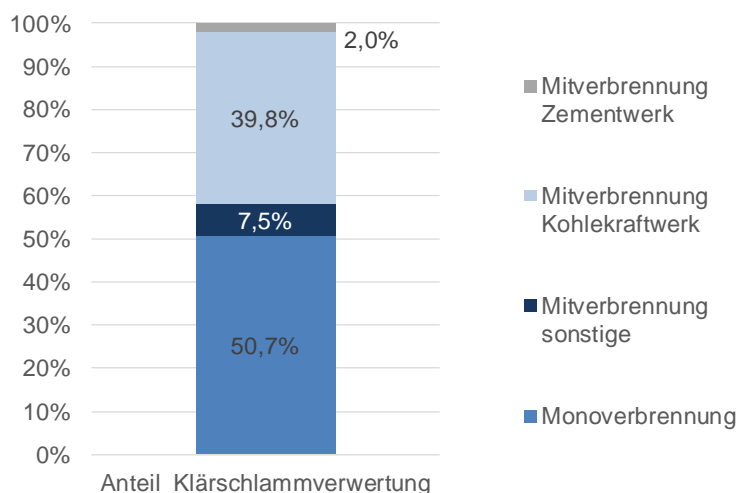


Abbildung 3-9: Prozentuale Verteilung in der thermischen Klärschlammverwertung in NRW (Stand 2017)

In NRW werden derzeit neun (Mono-) Klärschlammverbrennungsanlagen (KSVA) betrieben. Diese sind in Tabelle 3-2 aufgelistet.

Tabelle 3-2: Klärschlammverbrennungsanlagen in NRW mit Angabe des Durchsatzes

Entsorger-nummer	Betreiber	Standort	Inbetrieb-nahme	Durchsatz 2017 in t OS/a
E12412101	Wupperverband	Wuppertal	1977	113.168
E31432040	Bundesstadt Bonn	Bonn	1981	21.923
E35832027	Wasserverband Eifel-Rur	Düren	1975	23.643
E51252010	Emschergenossenschaft	Bottrop	1978	113.775
E96292249	WFA Elverlingsen	Werdohl	2002	201.397 (Abfälle, EBS, Klärschlamm 196.343 (nur Klärschlamm))
E97895459	Innovatherm	Lünen	1998	205.362
E31632082_KVA	Currenta	Leverkusen	1985	78.910
E56252772	Evonik Degussa	Marl	1980	50.043
E37832130	Metsä Board Zanders	Bergisch Gladbach	n.b.	14.680

n.b. = nicht bekannt

Die Verbrennungsanlagen der Currenta, Evonik und der Metsä Board Zanders wurden hier nur der Vollständigkeit halber mit aufgeführt. Für die weiteren Auswertungen und Betrachtungen sind sie aber nicht

von Bedeutung, da sie entweder nur den eigenen oder aber industriellen Schlamm verbrennen und damit perspektivisch nicht für eine Phosphorrückgewinnung zur Verfügung stehen. Somit reduziert sich die Anzahl der für die zukünftigen Betrachtungen bedeutsamen KSVA auf sechs.

In Abbildung 3-10 sind die sechs KSVA, die für den Standort NRW betrachtet werden, dargestellt.

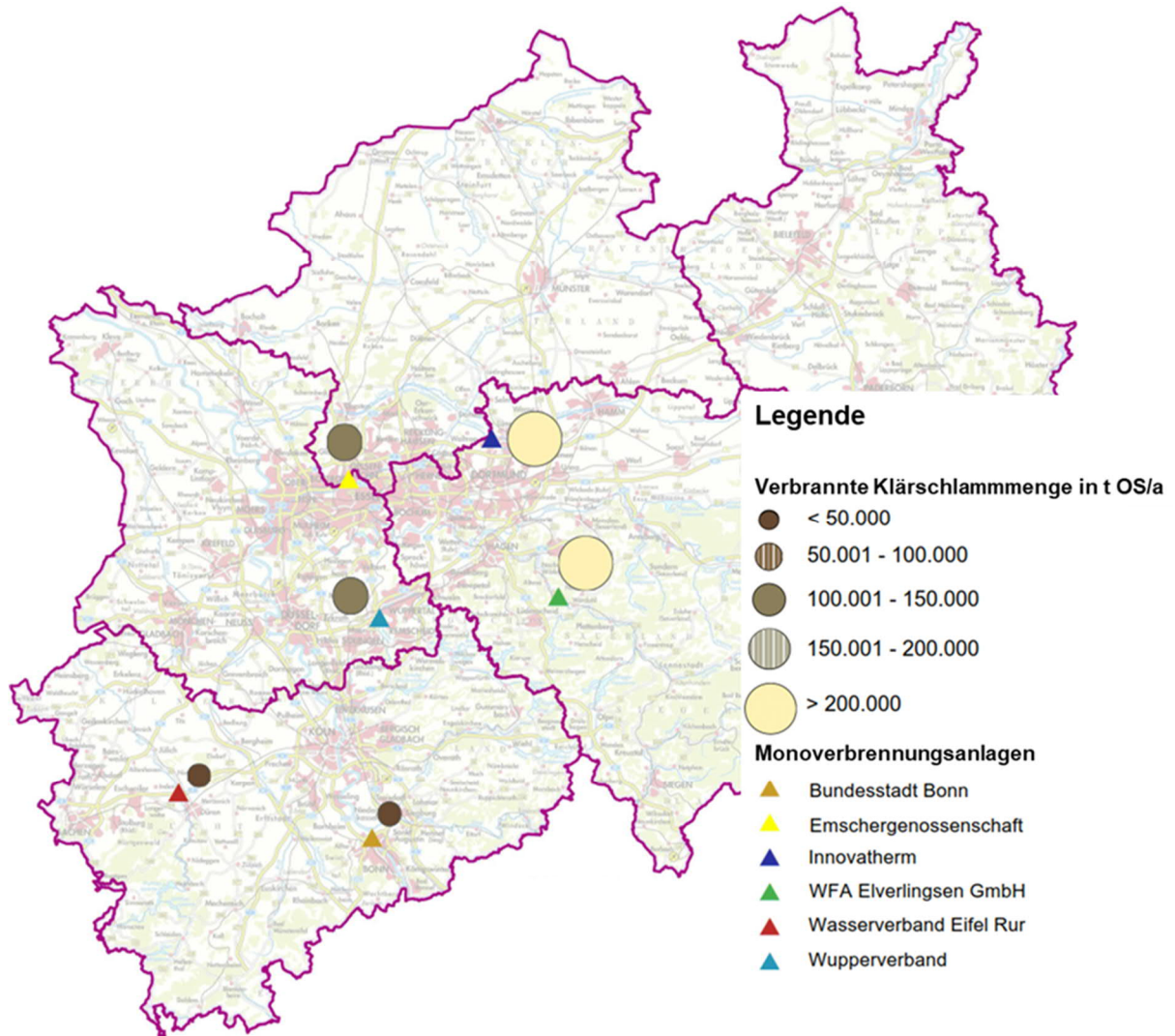


Abbildung 3-10: Standorte der Mono-KSVA in NRW mit Klassifizierung des Durchsatzes

Der Standort der großen Anlagen von Innovatherm und WFA Elverlingsen mit Durchsätzen >200.000 t OS/a liegt strategisch gut zentriert in NRW. Auch die größeren Anlagen der Emschergenossenschaft und des Wupperverbandes mit Durchsätzen zwischen 100.001 und 150.000 t OS/a liegen verkehrstechnisch günstig. Für die Ermittlung der theoretisch zur Verfügung stehenden Kapazitäten bzw. zur Ermittlung der Auslastung dieser Anlagen werden die Durchsätze in Bezug zur nutzbaren Kapazität gesetzt.

Die Kapazitäten der einzelnen Anlagen ergeben sich aus den Durchsätzen des Jahres 2017 in Bezug zur nutzbaren Kapazität (siehe Tabelle 3-3). Die Anlagen verfügen über eine genehmigte Gesamtkapazität von 874.104 t OS/a bzw. über eine nutzbare Kapazität von 787.066 t OS/a. In den Anlagen wurden im Jahr 2017 rd. 674.214 t Klärschlamm bezogen auf die Originalsubstanz durchgesetzt.

Tabelle 3-3: Rechnerische Auslastung der KSVAs in NRW (Stand 2017)

KSVAs	Nutzbare Gesamtkapazität	Durchsatz 2017	Theoretisch freie Kapazität	Auslastung der Anlage
	t OS/a	t OS/a	t OS/a	zu
Wuppertal	125.984	113.168	12.816	90 %
Bundesstadt Bonn	21.923	21.923	0	100 %
Wasserverband Eifel-Rur	42.424	23.643	18.781	56 %
Emschergenossenschaft	121.726	113.775	7.951	93 %
WFA Elverlingsen				
<i>Abfälle/EBS/Klärschlamm</i>	272.195	201.397	70.798	74 %
<i>nur Klärschlamm</i>	227.111	196.343	30.768	
Innovatherm	247.898	205.362	42.536	83 %
GESAMT	787.066	674.214	112.852	

Die eingesetzten Klärschlammengen beinhalten entsprechend der Angaben der Anlagenbetreiber die Mengen sowohl aus NRW als auch die Importe aus den anderen Bundesländern und dem Ausland. Von den in NRW insgesamt entsorgten 380.195 t TM/a Klärschlamm könnten rund 61 % in den bestehenden KSVAs entsorgt werden. Bezogen auf die nutzbaren Kapazitäten standen im Jahr 2017 theoretisch noch rd. 112.852 t OS/a freie Kapazitäten zur Verfügung. Unter der Annahme eines Trockensubstanz-Gehalts von 25 % ergeben die Daten eine nutzbare Kapazität von insgesamt 196.767 t TM/a, wovon 28.213 t TM/a „theoretisch“ frei verfügbar sind. Die berechnete ungenutzte Kapazität ist allerdings nur als eine theoretische Größe zu verstehen. Praktisch waren alle Anlagen 2017 fast vollständig ausgelastet, die Differenzen ergeben sich durch eine nicht 100 %-ige Verfügbarkeit und Stillstandzeiten aufgrund von Revisionen oder Anlagenstörungen.

Eine Aktualisierung der Daten mit der Datenerhebung des LANUV vom Jahr 2018 resultierte in den in Tabelle 3-4 ersichtlichen Zahlen, die auch zur Szenarien-Ausarbeitung herangezogen werden.

Tabelle 3-4: Entsorgungskapazitäten der KSVAs in NRW (Stand 2018)

KSVAs	Standort	Theoretische Gesamtkapazität	Durchsatz 2018
		t TM/a	t TM/a
Wuppertal	Wuppertal	32.000	27.678
Bundesstadt Bonn	Bonn	8.000	6.257
Wasserverband Eifel-Rur	Düren	14.000	7.232
Emschergenossenschaft	Bottrop	44.000	23.866
WFA Elverlingsen	Werdohl	61.320 (53.000)*	50.636
Innovatherm	Lünen	95.000	71.098
GESAMT		254.320 (246.000)*	186.767

* im Laufe der Projektbearbeitung nach aktuellen Angaben des Ruhrverbands geändert

Von den in den sechs KSVA insgesamt entsorgten 186.767 t TM/a Klärschlamm im Jahr 2018 stammten rund 77 % bzw. 143.807 t TM/a aus NRW. Die genaue Verteilung innerhalb der einzelnen Anlagen wird im Kapitel 5 dargestellt.

Nach den Plänen der Wasserverbände werden die Anlagen des Wupperverbands (Wuppertal), der Bundesstadt Bonn (Bonn) und des Wasserverbands Eifel-Rur (Düren) stillgelegt bzw. neu gebaut. Die Kapazität der Innovatherm-Anlage wird erweitert. Die voraussichtliche Kapazität der hier aufgeführten Bestandsanlagen zur Klärschlamm(mono)verbrennung reduziert sich im Jahr 2029 somit auf 182.636 t TM/a.

Die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken erfolgt in NRW in den in Tabelle 3-5 aufgeführten Kraftwerken.

Tabelle 3-5: Kohlekraftwerke in NRW mit Angabe des Durchsatzes

Entsorgernummer	Betreiber	Inbetriebnahme	Durchsatz 2017 in t OS/a
E11212204	Stadtwerke Duisburg	außer Betrieb	89.426
E91697151	BAV Aufbereitung Herne GmbH	Stilllegung geplant	48.125
E35432010	RWE Power, Kraftwerk Weilweiler in Eschweiler	1954 - 93	395.619
E36232040	RWE Power, Kraftwerk Berrenrath (Veredelungsanlage)	1991	256.663
E36232066	RWE Power, Kraftwerk Frechen-Wachtberg (Veredelungsanlage)	1975	252.505
E36232074	RWE Power, Kraftwerk Goldenberg (Veredelungsanlage)	1987	163.771
E56652000	RWE Generation, Kraftwerk RWE, Ibbenbüren	1985	33.385
E97892239	REMONDIS Production, Lippewerk in Lünen	1980	208.619

Die Kapazität der Kohlekraftwerke für die Mitverbrennung hängt vom Trocknungsgrad des Klärschlammes ab und ist durch die Feuerungswärmeleistung (max. 25 %) begrenzt. Die Angabe eines Zahlenwerts für die Mitverbrennungs-Kapazität der Kraftwerke ist daher nicht möglich. RWE als großer Kraftwerksbetreiber investiert derzeit in die Kapazitätserweiterung mittels zusätzlicher Lager-, Förder- und Trocknungseinrichtungen.

Bei dem Kraftwerk der Stadtwerke Duisburg ist die Verbrennungslinie, in der Klärschlamm mitverbrannt wurde, 2018 außer Betrieb gegangen. Sie ist hier nur der Vollständigkeit halber noch aufgeführt worden, da hier für das Jahr 2017 Daten generiert wurden. Einen Sonderfall stellt auch die BAV Aufbereitung Herne GmbH dar. Der Klärschlamm Einsatz erfolgt in einer Kohletrocknungsanlage und wird der Mit- und nicht der Mono-Klärschlammverbrennung zugeordnet. Für diese Anlage ist ebenfalls eine Stilllegung geplant. Im Jahr 2017 wurden hier noch Klärschlamm entsorgt, allerdings wird diese Anlage auf Grund der geplanten Stilllegung bei den Zukunftsszenarien nicht betrachtet.

Derzeit ist eine thermische Entsorgung von Klärschlamm auch durch eine Mitverbrennung im Zementwerk möglich. In Tabelle 3-6 sind die in NRW ansässigen Zementwerke aufgeführt, die 2017 Klärschlämme zur Entsorgung angenommen haben. Aufgrund der Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung stehen diese Anlagen nur zur Entsorgung der Klärschlämme aus Kläranlagen der GK 1 bis GK 4a oder für Klärschlamm nach bereits erfolgter Phosphorrückgewinnung zur Verfügung.

Tabelle 3-6: Zementwerke in NRW mit Angabe des Durchsatzes

Entsorgernummer	Betreiber	Inbetriebnahme	Durchsatz 2017 in t OS/a
E56652050	Dyckerhoff	-	149.341
E77477005	HeidelbergCement AG – Zementwerk Paderborn	-	28.544

Unter „sonstige Mitverbrennung“ werden die Entsorger zusammengefasst, die im Jahr 2017 kommunale Klärschlämme mitverbrannt haben. Diese sind in Tabelle 3-7 ersichtlich.

Tabelle 3-7: Sonstige Verbrennungsanlagen in NRW mit Angabe des Durchsatzes

Entsorgernummer	Anlage		Durchsatz 2017 in t OS/a
E11312162	RWE Generation SE, MHKW Essen-Kar-nap		717.470
E11412175	Müll -u. Klärschlammverbrennungsanlage, EGK GmbH & Co. KG, Krefeld	1975	376.914
E17012100	Abfallentsorgungszentrum (AEZ) Asdonks-hof, KWA, Kamp-Lintfort	1997	290.370
E71172270	MVA Müllverbrennungsanlage GmbH, Bielefeld	1981	390.243

Auch diese Anlagen stellen nach Ablauf der Fristen nur für Klärschlämme aus Kläranlagen der GK 1 bis GK 4a oder nach einer Phosphorrückgewinnung einen Entsorgungsweg dar.

RWE plant für die Zukunft, dass eine Mitverbrennung nur in den Veredelungsanlagen stattfinden wird. Daher werden zur Entwicklung der Zukunftsszenarien neben den KSVA des Wupperverbands, der Bundesstadt Bonn, des Wasserverbands Eifel-Rur, der Emschergenossenschaft, der WFA Elverlingsen und Innovatherm die drei Kraftwerke der Veredelungsstandorte, nämlich die Kraftwerke Berrenrath, Frechen-Wachtberg und Goldenberg mitberücksichtigt. Die aktuellen Durchsätze dieser Anlagen zur Klärschlamm Entsorgung sind in Tabelle 3-8 dargestellt.

Tabelle 3-8: Durchsatz der Kohle-Veredelungsanlagen in NRW (Stand 2018)

Betreiber	Durchsatz 2018 in t TM/a
RWE Power, Kraftwerk Berrenrath, Veredelungsanlage	82.139
RWE Power, Kraftwerk Frechen-Wachtberg, Veredelungsanlage	75.785
RWE Power, Kraftwerk Goldenberg, Veredelungsanlage	50.853

In den dargestellten Durchsätzen sind auch außerhalb von NRW erzeugte Klärschlamm-mengen enthalten. In den drei Veredelungsanlagen werden derzeit knapp 209.000 t TM/a entsorgt. Von ca. 380.000 t TM/a Klärschlämmen, die in NRW anfallen, können ca. die Hälfte bereits durch KSVA entsorgt werden. Die bestehende Mitverbrennungskapazitäten in Veredelungsanlagen sind theoretisch ausreichend, um die andere Hälfte der in NRW anfallenden Klärschlämme thermisch zu entsorgen.

3.2.4 Phosphorgehalt im Klärschlamm

Die Kläranlagen der GK 4b und GK 5 sind nach 2029 bzw. 2032 verpflichtet, ihre Klärschlämme einer Phosphor-Rückgewinnung zuzuführen, wenn der Phosphor-Anteil in der Trockenmasse des Klärschlammes größer oder gleich 20 g/kg ist.

Zur Ermittlung, wie viele Kläranlagen in NRW von dieser Reglementierung betroffen sein könnten, wurden die Angaben zu den Phosphorgehalten im Klärschlamm aus einer zusätzlichen Datenerhebung des LANUV ausgewertet.

Bei dieser Datenerhebung haben von 623 Kläranlagen (mit Zwischenlagern und Klärschlammbehandlungsanlagen) 597 Kläranlagen eine Rückmeldung gegeben, welches einer Quote von 94 % entspricht. Davon haben 489 Kläranlagen die Freigabe zur Auswertung ihrer Daten erteilt. Im Rahmen der Fragebogenerhebung wurden die Phosphorgehalte vor Vermischung z.B. mit Kalk o.ä. für die Jahre 2015, 2016 und 2017 angefragt. Für die statistische Auswertung der Phosphorgehalte über alle Kläranlagengrößen standen so 893 Einzelmessungen zur Verfügung. Ergebnis dieser Auswertung ist im Median ein Phosphorgehalt von 31 g/kg TM.

Der Phosphorgehalt im Klärschlamm in den Kläranlagen der GK4b und 5 ist in Abbildung 3-11 georeferenziert dargestellt.

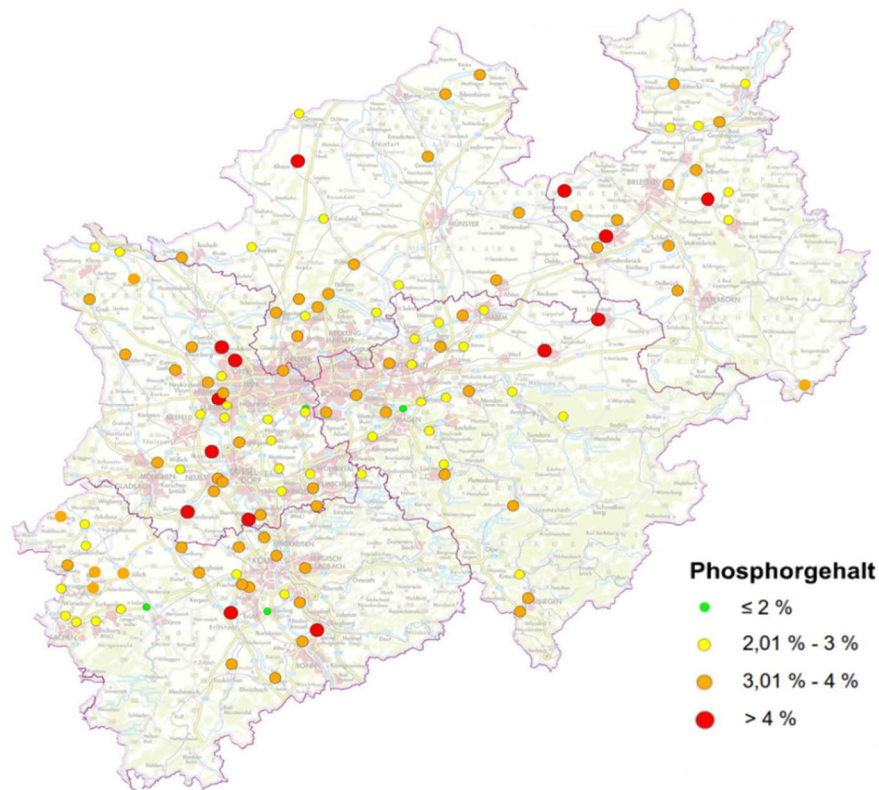


Abbildung 3-11: Kläranlagen der GK 4b und 5 klassifiziert nach dem Phosphorgehalt im Klärschlamm

Es wird hier deutlich, dass für den größten Teil der Kläranlagen der GK 4b und 5 zukünftig die Pflicht zur Zuführung in eine Phosphorrückgewinnung besteht. Falls eine Phosphorrückgewinnung im Rahmen der Abwasserbehandlung durchgeführt wird, müsste dadurch die Phosphor-Konzentration im Klärschlamm auf unter 20 g P/kg reduziert werden. Bei einer Phosphorrückgewinnung aus behandeltem Klärschlamm, der nach Abfallrecht zu betrachten ist, muss der Phosphor-Gehalt entweder auf unter 20 g P/kg gebracht oder um 50 % reduziert werden. Im Fall einer Mono- oder Mitverbrennung des abschließend behandelten Klärschlammes müssten mindestens 80 % des Phosphors aus der Asche zurückgewonnen werden.

Die Höhe des Phosphorgehalts kann die Verfahrensauswahl beeinflussen. Sofern die Phosphorkonzentration unter rund 30 g P/kg liegt, können unter wirtschaftlichen Aspekten auch Rückgewinnungsverfahren mit weniger hohen Rückgewinnungsquoten zum Einsatz kommen.

Die Kläranlagen mit einer biologischen Phosphorelimination haben bei einer niedrigeren erforderlichen Phosphorrückgewinnungsquote einen weiteren Vorteil, da Phosphor in der Faulung ohne weiteren Aufwand rückgelöst wird und zur Phosphorrückgewinnung direkt zur Verfügung steht. Allerdings findet die biologische Phosphorelimination nur selten Anwendung in Deutschland, da die vorgeschriebenen Ablaufgrenzwerte für Phosphor durch reine biologische Verfahren schwer zu erreichen sind.

In NRW gibt es auch Anlagen, die trotz ihrer Größe nicht direkt unter die Phosphorrückgewinnungspflicht fallen, da diese im Klärschlamm eine Phosphorkonzentration von weniger als 20 g P/kg aufweisen. Die statistische Auswertung des Phosphorgehalts auf Kläranlagen der GK 4b und GK 5 ergibt die in Tabelle 3-9 aufgeführten Werte.

Tabelle 3-9: Phosphorgehalte im Klärschlamm der GK 4b und GK 5

	Anzahl Datensätze	Median	Anteil < 20 g P/kg
GK 4b	177	32,5	5,7 % der Anlagen
GK 5	166	32,8	4,4 % der Anlagen
GK 4b und 5	343	32,6	5,2 % der Anlagen

Tabelle 3-10 stellt die Entsorgungswege für Klärschlämme für die Kläranlagen zusammen, für die Angaben zum Phosphorgehalt im Klärschlamm vorliegen.

Tabelle 3-10: Entsorgungswege des Klärschlammes klassifiziert nach dem P-Gehalt

Phosphor-gehalt	Klärschlammensorgung in t TM/a				
	Verbrennung	Landwirtsch.	Biologische B.	Landschaftsbau	Sonstiges
● ≤ 2 %	8.731	1.453	-	436	-
● 2,01 - 3 %	41.998	5.781	710	-	-
● 3,01 - 4 %	127.390	2.417	1.181	-	-
● > 4 %	16.708	698	1.252	236	-

Derzeit werden meist Klärschlämme mit einem Phosphorgehalt von 2 bis 3 % in der Landwirtschaft entsorgt.

3.3 Entwicklungen auf dem Klärschlamm Entsorgungsmarkt

3.3.1 Initiativen zum Phosphor-Recycling

In NRW haben sich im Laufe des Jahres 2019 viele Wasserverbände und verbandsfreie Kläranlagen zu Kooperationen zusammengeschlossen, um ein gemeinsames Entsorgungskonzept zu verfolgen. Mit Stand April 2020 sind die folgenden Kooperationen zu nennen:

- **Klärschlammkooperation Rheinland (KKR)**
mit Erftverband, Niersverband, Stadt Bonn, Stadtentwässerungsbetriebe Köln (StEB Köln), Wasser- und Bodenverband Wahn, Wasserverband Eifel-Rur (WVER)

Es ist möglich, dass sich 2020 der Kooperation noch weitere Kommunen beteiligen, z.B. Umlandkommunen wie Troisdorf, Niederkassel, Königswinter, Bergisch Gladbach, die Kläranlagen des Rhein-Sieg Kreises, Niederkrüchten und Pulheim.

Zur Entsorgung der anfallenden Klärschlämme ist eine KSVA mit einer Kapazität von bis zu 90.000 t TM/a geplant. Ein Standort für die Anlage wird noch gesucht.⁴

- **Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH (KSVB)**
mit Städten Düsseldorf und Münster, Aggerverband, Bergisch-Rheinischer Wasserverband (BRW), Wupperverband

Die im Juli 2019 gegründete Kooperation sieht vor, am Standort der bestehenden Klärschlammverbrennungsanlage in Wuppertal-Buchenhofen eine neue Anlage mit einer Kapazität von 36.000 t TM/a zu errichten.

- **Klärschlammkooperation Ostwestfalen Lippe GmbH (OWL)**
Derzeit 78 Abwasserbeseitigungspflichtige

Im Oktober 2018 vereinbarten der Abfallwirtschaftsverband Lippe, die Gesellschaft zur Entsorgung von Abfällen Kreis Gütersloh mbH, die Herforder Abwasser GmbH, der Abfallentsorgungsbetrieb des Kreises Minden-Lübbecke, der Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld sowie die Stadt Gütersloh als Erstunterzeichner eine Vorvereinbarung zur interkommunalen Klärschlammkooperation in Ostwestfalen-Lippe (OWL). Derzeit gehören 78 Abwasserbeseitigungspflichtige zur Kooperation.

Geplant ist eine gemeinsame europaweite Ausschreibung zum Bau und Betrieb einer modernen Klärschlammverbrennungsanlage für 44.000 t TM/a. Über die Art des Phosphorrecyclings soll in einem späteren Schritt entschieden werden.

- **Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG)**
LINEG: Duisburg-Rheinhausen, Moers-Gerdt, Kamp-Lintfort, Rheinberg, Labbeck, Xanten-Lüttlingen

Der Generalplanerauftrag ist erteilt. Geplant sind eine KSVA und eine Klärschlamm-trocknungsanlage am Standort Asdonkshof. Mögliche Kooperationspartner sind die Stadt Duisburg und der Niersverband mit einer Teilmenge. Sollte keine Kooperation zu Stande kommen, wird eine Anlage für die Bedürfnisse der LINEG errichtet.

Die Entwicklungen bei den Wasserverbänden, die zu keiner Klärschlammkooperation gehören, sondern ihre Aktivitäten bisher innerhalb der Verbandsanlagen planen, sind nachfolgend dargestellt:

- **Ruhrverband**
alle Kläranlagen des Ruhrverbands zzgl. Sundern-Röhrensprung und Sundern-Brenschede

⁴ Nachrichtlich: Die Planungen zum Bau einer eigenen, neuen KSVA wurden von der KKR nach dem April 2020 (Stichtag dieser Untersuchung) aufgegeben.

Der Ruhrverband ist Gesellschafter der Wirbelschichtverbrennungsanlage Elverlingsen GmbH (WFA E), eines gemeinsamen Tochterunternehmens des Ruhrverbandes und der Mark-E. Für einen überwiegenden Teil der beim Ruhrverband anfallenden Klärschlämme bestehen langfristige Abnahmeverträge mit der WFA E. Die Entsorgung der restlichen 20 % wird regelmäßig öffentlich ausgeschrieben und vergeben.

- **Emschergenossenschaft/Lippeverband (EGLV)**
alle Kläranlagen von EGLV

Am Standort Bottrop wird eine solarthermische Klärschlamm trocknungsanlage mit rund 41.000 m² Trocknungsfläche gebaut. Zur besseren Entwässerbarkeit werden dem Klärschlamm Polymere sowie aktuell noch Stein- und Braunkohle zudosiert. Die beigemischte Kohle ist außerdem zur Erreichung eines für die Verbrennung ausreichenden Brennwertes erforderlich. Durch Trocknung der Klärschlämme kann auf die Beimischung von Kohle verzichtet werden, wodurch die Kapazität für die Verwertung von Klärschlamm erhöht wird. Die Planungen sehen vor, dass in Bottrop die Entsorgung aller bei der Emschergenossenschaft anfallenden Klärschlämme und Teile der Klärschlämme des Lippeverbandes ermöglicht wird.

Laufende Aktivitäten zum Thema Phosphorrückgewinnung erfolgen im Rahmen des Interreg VB-NWE-Projektes Phos4You.

- **Sonstiges**

Ruhrverband, Emschergenossenschaft und Lippeverband, Wupperverband und die Linksnieder-rheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG) werden im Rahmen des BMBF-Förderpro-gramms „Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)“ ein gemeinsames Klärschlammaschen-Ma-nagement mit Phosphor-Recycling konzipieren und ein Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlammaschen großtechnisch umsetzen (Projekt AMPHORE). Ziel des Projektes ist es, eine verbandsübergreifende Lösung zu entwickeln, mit der sowohl schwach- als auch hoch mit Schadstoffen belastete Klärschlämme spezifisch geeigneten Verwertungspfaden zugeführt wer-den. Neben den Nutzungsmöglichkeiten der in einer Demonstrationsanlage erzeugten Phosphor-säure sollen auch die Qualitäten und die weitere Verwendung der Nebenprodukte und Reststoffe betrachtet werden.

Die obige Aufzählung beinhaltet keine Gewähr auf Vollständigkeit. Die Kooperationsverträge sind nicht alle unterschrieben und einige Kläranlagenbetreiber befinden sich noch in der Findungsphase, so dass es hier noch Änderungen oder aber neue Kooperationen geben kann.

Die in den Kooperationen verfolgten Entsorgungskonzepte sehen oft die thermische Vorbehandlung des Klärschlammes in KSVa mit einer anschließenden Phosphorrückgewinnung aus der Asche vor.

Insgesamt 28 Kläranlagen der GK 4b und GK 5 gehören weder zu einer Klärschlammkooperation noch zu einem Wasserverband und verfügen noch nicht über ein klares Phosphorrückgewinnungskonzept. Die 28 Kläranlagen haben 2017 insgesamt 44.100 t TM/a erzeugt, wovon knapp 39.000 t TM/a thermisch entsorgt wurden. Die Pläne dieser Anlagen sind nicht bekannt. Daher haben diese Anlagen grundsätzlich noch die Möglichkeit, eine in den Klärprozess integrierte Phosphorrückgewinnungsanlage zu errichten.

3.3.2 Entwicklungen im Bestand der Klärschlammverbrennungsanlagen

Nachfolgend werden die aktuellen Informationen zu den Klärschlammverbrennungsanlagen, die im Ab-schnitt 3.2.3 dargestellt sind, zusammengefasst:

- **Wupperverband (Wuppertal)**

Die bestehende Klärschlammverbrennungsanlage in Wuppertal-Buchenhofen ist seit mehr als 40 Jahren im Betrieb. Der Standort wird weiterhin als ein Klärschlammverbrennungsstandort beibehalten, da die Bestandsanlage durch eine neue Anlage ersetzt werden soll, die seitens der Kooperation Klärschlammverwertung Buchenhofen errichtet wird.

- **Bundesstadt Bonn (Bonn)**

Die Klärschlammverbrennungsanlage in Bonn wird in den kommenden Jahren stillgelegt. Die Stadtentwässerung Bonn, der Erzeuger der derzeit dort entsorgten Klärschlämme, ist zwischenzeitlich der Klärschlammkooperation Rheinland (KKR) beigetreten, um für die Entsorgungslücke Ersatz zu schaffen.

- **Wasserverband Eifel-Rur (Düren)**

Der Wasserverband Eifel-Rur ist der KKR beigetreten und der Entsorgungsbedarf der KKR überschreitet die aktuellen Kapazitäten der Dürener Anlage deutlich. KKR plant eine neue Anlage und die bestehende Anlage in Düren wird voraussichtlich außer Betrieb genommen.

- **Emschergenossenschaft (Bottrop)**

Die bestehenden thermischen Behandlungsanlagen werden weiterbetrieben. Am Standort Bottrop wird eine solarthermische Klärschlamm Trocknungsanlage mit rund 41.000 m² Trocknungsfläche gebaut, woraus eine Erhöhung der Verbrennungskapazitäten resultiert.

- **WFA Elverlingsen (Werdohl)**

Für die WFA Elverlingsen wird derzeit geprüft, auf die Zugabe fossiler Energieträger (insb. Kohle, SBS) zukünftig zu verzichten. Möglichkeiten hierzu wären der Einsatz externen Klärschlamm-Trockengranulates oder auch der Bau eines eigenen Trockners. Beide Möglichkeiten führen zu Kapazitätserweiterungen der Klärschlammverbrennung, deren Umfang derzeit noch nicht beziffert werden kann.

- **Innovatherm (Lünen)**

Die Innovatherm in Lünen erweitert die Klärschlammverbrennung durch den Bau von Trocknungsanlagen. Dadurch soll ermöglicht werden, in Zukunft auf heizwertreiche Industrieschlämme/-abfälle zu verzichten und den Einsatz von kommunalen Klärschlämmen zu erhöhen. Nach der ersten Ausbaustufe wird mit einem Einsatz von ca. 240.000 t OS/a gerechnet. Eine zweite Ausbaustufe erhöht die Kapazität auf ca. 480.000 t OS/a.

3.3.3 Planung neuer KSVA

In NRW werden nach derzeitigem Stand drei neue Klärschlammverbrennungsanlagen von den oben aufgeführten Klärschlammkooperationen geplant:

- **KSVA der Klärschlammkooperation Rheinland (KKR)**

Die Klärschlammkooperation Rheinland plant den Neubau einer Monoklärschlammverbrennungsanlage mit einer Kapazität von bis zu **90.000 t TM/a**, mit zentraler Trocknung und Verbrennung in stationärer Wirbelschicht (siehe Fußnote 4). Der Standort der neuen Anlage wird derzeit im Rahmen einer Studie ermittelt. Mögliche Standorte neben Düren sind Müllverbrennungsanlage Weisweiler, Rheinenergie Köln-Merkenich, AVG Köln-Niehl, Hürth-Knapsack. Die Altanlage in Bonn wird stillgelegt.

- **KSVA der Klärschlammverwertung Buchenhofen (KSVB):**

Die bestehende Klärschlammverbrennungsanlage in Wuppertal-Buchenhofen ist seit mehr als 40 Jahren im Betrieb. Der Neubau einer Monoklärschlammverbrennungsanlage auf dem Gelände der alten Klärschlammverbrennung in Wuppertal-Buchenhofen mit einer Kapazität von **36.000 t TM/a** ist in Planung. Die Inbetriebnahme der KSVA ist für 2028 geplant. Die Altanlage wird stillgelegt.

- **KSVA der Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG):**

Der Neubau einer Monoklärschlammverbrennung in Asdonkshof mit einer Kapazität von **58.000 t OS/a** ist geplant. Diese soll der Entsorgung des Klärschlammes der LINEG-eigenen Kläranlagen sowie der Kläranlagen weiterer Kooperationspartner dienen. Da noch kein Zusammenschluss der möglichen Kooperationspartner erfolgte, besteht weiterhin Unsicherheit hinsichtlich der geplanten Kapazität.

Unabhängig von einer Klärschlammkooperation bzw. ohne eine Festlegung auf bestimmte Klärschlamm-erzeuger wird in NRW nach derzeitigem Stand der Neubau weiterer Klärschlammverbrennungsanlagen geplant:

- **KSVA auf dem Gelände der MVA Bielefeld-Herford:**

Der Auftraggeber MVA Bielefeld-Herford GmbH plant den Bau einer KSVA auf dem Gelände der MVA in Bielefeld-Herford mit einer Kapazität von **35.000 t TM/a** (ca. 140.000 t OS/a). Ob diese Anlage zukünftig die Schlämme der Klärschlammkooperation OWL annimmt, für die ein Klärschlammaufkommen von **44.000 t TM/a** abgeschätzt wird, hängt vom Ergebnis der geplanten internationalen Ausschreibung der Klärschlammkooperation OWL ab.

- **KSVA von Remondis Aqua in Lünen:**

Das Entsorgungsunternehmen Remondis Aqua plant am Standort Lünen den Bau einer KSVA mit einer Kapazität von **30.000 t TM/a** sowie den Bau einer TetraPhos®-Anlage zur Phosphorrückgewinnung aus der anfallenden Asche (12.000 t TM/a).

- **KSVA von RWE in Hürth-Knapsack:**

Im Juni 2020 sind Pläne der RWE bekannt geworden, am Standort Hürth-Knapsack eine Monoverbrennungsanlage errichten zu wollen. Aufgrund des Projektfortschritts konnte dies nicht mehr in den Darstellungen und Auswertungen berücksichtigt werden.

3.3.4 Aktuelle Entwicklung der Mitverbrennung von Klärschlamm

Braunkohlekraftwerke der RWE

Die RWE entsorgt derzeit Klärschlämme sowohl in Kohlekraftwerken, die der Stromerzeugung dienen, als auch in Anlagen zur Kohleveredelung. Vom Kohleausstieg nicht betroffen sind die folgenden drei Kohleveredelungsanlagen:

- KW Goldenberg und
- KW Berrenrath, beide am Veredelungsstandort Knappsacker Hügel, Hürth (Prozessdampf für Kohletrocknung, Veredelung und Chemiapark, Fernwärmeerzeugung)
- KW Frechen-Wachtberg (Kohleveredelung)

Die einzelnen Kapazitäten dieser Anlagen sind in Tabelle 3-8 aufgeführt. Insgesamt wurden 2018 ca. 209.000 t TM/a Klärschlämme in diesen Anlagen mitverbrannt. Der Anteil der aus NRW stammenden Klärschlämme betrug ca. 42 %.

Die künftigen Planungen der RWE waren zum Zeitpunkt der Szenarien-Ausarbeitung noch unklar. Informationen zum Bau von Trocknungs- und möglicherweise auch von KSVA waren bekannt, dennoch lagen keine Zahlen zur konkreten Planung vor. Weiterhin ist es noch unklar, welche Kapazitäten der RWE-Anlagen zukünftig zur Entsorgung von Klärschlämmen aus NRW zur Verfügung stehen werden. Aus diesen Gründen wurden bei der Szenarien-Ausarbeitung mit zwei unterschiedlichen Annahmen kalkuliert.

Zementwerke

Die Firma HeidelbergCement betreibt ein Zementwerk am Standort Geseke und plant dort eine Klärschlamm-trocknungsanlage mit Nutzung von Abwärme. So sollen ca. 80.000 Tonnen entwässerter Klärschlamm pro Jahr auf einen Trockensubstanzgehalt von 90 Prozent getrocknet und anschließend im Drehrohrofen als Brennstoff eingesetzt werden.

Für die übrigen Zementwerke sind keine Änderungen bekannt.

.

4 Darstellung und Charakterisierung erfolgversprechender Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammaschen

4.1 Entwicklungen bei Phosphorrückgewinnungsverfahren

Die Endlichkeit der weltweiten Phosphorvorkommen und das daraus abgeleitete Erfordernis, Phosphor im Kreislauf zu führen, haben in den letzten zwei Jahrzehnten zu diversen Untersuchungen geführt. Es wurde das Ziel verfolgt, Phosphor aus phosphorreichen kommunalen Reststoffströmen wie z.B. kommunalem Abwasser, Prozesswasser, Klärschlamm und Klärschlammasche wirtschaftlich zurückzugewinnen und einer erneuten Nutzung zuzuführen. Mit Unterstützung von mehreren Förderaufrufen in Deutschland wurden zahlreiche Phosphorrückgewinnungsverfahren entwickelt. Diese Entwicklung hat 2017 mit der Verabschiedung der novellierten Klärschlammverordnung und dem damit geforderten Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung einen weiteren Schub erhalten.

Die wesentlichen Verfahren, die auf der Rückgewinnung von Phosphor aus Faulschlamm, Schlammwasser, Klärschlamm (und anderen Ausgangsstoffen) und Klärschlammasche basieren und in Deutschland bereits im Pilotmaßstab oder großtechnisch umgesetzt worden sind, wurden von der Deutschen Phosphor-Plattform (2020) in einer Übersichtstabelle veröffentlicht. Weitere Übersichten über eingesetzte Verfahren, auch außerhalb Deutschlands, wurden von der europäischen Plattform (ESPP, 2020) sowie von Kabbe (2019) durchgeführt. Demonstrationsanlagen aus der Schweiz werden auf der Internetseite des Phosphornetzwerk Schweiz (www.pxch.ch) laufend ergänzt.

Die Untersuchungen zur Phosphorrückgewinnung sowie zur Umsetzung der novellierten Klärschlammverordnung sind fortlaufend. Aktuell fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Maßnahme Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR) unterschiedliche Projekte. Darunter sind Phosphor-Rückgewinnungstechnologien, wie Parforce (KlimaPhoNds und SATELLITE), AshDec® (R-Rhenania), Pontes Pabuli (DreiSAT), Phos4Green (RePhoRM) sowie verschiedene Struvit-Verfahren (P-Net). Weitere Informationen zu den Verbundprojekten sind auf der Internetseite www.bmbf-rephor.de zu finden.

In NRW wird über RePhoR derzeit das Verbundprojekt AMPHORE gefördert. In diesem Projekt soll ein regionales Klärschlamm- und Aschen- Management zum Phosphorrecycling für einen Ballungsraum aufgebaut werden. Ziel des Projektes ist die Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen für die Klärschlammverwertung mit regionalem Phosphor-Recycling sowie der Bau einer Demonstrationsanlage zur Phosphorrückgewinnung zur beispielhaften Veranschaulichung der erarbeiteten Entscheidungsgrundlagen. Diese umfassen den technologischen Reifegrad (TRL), die Qualität der Phosphor-Rezyklate sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Bilanzierungen. Eine großtechnische Demonstrationsanlage auf der Kläranlage Bottrop mit einer Kapazität von ca. 1.000 t KSA/a soll mit dem Parforce-Verfahren Phosphor aus Klärschlammaschen zurückgewinnen. Im Zuge des angestrebten Ergebnistransfers soll das im Projekt AMPHORE ausgearbeitete Konzept allgemeingültig sein, um auch in anderen Regionen angewandt werden zu können.

Für die hier anzufertigende Studie wurde eine Auswahl unterschiedlicher Phosphorrückgewinnungsverfahren für eine detaillierte Betrachtung herangezogen und charakterisiert. Die Auswahlkriterien und die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse sind in den nächsten Abschnitten erläutert.

4.2 Vorgehensweise

4.2.1 Übersicht

Im Folgenden wird die methodisch fundierte Auswahl und Charakterisierung von Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammaschen dargestellt, deren Umsetzung in einem großtechnischen Betrieb technisch und wirtschaftlich am erfolgversprechendsten erscheint. Die erarbeiteten Unterlagen zu den Verfahren liefern eine Grundlage zur Auswahl von potenziell einsetzbaren Phosphorrückgewinnungsverfahren für Entscheidungsträger. Es wurden 11 Verfahren ausgewählt, deren Einsatz bis 2029 aus technischer und ökonomischer Sicht realisierbar erscheinen.

Zur Darstellung und Charakterisierung erfolgversprechender Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammaschen in NRW wurden folgende Punkte für dieses Projekt erarbeitet:

- (1) Verfahrensauswahl,
- (2) Etablierung einheitlicher Verfahrensdaten,
- (3) Massenbilanz und Kostenabschätzung sowie
- (4) Steckbriefe und Charakterisierung der Verfahren.

Das Vorgehen für die einzelnen Schritte wird in Abschnitt 4.2 erörtert.

4.2.2 Verfahrensauswahl

Für die Verfahrensauswahl wurden im ersten Schritt 24 Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm auf Basis der vorhandenen Prozessdaten und Erfahrungen aktueller Grundlagenprojekte⁵ zu P-Recycling im europäischen Kontext identifiziert. Im zweiten Schritt wurden 16 Verfahren zur weiteren Bearbeitung nach den folgenden Kriterien bewertet und ausgewählt:

- **Der Technologische Reifegrad (TRL) muss 6 oder grösser sein (vgl. Tabelle 4-1).**
Grund: Eine fristgerechte Umsetzung bis 2029 soll möglich sein.
- **Es müssen Erfahrungen zur Anwendung des Verfahrens in Europa vorliegen.**
Grund: Tendenziell stark abweichende Rahmenbedingungen der Anwendung (z. B. Regulierung, Entsorgungssystem etc.) relativieren den Wert von außereuropäischen Erfahrungen.
- **Am Markt muss ein Technologieanbieter vorhanden sein.**
Grund: Ein aktiver Anbieter ist für die Umsetzung einer Technologie notwendig.
- **Nur ein Verfahren zur Struvitfällung soll beispielhaft beschrieben werden.**
Grund: Es existieren diverse Anbieter mit ähnlichen Struvitfällungsverfahren. Gleichzeitig ist Struvitfällung in NRW nur beschränkt anwendbar, da in NRW nur sehr wenige Kläranlagen mit einer biologischen Phosphorelimination vorkommen.

⁵ Grundlagenprojekte: P-REX (European Commission: 2015), VTMA (vgl. Morf: 2018), «Phosphorrecycling: Wer, wie was?» (vgl. Krämer: 2019), Phorwärts (vgl. Kraus et al., 2018)

Tabelle 4-1: Beschreibung der technischen Reifegrade von der Pilotierung (TRL 6) bis zur Marktreife (TRL 9). Quelle: TÜV Rheinland

TRL	Erläuterung
TRL 6	Prototyp in vereinfachter Einsatzumgebung
TRL 7	Prototyp im realen Einsatz
TRL 8	Nachweis der Funktionsfähigkeit im Einsatzbereich (Zulassungsprozess abgeschlossen)
TRL 9	Technologie im Markt

4.2.3 Etablierung einheitlicher Verfahrensdaten

Im ersten Schritt wurden Kenngrößen zu Technologie, Umweltauswirkung und Wirtschaftlichkeit der Verfahren definiert und daraus ein Fragebogen (vgl. Anhang 9.2) entwickelt. Im zweiten Schritt wurden die Anbieter der berücksichtigten Verfahren kontaktiert und darum gebeten, bereits bekannte Angaben mithilfe des Fragebogens zu aktualisieren und fehlende Angaben zu ergänzen. Die Angaben wurden nach den Rückmeldungen plausibilisiert und mit den Anbietern validiert. Dabei wurde auch definiert, welche Angaben in den Steckbriefen veröffentlicht werden dürfen und welche vertraulich zu behandeln sind.

Für jedes Verfahren wurde ein standardmäßiges Umsetzungsszenario betrachtet (z. B. in Kombination mit einem Kraftwerk, integriert in eine bestehende Kläranlage (KA) oder, im Fall von aschebasierten Verfahren, in Kombination mit einer KSVA). Zur Normierung der Daten wurden alle Angaben je nach Verfahren auf eine standardisierte Materialeinsatzart und –menge bezogen, basierend auf Kennwerten eines durchschnittlichen Klärschlamm (KS) aus Deutschland:

- Aschebasierte Verfahren: Klärschlammasche (KSA), 30.000 t Trockenmasse (TM)/a
- Schlamm-basierte Verfahren: entwässerter Klärschlamm (eKS), 40.000 t eKS/a mit 25 % TS

Die detaillierten Angaben zu den Materialien, sowie weitere für die Szenarien relevante Angaben sind in Anhang 9.3 – Materialeinsatz-Typen dargestellt.

Von den 16 ausgewählten Verfahren konnten für 11 Technologien validierte Daten zusammengestellt werden. Diese können vier verschiedenen technischen Kategorien zur Rückgewinnung von Phosphor zugeordnet werden, die im Zusammenhang mit den in Kapitel 5 erarbeiteten Szenarien stehen:

- 1) Klärschlamm-basierte nasschemische Verfahren für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, Faulschlamm oder Schlammwasser während der Abwasserbehandlung auf der Kläranlage („KS-basiert nasschemisch“),
- 2) Klärschlamm-basierte thermische Verfahren für die Phosphorrückgewinnung aus entwässertem, zur Entsorgung anstehendem Klärschlamm (ohne vorherige Verbrennung) („KS-basiert thermisch“),
- 3) Klärschlammasche-basierte Phosphorrückgewinnungsverfahren („KSA-basiert“) sowie
- 4) Verwertung der Asche direkt als Düngemittel oder als Rohstoff in der Düngemittelindustrie („KSA Vertrieb“)

In der folgenden Tabelle 4-2 sind die 11 ausgewählten Verfahren mit Zuordnung zu den 4 Kategorien (K) der unterschiedlichen technischen Ansätze zusammengestellt.

Tabelle 4-2: Finale Liste der beteiligten Technologieanbieter und deren Phosphorrückgewinnungsverfahren in den vier Kategorien (K)

K	Technologieanbieter	Verfahren	Beschreibung
---	---------------------	-----------	--------------

1	CNP-Technology Water and Biosolids GmbH	AirPrex®	Struvitfällung aus KS
1	Veolia Deutschland GmbH	PhosForce	Co-Vergärung von KS mit Bioabfällen, FF-Separation, Struvitfällung
1	Institut für Siedlungswasserbau Stuttgart / (iat Ingenieurberatung GmbH)	Stuttgarter Verfahren	Saure Laugung von Faulschlamm, Struvitfällung
2	EuPhoRe GmbH	EuPhoRe®	Thermochemische Behandlung von KS
2	CTU AG	Pyrophos	Thermochemische Behandlung von KS
3	Outotec GmbH & Co.KG	AshDec®	Thermochemische Behandlung von KSA
3	Prayon Technologies (PRT)	Ecophos®	Saure Laugung von KSA, Aufreinigung mit Ionentauscher
3	Técnicas Reunidas SA/ (ZAR, Schweiz)	Phos4Life	Saure Laugung von KSA, Aufreinigung mit FF-Extraktion
3	PARFORCE Engineering & Consulting GmbH	Parforce	Nasschemischer Aufschluss von KS/KSA, Herstellung von P-Säure
4	sePura GmbH	Asche als Dünger	Nutzung von KSA als Dünger
4	ICL Fertilizers Deutschland GmbH	Asche in Düngerindustrie	Ansäuerung von KSA mit Phosphor- oder Schwefel-Säure zu TSP/SSP

Folgende Verfahren, welche die Kriterien zur Berücksichtigung (siehe Abschnitt 4.2.2) zwar erfüllten, wurden aber aufgrund der in Tabelle 4-3 genannten Gründe in der weiteren Bearbeitung nicht betrachtet.

Tabelle 4-3: Ausgeschlossene Verfahren

Verfahren	Beschreibung	Grund Ausschluss
TetraPhos®	Saure Laugung von KSA, Aufreinigung mit Ionentauscher	Anbieter möchte keine weiteren Daten bekannt geben
Ash2Phos®	Saure Laugung von KSA, Fällung als MAP	Anbieter möchte keine weiteren Daten bekannt geben
ExtraPhos®	Ansäuerung von KS mit CO ₂ , FF-Separation, Calciumphosphatfällung	Anbieter möchte keine weiteren Daten bekannt geben
Phos4Green ⁶	Ansäuerung von KSA und weitere P-Quellen mit P-Säure, Granulierung zu TSP	Anbieter möchte keine Angaben zu konkreten Umsetzungsbeispielen machen

Aufgrund der unzureichenden Datenlage wurden die in Tabelle 4-3 gelisteten Verfahren TetraPhos® (Remondis), Ash2Phos® (Easymining), ExtraPhos® (Remondis) und Phos4Green (Glatt Ingenieurtechnik) nicht in der weiteren Charakterisierung berücksichtigt. Die Verwendung von Literaturwerten bzw. Schätzungen für diese Verfahren wurde mit dem Ziel, validierte und aktuelle Daten für die Steckbriefe und

⁶ Unter den 16 Anbietern waren Vertreter von zwei Varianten des Verfahrens: ZAB Bazenheid und Glatt Ingenieurtechnik GmbH.

Charakterisierung zu verwenden, verworfen. Damit trotzdem eine technologische Betrachtung aller Verfahren und deren Vergleich weiterhin gegeben ist, wurde statt eines Steckbriefes eine kurze Beschreibung der ausgeschlossenen Verfahren sowie deren Kontaktdaten zusammengestellt (siehe Anhang 9.5).

4.2.4 Massenbilanz und Kostenabschätzung

Auf Basis der erhobenen und validierten Angaben wurde eine Massen- und Phosphorbilanz der Verfahren erstellt. Mithilfe der Bilanz wurden die Angaben der Anbieter plausibilisiert. Die Massenbilanz für jedes Verfahren dient ausschließlich der internen Überprüfung und wird aus Gründen der Vertraulichkeit in diesem Bericht nicht dargestellt. Die Materialflüsse der Massenbilanz bilden die Grundlage für die Berechnung der Prozesskosten.

Für jedes Verfahren wurde eine Kostenabschätzung durchgeführt. Die Investitionen für Bautechnik sowie Maschinen- und Elektrotechnik wurden erfasst. Zur Vergleichbarkeit der Kosten wurden die Systemgrenzen der Betriebskostenabschätzung für alle vier Verfahrenskategorien gleichgesetzt, d.h. von der Behandlung des Klärschlammes über die Phosphorrückgewinnung bis zur Entsorgung aller entstehenden Abfälle bzw. Reststoffe (siehe auch Tabelle 4-4). Die Betriebskosten des P-Recyclings setzten sich aus Kosten für Personal, elektrische Energie, Wärmeinput bzw. -bedarf, Material, Wartung und Unterhalt sowie sonstigen Kosten zusammen. Zusätzlich wurden die Entsorgungskosten für die Reststoffe sowie die Produkt-erlöse mitberücksichtigt. Auf Basis der Materialflüsse aus der Massenbilanz, der Angaben der Anbieter im Fragebogen und weiterer Referenzwerte wurden für jedes Verfahren die Investitionskosten (CAPEX), die Betriebskosten (OPEX) und die Outputerlöse berechnet. Die in der Kostenabschätzung erfassten Teilkosten bzw. Kostenpositionen und die Grundlage, auf der diese Teilkosten berechnet wurde, sind detailliert in Anhang 9.4 – Schema Kostenberechnung dargestellt. Die darin berücksichtigten (Mono-) Klärschlammverbrennungskosten im Bundesland Nordrhein-Westfalen wurden mit 105 €/t eKS und für die Mitverbrennung in Kohlekraftwerke oder Zementwerken mit 75 €/t eKS (Nettokosten ohne Transportkosten) angenommen.

Tabelle 4-4: Systemgrenzen für die Betriebskostenabschätzung zur Charakterisierung

Verfahrens-kategorie	Input	System ¹	P-Output ²
KS-basiert nass-chemisch	PS/ÜS/FS	P-Recycling, Transport eKS, Mitverbrennung ³ des Klärschlammes und Deponierung, exkl. Entwässerung von KS in KA nach P-Recycling	Verkauf als Rohstoff
KS-basiert thermisch	eKS	Transport eKS, P-Recycling, Deponierung von Abfällen inkl. Transport	Verkauf als Rohstoff
KSA-basiert	eKS	Transport eKS, (Mono)-Verbrennung ³ des Klärschlammes, P-Recycling, Deponierung und Entsorgung von Abfällen inkl. Transport	Verkauf als Rohstoff
KSA Vertrieb	eKS	Transport eKS, (Mono)-Verbrennung des Klärschlammes, Qualitätskontrolle	Verkauf von KSA

¹ Die beschriebenen Verarbeitungsschritte wurden nur berücksichtigt, wenn sie in der Phosphorrückgewinnungskette des entsprechenden Verfahrens auch tatsächlich anfallen.

² Es wurden Erlöse auch für andere Outputstoffe wie zum Beispiel Fällmittel berechnet.

³ Nur zur Charakterisierung der Verfahren. Zur Abschätzung der mit Szenarien verbundenen Kosten wurden die Verbrennungskosten separat betrachtet.

Der spezifische Produkterlös für die Phosphor-Komponente wurde in Abstimmung mit einem Fachunternehmen für Recyclingprodukte⁷ für die P-haltigen Output-Materialien (ausgenommen Struvit und Phosphorsäure) einheitlich folgendermaßen festgelegt:

- Das Output-Material wird als Rohstoff für die Düngemittelproduktion ohne vorherige Pelletierung abgesetzt.
- Die Schadstoffgehalte sind geringfügig preiswirksam und können vernachlässigt werden, solange das Output-Material gesetzeskonform ist und die Grenzwerte eingehalten werden.
- Der spezifische Output-Erlös (€/t) ist abhängig vom P_2O_5 -Gehalt und dessen NAC-Löslichkeit, welche als Indikator für die Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung herangezogen wird. Er kann auf Basis von üblichen Handelspreisen und der P_2O_5 -Löslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat von Einzelsuperphosphaten (SSP) und Tripelsuperphosphaten (TSP) berechnet werden (vgl. Anhang 9.4 – Schema Kostenberechnung).

Für Struvit und Phosphorsäure wurde der spezifische Outputerlös anhand des durchschnittlichen Abnahmepreises von 650 €/t Phosphor und 610 €/t H_3PO_4 (100 %) gemäß P-REX (Nättorp et al., 2015) berechnet. Die Betriebskosten, die spezifischen Investitionskosten pro jährlicher Behandlungskapazität und der erzielte Produkterlös fließen zusätzlich in die Charakterisierung der Verfahren mit ein.

4.2.5 Erarbeitung Steckbriefe und Charakterisierung

Auf Basis der validierten und etablierten Verfahrensangaben wurde für jedes Verfahren ein Steckbrief erstellt, welcher wie folgt aufgebaut wurde:

- 1) Kurzbeschreibung des Verfahrens in Textform
- 2) Prozess-Schema – grafische Darstellung des Verfahrens
- 3) Prozessdaten – Informationen zu Prozess-/Anlagentyp, Entwicklungsstand, Inputmaterial und zusätzliches Materialeinsatz-Potenzial, Outputmaterial und Anteil der Phosphorrückgewinnung aus dem Inputmaterial
- 4) Weitere Kenndaten – P-Konzentration und dessen NAC-Löslichkeit im Outputmaterial, Information über die Einhaltung der Grenzwerte nach DüMV, Energie- und Chemikalienverbrauch, Betriebsanforderungen als auch die Kategorie der eingesetzten Chemikalien und der anfallenden Abfälle
- 5) Vorteile & Bemerkungen
- 6) Auszug aus Referenzliste des Betriebs der Verfahren (je nach TRL zu Großmaßstab, Pilotierung oder Forschungsprojekten)
- 7) Kontaktangabe

Aus Gründen der Vertraulichkeit wurden die Angaben zur Wirtschaftlichkeit ausschließlich in die Charakterisierung mit einbezogen und nicht in den Steckbriefen dargestellt. Des Weiteren wurde wegen der Erfüllung der in der Klärschlammverordnung vorgeschriebenen Recyclingraten in den meisten der ausgewählten Phosphorrückgewinnungsverfahren (50 % aus der Trockenmasse des Klärschlammes, 80 % aus der Klärschlammverbrennungssasche), die Recyclingraten nicht separat in den Steckbriefen der einzelnen Verfahren erwähnt. Bei Verfahren, welche diese Recyclingraten nicht erfüllen, aber den P-Gehalt im Schlamm auf <20 g P/kg reduzieren und somit ebenso den Forderungen der AbfKlärV entsprechen, wurde dies aber im entsprechenden Steckbrief speziell angemerkt.

Neben der Erstellung von Steckbriefen zu den Verfahren wurde eine Charakterisierung der Verfahren erarbeitet. Ziel dieser Gegenüberstellung der ausgewählten Verfahren war es, diese nicht zu bewerten,

⁷ Jan Neuber, Handelsexperte für Recyclingprodukte bei Otto A. Müller Recycling GmbH (OAM)

sondern mithilfe eines Punktesystems näher zu beschreiben. Eine Charakterisierung zeigt die Stärken und Schwächen der Verfahren für den Einsatz in verschiedenen Kontexten auf. Es wird vermieden, dass gegenüber den Verfahrensanbietern fälschlicherweise das Signal gesendet wird, im vorliegenden Bericht werde eine Erstellung einer Rangfolge der Verfahren angestrebt.

Für diese Charakterisierung wurden 11 Einschätzungskriterien aus den Kategorien Technologie, Umwelt und Wirtschaftlichkeit definiert, nach denen jedes Verfahren jeweils mit einem, zwei oder drei Punkten charakterisiert wurde. Die Punkte entsprechen bei quantitativen Kriterien definierten Wertebandbreiten, bei qualitativen Kriterien einer von drei Stufen. Die Bandbreiten und Stufen wurden so gewählt, dass einerseits eine optimale Darstellung der Stärken und Schwächen der Verfahren erfolgte und andererseits daraus eine Verteilung der Verfahren auf verschiedenen Stufen entstand.

Innerhalb der Charakterisierung wurden die folgenden Einschätzungskriterien verwendet:

Kategorie Technologie

- Entwicklungsstand Technologie – Technologischer Reifegrad (TRL). Ein fortgeschrittener Entwicklungsstand verringert das Umsetzungsrisiko und ist Voraussetzung für eine Umsetzung in naher Zukunft.
- Phosphor-Rückgewinnung – Rückgewonnenes P bezogen auf P in Trockensubstanz (TS) des Klärschlammes (KS) oder der Asche (KSA). Information zur Rückgewinnungseffizienz des Verfahrens.
- Varianz Materialeinsatz – Angabe zu Einsatzpotenzial unterschiedlicher Materialien in Phosphorrückgewinnungsverfahren, welches vom reinen Einsatz von Klärschlämmen aus Anlagen mit Bio-P, über Klärschlämme generell bis hin zum Einsatz von unterschiedlichen phosphorhaltigen Rohstoffen reicht.

Kategorie Umwelt

- Phosphatlöslichkeit – Löslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat, welche Voraussetzung für die Konformität mit der Europäischen Düngeverordnung zur Nennung von P als Nährstoff in mineralischen Düngern ist.
- Ausschleusung von Schadstoffen – Qualitative Angabe zur Entfernung von Schadstoffen aus dem Inputmaterial. Relevant als Beitrag zum Schutz des Bodens und teilweise Voraussetzung zur Erfüllung von Schadstoffgrenzwerten bei Einsatz des Phosphor-Outputmaterials in der Landwirtschaft als Dünger sowie zur Erreichung von bestimmten Produktspezifikationen.
- Chemikalieneinsatz – Angabe zu Einsatz von toxischen Stoffen oder Gefahrstoffen. Kategorie der Chemikalien gibt Aufschluss über die notwendigen Qualifikationsanforderungen des Personals und Sicherheitsvorkehrungen für den Betrieb des Verfahrens.
- Energiebedarf Verfahren Phosphorrückgewinnung – Angabe der Summe von Prozess-Energiebedarf, grauer Energie für die Herstellung der Rohstoffe und der Entsorgung der Abfälle sowie der Energiegutschrift durch Ersatz von konventionellen Produkten durch zurückgewonnene Materialien. Energiebedarfe/ -gutschriften für die Verbrennung/ Mineralisierung und für die Entsorgung derer Klärschlammaschen werden nicht berücksichtigt (siehe weitere Details unten). Umfassende Betrachtung des Energiebedarfs, unter Berücksichtigung des zum Teil nicht zu vernachlässigenden Energiebedarfs zur Herstellung der im Prozess eingesetzten Chemikalien, ermöglicht Annäherung an eine Ökobilanzierung.
- Abfallentsorgung – Angabe zur Beschaffenheit der generierten Abfälle des Phosphorrückgewinnungsverfahrens. Dieses Kriterium bewertet die Frage, ob im Betrieb mit gefährlichen Abfällen umgegangen werden muss. Nicht berücksichtigt wird die Menge der gefährlichen Abfälle und die Frage, inwieweit Abfälle entstehen, die einem weiteren (z.B. thermischen) Entsorgungsverfahren zugeführt werden müssen.
- Kategorie Wirtschaftlichkeit

- Verfahrenskosten – Entspricht Kapitalkosten + operativen Kosten + Zusatz- bzw. Entsorgungskosten + Kosten der Verbrennung (Mineralisierung) des Klärschlammes als Vorbehandlung oder zur Entsorgung je nach betrachtetem Verfahren. Vereinheitlichte Systemgrenzen ermöglichen Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Verfahren (vgl. Abschnitt 4.2.4).
- Investitionskosten Verfahren – Bezogen auf den Bau eines standardmäßigen Phosphorrückgewinnungsverfahrens inklusive der dafür notwendigen Peripherie pro jährliche Behandlungskapazität.
- Erlös Verfahrenoutput – Angabe der Summe aus Erlös der P-Komponente und weiterer Komponenten. Erlös ist abhängig von der Menge, der Konzentration des Elements oder der Substanz von Interesse und der Marktspezifikation des generierten Outputs sowie in Bezug auf Phosphor von der NAC-Löslichkeit als Indikator der Wirksamkeit von mineralischen Düngern.

Die Charakterisierungsmatrix wurde mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis abgestimmt. Zur Optimierung der Verständlichkeit der Charakterisierung und der verwendeten Kriterien wurden dabei drei der Einschätzungskriterien überarbeitet und aktualisiert. Dabei handelte es sich zum Einen um die Absatzfähigkeit des Produkts, welche zu Beginn als Indikator für die Qualität des Outputmaterials in Bezug auf den Phosphorgehalt als auch die Schadstoffabreicherung eingesetzt wurde und aufgrund der unzureichenden Abdeckung der genannten Punkte durch das Kriterium «Ausschleusung von Schadstoffen» ersetzt wurde. Die Qualität in Abhängigkeit des P-Gehalts wird weiterhin indirekt mit dem Kriterium «Erlös der Verfahrensausgaben», welcher abhängig vom P-Gehalt ist, abgedeckt. Zum anderen wurde die Pflanzenverfügbarkeit in Phosphatlöslichkeit abgeändert, da die neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit nicht für alle Rezyklate gleichermaßen als Indikator für die Pflanzenverfügbarkeit herangezogen werden kann. Eine hohe NAC-Phosphatlöslichkeit ist aber für die Nennung von P als Nährstoff in mineralischen Düngern nach Europäischer Düngemittelverordnung von 2019 Voraussetzung und bleibt als Charakterisierungskriterium unter der Kategorie Umwelt enthalten. Darüber hinaus wurden für eine umfassendere Charakterisierung des Energiebedarfs des Phosphorrückgewinnungsverfahrens neben dem Prozess-Energiebedarf zusätzlich die graue Energie der eingesetzten Rohstoffe, Energie für die Entsorgung der anfallenden Abfälle sowie die Energiegutschrift durch Ersatz von konventionellen Produkten durch zurückgewonnene Materialien integriert. Die Verbrennung oder Mineralisierung und deren Aschen wurden darin aber nicht berücksichtigt, da der energetische Vergleich von Mono- und Mitverbrennung äußerst kontrovers betrachtet wird. Die Verbrennung/Mineralisierung des Klärschlammes ist für manche Phosphorrückgewinnungsverfahren eine Voraussetzung (KSWA zum Erhalt von KSA), für andere eine notwendige Nachbehandlung zur Entsorgung (Mitverbrennung von eKS nach Phosphorrückgewinnung) oder für andere auch ein Teil des Rückgewinnungsverfahrens, wobei die thermische Energie des Klärschlammes gleichzeitig auch genutzt werden kann. Aufgrund dieser unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Klärschlammverbrennung stellt sich die Frage, wie diese am besten aus der Umweltperspektive betrachtet und in die Charakterisierung miteinbezogen werden soll.

Im Projekt Phorwärts wurden ein typisches Kohlekraftwerk und eine moderne KSWA (Outotec, Zürich) als Referenzverbrennungen in einer Ökobilanzierung verglichen (Kraus et al., 2019, S. 344-347). Die Mitverbrennung in einem Kohlekraftwerk hat dabei einen höheren elektrischen Wirkungsgrad (33 %) als in einer Mono-Klärschlammverbrennung (14 %). Jedoch wird die thermische Energie des KS in der Monoverbrennung in der Regel ebenfalls direkt oder als Fernwärme genutzt (73 %), was bei Kohlekraftwerken wiederum nicht der Fall ist. Die höheren Lachgasemissionen, die in einer Mono-Klärschlammverbrennung entstehen, können durch eine Erhöhung der Temperatur im Brennraum behoben werden, was zu einer leicht schlechteren Wärme-Bilanz führt. Trotz allem wird die Mitverbrennung in Ökobilanzierungen paradoxerweise als deutlich klimafreundlicher betrachtet. Der Grund dafür ist nicht primär, dass mehr Energie durch Verbrennung des Klärschlammes erzeugt und genutzt werden kann, sondern vielmehr, dass der Klärschlamm Kapazitäten in dem Kohlkraftwerk in Anspruch nimmt. Somit kann weniger Kohle verbrannt werden, was wiederum zu einer besseren CO₂-Bilanz von Kohlekraftwerken durch Mitverbrennung führt (Kraus et al., 2019, S. 169). Auf Grund der kontroversen Sichten zu den CO₂-Bilanzen von Mono- und Mitverbrennung wurde die Verbrennung/ Mineralisierung als auch und die daraus entstehenden Abfälle nicht in die hier vorgenommene Charakterisierung des Energiebedarfs der Phosphorrückgewinnungsverfahren miteinbezogen. Insbesondere bei EuPhoRe® und Pyrophos, wo die Mineralisierung ein Teil des

Phosphorrückgewinnungsverfahrens ist, wurde die thermische Energie des Klärschlammes nicht berücksichtigt.

Abschließend ist zu beachten, dass die Charakterisierung und die Steckbriefe selbst keine Bewertung der Verfahren darstellen, aber als Grundlage für eine multikriterielle Entscheidungsanalyse herangezogen werden können. Dazu müssen von einem potenziellen Verfahrensanwender konkrete Zielsetzungen für die Implementierung eines Verfahrens formuliert werden, deren Erreichen auf Basis der Charakterisierung und der Informationen in den Steckbriefen für die beschriebenen Verfahren evaluiert werden können.

4.3 Diskussion zur Verfahrenscharakterisierung und Steckbriefe

Die Verfahrenscharakterisierung (s. Tabelle am Ende des Kapitels 4) soll einen schnellen Überblick über die Stärken und Schwächen von einzelnen Verfahren ermöglichen und die Unterschiede zwischen den Lösungen für ein bestimmtes Kriterium aufzeigen. Dies ermöglicht dem Interessenten Verfahren für spezielle Anforderungen wie zum Beispiel einen geringen Umwelteinfluss oder geringe Kostenauswirkungen auszusuchen und sich anschließend mit Hilfe der Steckbriefe näher über die Verfahren zu informieren. Die Steckbriefe geben einen ausführlichen Einblick in die Eigenschaften der einzelnen betrachteten Verfahren. Die Steckbriefe befinden sich im Anhang 9.6. Der **Entwicklungsstand** der 11 betrachteten Technologien variiert zwischen TRL 6 und TRL 9. Das AirPrex[®] Verfahren ist zum Beispiel bereits in mehreren Vollmaßstabs-Anlagen umgesetzt. Dagegen sind für das EcoPhos[®]-, Pyrophos- und Parforce-Verfahren noch weitere Versuche notwendig, bevor eine Anlage im Großmaßstab ausgelegt und angeboten werden kann.

Der **Rückgewinnungsgrad** variiert ebenfalls stark zwischen den Verfahren. AirPrex[®] als Beispiel für eines der Struvitfällungs-Verfahren gewinnt nur einen kleinen Teil des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors zurück, welcher bei hohen Phosphorkonzentrationen nicht ausreichend ist, um die von der Klärschlammverordnung geforderte Abreicherung von Phosphor auf <2 % im Schlamm zu erfüllen. Ursprünglich wurde das AirPrex[®]-Verfahren vor allem zur Vermeidung von Verstopfungen durch Struvitablagerungen in Kläranlagen entwickelt. Die schlambasierten Verfahren PhosForce und das Stuttgarter Verfahren können auch bei hohen Phosphorkonzentrationen die geforderte Abreicherung erreichen, jedoch muss je nach Input mit einem höheren Aufwand als im Standardbeispiel gerechnet werden. Wenn Asche direkt als Dünger oder Rohstoff in der Düngerindustrie eingesetzt wird, wird die ganze Asche mit dem kompletten Anteil von Phosphor zum Outputmaterial, was wiederum einer 100 %-igen Rückgewinnung von Phosphor entspricht. Abgesehen von einer partiellen Schadstoffausschleusung ist dies auch für die thermischen Behandlungsverfahren AshDec[®], EuPhoRe[®] und Pyrophos der Fall, womit auch dort eine beinahe 100 %-ige Phosphorausbeute erreicht wird. Auch die Ascheextraktionsverfahren wie z. B. Phos4Life halten die Vorgabe der AbfKlärV von einer Mindestrückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche von 80 % problemlos ein und erreichen sogar weitaus bessere Resultate. Die Verwertung von weiteren generierten Outputströmen, wie der Einsatz der inerten Rückstände der Asche in der Zementindustrie sowie die Rezyklierung der Eisensalze als Fällmittel in der Abwasserbehandlung ermöglicht einen weiteren Schritt in der Kreislaufwirtschaft von Kläranlagen.

Die **Varianz des Einsatzmaterials** des AirPrex[®]-Verfahrens ist mit der alleinigen Verwendung von Klärschlamm aus Kläranlagen mit einer biologischen Phosphorelimination sehr gering. Das PhosForce-Verfahren ist für alle Typen von Klärschlamm geeignet. Alle anderen betrachteten Verfahren können neben Klärschlamm auch andere phosphorreiche Abfälle verwerten. Die hier zusammengestellte Charakterisierung der Verfahren beruht jedoch auf der Behandlung von einem durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland und müsste für andere Rohstoffe entsprechend den veränderten Betriebsbedingungen angepasst werden.

Die **Phosphatlöslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat (NAC)** wurde für alle neun Verfahren, die einen Düngerrohstoff herstellen, angegeben. Diese Löslichkeit ist für die unbehandelte Asche für den direkten Einsatz als Dünger in der Landwirtschaft sowie bei dem Outputmaterial von EuPhoRe[®] begrenzt und nicht konform mit den Forderungen der neuen Europäischen Düngemittelverordnung. Der Phosphor in allen

anderen Outputs der Verfahren ist zu über 90% in NAC löslich, mit Ausnahme von Pyrophos mit einer Löslichkeit zwischen 70 und 90%. Neben der NAC-Löslichkeit als Indikator der Wirksamkeit mineralischer Phosphatdünger spielt auch die **Ausschleusung von Schadstoffen** eine nicht zu vernachlässigende Rolle für die Qualität des Outputmaterials und die damit zusammenhängende Auswirkung auf die Umwelt. Die Abreicherung von Schadstoffen ist sowohl beim direkten Ascheeinsatz in der Landwirtschaft als auch bei der Verwertung in der Düngerwirtschaft nicht gegeben. In den thermischen Behandlungsverfahren AshDec[®], EuPhoRe[®] und Pyrophos werden zwar einige Schwermetalle verflüchtigt, andere bleiben jedoch im Produkt enthalten. Die aschebasierten Laugungsverfahren Ecophos, ParForce und Phos4Life[®] reinigen die produzierte Säure gezielt von den Verunreinigungen, wobei AirPrex[®], PhosForce und das Stuttgarter Verfahren sich die spezifische Struvitfällung zu Nutze machen, um ein reines Produkt zu erhalten.

Bei keinem der betrachteten Verfahren kommen **toxische Stoffe** zum Einsatz. Beim AirPrex[®]-Verfahren und bei der direkten Verwendung von Asche als Dünger kommt man sogar ohne den Einsatz jeglicher Gefahrstoffe aus. Betrachtet man den **Energiebedarf**, der die graue Energie der eingesetzten Chemikalien mit einschließt, der nasschemischen klärschlamm-basierten Verfahren, sticht das Stuttgarter Verfahren mit seinem hohen Chemikalienverbrauch hervor, wohingegen AirPrex[®] und PhosForce aufgrund ihres geringen Energie- und Chemikalienverbrauchs auch einen geringen Gesamtenergiebedarf vorweisen können. Bei den klärschlamm-basierten thermischen Phosphorrückgewinnungsverfahren liegt ein niedriger Energiebedarf für EuPhoRe[®]-vor, während Pyrophos einen mittleren Verbrauch vorzuweisen hat. Dieser Unterschied liegt vor allem an der unterschiedlich betrachteten standardmäßigen Umsetzung der beiden Verfahren. Im Fall von EuPhoRe[®] wird eine Integration in eine bestehende Verbrennungsanlage betrachtet, welche energetisch vorteilhaft ist. Im Fall von Pyrophos wird hingegen eine freistehende und somit flexibler einsetzbare Anlage betrachtet. Die Laugungsverfahren haben einen mittleren bis hohen Energiebedarf, der meist durch deren hohen Chemikalieneinsatz zu begründen ist. Die weiteren Lösungen zur Ascheverwertung weisen einen geringen Energiebedarf auf.

Bei den klärschlamm-basierten thermischen Rückgewinnungsverfahren sowie den aschebasierten Laugungsverfahren fallen kleine Mengen gefährlicher **Abfälle** als Filterstaub aus der Rauchgasreinigung bzw. in Form von ausgefällten Schwermetallen an. Zudem generieren die Laugungsverfahren beträchtliche Mengen an Laugungsrückständen, die aber nicht gefährlich sind und je nach Marktlage rezykliert werden könnten.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit beinhalten die **Verfahrenskosten** sowohl Kosten für die Phosphorrückgewinnung als auch zur Klärschlamm-entsorgung. Klärschlamm-basierte nasschemische Rückgewinnungsverfahren haben im Vergleich zu den aschebasierten Verfahren den Vorteil, dass nach der Phosphorextraktion eine in der Regel kostengünstigere Mitverbrennung des Klärschlammes möglich ist. Trotz allem sind die zusätzlichen Kosten für die Phosphorrückgewinnung mit dem Stuttgarter Verfahren aufgrund des hohen Chemikalienverbrauchs im Vergleich zu anderen Verfahren doch relativ hoch. Auch die klärschlamm-aschebasierten Verfahren Parforce und Phos4Life weisen aufgrund einer komplexen Prozessführung hohe Prozesskosten auf. Die Kosten für die Phosphorrückgewinnung sind jedoch für alle Verfahren niedriger als die der Klärschlamm-entsorgung/Verbrennung. Das EuPhoRe[®]-Verfahren bietet sogar eine Kombination aus Klärschlamm-entsorgung und Phosphorrückgewinnung zu niedrigeren Kosten als marktübliche Lösungen zur Mitverbrennung an. Die spezifischen **Investitionskosten** liegen für Pyrophos als freistehende Lösung zur sowohl Phosphorrückgewinnung als auch Klärschlamm-entsorgung am höchsten. EuPhoRe[®] befindet sich durch die Integration des Verfahrens in eine bestehende Verbrennungsanlage im mittleren Bereich der Investitionskosten. Phos4Life befindet sich mit der umfassenden und komplexen Prozesstechnik zur Auftrennung des gelaugten Stroms in viele recycelbare Fraktionen ebenfalls im mittleren Investitionskostenbereich. Alle anderen Verfahren besitzen verhältnismäßig niedrige Investitionskosten, welche sich auf weniger als ein Drittel der Kosten einer modernen KSVa belaufen. Der **Erlös der Verfahrensausgaben** ist bei Pyrophos und Phos4Life am höchsten. Pyrophos erzeugt nämlich einen konformen Düngerrohstoff mit sowohl pflanzenwirksamem Phosphor als auch Kalium. Phos4Life generiert seinerseits neben einer Phosphorsäure mit technischer Qualität auch Eisensalze, welche wieder in der Abwasserbehandlung eingesetzt werden können. Niedrige Erlöse erzielen hingegen

Verfahren mit einer geringen Outputmenge (Airprex, Phosforce, Stuttgarter) oder einem Output in Form von Asche mit begrenzter NAC- Löslichkeit (EuPhoRe und unbehandelte Asche als Dünger).




Die Zusammenhänge zwischen den Kriterien können wie folgt zusammengefasst werden. Je nach Verfahrenstyp ergeben sich Vorteile in bestimmten Bereichen, die meistens zu Nachteilen in anderen Bereichen führen:

- Die auf nicht entwässertem Schlamm basierten Verfahren wie AirPrex[®], PhosForce und das Stuttgarter Verfahren nutzen die Möglichkeit, Phosphor biologisch oder chemisch (Stuttgarter Verfahren) aus der organischen Matrix zu lösen. Der für die chemische Rücklösung hohe Chemikalienverbrauch erklärt den verhältnismäßig hohen Energiebedarf und die hohen Verfahrenskosten des beschriebenen Verfahrens. Auf Grund der verdünnten und organikreichen Matrix erreichen all diese Verfahren aber nur begrenzte Ausbeuten und somit niedrige Produkterlöse.
- EuPhoRe[®] und Pyrophos bieten eine Kombination aus Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung, wobei Pyrophos dabei auf ein qualitativ höherwertiges Produkt setzt. Die Produktion des PK-Düngers und die betrachtete Umsetzung in einer freistehenden Anlage führen im Vergleich zum EuPhoRe[®] Verfahren zu den höheren Kosten für das Pyrophos Verfahren. Ash-Dec[®] setzt wie Pyrophos auf die thermische Umwandlung des Phosphors zur Erhöhung der Wirksamkeit, ohne aber gleichzeitig den Klärschlamm zu mineralisieren und somit gleichermaßen eine Lösung zur Klärschlamm Entsorgung mitanzubieten.
- Die drei Aschelaugungsverfahren, insbesondere Phos4Life, setzen auf eine umfassende Auftrennung der Aschematrix in einzelne Komponenten, wodurch wiederum der Produkterlös, die Ausbeute und der Grad der Kreislaufführung steigen. Andererseits nehmen dadurch aber auch die Komplexität und die Kosten der Verfahren zu.
- Der Ascheinsatz in der Düngewirtschaft als Rohstoff oder Fertigprodukt ist hingegen prozesstechnisch einfacher, da keine Schadstoffausschleusung vorgenommen wird, was sich positiv auf die Kosten auswirkt.

Alle beschriebenen Verfahren haben mit Ausnahme von Pyrophos, Parforce und Ecophos[®] einen TRL von 7. Das heißt, dass die jeweiligen Verfahrensanbieter in der Lage sind, eine Anlage im Großmaßstab anzubieten. Im Unterschied dazu müssen Pyrophos, Parforce und Ecophos[®] dafür zuvor noch weitere Untersuchungen durchführen. Da die Zeit zwischen Entscheidung und Inbetriebnahme zirka 5 Jahre beträgt, kann eine Technologieauswahl theoretisch bis spätestens 2024 erfolgen. Bis dahin ist zu erwarten, dass auch diese Anbieter noch weiter mit ihrer Entwicklung fortgeschritten und bereit für ein potenzielles Angebot sind. Somit scheinen aus technischer Sicht in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen alle betrachteten Verfahren für eine Umsetzung im Jahr 2029 geeignet. Eine Umsetzung scheint ebenfalls aus wirtschaftlicher Sicht für alle Verfahren realistisch. Selbst die höchsten Kosten der Verfahren betragen weniger als 5 % der gesamten Abwasserbehandlungsgebühren (inkl. Klärschlamm entwässerung). Das Nicht-Erreichen des Abfallendes der Output-Materialien sollte keine Hürde für die Verfahrensauswahl darstellen. Bei der direkten Verwendung der KSA in der Landwirtschaft wird, wenn die Schwermetallgrenzwerte der DüMV eingehalten werden, das Abfallende als erreicht betrachtet. Die anderen Verfahren betreiben einen größeren Aufwand und erreichen dadurch eine höhere Produktqualität. In Bezug auf die zukünftigen rechtlichen Rahmenbedingungen erfüllen die unbehandelte Asche, die direkt in der Landwirtschaft eingesetzt wird und das Outputmaterial von EuPhoRe[®] nicht die Anforderungen an die Löslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat. Im Laufe der Umsetzung der Anforderungen der AbfklärV könnte daher der Absatz dieser Produkte erschwert werden. Es wird dennoch empfohlen, sämtliche beschriebene Technologien in den Szenarien für NRW zu berücksichtigen.

Charakterisierung

Eigenschaften von Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm und Klärschlammasche

Technologie 	Klärschlamm-basierte nasschemische P-Rückgewinnungsverfahren			Klärschlamm-basierte thermische P-Rückgewinnungsverfahren		Klärschlamm-sche-basierte P-Rückgewinnungsverfahren					Weitere Lösungen zur Ascheverwertung			
	AirPrex®	Phos-Force	Stuttgarter Verfahren	Eu-PhoRe® ⁴	Pyro-phos ⁴	AshDec®	EcoPhos®	Parforce	Phos4Life	Asche als Dünger	Asche in Dünger-industrie			
Entwicklungsstand Technologie Nach technologischem Reifegrad (TRL)	6	7	8-9	●●●	●●○	●●○	●●●	●○○	●●○	●○○	●○○	●●○	●●●	●●● ¹⁶
Phosphor-Rückgewinnung Rückgewonnenes P bezogen auf P in Trockensubstanz (TS) des Klärschlammes (KS) / der Asche (KSA) [%]	<50	50-80	>80	●○○ ⁵	●○○ ⁵	●○○ ⁵	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●● ¹⁶
Varianz Materialeinsatz Art potenziell verwertbarer P-reicher Abfälle	KS von Bio-P	Alle KS (mit/ohne Vorbehandlung)	Alle P-reichen Abfälle (mit/ohne Vorbehandlung)	●○○	●●○	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	Nicht zutreffend ¹⁵	Nicht zutreffend ¹⁷	
Umwelt 	●○○	●●○	●●●											
Phosphatlöslichkeit¹ Neutrale Ammoniumcitrat (NAC)-Löslichkeit [Gew.-% P] als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung	<70	70-90	>90	●●●	●●●	●●●	●○○ ⁶	●○○	●●●	●●●	Nicht zutreffend ¹²	Nicht zutreffend ¹²	●○○	●●● ¹⁶
Ausschleusung von Schadstoffen Die Schadstoffentfernung aus dem Inputmaterial im Vergleich zum Outputmaterial erfolgt geringfügig	... teilweise	... nahezu vollständig	●●●	●●●	●●●	●○○	●○○	●●○	●●● ¹⁰	●●●	●●●	●○○	●○○ ¹⁶
Chemikalieneinsatz Kategorie der verwendeten Chemikalien	Toxische Stoffe	Gefahrstoffe	Keine Gefahrstoffe	●●●	●●○	●●○	●●○ ⁷	●○○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●●	●○○ ¹⁶
Energiebedarf Verfahren P-Rückgewinnung Inkl. Prozess-Energiebedarf, graue Energie der Rohstoffe und Abfälle, Energiegutschrift durch Ersatz von konventionellen Produkten durch zurückgewonnene Materialien. Verbrennung/Mineralisierung und deren Klärschlammaschen werden nicht berücksichtigt. Angabe in Primärenergie-Äquivalenten [kWh PE/t eKS]	>1.000	100-1.000	<100	●●●	●●●	●○○	●●●	●○○	●●○	●●○	●○○	●●○	●●●	●●● ¹⁶
Abfallentsorgung Kategorie der generierten Abfälle (Umgang mit gefährlichen Abfällen)	Gefährliche Abfälle	Nicht gefährliche Abfälle	Keine Abfälle	●●●	●●●	●●●	●○○	●○○	●●●	●○○ ¹¹	●○○ ¹³	●○○ ¹⁴	●●●	●●● ¹⁶
Wirtschaftlichkeit 	●○○	●●○	●●●											
Verfahrenskosten (P-Rückgewinnung & KS-Entsorgung³) Entspricht Kapitalkosten + operative Kosten + Zusatz- bzw. Entsorgungskosten + (eKS Verbrennung) [€/t eKS]	>130	100-130	<100	●●●	●●○	●○○	●●●	●●●	●●○	●●○	●○○	●○○	●●○	●○○ ¹⁸
Investitionskosten Verfahren Standardmäßiges P-Rückgewinnungsverfahren inkl. Peripherie pro jährliche Behandlungskapazität [€/Jahrestonnen eKS]	>400	200-400	<200	●●●	●●●	●●●	●○○ ⁸	●○○ ⁹	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○ ¹⁸
Erlös Verfahrensoutput Summe P-Komponente und übrige Komponenten [€/t eKS] P: Abhängig von NAC-Löslichkeit als Indikator der Wirksamkeit von P in mineralischen Düngern und Marktspezifikation Nebenprodukte: Menge und Marktspezifikation	<10	10-20	>20	●○○	●○○	●○○	●○○	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●○○	Nicht zutreffend ¹⁷

Zusätzliche Informationen zur Charakterisierung

¹ Eine hohe NAC-Phosphatlöslichkeit ist für die Nennung von P als Nährstoff in mineralischen Düngern nach Europäischer Düngemittelverordnung von 2019 Voraussetzung. Sie kann jedoch nicht für alle Erzeugnisse gleichermaßen als Indikator für die Pflanzenverfügbarkeit herangezogen werden. Pflanzenwachstumstests bieten hierfür eine aussagekräftigere Bewertung.

² Die Wirtschaftlichkeitsangaben der Verfahren wurden zur Normalisierung der Daten je nach Verfahren auf eine standardisierte Materialeinsatzart und -Menge basierend auf Daten einer/s durchschnittlichen Kläranlage/ Klärschlamm in/aus Deutschland bezogen. Für schlammbasierte Verfahren entspricht dies 40.000 t/a entwässerten Klärschlamm mit 3,4 Gew.-% P in der Trockensubstanz (25 % TS) oder der äquivalenten Menge an Faulschlamm oder Primär-/Überschussschlamm; für aschebasierte Verfahren 30.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P (316.000 eKS t/a mit 25 % TS). Ausnahmen sind (1) PhosForce (Veolia) mit 24.750 t/a eingedicktem Primär- und Überschussschlamm (6 % TS) aus einer Bio-P-Anlage (spezifische Umsetzung am Standort Schönebeck) mit leicht abweichenden Eigenschaften von einem durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland mit 2,2 Gew.-% P in der Trockensubstanz (5.940 t eKS/a mit 25 % TS); (2) AshDec® (Outotec) bezogen auf die standardisierte KSA-Menge und Zusammensetzung, aber unter Einsatz von warmer Asche; (3) Phos4Life (Técnicas Reunidas) mit 30.000 t/a Klärschlammasche des Klärschlamm aus Zürich und den dort gegebenen Standortbedingungen; P-Gehalt wurde mit 9 Gew.-% P an eine KSA aus einem durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland angepasst und (4) Ascheinsatz in der Landwirtschaft (sePura) mit 15.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P, die von der sePura GmbH jährlich abgesetzt werden (158.000 t eKS/a mit 25 % TS).

³ Je nach Verfahren sind in den Kosten folgende Entsorgungskosten enthalten: 15 €/t eKS für eKS Transport (50 km), 75 €/t eKS für Mitverbrennung (inkl. Aschedeponierung) und 105 €/t eKS für Monoverbrennung.

⁴ Diese Verfahren umfassen sowohl die thermische Entsorgung als auch Phosphorrückgewinnung. Aspekte, die aufgrund der erweiterten Bilanzgrenzen daher nicht direkt mit reinen P-Rückgewinnungsverfahren zu vergleichen sind, sind farblich in Lila gekennzeichnet.

⁵ Eine Abreicherung des P-Gehalts im Schlamm auf <2 % nach Abfallklärschlammverordnung ist grundsätzlich möglich. Dies ist aber abhängig von der Phosphorkonzentration im Inputmaterial und kann somit zu veränderten Aufwänden und Kosten führen.

⁶ 2 %-ige Zitronenlöslichkeit 80 Gew.-% P; Rezyklate mit basisch wirksamen Substanzen maskieren z.T. neutrales Ammoniumcitrat, woraus eine niedrigere NAC Löslichkeit resultiert; Institut für Nutzpflanzenkunde (Prof. Goldbach, Universität Bonn) bestätigt aber eine mit Thomasphosphat vergleichbare Wirksamkeit.

⁷ Der Gefahrstoff, Ca(OH)₂ wird zur Rauchgasreinigung in der mit dem Verfahren kombinierten Verbrennungsanlage eingesetzt. Der Chemikalieneinsatz zur Rauchgasreinigung ist aber generell bei allen Klärschlammverbrennungsanlagen notwendig.

⁸ Investitionskosten für die Erweiterung einer bestehenden Verbrennungsanlage mit einer separaten Linie mit einem Drehrohrofen zur P-Rückgewinnung (EuPhoRe-Verfahren). Mit der Annahme, dass die Rauchgasreinigung der Verbrennungsanlage ausreichend Kapazitäten für die zusätzlich durch das EuPhoRe Verfahren anfallende Rauchgase besitzt.

⁹ Investitionskosten für eine freistehende Anlage inklusive Rauchgasreinigung zur thermischen Behandlung von entwässertem Klärschlamm zur Phosphorrückgewinnung und Klärschlamm Entsorgung.

¹⁰ Hohe Ausschleusung von Metallen ist zur Herstellung von Phosphorsäure mit Düngemittelqualität gegeben. Modulares Verfahren ermöglicht Anpassung zur Herstellung von Phosphorsäure mit technischer Qualität.

¹¹ 4 % des gesamten Feststoffabfalls.

¹² Hergestellte P-Säure wird im technischen Bereich eingesetzt, nicht als Düngerrohstoff.

¹³ <0,1 % des gesamten Feststoffabfalls.

¹⁴ Nur 1 % des gesamten Feststoffabfalls, alternativ kostenpflichtige stoffliche Verwertung bzw. Beseitigung möglich.

¹⁵ Inputmaterial wird nicht zur P-Rückgewinnung oder Schwermetallabreicherung noch weiter behandelt.

¹⁶ bezieht sich auf das Phosphat-Aufschlussverfahren in der Düngerindustrie.

4 Darstellung und Charakterisierung erfolgversprechender Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammaschen

¹⁷ Rückgewinnung ausgelagert an Düngerindustrie.

¹⁸ bezieht sich auf die an die Düngerindustrie abgegebene Klärschlammasche

5 Szenarien der zukünftigen Phosphorrückgewinnung im Kontext der Klärschlamm Entsorgung

5.1 Vorbemerkungen

In Folge der Novellierung der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) und der Verschärfung des Düngerechts ergeben sich Einschränkungen hinsichtlich der bodenbezogenen Verwertung von Klärschlamm. Viele Betreiber von Kläranlagen stehen vor der Herausforderung, für den auf ihren Anlagen anfallenden Klärschlamm eine wirtschaftlich tragfähige Entsorgungsmöglichkeit zu finden, die überdies der künftigen Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung Rechnung trägt. Hinsichtlich knapper werdender Entsorgungskapazitäten stellt sich dabei konkret die Frage: Wer baut zusätzlich erforderliche Entsorgungs-, d.h. insbesondere Mono-Verbrennungsanlagen und zu welchen Konditionen können Kläranlagenbetreiber ihren Klärschlamm dort entsorgen? Zusätzlich stellt sich die Frage, welche konkreten Verfahren zur Phosphorrückgewinnung zum Tragen kommen. Bis 2023 müssen die Kläranlagenbetreiber Konzepte zur Erfüllung der zukünftigen Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung vorlegen.

Die in diesem Kapitel vorgelegten Ergebnisse befassen sich schwerpunktmäßig mit der Frage, wie die Bereitstellung ausreichender Kapazitäten für eine mit der AbfKlärV konformen Klärschlamm Entsorgung so organisiert werden kann, dass keine Überkapazitäten entstehen und unerwünschte Auswirkungen, wie unnötige Transporte, vermieden werden können. Dabei spielen auch die anzuwendenden Phosphorrückgewinnungstechnologien eine wichtige Rolle, weil sie sich auf die Struktur der Klärschlamm Entsorgung insgesamt auswirken. Um die optimierte Bereitstellung von Kapazitäten der Klärschlammverbrennung und Phosphorrückgewinnung zu untersuchen, kommen Szenarien zum Einsatz, die im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt werden. Anschließend werden die untersuchten Szenarien mit ihren Ergebnissen im Detail vorgestellt. Am Ende dieses Kapitels folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse mit einem Ausblick.

5.2 Vorgehen

5.2.1 Auswahl der Szenarien

Szenarien kommen zum Einsatz, wenn Aussagen über Zustände in der Zukunft gemacht werden sollen, deren Zustandekommen naturgemäß mit Unsicherheiten behaftet sind. Eine wichtige Unsicherheit besteht aktuell beispielsweise darin, inwiefern Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 4a von der Phosphorrückgewinnungspflicht der AbfKlärV betroffen sind, obwohl sie auch zukünftig Klärschlamm bodenbezogen verwerten dürfen. Wenngleich sie von der Pflicht, ihren Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, grundsätzlich ausgenommen sind, können sie faktisch zur Phosphorrückgewinnung gezwungen sein, wenn keine Flächen für eine bodenbezogene Verwertung zur Verfügung stehen (Abschnitt 2.2.3). Da diese Frage momentan nicht abschließend geklärt werden kann, können zwei verschiedene Szenarien untersucht werden: eines, in dem auch Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 4a ihren Klärschlamm einer Mono-Verbrennungsanlage zuführen, und ein zweites, in dem dies nicht der Fall ist. Eine weitere wichtige Unsicherheit besteht im Hinblick auf die zukünftige Rolle der Mit-Verbrennung und die Möglichkeiten einer Phosphor-Rückgewinnung im Rahmen dieser Mitverbrennung. Um sich vor diesem Hintergrund mit der möglichen zukünftigen Struktur der Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung zu befassen und die Vor- und Nachteile verschiedener, alternativer Varianten vergleichen zu können, werden auf der Grundlage bestimmter im Vorhinein getroffener Annahmen Umstände festgelegt, für die dann die entsprechende Infrastruktur entworfen wird. Dieser Entwurf, der das Szenario darstellt, kann bspw. anhand wirtschaftlicher, organisatorischer und ökologischer Kriterien bewertet werden. Anschließend können die verschiedenen Szenarien miteinander verglichen und damit Entscheidungen seitens verschiedener Akteure im Kontext des Aufbaus der erforderlichen Infrastruktur unterstützt werden.

Bei der Auswahl möglicher Szenarien waren zunächst einige grundlegende Fragen maßgeblich, vor die sich die von der AbfKlärV betroffenen Kläranlagenbetreiber gestellt sehen:

- Welche Möglichkeiten der Phosphorrückgewinnung bestehen, wenn die Klärschlamm Entsorgung schon heute mittels Mono-Verbrennung erfolgt?
- Gilt dies auch für Kläranlagen, die den zu entsorgenden Klärschlamm bislang noch nicht verbrennen lassen, dies aber in Zukunft planen?
- Ist es wirtschaftlich und technisch sinnvoll, zu jeder Verbrennungsanlage eine Phosphorrückgewinnungsanlage zu errichten?
- Sind auch kleinere Kläranlagen (< 50.000 EW) von der Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung betroffen?
- Welche Möglichkeiten zur Phosphorrückgewinnung bestehen, wenn der Klärschlamm in Kohlekraftwerken mitverbrannt wird?
- Welche Ansätze zur Phosphorrückgewinnung jenseits der Rückgewinnung aus der Asche gibt es, mit denen den Anforderungen der novellierten AbfKlärV Rechnung getragen werden kann?

Auf Basis dieser Fragen wurden in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis vier Szenarien erarbeitet.

5.2.2 Berechnung der Szenarien

Zweck der Szenarien ist es, auf Basis der bestehenden und verbindlich geplanten Kläranlagen- und ihrer Klärschlamm Entsorgungsinfrastruktur festzustellen, ob und wie viele Klärschlammverbrennungsanlagen ggf. zusätzlich gebaut werden müssten, um den Klärschlamm zukünftig in Einklang mit der novellierten AbfKlärV zu entsorgen, und wie viele Phosphorrückgewinnungsanlagen wo errichtet werden müssen, um der dort ebenfalls festgeschriebenen Phosphorrückgewinnungspflicht Rechnung zu tragen. Grundsätzlich geht es darum, aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen die Transportwege zu minimieren und gleichzeitig den optimalen Zentralisierungsgrad festzulegen. So können große Verbrennungs- oder Phosphorrückgewinnungsanlagen aufgrund von Skaleneffekten ggf. kostengünstiger betrieben werden, erfordern aber meist den Antransport des Ausgangsmaterials aus verschiedenen Standorten. Umgekehrt könnte bei dezentraler Verbrennung oder Rückgewinnung der Transport entfallen, die Betriebskosten hingegen würden steigen. Diese Optimierung geschieht je nach Szenario in mehreren Schritten:

- Geht der Phosphorrückgewinnung eine Verbrennung des Klärschlammes voraus, so erfolgt die Optimierung zunächst für die Lokalisierung der Klärschlammverbrennungsanlagen. Ist die Verbrennung erfolgt oder nicht erforderlich, weil der Klärschlamm bspw. direkt einer Phosphorrückgewinnung unterzogen wird, erfolgt (ggf. zusätzlich) die Optimierung der Standorte der Phosphorrückgewinnungsanlagen.
- Für jede Optimierung wird zunächst untersucht, wie groß die erforderliche Gesamtkapazität für Verbrennung oder Phosphorrückgewinnung ist, welche Kapazitäten bereits vorliegen oder geplant und ggf. zusätzlich erforderlich sind, wie groß die angestrebte (Minimal-) Kapazität einer einzelnen Anlage sein soll und wie viele Anlagen dementsprechend erforderlich sind. Je nach Zentralisierungsgrad können hier mehrere kleinere bis hin zu (im Extremfall) einer großen Anlage angenommen werden.
- Danach erfolgt im Fall der Klärschlammverbrennung eine Zuordnung der Kläranlagen zu den Verbrennungsanlagen, in die letztere ihren zu entsorgenden Klärschlamm verbringen, im Fall der Phosphorrückgewinnung eine Zuordnung der Verbrennungsanlagen zu den Rückgewinnungsanlagen, die das Phosphor aus der jeweiligen Asche zurückgewinnen. Im Fall der Kläranlagen erfolgt die Zuordnung auf Basis einer bestehenden oder geplanten Entsorgungsbeziehung oder, sofern eine solche nicht besteht, auf Basis der jeweils geringsten Entfernung zu einer Verbrennungsanlage mit freien Kapazitäten.

- Müssen zusätzliche Anlagen errichtet werden, weil die bestehenden Kapazitäten nicht ausreichen oder, im Fall der Phosphorrückgewinnungsanlagen, noch keine Kapazitäten vorhanden sind, so wird der Standort jeder dieser Anlagen so optimiert, dass die Summe der mengengewichteten Transportentfernungen aller für die Anlagenauslastung erforderlichen Klärschlamm- oder Klärschlammasschetransporte minimiert wird.
- Ergebnisse der Szenarienanalyse sind die Standorte und Kapazitäten aller (insbesondere der noch zu errichtenden) Klärschlammverbrennungs- und Phosphorrückgewinnungsanlagen sowie die für die Zuführung zu den Verbrennungs- und Rückgewinnungsanlagen erforderlichen Transportleistungen.

Sofern alle genannten Schritte durchgeführt wurden, können damit die Standorte, Kapazitäten und Transportleistungen für die verschiedenen Zentralisierungsvarianten miteinander verglichen werden. Ansonsten dienen vor allem die Kapazitäten und Transportleistungen als Basis für die Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnung in Kapitel 6.

5.3 Ergebnisse der Szenarienauswertung

5.3.1 Die Szenarien im Überblick

Szenario "Mono-Verbrennung aller Klärschlämme"

Hinsichtlich der Auswahl von Szenarien ist es zunächst sinnvoll, sich an den Gegebenheiten zu orientieren, die den Betrieb von Abwasserbehandlungsanlagen und die damit in der Regel verbundene Entsorgung des Klärschlammes bestimmen. Wie in Abbildung 3-3 dargestellt, ist die Klärschlammverbrennung schon heute der wichtigste Entsorgungsweg in NRW. Allerdings wird aktuell neben der Mono-Verbrennung die Mitverbrennung in Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken praktiziert (vgl. Abbildung 3-9), die eine Rückgewinnung des Phosphors erschwert bzw. unmöglich macht. Sofern der P-Gehalt des Klärschlammes 2 % nicht unterschreitet, besteht die Phosphorrückgewinnungspflicht gemäß AbfKlärV unmittelbar nur für Kläranlagen der Größenklassen 5 (ab 2029) und 4b (ab 2032). Darüber hinaus könnte sich, wie in Abschnitt 2.2.3 erläutert, aufgrund fehlender Optionen für eine bodenbezogene Verwertung und der Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes die Situation ergeben, dass auch bei Klärschlämmen aus kleineren Kläranlagen (GK 1 bis 4a) Phosphor zurückgewonnen werden muss. Es zeichnet sich jetzt schon ab, dass zukünftig größere Kapazitäten für die Mono-Verbrennung von Klärschlämmen verfügbar sein werden. Zu diesem Zweck gibt es in NRW bereits verschiedene Kooperationen, die die Klärschlämme ihrer Kooperationspartner jeweils einer bestehenden oder noch zu errichtenden (Mono-)Klärschlammverbrennungsanlage (KSPA) zuzuführen beabsichtigen. Es ist naheliegend, diese Bemühungen und die aktuelle Struktur der Klärschlamm Entsorgung als Ausgangspunkt zu nehmen und in einem Szenario "Mono-Verbrennung aller Klärschlämme" zu untersuchen, wie eine Infrastruktur aussehen könnte, in der alle in NRW anfallenden Klärschlämme mono-verbrannt werden und die Phosphorrückgewinnung folglich ausschließlich aus der Asche erfolgt. Dafür kommen die in Abschnitt 4.2 aufgeführten klärschlammasschebasierten Phosphorrückgewinnungsverfahren in Frage, die in verschiedenen Zentralisierungsvarianten, zentral, semi-zentral und dezentral, umsetzbar sind.

Szenario „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“

Die AbfKlärV schreibt die Phosphorrückgewinnung aus zu entsorgenden Klärschlämmen unmittelbar nur für Kläranlagen der Größenklassen 5 (ab 2029) und 4b (ab 2032) vor. Daher wird in diesem Szenario angenommen, dass für die Entsorgung der Klärschlämme von Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 4a auch nach dem Jahr 2032 keine Mono-Verbrennung erforderlich ist. Damit reduziert sich in der Zukunft die benötigte Kapazität für eine Mono-Verbrennung von Klärschlämmen sowie der entsprechenden Phosphorrückgewinnungsanlagen.

Szenario "Einbeziehung der Mitverbrennung in Kraftwerken"

Wie in Abschnitt 3.2.3 dargestellt, sind schon heute die Mono- und Mitverbrennung von Klärschlämmen die wichtigsten Entsorgungswege in NRW. Neben der Mono-Verbrennung werden Klärschlämme vor allem in Kraftwerken mitverbrannt. In geringerem Umfang findet eine Mitverbrennung in Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken statt, wo eine Rückgewinnung des Phosphors allerdings nicht möglich ist. Im Gegensatz dazu könnte die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken die Möglichkeit zur Phosphorrückgewinnung bieten, sofern zur (Mit-)Verbrennung eine aschearme Kohle verwendet wird und dadurch der P-Gehalt in der Asche und die Aschenzusammensetzung nicht zu stark gesenkt bzw. verändert wird.

Selbst wenn es im Zuge des „Kohleausstiegs“ der Bundesregierung in NRW zur Außerbetriebnahme von Kohlekraftwerken zur Stromgewinnung kommt, werden einzelne Anlagen für die Kohleveredelung oder Prozessgaserzeugung in Betrieb bleiben. Parallel zur Phosphorrückgewinnung aus der Mitverbrennungsasche, die verfahrenstechnisch der aschebasierten Phosphorrückgewinnung entspräche, forscht RWE (als einziger Betreiber von Braunkohlekraftwerken in NRW) außerdem an einem kombinierten Vergasungsverfahren mit Einsatz von Klärschlamm bzw. Klärschlammaschen, bei dem der Phosphor aus dem Rohgas zurückgewonnen werden soll.

Die weitere Nutzung der Kohlekraftwerke wird voraussichtlich eine wichtige Rolle in der Übergangszeit spielen, die für den koordinierten Aufbau einer Mono-Verbrennungsinfrastruktur erforderlich ist. Außerdem kann die Mitverbrennung ggf. noch zu errichtende Mono-Verbrennungskapazitäten überflüssig machen.

Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“

Die Phosphorrückgewinnung aus der Asche wird zwar am meisten diskutiert, ist aber nicht die einzige Option. Es gibt verschiedene technische Ansätze zur Rückgewinnung von Phosphor, die in Kapitel 4 folgenden Kategorien zugeordnet werden:

- Klärschlamm-basierte nass-chemische Verfahren für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, Faulschlamm oder Schlammwasser während der Abwasserbehandlung auf der Kläranlage,
- Klärschlamm-basierte thermo-chemische Verfahren für die Phosphorrückgewinnung aus entwässertem, zur Entsorgung anstehendem Klärschlamm (ohne vorherige Verbrennung),
- Klärschlamm-aschebasierte Phosphorrückgewinnungsverfahren sowie
- Verwertung der Asche direkt als Düngemittel oder als Rohstoff in der Düngemittelindustrie

Die direkte Verwertung der Klärschlamm-asche als Düngemittel oder Rohstoff für die Düngemittelindustrie entspräche in der Logik der Szenarien den oben aufgeführten Klärschlammverbrennungsszenarien mit dem Unterschied, dass nach der Verbrennung keine technische Phosphorrückgewinnung erfolgt. Unabhängig davon, ob dieser Ansatz als erfolversprechend angesehen werden kann, ist seine Abbildung und Analyse im Rahmen eines eigenen Szenarios daher nicht erforderlich.

Die klärschlamm-basierten thermischen Phosphorrückgewinnungsverfahren erweisen sich aufgrund der Charakterisierung in Abschnitt 4.3 durchaus als vorteilhaft, ihr erfolgreicher Einsatz hängt aber von einer Reihe standortspezifischer Umstände ab, zu denen im Rahmen des vorliegenden Projektes keine Erkenntnisse vorliegen. Daher war die Abbildung dieser Verfahren in einem eigenen Szenario nicht möglich.

Damit verbleibt als letzter möglicher Verfahrensansatz die nasschemische klärschlamm-basierte Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage. Der Vorteil dieser Verfahren für die Kläranlagenbetreiber besteht darin, dass der P-Gehalt im Klärschlamm durch die Rückgewinnung ggf. soweit gesenkt werden kann, dass der für die Phosphorrückgewinnungspflicht maßgebliche Schwellenwert von 2 % unterschritten wird. In diesem Fall muss im Zuge der Entsorgung (des P-reduzierten) Klärschlamm keine (weitere) Phos-

phorrückgewinnung erfolgen und der Klärschlamm kann auch einem Zementwerk oder einer Müllverbrennungsanlage zugeführt werden⁸. Die Anwendung dieser Verfahren ist an gewisse betriebliche Voraussetzungen in den Kläranlagen geknüpft, zu denen Daten verfügbar waren.

Der Zielzeitraum aller Szenarien ist das Jahr 2029, wenn die Verpflichtungen der AbfklärV zur Phosphorrückgewinnung in Kraft treten und der Großteil der erforderlichen Anlagen spätestens in Betrieb gehen sollten.

Die definierten Randbedingungen basieren auf der Auswertung der Klärschlamm Entsorgung in NRW, den veröffentlichten Angaben und den Informationen der Akteure, die im projektbegleitenden Arbeitskreis vertreten sind. Um die Szenarien besser zu erläutern, kommt es in den folgenden Textabschnitten zum Teil zu Wiederholungen der Angaben, die in vorherigen Abschnitten bereits beschrieben sind.

5.3.2 Szenario "Mono-Verbrennung aller Klärschlämme"

Randbedingungen

Ziel dieses Szenarios ist zunächst die Bestimmung der zukünftigen Struktur der Klärschlamm Entsorgung und der Phosphorrückgewinnung in NRW unter der Annahme, dass der gesamte Klärschlamm aller Kläranlagen mono-verbrennt wird, um die Asche anschließend der Phosphorrückgewinnung zuzuführen. Dazu werden im Szenario nicht nur alle im Betrieb befindlichen KSVA unter Berücksichtigung bereits bekannter Ausbau- oder Stilllegungspläne berücksichtigt (vgl. Abschnitt 3.2.3). Auch die Planungen von KSVA, soweit sie aktuell (Stand: April 2020) von verschiedenen Kooperationen entsorgungswilliger Kläranlagenbetreiber, Verbänden beziehungsweise Entsorgern vorangetrieben werden und einen gewissen Konkretheitsgrad (Genehmigung angestrebt oder erteilt) erreicht haben, werden einbezogen (vgl. Abschnitt 3.3). Dementsprechend werden für den Aufbau des Szenarios folgende Annahmen getroffen, die im Anschluss im Detail dargelegt werden:

- (1) Als Basis für das Szenario dient die aktuell (Stand: 2018) vorliegende Struktur der Mono-Verbrennung von Klärschlämmen in NRW, d. h. die aktuell betriebenen KSVA, die Mengen des dort verbrannten Klärschlammes und seine kläranlagengenaue Herkunft.
- (2) Im Hinblick auf die Menge des zu entsorgenden Klärschlammes wird davon ausgegangen, dass diese auch in Zukunft gleichbleibt. In den letzten Jahren konnte zwar eine leichte Reduzierung des Klärschlamm Aufkommens festgestellt werden, doch zum jetzigen Zeitpunkt kann keine Prognose erstellt werden, inwiefern dieser Trend sich auch in der Zukunft fortsetzt.
- (3) KSVA, die bis 2029 voraussichtlich außer Betrieb genommen werden, werden im Szenario nicht betrachtet. Zusätzlich berücksichtigt werden hingegen alle für die aktuell bestehenden KSVA geplanten Kapazitätserweiterungen.
- (4) Ebenfalls einbezogen werden Planungen für die Errichtung und den Betrieb zusätzlicher KSVA, wie sie aktuell von verschiedenen Akteuren vorangetrieben werden, soweit sie einen hinreichenden Konkretheitsgrad aufweisen. Hinsichtlich des in diesen Anlagen zu entsorgenden Klärschlammes wird der (aktuelle) Entsorgungsbedarf aller in diesen Kooperationen zusammenschlossenen Kläranlagen zusammengefasst (vgl. Abschnitt 3.3.1).
- (5) Soweit es in bestehenden oder hinsichtlich ihrer Kapazität erweiterten KSVA noch freie Verbrennungskapazitäten gibt, wird angenommen, dass diese zu einem gewissen Anteil von Kläranlagenbetreibern in Anspruch genommen werden, deren Entsorgungsbedarf aktuell nicht gedeckt ist, weil sie bisher andere Entsorgungswege (z.B. Landwirtschaft oder Landschaftsbau) gewählt haben. Die Höhe dieses Anteils unterliegt in der Realität den Marktkräften; im Szenario erfolgt die

⁸ Einzelne der hier in Frage kommenden P-Rückgewinnungsverfahren setzen nicht während der Abwasserbehandlung, sondern nach deren Abschluss beim zur Entsorgung anstehenden Klär- bzw. Faulschlamm an, so dass zwar die Rückgewinnung von mindestens 50 % des P, aber nicht die Unterschreitung der 20 mg P/kg-Grenze erforderlich ist (siehe dazu auch die Ausführungen in Abschnitt Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

Fortschreibung des Anteils auf Basis von Hinweisen der Anlagenbetreiber oder historischer Daten. In diesem Sinne liegt auch der Entwicklung von Klärschlammimporten nach NRW und -exporten aus NRW die Annahme zugrunde, dass die benachbarten (Bundes-) Länder von Änderungen der Rahmenbedingungen in ähnlicher Weise betroffen sind wie NRW und deshalb keine grundlegenden Änderungen der relativen Anteile zu erwarten sind. Die Zuordnung von KSVA und Kläranlagen erfolgt kläranlagengenau auf Basis der jeweiligen direkten Entsorgungsmengen⁹ und unter der Prämisse, die Transportwege für den zu entsorgenden Klärschlamm zu minimieren.

- (6) Sofern nach Ausschöpfung aller vorhandenen KSVA-Kapazitäten (siehe Punkt 5) noch Entsorgungsbedarf besteht, werden unter Minimierung der Transportwege im Szenario zusätzliche KSVA-Anlagen vorgesehen.
- (7) Für die Gesamtheit aller bestehenden (Punkt 1), geplanten (Punkte 3 und 4) und zusätzlich erforderlichen KSVA (Punkt 6) wird unter Berücksichtigung bestimmter Mindestkapazitäten und unter Minimierung der Transportwege ein Netz von Anlagen zur Phosphorrückgewinnung aus der Asche „konstruiert“. Dabei wird zwischen einem eher zentralen Ansatz, in dem sich ggf. mehrere Verbrennungsanlagen eine Phosphorrückgewinnungsanlage teilen, und einem dezentralen Ansatz, in dem jede Verbrennungsanlage ihre eigene Phosphorrückgewinnung betreibt, unterschieden.

Stand der Klärschlammverbrennung

In NRW werden aktuell (Stand: 2018) sechs KSVA betrieben, die ausschließlich oder überwiegend der Entsorgung von Klärschlämmen aus kommunalen Kläranlagen dienen (vgl. auch Tabelle 3-2). Für diese KSVA sind in Tabelle 5-1 die aktuell nutzbare Kapazität (jeweils in Tonnen Trockenmasse) für die Verbrennung von Klärschlamm (Spalte III), die im Jahr 2018 tatsächlich verbrannte Menge kommunalen Klärschlamm (Spalte V) und die in diesem Jahr von nordrhein-westfälischen Kläranlagen zugeführte Klärschlammmenge (Spalte VII) aufgeführt.

⁹ Direkte Entsorgungswege sind solche, bei denen der Klärschlamm direkt zur Verbrennung oder – in abnehmendem Umfang – zur Verwertung in Landschaftsbau oder Landwirtschaft gelangt. Als indirekte Entsorgung wird die Praxis bezeichnet, dass Klärschlamm an andere Kläranlagen oder an Klärschlammbehandlungsanlagen abgegeben wird, von wo aus jeweils eine direkte Entsorgung erfolgt

Tabelle 5-1: Kapazitäten der KSWA für kommunalen Klärschlamm in NRW

Standort (I)	KSWA Betreiber/ Ko- operation (II)	Nutzbare Kapazität		Genutzte Kapazität		Davon für Schlamm aus NRW	
		2018	Szenario	2018	Szenario	2018	Szenario
		t TM/a (III)	t TM/a (IV)	t TM/a (V)	t TM/a (VI)	t TM/a (VII)	t TM/a (VIII)
Wuppertal	Wuppertalverband	32.000	–	27.678	–	26.225	–
Bonn	Bundesstadt Bonn	8.000	–	6.257	–	2.807	–
Düren	Wasserverband Eifel-Rur	14.000	–	7.232	–	7.232	–
Bottrop	Emscher-Genos- senschaft	44.000	44.000	23.866	42.000 ^a	23.866	42.000 ^a
Werdohl	WFA Elverlingsen	53.000 ^b	53.000 ^b	50.636	50.636	43.525	50.100 ^b
Lünen	Innovatherm	95.000	120.000	71.098	90.000	40.152	72.000
<i>Summe:</i>		<i>246.000</i>	<i>217.000</i>	<i>186.767</i>	<i>182.636</i>	<i>143.807</i>	<i>164.100</i>

Bemerkung: Die Bezeichnungen der KSWA orientieren sich wegen der geografischen Struktur der Szenarien primär am Standort der Anlage.

Datenquelle: LANUV (2020), ^{a,b} Angaben der Betreiber (siehe Text)

Für die Ermittlung der im Szenario nutzbaren Kapazitäten (Spalten IV, VI bzw. VIII) sind folgende Erkenntnisse zu berücksichtigen:

- Im Jahr 2029, dem Bezugszeitraum für das Szenario, wird die KSWA in Bonn stillgelegt sein. Die Stadtentwässerung Bonn ist zwischenzeitlich der Kooperation KKR (siehe unten) beigetreten, um für die Entsorgungslücke Ersatz zu schaffen.
- Auch die aktuellen KSWA in Wuppertal-Buchenhofen und in Düren werden mit Inbetriebnahme der von den Kooperationen KSVB bzw. KKR geplanten Anlagen (siehe unten) außer Betrieb gehen (Quelle KKR: Joachim Reichert, Vorstand Wasserverband Eifel-Rur).
- Aufgrund einer größeren Kesselrevision sind die Daten des Jahres 2018 für die KSWA in Bottrop nicht repräsentativ. In den Jahren zuvor (2015-2017) wurden im Durchschnitt ca. 42.000 t TM Klärschlamm durchgesetzt, der ausschließlich aus NRW stammte. (Quelle: Dr. Dennis Blöhse, Emschergenossenschaft)
- Für die WFA Elverlingsen in Werdohl wird derzeit geprüft, auf die Zugabe fossiler Energieträger (insb. Kohle, Sekundärbrennstoffe) zukünftig zu verzichten. Möglichkeiten hierzu wären der Einsatz externen Klärschlamm-Trockengranulates oder auch der Bau eines eigenen Trockners. Beide Möglichkeiten führen zu Kapazitätserweiterungen der Klärschlammverbrennung, die derzeit noch nicht beziffert werden können. Es besteht ein langfristiger Vertrag mit dem Ruhrverband zur Entsorgung von 30.000 t Klärschlamm-trockenmasse. Derzeit werden zusätzlich weitere 7.800 t TM des Ruhrverbandes im Rahmen eines kurzfristigen Vertrages angenommen. Insgesamt stehen bei der WFA E somit mittelfristig variable Kapazitäten von ca. 23.000 t TM zur Verfügung, die am Markt vergeben werden können. (Quelle: Dr. Yvonne Schneider, Ruhr-Verband)

- Die Innovatherm-Anlage in Lünen soll mittelfristig auf eine Jahreskapazität von 480.000 t OS bzw. 120.000 t TM¹⁰ ausgebaut werden und es sollen ausschließlich kommunale Klärschlämme verbrannt werden. Unter Annahme eines Auslastungsgrades der Anlage von 80 % und eines Nutzungsgrades durch NRW-Kläranlagen von 75 % ergeben sich daraus im Szenario insgesamt (Spalte VI) und für NRW-Kläranlagen nutzbare Kapazitäten (Spalte VIII) von 96.000 bzw. 72.000 t TM/a. Der gegenüber den aktuellen Werten erhöhte Auslastungs- bzw. Nutzungsgrad für NRW-Klärschlämme wird damit begründet werden, dass es sich um neue Anlagen mit geringerem Revisionsbedarf handelt und aufgrund des verstärkten Entsorgungsdrucks für die NRW-Nutzer mittelfristig am Klärschlammverbrennungsmarkt etwas höhere Anteile erreichbar sein sollten. Der Zuwachs kommt den Plänen von Emshergenossenschaft und Lippeverband zufolge zunächst dem Entsorgungsbedarf der eigenen Mitglieder zugute. Freie Kapazitäten stehen dann für die Bedarfsdeckung anderer Kläranlagen zur Verfügung.

Es wäre auch möglich, dass die in Spalte VI dargestellten Kapazitäten zukünftig vorzugsweise für die Klärschlämme aus NRW zur Verfügung gestellt werden. In diesem Fall stünden zukünftig 182.636 t TM/a Kapazitäten in Bestandsanlage zur (Mono)Klärschlammverbrennung zur Verfügung.

G geplante K SVA

Aktuell zeichnen sich die folgenden Kooperationen von in NRW ansässigen Kläranlagenbetreibern ab, die konkrete Planungen haben, auf den Bau und Betrieb weiterer K SVA in den nächsten Jahren hinzuwirken (Stand: April 2020, vgl. auch Abschnitt 3.3.1 und 3.3.3):

- Die Klärschlammkooperation Rheinland (KKR) plant den Neubau einer K SVA mit einer Kapazität von 90.000 t TM/a.¹¹
- Die Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH (K SVB) plant den Ersatz der bestehenden K SVA in Wuppertal-Buchenhofen durch eine neue Anlage mit einer Jahreskapazität von 36.000 t TM.
- Die Klärschlammkooperation in Ostwestfalen-Lippe (OWL) sucht im Rahmen einer Ausschreibung einen Partner, der eine Kapazität zur Verbrennung von 40.000 bis 44.000 t TM/a Klärschlamm zur Verfügung stellen kann.

Unabhängig davon wurde in Bielefeld das Genehmigungsverfahren für eine K SVA mit einer Kapazität von 35.000 t TM/a abgeschlossen. Ob die Klärschlammkooperation OWL gegebenenfalls auf diese Anlage zurückgreifen wird, hängt vom Ergebnis einer europaweiten Ausschreibung der Kooperation ab.

- Die LINEG beabsichtigt in Asdonkshof eine K SVA zu errichten, die der Entsorgung des Klärschlammes der LINEG-eigenen Kläranlagen sowie der Kläranlagen weiterer Kooperationspartner dienen soll. Bisher ist eine Kapazität von 58.000 t OS/a vorgesehen.
- Das Entsorgungsunternehmen Remondis Aqua plant, am Standort Lünen eine K SVA mit einer Kapazität von 30.000 t TM/a (= 120.000 t OS/a) sowie eine TetraPhos[®]-Anlage zur Phosphorrückgewinnung aus der anfallenden Asche (12.000 t/a) zu errichten.
- Hingewiesen sei schließlich auch auf Pläne der Entsorgungsgesellschaft Krefeld, den anfallenden Klärschlamm noch auf der Kläranlage einer P-Entfrachtung zu unterziehen. Dadurch soll ein P-Gehalt von weniger als 20 g/kg TM Klärschlamm erreicht werden, so dass der Klärschlamm wie bisher in der eigenen Müll- und Klärschlammverbrennungsanlage mitverbrannt werden könnte. Diese Maßnahme ist für die K SVA-Kapazitäten insofern relevant, als angesichts der Größe der Kläranlage in Krefeld jährlich rund 11.500 t TM Klärschlamm nicht mono-verbrannt werden müssten.

¹⁰ Für die Umrechnung von Originalsubstanz (OS = entwässertes Klärschlamm) in Trockenmasse (TM) wird ein Faktor von 0,25 verwendet.

¹¹ Nachträglich wurde bekannt, dass die KKR die Planung einer eigenen K SVA aufgegeben hat (siehe auch Fußnote 4 zu Beginn von Abschnitt 3.3)

Eigene Auswertungen und Abschätzungen seitens der Betroffenen selbst haben ergeben, dass bei den Partnern aller Kooperationen genügend Klärschlamm zur Entsorgung ansteht, um die jeweils geplanten Anlagen vollständig auszulasten. Kapazitätseinbußen aufgrund von Revisionen oder ungeplanten Ausfällen sind dabei nicht berücksichtigt. Nur bei der geplanten KSVA in Wuppertal-Buchenhofen ergibt sich den Berechnungen zufolge (bei Inanspruchnahme durch alle Kooperationspartner) eine Überauslastung um rund 13.000 t TM/a. Für ihren Ausgleich werden im Szenario zusätzliche Kapazitäten aus der geplanten Erweiterung der Innovatherm-Anlage in Lünen herangezogen.

Die Angaben zu bestehenden und geplanten KSVA-Kapazitäten sind in Tabelle 5-2 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die aufgeführte verfügbare Gesamtkapazität von 369.600 t TM fast ausreicht, die in NRW (in 2018) anfallende Gesamtklärschlammmenge von rund 370.519 t TM vollständig zu entsorgen. Nicht berücksichtigt sind dabei die Pläne der Entsorgungsgesellschaft Krefeld, wonach 11.500 t TM nicht mono-verbrannt werden müssten und damit sogar eine geringe Überkapazität bestehen würde.

Tabelle 5-2: Dem Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ zugrundeliegende aktuelle und aktuell geplante Mono-Verbrennungskapazitäten für Klärschlamm aus NRW

Standort*	KSVA	Verfügbare Kapazität (t TM/a)	Assoziierte Verbände
	Betreiber/ Kooperation		
Bottrop	Emscher-genossenschaft	42.000	Emschergenossenschaft/Lippeverband
Lünen	Innovatherm	72.000	Emschergenossenschaft/Lippeverband
Werdohl	WFA Elverlingsen	50.100	Ruhrverband
Asdonkshof	LINEG	14.500	LINEG, Stadt Duisburg, Niersverband
Düren (?)	KKR	90.000	Wasserverband Eifel-Rur, Erftverband, Niersverband u.a.
Wuppertal	KSVB	36.000	Wupperverband, Aggerverband, Bergisch-Rheinischer Wasserverband u.a.
Bielefeld (?)	OWL	35.000	Abfallwirtschaftsverband Lippe u.a.
Lünen	Remondis	30.000	
<i>Summe:</i>		<i>369.600</i>	

* Die Bezeichnungen der KSVA orientieren sich wegen der geografischen Struktur der Szenarien primär am Standort der Anlagen.

Wie bereits dargestellt wurde, sind alle im Rahmen von Kooperationen geplanten KSVA auf Basis der von ihren Mitgliedern zu entsorgenden Klärschlamm mengen vollständig ausgelastet. Gleiches gilt laut Bekundung der Betreiber bzw. assoziierten Verbände für die KSVA in Bottrop und Werdohl. Bei der Innovatherm-Anlage in Lünen verbleibt dagegen nach der geplanten Erweiterung auf 120.000 t TM/a und unter Berücksichtigung der aktuell dort (insbesondere von den Lippeverbandsmitgliedern) entsorgten Klärschlamm mengen eine freie Kapazität von rund 41.000 t TM/a. Hinzu kommt die Anlage von Remondis mit 30.000 t TM/a. Theoretisch steht also im Szenario eine Kapazität von 71.000 t TM/a zur Verfügung, um die Entsorgung des Klärschlamm s aller Kläranlagen sicherzustellen, die weder einer Kooperation angehören noch bisher schon ihren Klärschlamm in die Mono-Verbrennung entsorgt haben.

Struktur der Klärschlamm Entsorgung

Nach Zuordnung der Restkapazitäten der vorhandenen oder in Planung befindlichen KSVA unter Minimierung der Transportwege ergibt sich das in Abbildung 5-1 dargestellte Bild.



Abbildung 5-1: Einzugsgebiete der KSVA in NRW nach Ausschöpfung der verfügbaren freien Kapazitäten im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“

In der Abbildung werden die Kläranlagen mit Punkten bzw. grünen Rauten dargestellt. Die KSVA werden als Quadrate dargestellt. Die Farben der Punkte bzw. Rauten bezeichnen die Zuordnung zu den jeweiligen KSVA im Rahmen dieses Szenarios.

Deutlich sichtbar sind die recht geschlossenen Einzugsbereiche der Kooperationen KKR (rot, im Südwesten), LINEG (bei Asdonkshof im Nordwesten, lila Punkte) und OWL (orange-braun, im Nordosten). Ebenfalls deutlich erkennbar ist der geschlossene Bereich der KSVB östlich des Rheins mit einer zweiten Ansammlung von Kläranlagen in der Umgebung von Münster (dunkelblaue Punkte). Fast gänzlich auf den Regierungsbezirk Arnsberg beschränkt sich das Einzugsgebiet der KSVa Werdohl (gelbe Punkte), das siedlungsstrukturbedingt durch eine geringere Kläranlagendichte gekennzeichnet ist. Ebenfalls recht geschlossen ist das aktuelle und seitens des Lippeverbandes geplante Einzugsgebiet der KSVa Lünen (Innovatherm, grüne Punkte), das sich im Wesentlichen entlang der Lippe erstreckt. Im Gegensatz dazu stehen das zusätzliche Einzugsgebiet der KSVa von Innovatherm und das Einzugsgebiet der geplanten KSVa von Remondis in Lünen. Deren gemeinsames Einzugsgebiet¹² (grüne Rauten) ergibt sich aus der Annahme, dass ihre freien Kapazitäten der Deckung des Entsorgungsbedarfs aller verbleibenden, oft in Randlage befindlichen Kläranlagen dienen, die bislang nicht in die Mono-Verbrennung entsorgt oder sich an einer konkreten Kooperation zum Bau einer KSVa beteiligt haben. Das schließt die Existenz solcher Bestrebungen in den betroffenen Gebieten nicht aus, aber sie sind bislang nicht so weit gediehen, dass sie in der vorliegenden Untersuchung Berücksichtigung finden. Dass insbesondere Kläranlagen im Randbereich von NRW eine Entsorgung per Mono-Verbrennung bislang weder durchgeführt noch geplant haben, könnte teilweise auch darin begründet sein, dass dort Kooperationen mit Kommunen in Rheinland-Pfalz, Hessen oder Niedersachsen eingegangen wurden (wozu keine detaillierten Informationen vorliegen). In diesem Fall sollten die entsprechenden Kläranlagen (grüne Rauten) nicht den KSVa in Lünen zugeordnet werden. Da es sich dabei aber i.d.R. um relativ kleine Kläranlagen handelt, ist der daraus möglicherweise resultierende Fehler gering.

Phosphorrückgewinnung

Ausgehend von den Standorten der KSVa stellt sich schließlich die Frage nach der optimalen Gestaltung der Phosphorrückgewinnung. Gesucht sind also die transportoptimierten Standorte und sinnvollen Kapazitäten der entsprechenden Anlagen. Zur Beantwortung dieser Frage sind folgende Ansätze möglich:

- **Zentrale Phosphorrückgewinnung:** Eine Anlage dient der Phosphorrückgewinnung aus dem gesamten Ascheaufkommen von NRW.
- **Semi-zentrale Phosphorrückgewinnung:** Es gibt mehrere Phosphorrückgewinnungsanlagen mit einer bestimmten Mindestkapazität, die ggf. die Aschen mehrerer KSVa annehmen.
- **Dezentrale Phosphorrückgewinnung:** Die Phosphorrückgewinnung erfolgt an den Standorten der KSVa oder ggf. assoziiert an Deponien, die für die Ablagerung der zu entsorgenden Abfälle aus der Phosphorrückgewinnung geeignet sind.

Im Folgenden werden diese Ansätze hinsichtlich der optimalen Standorte bzw. Transportwege genauer untersucht, die Kostenanalyse wird zu einem späteren Zeitpunkt (in Kapitel 6) erfolgen. Folgende Prämissen werden für die Berechnungen getroffen:

- durchschnittlicher TM-Gehalt der Klärschlämme (bezogen auf OS): 25 %
- durchschnittlicher Aschegehalt der Klärschlämme (bezogen auf TM) 40 %
- berechnetes Verhältnis Klärschlammmenge OS zu Aschemenge: 10:1
- minimale Kapazität einer Phosphorrückgewinnungsanlage im semi-zentralen Ansatz: 30.000 t/a Asche

¹² Da die Szenarienanalyse im vorliegenden Kontext *allein* auf der geografischen Lokalisierung von Kläranlagen und Mono-KSVa gründet, ist eine Differenzierung der Einzugsgebiete der Anlagen von Innovatherm und Remondis an dieser Stelle nicht möglich. Möglicherweise ergeben sich später Differenzierungsmöglichkeiten auf Basis der eingesetzten Technik. In der Realität würden Angebot und Nachfrage auf dem Entsorgungsmarkt für eine Zuordnung der Kläranlagen zu einer der Mono-KSVa sorgen, diese sind aber im Szenario nicht abbildbar.

- Mögliche Deponien (-Standorte) für die Ablagerung von Abfällen aus der Phosphorrückgewinnung können erst bei Festlegung entsprechender Rückgewinnungsverfahren ermittelt werden. Daher wird nur der Transport von der KSVA zur Phosphorrückgewinnungsanlage betrachtet.
- Alle Transporte finden auf der Straße per LKW statt.

Zentrale Phosphorrückgewinnung

Um den transportoptimierten Standort für eine zentrale Phosphorrückgewinnungsanlage für ganz NRW zu bestimmen, wird die Summe der notwendigen Transportleistungen aller KSVA zu diesem Standort minimiert. Die Ermittlung der zu transportierenden Aschemengen erfolgt auf Basis der genutzten Kapazitäten aktueller KSVA (Spalte VI in Tabelle 5-1) und der Gesamtkapazitäten der geplanten KSVA (Tabelle 5-2). Dabei wird davon ausgegangen, dass die gesamte in einer KSVA anfallende Asche einer Phosphorrückgewinnung unterzogen wird. Maßgeblich sind dabei, wie in Abschnitt 2.4 diskutiert, nicht nur von Klärschlämmen aus NRW stammende Aschen, sondern auch solche aus anderen Bundesländern oder dem Ausland. Die Transportmengen entsprechen den in Tabelle 5-3 aufgeführten, genutzten Kapazitäten der KSVA multipliziert mit dem Faktor 0,4, insgesamt also 143.300 t/a. Die Anlage von Remondis in Lünen bleibt dabei unberücksichtigt, da von vorneherein eine eigene, nachgeschaltete Phosphorrückgewinnung geplant ist. Der so ermittelte, hypothetische Standort für eine zentrale Phosphorrückgewinnungsanlage befindet sich etwa 10 km südlich von Bochum, die für den Antransport der Asche erforderliche jährliche Transportleistung läge bei 9,55 Mio. Tonnenkilometer.

Tabelle 5-3: Entfernungen (in km) zwischen Chemieparks und KSVA in NRW

Chemieparks	KSVA						
	Bottrop	Lünen	Werdohl	KSVB	LINEG	KKR	OWL
<i>Kapazitäten*</i>	42	90	50,6	36	14,5	90	35
Marl	20	26	61	51	40	104	109
Gelsenkirchen	5	31	55	35	32	88	119
Rheinberg	29	62	85	53	5	81	147
Krefeld	28	62	73	35	18	61	152
Leverkusen	56	75	59	25	63	42	159
Hürth	73	93	75	43	76	30	177
Oberhausen	13	47	69	40	15	80	135
Köln (Dormagen)	50	73	64	24	53	39	160
Gladbeck	9	35	63	43	28	92	121

* Die Angaben beziehen sich auf die im Szenario insgesamt genutzte Kapazität (in 1000 t TM, vgl. Tabelle 5-1, Spalte VI und Tabelle 5-2)

Quelle: Fraunhofer ISI, eigene Berechnungen

Semi-zentrale Phosphorrückgewinnung

Um eine Phosphorrückgewinnungsanlage mit einer Kapazität von (mindestens) 30.000 t/a Asche auszulasten, müssen sich teilweise mehrere KSVA mit einer Gesamtkapazität von mindestens 75.000 t/a Klärschlamm-trockenmasse zusammenschließen. Wie aus Tabelle 5-3 ersichtlich wären in NRW nur die KSVA Lünen (Innovatherm) und die durch die KKR geplante KSVA in der Lage, eine Phosphorrückgewinnungsanlage mit einer Kapazität von 30.000 t/a alleine auszulasten. Zu welchen Kombinationen sich die anderen fünf KSVA für die Phosphorrückgewinnung zusammenschließen können, ist eine Frage der Standorte und der Entfernungen. Mögliche Standorte könnten in unmittelbarer Nähe der KSVA liegen. Interessant

können aufgrund der Ausstattung mit erforderlicher Infrastruktur und aufgrund des Umgangs mit größeren Mengen Chemikalien auch Chemieparcs sein, von denen in NRW einige existieren (siehe Tabelle 5-3).

Um die hinsichtlich der erforderlichen Transportleistung optimierten Chemieparcs zu identifizieren, wird auf die Informationen zu den Kapazitäten und Transportentfernungen in Tabelle 5-3 zurückgegriffen. Demzufolge liegt der nächstgelegene Chemiepark für die von der KKR geplante KSWA in Hürth. Das entsprechende Ascheaufkommen beträgt 36.000 t/a. Der der KSWA in Lünen nächstgelegene Chemiepark ist in Marl angesiedelt, gleiches gilt für die KSWA der OWL in Bielefeld. Zusammen erzeugen diese beiden KSWA 50.000 t/a Asche. Es verbleiben die vier KSWA in Bottrop, Wuppertal, Werdohl und Asdonkshof, deren erzeugte Aschemenge mit 57.300 t/a für die Auslastung einer weiteren Phosphorrückgewinnungsanlage ausreicht. Der optimale Standort für die Zusammenführung und Verarbeitung der Aschen aller vier KSWA liegt im Chemiepark Gelsenkirchen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5-4 zusammengefasst sind. Die pro Jahr insgesamt für den Transport der Asche zu den Phosphorrückgewinnungsanlagen erforderliche Transportleistung beträgt 6,64 Mio. Tonnenkilometer, also rund zwei Drittel des Wertes bei einer zentralen Phosphorrückgewinnung.

Tabelle 5-4: Optimierte Standorte für die semi-zentrale Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlamm asche am Beispiel von Chemieparcs

Standort Phosphorrückgewinnung	Kapazität (t/a Asche)	Zugeordnete KSWA
Chemiepark Hürth	36.000	Düren
Chemiepark Marl	50.000	Lünen (Innovatherm), Bielefeld
Chemiepark Gelsenkirchen	57.300	Bottrop, Werdohl, Asdonkshof, Wuppertal

Quelle: Fraunhofer ISI, eigene Berechnungen

Dezentrale Phosphorrückgewinnung

Da die dezentrale Phosphorrückgewinnung annahmegemäß in unmittelbarer Nähe der KSWA erfolgt, kann von sehr geringen Transportentfernungen (<1 km) und dementsprechend für den Transport der Asche zur Phosphorrückgewinnung von erforderlichen Transportleistungen von weniger als 0,15 Mio. Tonnenkilometern ausgegangen werden.

Stellt man die Transportleistungen für den zentralen (9,55 Mio. tkm), semi-zentralen (6,64 Mio. tkm) und dezentralen Ansatz zur Phosphorrückgewinnung (<0,15 Mio. tkm) zueinander in Relation, so zeigt sich einerseits die wirtschaftliche Bedeutung der Standortwahl. Das wird deutlich, wenn beispielhaft ein Kostensatz von 0,20 EUR/tkm unterstellt wird. Der transportbedingte Unterschied zwischen dem zentralen und dem dezentralen Ansatz beträgt dann pro Jahr für ganz NRW rund 2 Mio. EUR. Dabei ist einschränkend hinzuzufügen, dass nur ein Teil des Transportaufwandes berücksichtigt werden konnte und dass für eine umfassende wirtschaftliche Betrachtung eine ganze Reihe weiterer Aspekte (z.B. Anlagengröße, Synergieeffekte) einbezogen werden müsste, die hier nicht betrachtet werden konnten.

Andererseits stellt die Transportleistung im Kontext der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm nicht die einzige, aber eine wichtige Ursache für Beeinträchtigungen der Umwelt dar. Hervorzuheben sind insbesondere die klimaschädigenden Treibhausgasemissionen der LKW sowie ihre Schadstoffemissionen. Weitere Ursachen von Umweltschäden können von den Phosphorrückgewinnungsverfahren ausgehen, die aber nicht Gegenstand der Szenarienanalyse sind und an anderer Stelle untersucht werden müssten.

5.3.3 Szenario „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“

Im Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme“ wird angenommen, dass alle Kläranlagen, unabhängig von ihrer Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung, den Klärschlamm in KSWA geben. In diesem Szenario bleiben alle Annahmen vom Beginn des Kapitels 5 bis einschließlich Abschnitt 5.2 erhalten. Das heißt: alle aktuell vorhandenen KSWA werden weiterhin (auch zur Entsorgung des Klärschlammes kleinerer

Kläranlagen) so genutzt wie bisher. Ebenso stellen alle (auch kleinere) Kläranlagen, die sich einer Kooperation zum Neubau einer KSWA angeschlossen haben, auf diesen Entsorgungsweg um. Von den verbleibenden Kläranlagen müssten nun eigentlich nur die größeren ihre Klärschlamm Entsorgung auf Mono-Verbrennung umstellen, die kleineren könnten einen anderen Entsorgungsweg, bspw. den der landwirtschaftlichen Verwertung, einschlagen. Ob und unter welchen Bedingungen ihnen noch weitere Optionen wie die Mitverbrennung in Müllverbrennungsanlagen oder Zementwerken offenstehen, ist an dieser Stelle nicht relevant. Tatsächlich geben aber viele Kläranlagen ihren Klärschlamm in andere, meist größere Kläranlagen oder in Klärschlammbehandlungsanlagen, die ihrerseits in KSWA entsorgen müssen. Deshalb können im vorliegenden Szenario ausschließlich die kleineren Kläranlagen (GK 1 – 4a), die aktuell ihren Klärschlamm in Landwirtschaft oder Landschaftsbau entsorgen, die Option Mono-Verbrennung mit anschließender Phosphorrückgewinnung vermeiden („Opt-out“). Es handelt sich dabei um 71 Kläranlagen mit einem jährlichen Klärschlammaufkommen von rund 20.780 t TM. Sie sind in den Teilen von NRW angesiedelt, die auf der Karte in Abbildung 5-1 mit grünen Rauten gekennzeichnet sind. Das macht gleichzeitig deutlich, dass sie alle dem Einzugsgebiet der beiden KSWA in Lünen (Innovatherm und Remondis) zuzurechnen sind. Durch die Nutzung der Opt-out-Option durch alle in Frage kommenden Kläranlagen würde daher die Auslastung der beiden im Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme“ voll ausgelasteten KSWA um 20.780 t TM/a reduziert.

Für die Phosphorrückgewinnung bedeutet das, dass die Aschelieferung an den Chemiepark Marl im Umfang von $(20.780 \times 0,4 =) 8.310$ t/a reduziert wird. Die für die Phosphorrückgewinnung erforderliche Kapazität reduziert sich dadurch an diesem Standort auf 45.590 t/a Asche.

5.3.4 Szenario „Einbeziehung der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“

Ausgangssituation: Verbrennungskapazitäten und Klärschlammaufkommen

Die Ausgangssituation für dieses Szenario ist wieder die gleiche wie für das Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“. Dies gilt zunächst für die Verbrennungskapazitäten, die in aktuell betriebenen sowie von Kooperationen geplanten KSWA für die Entsorgung von Klärschlamm nordrhein-westfälischen Ursprungs bereitstehen (vgl. Abschnitte 3.2.3 und 3.3.3). Außerdem trifft dies grundsätzlich für die Herkunft des Klärschlammes und die Zuordnung freier Kapazitäten als Grundlage einer flächendeckenden Verbrennung (vgl. Abschnitt 5.3.2) zu. Hinzu kommen in diesem Szenario seitens der Verbrennungsanlagen drei Kohlekraftwerke, in denen schon heute Klärschlamm in erheblichem Umfang mitverbrannt wird. Nach dem Beschluss der Bundesregierung sollen mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung die bestehenden Kohlekraftwerke zwar bis zum Ende des kommenden Jahrzehnts stillgelegt werden, womit sie auch für die Klärschlammmitverbrennung nicht mehr zur Verfügung stünden. Die in Tabelle 5-5 aufgeführten Anlagen sollen jedoch der Kohleveredelung (Weiterverarbeitung von Kohle zu höherwertigen Produkten) bzw. Gaserzeugung dienen und sind daher vom Ausstieg nicht betroffen (vgl. auch Tabelle 3-8). Angesichts der aktuell bereits bestehenden oder in Planung befindlichen KSWA-Kapazitäten soll daher anhand dieses Szenarios untersucht werden, welche Auswirkungen die Mitverbrennung von Klärschlamm auf die Auslastung der KSWA haben könnte.

Tabelle 5-5: Für die Mitverbrennung von Klärschlamm im Szenario berücksichtigte Kraftwerke

Mitverbrennungsanlage	Standort	Zugeführte Klärschlammmenge t TM/a
IKW Berrenrath	Hürth	82.139
IKW Wachtberg	Frechen	75.785
KW Goldenberg	Hürth	50.853
<i>Summe</i>		<i>208.777</i>

Quelle: LANUV (2020), Stand: 2018

Aufteilung zwischen Mono- und Mit-Verbrennung

Ebenso wie im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ wird im vorliegenden Szenario der gesamte zu entsorgende Klärschlamm verbrannt. Da es um die Einschätzung der möglichen Rolle der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken geht, stellt sich angesichts der hohen verfügbaren KSVA-Kapazitäten die Frage, welcher Anteil des zu entsorgenden Klärschlammes in Zukunft für die Mitverbrennung zur Verfügung stehen könnte. Der Logik der Mono-Verbrennungsszenarien folgend werden dabei alle aktuellen Klärschlammlieferungen an bestehende KSVA sowie die Auslastung der von Kooperationen geplanten KSVA durch ihre jeweiligen Mitglieder als vorgegeben angenommen. Für die Mitverbrennung stünden dann noch Klärschlämme aus allen Kläranlagen zur Verfügung, die weder Mitglied einer KSVA-Kooperation sind noch bisher ihren Klärschlamm der Mono-Verbrennung zugeführt haben. Dabei handelt es sich um 100 direkt entsorgende Kläranlagen aller Größenklassen mit einer (im Jahr 2018) entsorgten Klärschlammmenge von 46.985 t TM. Aus dem Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme“ (vgl. Abschnitt 5.3.2) ist ersichtlich, dass diese Klärschlamm mengen in den Mono-Verbrennungsszenarien mit dazu beitragen, alle vorhandenen KSVA-Kapazitäten auszulasten. Würde hingegen, wie im Szenario „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“, nur der Klärschlamm der großen Kläranlagen (d.h. der Größenklassen 4b und 5) zur Verbrennung herangezogen, reduzierte sich die Anzahl der Kläranlagen mit Entsorgungsbedarf auf 20 und die Menge des von ihnen zu entsorgenden Klärschlammes auf 25.565 t TM. Durch die Einbeziehung der Mitverbrennung kommt es daher im vorliegenden Szenario zu einer Minderauslastung, im Falle der Berücksichtigung nur der größeren Kläranlagen sogar zu einer verstärkten Minderauslastung aller verfügbaren (Mono- und Mit-) Verbrennungskapazitäten und zu einem (verstärkten) Wettbewerb um Klärschlammanbieter.

Als Folge würden im vorliegenden Szenario alle Kläranlagen, die weder einer Kooperation zur Errichtung einer KSVA angehören noch aktuell (2018) schon ihren Klärschlamm in die Mono-Klärschlammverbrennung entsorgen (d.h. in Abbildung 5-1 die mit grünen Rauten gekennzeichneten Kläranlagen), ihren Klärschlamm nicht, wie in den Mono-Verbrennungsszenarien, an die (beiden) KSVA in Lünen, sondern an die in Hürth und Frechen gelegenen Mitverbrennungsanlagen liefern. Da in Abbildung 5-1 mehr grüne Rauten im Norden als im Süden liegen, ist von der Vermutung auszugehen, dass der Transport der betroffenen Klärschlämme mehr Transportleistung in Anspruch nehmen könnte als im Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme“. Die Berechnung im Modell bestätigt diese Vermutung: die erforderliche Transportleistung ist mit 22,0 Mio. tkm über 27 % höher als im Mono-Verbrennungsszenario (17,3 Mio. tkm).

Bei Betrachtung nur der aus NRW kommenden Klärschlämme stehen somit bei einer Einbeziehung von Mitverbrennungskapazitäten zusätzlich zu den bestehenden und geplanten Kapazitäten für eine Mono-Klärschlammverbrennung zukünftig Überkapazitäten zur Verfügung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Kapazitäten mit Klärschlämmen aus anderen Bundesländern oder aus dem Ausland ausgelastet werden.

Phosphorrückgewinnung

Auch hinsichtlich der Bestimmung der Standorte und Kapazitäten der Phosphorrückgewinnungsanlagen ist das Vorgehen analog zu dem im Szenario „Mono-Verbrennung“. Bei der zentralen Phosphorrückgewinnung würden die zusätzlichen Mitverbrennungskapazitäten mit einbezogen, wodurch sich der transportoptimierte zentrale Standort ganz in die Nähe der KSVA der KSVB in Wuppertal verschieben würde. Bei der semizentralen Phosphorrückgewinnung würde sich die erforderliche Phosphorrückgewinnungskapazität einer Anlage im Chemiepark Hürth erhöhen.

Bei der dezentralen Phosphorrückgewinnung gilt entsprechendes für die am Standort Hürth erfolgende Phosphorrückgewinnung.

Die in diesem Szenario zu Grunde gelegte Aschemenge ist höher als im Szenario „Mono-Verbrennung“, da bei einer Mitverbrennung mit Kohle insgesamt mehr Asche anfällt. Wie hoch die zusätzliche Asche-

menge ist, lässt sich mangels genauer Informationen zum Klärschlamm/Kohleverhältnis bei der Mitverbrennung nicht feststellen. Der zusätzliche Ascheanteil wird relativ gering sein müssen, damit die Phosphorrückgewinnung aus der Asche wirtschaftlich darstellbar ist.

5.3.5 Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“

Ziel des Szenarios und Ausgangssituation

Ziel dieses Szenarios ist die Bestimmung des Potenzials für eine Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage und der Auswirkungen der Umsetzung dieses Potenzials auf die Struktur der Klärschlamm Entsorgung sowie der Phosphorrückgewinnung. Wie in Abschnitt 5.3.1 dargestellt, eröffnet die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage unter bestimmten Bedingungen die Möglichkeit, dass eine Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung für den entwässerten Klärschlamm entfällt. Der P-abgereicherte Klärschlamm muss dann zwar immer noch entsorgt werden. Soweit der P-Gehalt durch die Rückgewinnung auf unter 20 g P/kg TM Klärschlamm gesenkt werden kann, muss im Zuge der Entsorgung keine weitere Phosphorrückgewinnung durchgeführt werden und der Klärschlamm kann anderen Entsorgungswegen (z.B. in Müllverbrennungsanlagen oder Zementwerken) zugeführt werden, die dem rückgewinnungspflichtigen Klärschlamm verschlossen sind.

Wie im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ gilt auch im vorliegenden Szenario, dass eine Umsetzung der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage auf diejenigen Kläranlagen beschränkt sein soll, die nicht aktuell bereits ihren Klärschlamm in die Mono-Verbrennung entsorgen oder konkrete Planungen für die Mono-Verbrennung ihres Klärschlamm im Rahmen von Kooperationen eingeleitet haben. Darüber hinaus ist die Umsetzung an gewisse technische Voraussetzungen geknüpft, die im Folgenden dargestellt werden.

Potenziale der Umsetzung der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage

Für die erfolgreiche Umsetzung der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage sind, wie in Abschnitt 4.3 dargestellt, folgende verfahrenstechnische Parameter von Bedeutung:

- Wird auf einer Kläranlage zum Zweck der P-Eliminierung das Bio-P-Verfahren eingesetzt, so ist der Phosphor weniger festgebunden, als wenn Eisen- oder Aluminium-Salze zur P-Eliminierung aus dem Hauptstrom verwendet werden. Für manche Verfahren der Phosphorrückgewinnung aus dem Faulschlamm ist Bio-P Voraussetzung. Für alle Verfahren, die hier betrachteten eingeschlossen, wirkt es sich vorteilhaft aus.
- Die Effektivität der Phosphorrückgewinnung aus dem Faulschlamm ist im Durchschnitt der Verfahren geringer als die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlamm asche. Unter wirtschaftlichen Aspekten kann nur rund die Hälfte des enthaltenen Phosphors dem Klärschlammstrom entzogen werden.¹³ Deshalb sollte beim Einsatz klärschlambasierter nass-chemischer Verfahren der P-Gehalt des behandelten Klärschlamm nicht zu hoch sein,¹⁴ weil ansonsten der Gehalt auch im P-abgereicherten Klärschlamm höher als 20 g/kg TM wäre und im Zuge der Klärschlamm-Entsorgung erneut eine Phosphorrückgewinnung erfolgen müsste.¹⁵ Ist der P-Gehalt im zu entsorgenden Klärschlamm von vornherein kleiner als 20 g/kg TM, entfällt die gesetzliche Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung.

¹³ Die schlamm-basierten Verfahren PhosForce und das Stuttgarter Verfahren können auch bei noch höheren Phosphorkonzentrationen die geforderte Abreicherung erreichen, jedoch muss mit einem höheren Aufwand und damit höheren Kosten als im Standardbeispiel gerechnet werden.

¹⁴ Bei einem P-Gehalt im Klärschlamm von mehr als 40 g/kg TM ist mit den in Frage kommenden P-Rückgewinnungsverfahren eine Unterschreitung des Grenzwertes von 20 g/kg TM mit zunehmenden Unsicherheiten und, soweit erreichbar, mit erhöhten Kosten verbunden.

¹⁵ Im Fall des Stuttgarter Verfahrens erfolgt die Rücklösung des Phosphats nach Ansäuerung des Faulschlamm. Wird dieser Faulschlamm als zu entsorgendes Endprodukt der Abwasserbehandlung (= Abfall) angesehen, dann genügt laut AbfKlärV eine

Im Jahr 2018 gab es 28 Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5, die weder zusammen mit einem Wasserverband noch im Rahmen einer Kooperation an der Planung einer Zuführung zu KSVa beteiligt waren. Diese wiesen ein Gesamtklärschlammaufkommen von 44.680 t TM/a auf. Von diesen Anlagen wären den oben aufgeführten Kriterien zufolge 18 Anlagen mit einem Klärschlammaufkommen von insgesamt 34.020 t TM als geeignet anzusehen. Die verbleibenden 10 Anlagen wären weniger geeignet oder es liegen für die Bewertung keine ausreichenden Daten vor.

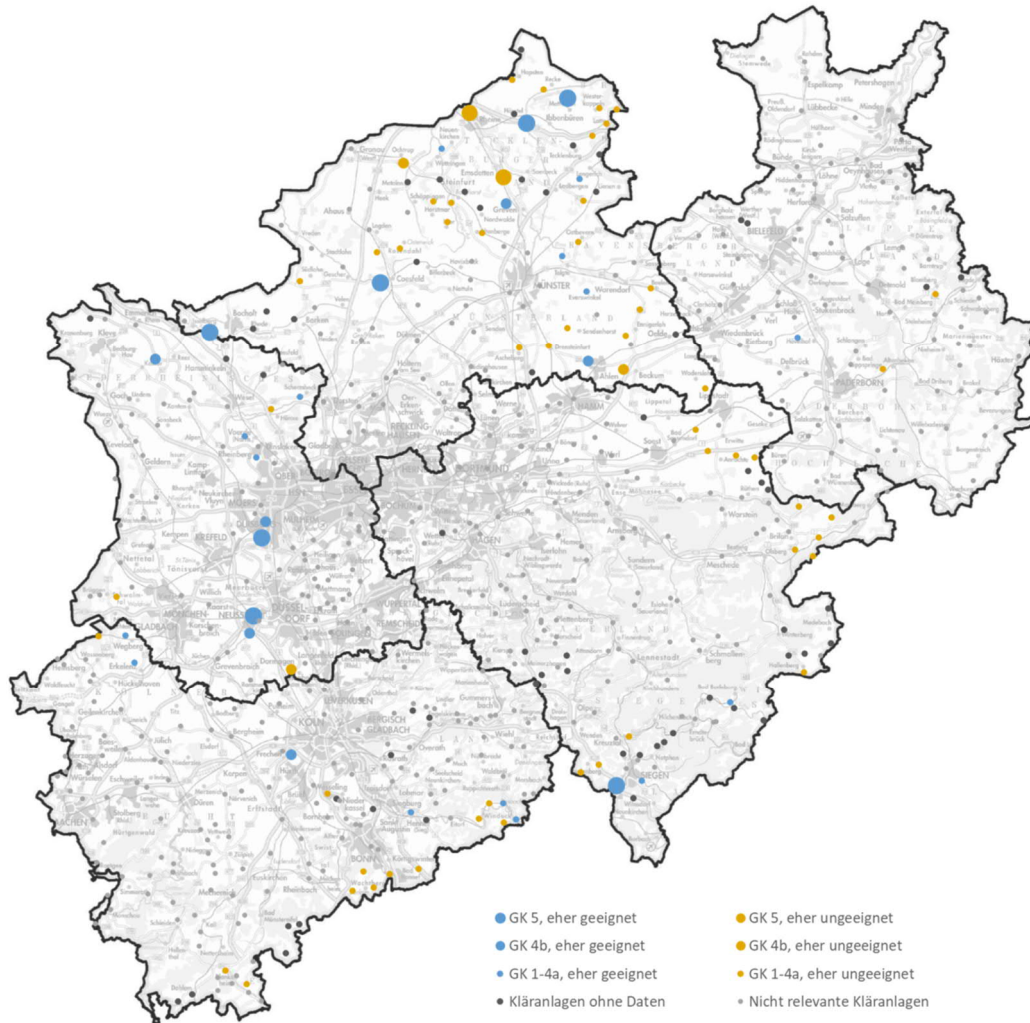


Abbildung 5-2: Kläranlagen ohne Festlegung auf Mono-Klärschlammverbrennung und ihre Eignung für die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage

Zieht man von den 28 Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 gemäß den in Abschnitt 5.3.1 aufgeführten Szenarioannahmen außerdem noch diejenigen ab, die ihren Klärschlamm aktuell schon der Mono-Verbrennung zuführen, dann sind für die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage 20 Kläranlagen mit einem Gesamtklärschlammaufkommen von 25.565 t TM/a relevant. Auf Grundlage der oben aufgeführten Kriterien konnten dabei von den 11 relevanten Kläranlagen der Größenklasse 5 sieben als eher geeignet

Rückgewinnung von mindestens 50 % des im Faulschlamm enthaltenen Phosphors. Das Unterschreiten der 2 %-Grenze ist dann nicht relevant. Handelt es sich hingegen, wie beim PhosForce-Verfahren, um eine Ansäuerung vor der Faulung, dann findet die P-Rückgewinnung im Zuge der Abwasserbehandlung statt und der P-Gehalt am Ende der Behandlung muss 2 % unterschreiten, damit im Zuge der anschließenden Entsorgung des Klärschlamms nicht erneut eine R-Rückgewinnung erforderlich wird.

und zwei als eher ungeeignet eingestuft werden (zwei ohne ausreichende Daten). Bei der Größenklasse 4b erscheinen sechs von neun eher geeignet, die anderen drei eher ungeeignet.

Schließlich ist noch die Situation zu betrachten, dass möglicherweise auch die kleineren Kläranlagen (< 50.000 EW) ihren Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuführen müssen, da de facto kein anderer Entsorgungsweg zur Verfügung steht. Sollte dies der Fall sein, sind weitere 123 Kläranlagen (GK 1 bis 4a) zu berücksichtigen, von denen den Kriterien zufolge immerhin noch 15 geeignet erscheinen, wobei in dieser Gruppe große Datenlücken bestehen. Die Klärschlamm-mengen, die durch Phosphorrückgewinnung auf den eher geeigneten Kläranlagen insgesamt behandelt werden könnten, belaufen sich auf 18.081 t TM/a (GK 5) bzw. 4.236 t TM/a (GK 4b), zusammen also auf 22.317 t TM/a. Würden auch die Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 4a berücksichtigt, kämen noch einmal 5.427 t TM/a hinzu. Abbildung 5-2 zeigt die Verteilung der so bewerteten Kläranlagen in NRW. Für die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage geeignete Kläranlagen finden sich hauptsächlich entlang des Rheins und im Norden von NRW.

Auswirkungen auf die Struktur von Klärschlamm Entsorgung und P-Recycling

Der bei einer Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage anfallende P-abgereicherte Klärschlamm wird nicht einer KSWA zugeführt. Wie im Szenario „Einbeziehung der Mitverbrennung“ wird somit die Auslastung der beiden KSWA in Lünen reduziert. Die Situation der Verbrennungsinfrastruktur dürfte mit derjenigen im Szenario „Mono-Verbrennung der Klärschlämme großer Kläranlagen“ (5.3.3) vergleichbar sein. Entsprechendes gilt auch für die Struktur der Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche, wo durch die geringere Auslastung und das entsprechend geringere Ascheaufkommen der KSWA (Innovatherm und Remondis) in Lünen die erforderliche Kapazität der Phosphorrückgewinnungsanlage im Chemiepark Marl reduziert würde.

5.4 Zusammenfassung der Szenarien-Auswertung

Die wichtigsten Aussagen der Szenarienanalyse sind im Folgenden zusammengefasst:

- Die Kapazitäten der aktuell bestehenden (inklusive geplanter Erweiterungen) und von verschiedenen Kooperationen geplanten neuen KSWA (369.600 t TM/a) reichen aus, um annähernd den gesamten in NRW anfallenden Klärschlamm (370.519 t TM/a) zu verbrennen.
- Falls nur die Klärschlämme der Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 in KSWA gegeben werden, reduziert sich die Auslastung der vorhandenen und geplanten KSWA-Kapazitäten um 20.780 t TM/a Klärschlamm.
- Aktuell wird ein Großteil des Klärschlamm aus NRW in (Braun-)Kohlekraftwerken mitverbrannt, von denen ein Teil nicht der Stromerzeugung dient und vom sogenannten „Kohlekompromiss“ nicht betroffen ist. Die Rolle dieser Anlagen bei der Phosphorrückgewinnung hängt von der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit entsprechender Technologien ab, die sich aktuell noch in einem frühen Entwicklungsstadium befinden. Der Aschegehalt der eingesetzten Kohle spielt dabei eine wichtige Rolle.
- Für die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlamm-Asche stehen verschiedene Ansätze zur Verfügung. Eine zentrale Phosphorrückgewinnung in NRW an einem einzigen Standort ermöglicht die Realisierung von Größenvorteilen, ist aber mit längeren Transportwegen verbunden. Eine dezentrale Phosphorrückgewinnung hat in Einzelfällen aufgrund der geringeren Anlagengröße höhere Kosten zur Folge, reduziert aber die Transportwege und ermöglicht die Umsetzung standortspezifischer Synergien. Ein semi-zentraler Ansatz kann eine gute Alternative darstellen.
- Neben der in NRW dominanten Verbrennung in KSWA gibt es für die alternative Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage ein begrenztes Potenzial. Bis zu 27.700 t TM/a Klärschlamm müssten bei Nutzung dieses Potenzials nicht in KSWA behandelt werden, sondern könnten, in ähnlichem Umfang wie bisher, in Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken entsorgt werden.

6 Kostenabschätzungen der Szenarien

6.1 Methodik zur Kostenabschätzung

6.1.1 Bilanzrahmen

Im Rahmen der Kostenabschätzung werden die Investitions- und Betriebskosten der in Kapitel 5 ausgearbeiteten Szenarien zur möglichen Klärschlamm Entsorgung in Kombination mit Phosphorrückgewinnungsverfahren in NRW bestimmt.

Die Datenbasis für diesen Bericht bezieht sich ausschließlich auf die in NRW erzeugten Klärschlamm-mengen. Daher wurden die länderübergreifenden In- und Outputströme bzgl. der Entsorgungskapazitäten außerhalb von NRW nicht in Betracht gezogen.

Die tatsächlichen Kosten, die zur Errichtung der in den Szenarien betrachteten Anlagen anfallen, hängen stark von den örtlichen Bedingungen und einzelnen Entscheidungen ab. Genaue Informationen zu den geplanten KSV-Neu- oder Umbauten sowie Phosphorrückgewinnungsanlagen lagen nicht flächendeckend vor. Aus diesem Grund wurde die Kostenabschätzung der jeweiligen Szenarien für die gesamte zu behandelnde Klärschlamm- bzw. Aschemenge basierend auf einem verallgemeinerten Kostenansatz und anhand der ermittelten spezifischen Kosten durchgeführt.

Um die Vergleichbarkeit zwischen den ausgearbeiteten Szenarien gewährleisten zu können, wurde als Ausgangsmaterial für den Bilanzraum entwässerter Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 25 % angenommen. Eine Ausnahme bilden die klärschlamm-basierten Verfahren, die mit Flüssigschlamm betrieben werden. Hierzu wurde die Vorentwässerung vor der Phosphorrückgewinnung nicht betrachtet. Je nach dem ausgearbeiteten Szenario wurde der Bedarf der zu errichtenden Anlagen unter Berücksichtigung der Bestandskapazität der thermischen Entsorgungsanlagen in NRW, die voraussichtlich auch nach dem Jahr 2029 zur Verfügung stehen werden, berechnet. Den Berechnungen lag, unter der Annahme gleichbleibender Klärschlamm-mengen, die in NRW erzeugte Klärschlamm-menge aus dem Jahr 2018 zugrunde.

Eine Gegenüberstellung der zur Kostenabschätzung zugrunde liegenden Betrachtungsgrenzen für die einzelnen Szenarien ist in Abbildung 6-2 dargestellt.

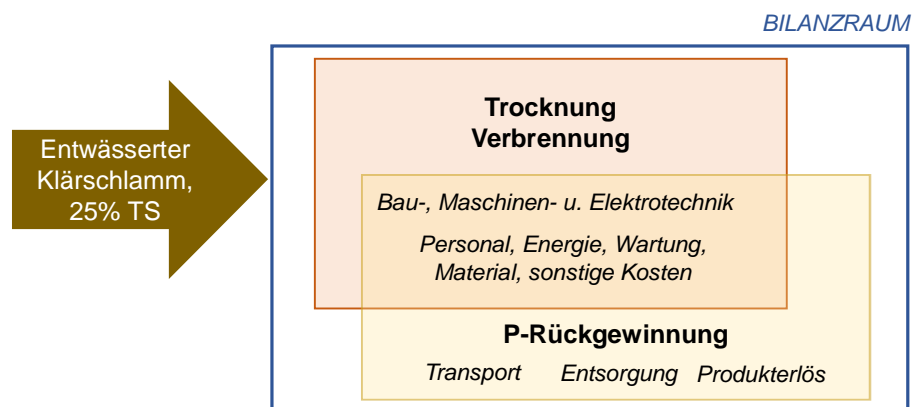


Abbildung 6-1: Bilanzrahmen für die Kostenabschätzung zu den Szenarien

Der Bedarf für die unterschiedlichen technischen Anlagen zur Trocknung, Verbrennung oder Phosphorrückgewinnung variiert in den einzelnen Szenarien. Ihnen allen gemeinsam ist, dass die bestehenden KSVA auch zukünftig betrieben werden, sofern keine aktuellen Pläne zur Stilllegung bekannt sind. Zur Umsetzung der Anforderungen der AbfKlärV in NRW muss der Anlagenbestand um die folgenden technischen Einrichtungen erweitert bzw. ergänzt werden:

- Errichtung von Klärschlamm-trocknungsanlagen
- Errichtung von Klärschlamm-verbrennungsanlagen (KSVA)
- Errichtung von Phosphorrückgewinnungsanlagen

Im Szenario „Monoverbrennung aller Klärschlämme“ wird der für das Jahr 2029 heute absehbare Bestand an KSVA weiter betrieben und weitere KSVA-Kapazitäten werden errichtet, so dass alle Klärschlämme aus NRW in KSVA thermisch behandelt werden können. Die Phosphorrückgewinnung wird anschließend in geeigneten Anlagen aus der Asche erfolgen.

Im Szenario „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“ werden zur Erreichung der erforderlichen thermischen Entsorgungskapazitäten die bestehenden i.d.R. zur Kohleveredlung genutzten Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken in NRW in Betracht gezogen. Da die verfügbaren Kapazitäten für NRW-Schlämme in diesen Anlagen nicht bekannt sind, werden zur Berücksichtigung hier unterschiedliche Annahmen hinsichtlich der Auslastung diese Veredlungsanlagen getroffen.

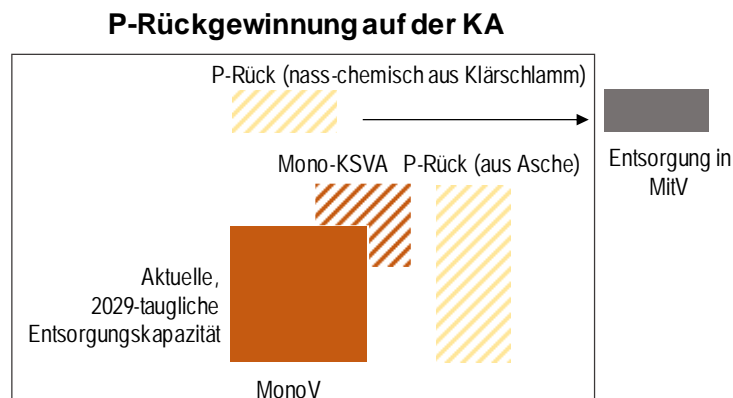
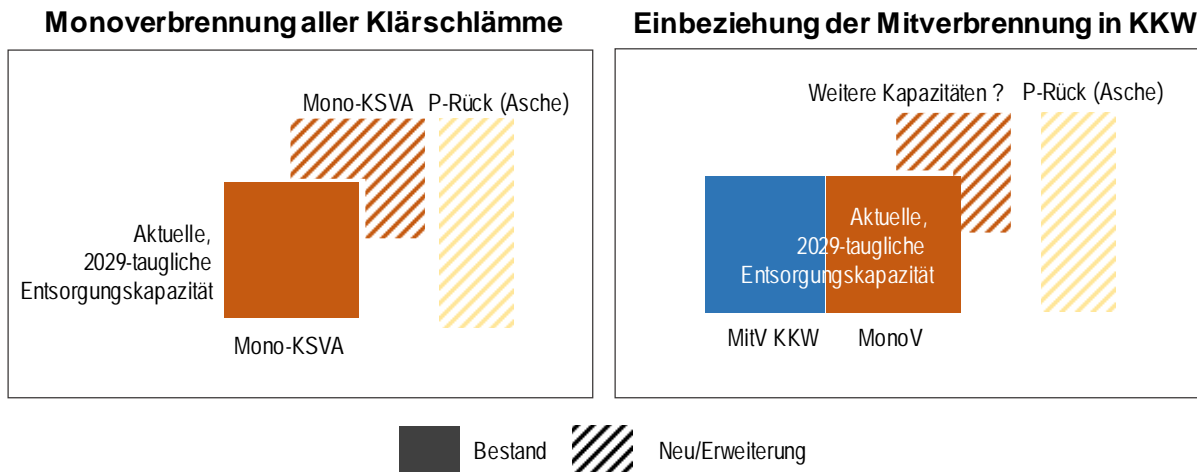


Abbildung 6-2: Betrachtungsgrenzen zur Kostenabschätzung für die Szenarien

Das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“ berücksichtigt die Kläranlagen, die sich nicht im Gebiet eines Wasserverbands befinden und für die derzeit keine konkreten Planungen bezüglich des Einsatzes direkter klärschlammbasierter Phosphorrückgewinnungsverfahren bekannt sind. Ein Teil dieser Anlagen entsorgt den Klärschlamm aktuell nicht durch thermische Entsorgungswege und wird damit als besonders gut geeignet für die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage eingestuft. Für die übrigen Kläranlagen werden die erforderlichen Entsorgungskapazitäten über Klärschlammverbrennung und Phosphorrückgewinnung aus der Asche abgedeckt.

Die Investitions- bzw. Betriebskosten der Anlagen zur Klärschlamm-trocknung und -verbrennung wurden auf Basis der aktuellen Umsetzungen abgeschätzt. Die Kosten zu den Phosphorrückgewinnungsverfahren wurden durch den im Kapitel 4 erläuterten Austausch mit Technologieanbietern bzw. den Validierungen des Projektteams ermittelt. Hierzu wurden die Produkterlöse als monetären Wert berücksichtigt. Für die jeweiligen Behandlungsstufen wurden nach KVR-Richtlinie die spezifischen Jahreskosten ermittelt und in die Kostenabschätzung der Szenarien herangezogen.

6.1.2 Investitionen und Abschreibung

Die Kostengegenüberstellung erfolgt auf Grundlage der „Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“ (KVR-Leitlinien, 2012). Hierbei wird die Annuitätenmethode angewendet, bei der alle im Untersuchungszeitraum „punktuell“ anfallenden Kosten (Investitions- und Reinvestitionskosten) in eine gleichmäßige Kostenreihe umgewandelt werden, wodurch insbesondere die anfallenden Investitionskosten gleichmäßig auf die Nutzungsdauer verteilt werden.

Für Baumaßnahmen im Bereich der Abwasserreinigung wird in den KVR-Leitlinien i.d.R. ein Untersuchungszeitraum von 30 Jahren empfohlen. Diese Empfehlung wird für den Bau von KSWA und Klärschlamm-trocknungsanlagen übernommen. In diesem Zeitraum fallen Investitionskosten an und des Weiteren entstehen unterjährig Betriebskosten. Darüber hinaus sind Reinvestitionskosten zu berücksichtigen. In den KVR-Leitlinien werden für die Bautechnik 30, für Maschinenteknik 15 und für Elektrotechnik 10 Jahre Abschreibungszeit vorgesehen.

Die Kostendaten zur Phosphorrückgewinnung stammen, wie im Kapitel 4 erläutert, aus Interviews mit Technologieanbietern sowie aus bereits vom Auftragnehmer durchgeführten Projekten. Diese Daten basieren überwiegend auf Pilot- sowie vereinzelt auch auf bereits großtechnisch umgesetzten Anlagen. Die im Rahmen dieser Studie befragten Technologieanbieter haben zwischen Maschinen- und Elektrotechnik nicht unterschieden, daher wurden alle diese Investitionen unter dem Kostenpunkt Maschinenteknik zusammengefasst. Hinsichtlich der Lebensdauer/Abschreibungszeiträume wurden für die Bautechnik und die Nebenkosten 30 Jahre und für die Maschinen- und Elektrotechnik 15 Jahre angesetzt.

Zur Bestimmung des Investitionskostenbarwertes werden die Reinvestitionskosten mittels des Diskontierungsfaktors $DFAKE_{(i;n)}$ auf den Bezugszeitpunkt $t = 0$ umgerechnet. Über den Kapitalwiedergewinnungsfaktor $KFAKR_{(i;n)}$ erfolgt dann die Umrechnung des Investitionskostenbarwertes in gleichförmige Kostenreihen bezogen auf die Nutzungsdauer von 30 Jahren. Den Berechnungen wird der von den Leitlinien empfohlene reale Zinssatz von 3 % zugrunde gelegt. Aufgrund des begrenzten Detaillierungsgrads der in diesem Kapitel dargestellten Randbedingungen der Kostenabschätzungen wurde von der Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate bei der Ermittlung der Reinvestitionskosten abgesehen, da hier der relative Kostenvergleich der Technologielösungen im Vordergrund steht. Die gesetzliche Umsatzsteuer ist in den Kosten nicht enthalten.

Die Betriebskosten umfassen die jährlichen Kosten für elektrische Energie, Personal, Wartung, Entsorgung sowie verfahrensspezifische Betriebskosten. Des Weiteren wurden für die Phosphor-Rückgewinnungsverfahren Produkterlöse und Wärmebedarf oder -überschuss bei der thermischen Verfahrenstechnik in die Auswertung mit einbezogen.

Für den Neubau der KSVa wurden Wirbelschicht-Verbrennungsanlagen mit einer Kapazität von 30.000 t TM/a betrachtet. Diese Anlagengröße ist repräsentativ für die derzeit in Planung befindlichen oder bereits gebauten Anlagen. Die Kostenschätzung für eine solche Anlage basiert auf zwei aktuellen Planungsvorhaben aus dem Jahr 2019, bei denen:

- die Elektrotechnik mit 6 Mio. €
- die Maschinentechnik mit 28 Mio. € und
- die Bautechnik mit 24 Mio. €

bepreist wurden. Es ist anzumerken, dass diese Kostenabschätzung ca. ein Drittel über den Literaturwerten (Franck und Schröder, 2015; KK-MV, 2014) liegt. Die Betriebskosten werden in Betrachtung des Energieverbrauchs (Strom, Wärme), der Hilfsstoffe (Kalk, Aktivkohle, NaOH), der Abfallentsorgung/-behandlung (Brüden, Asche) und der wiederkehrenden Prüfungen mit 4,8 Mio €/a abgeschätzt. Die angesetzten Personalkosten orientieren sich mit 40 €/h am TVL-West als Durchschnittswert von gewerblichen und leitenden Mitarbeitern inkl. Arbeitnehmeranteil der Sozialversicherung SV. Für die elektrische Energie inkl. EEG-Umlage und Stromsteuer werden 0,21 €/kWh eingesetzt.

Die spezifischen Jahreskosten für die neu zu errichtenden Klärschlamm-trocknungsanlagen wurden mit 70-150 €/t TM·a abgeschätzt.

Für die Anlagen zur Phosphorrückgewinnung wurden unter den oben genannten Rahmenbedingungen die spezifischen Jahreskosten (inkl. Investitionen und Betrieb) bestimmt. Je nach Verfahren und einzusetzendem Ausgangsmaterial variieren die spezifischen Jahreskosten zwischen 7 und 600 €/t TM. Dem unteren Bereich sind die klärschlamm-Asche-basierten Rückgewinnungsverfahren und dem oberen Bereich die klärschlamm-basierten nasschemischen Verfahren zuzuordnen. Die klärschlamm-basierten thermischen Verfahren liegen im mittleren Kostenbereich. Dabei ist anzumerken, dass bei den klärschlamm-basierten thermischen Verfahren die zusätzlichen Kosten zur Trocknung und zur thermischen Entsorgung entfallen, die bei reinen Phosphorrückgewinnungsanlagen noch anzusetzen sind. Wird der gesamte Bilanzraum vom entwässerten Klärschlamm bis zur vollständigen Entsorgung betrachtet, kann sich die Zuordnung der Verfahrenskosten ändern.

Die Produkterlöse in den betrachteten Verfahren, die sich aus der Summe der Phosphor-Rezyklate und weiterer abzusetzender Produkte ergeben, belaufen sich durchschnittlich auf 40 € umgerechnet auf eine Tonne TM Klärschlamm. Die obere Grenze liegt dabei umgerechnet bei 110 €/t TM des Ausgangsmaterials. Weitere Angaben zum Produkterlös sind aus Kapitel 4 zu entnehmen.

Die Kostenabschätzung berücksichtigt die Jahreskosten aller zu errichtenden Anlagen. Bei den bestehenden Anlagen fallen auch Betriebskosten an. Diese wurden nur für die Fälle betrachtet, die in anderen Szenarien nicht vorkommen.

6.1.3 Langzeitlagerung

Nach der novellierten Klärschlammverordnung besteht zwar die Möglichkeit, die Klärschlamm-Aschen in einem separaten Deponieabschnitt über eine längere Zeit (> 1 Jahr) zwischenzulagern, was aber nur eine zeitliche Verschiebung der Pflicht zur Zuführung in eine Phosphorrückgewinnung und einen zusätzlichen Kostenaspekt darstellt. Die Möglichkeit der Langzeitlagerung wurde daher nicht als Teil der Szenarien betrachtet. Bei der Kostenabschätzung werden die Kosten für die Langzeitlagerung der Aschen dennoch separat ausgewiesen.

Für die Abschätzung der Kosten einer Langzeitlagerung der Klärschlamm-Aschen wird angenommen, dass bei einer Zwischenlagerung ein separater Deponieabschnitt innerhalb einer aktuell betriebenen Deponie der DK II verwendet wird. Daher entfallen Kosten für Infrastruktur / Eingangsbereich / Verwaltung. Die spezifischen Kosten für Basisabdichtung, temporäre Flächenabdeckung mit nicht wiederverwendbaren

Materialien, Handlingkosten inkl. Rückbau und Monitoring werden beispielsweise für 5 Jahre in Höhe von 24 €/t Asche berechnet.

Diese Kosten sind ggf. den Szenarien als weiterer Kostenblock hinzuzuaddieren und verteuern so die Szenarien.

6.2 Kostenabschätzung für das Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“

Das Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“ sieht vor, dass alle in NRW anfallenden Klärschlämme unabhängig von der Kläranlagengröße in KSVAs in NRW entsorgt werden.

Wie im Abschnitt 3.3 dargestellt, gibt es in NRW derzeit konkrete Planungen für neue KSVAs. Für diese Anlagen liegen möglicherweise bereits Kostenabschätzungen vor. Eine detailliertere Kostenberechnung dieser Anlagen ist nicht Bestandteil des vorliegenden Projektes. Die hier dargestellten Kostenberechnungen haben nur das Ziel, die wirtschaftlichen Tendenzen der betrachteten Szenarien aufzuzeigen. Die Kostenberechnung im Rahmen dieses Szenarios wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die vorhandenen Kapazitäten bestehen bleiben und mit weiteren theoretischen Anlagen zur Mono-Klärschlammverbrennung, Klärschlamm-trocknung und Phosphorrückgewinnung ergänzt werden.

In Tabelle 5-1 sind die Kapazitäten der bestehenden KSVAs in NRW dargestellt. In diesem Szenario werden die Anlagen in Bottrop mit 42.000 t TM/a und in Werdohl mit 50.636 t TM/a weiterbetrieben. Für die Anlage Innovatherm in Lünen wird eine Kapazitätserweiterung auf 90.000 t TM/a vorgesehen. Die anderen drei KSVAs (Wuppertal, Düren und Bonn) werden stillgelegt. Somit ergeben sich nachfolgend in Tabelle 6-1 zusammengefasste Klärschlamm-mengen, die der Kostenabschätzung des Szenarios „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“ zugrunde liegen.

Tabelle 6-1: Klärschlamm-mengen des Szenarios „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“

Klärschlamm-entsorgung 2018	370.519	t TM/a
Durchsatz in bestehenden KSVAs in NRW 2018	186.767	t TM/a
Davon auch in Zukunft im Betrieb	182.636	t TM/a
Bedarf für neue Anlagen zur KSVAs	187.883	t TM/a
Bedarf für neue Anlagen zur Klärschlamm-trocknung	187.883	t TM/a
Bedarf für neue Anlagen zur P-Rückgewinnung	370.519	t TM/a

Wie im Abschnitt 6.1.1 erläutert, sind zur Deckung des in diesem Szenario ausgearbeiteten Bedarfs neben Phosphorrückgewinnungsverfahren auch die vorgelagerten Verfahrensschritte zur Klärschlamm-trocknung und Verbrennung erforderlich. Die hierbei anfallenden Kosten, bezogen auf das hier betrachtete Szenario, sind in Tabelle 6-2 dargestellt.

Tabelle 6-2: Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“

	Jahreskosten	Anteil an Gesamtkosten
Kosten für Klärschlamm-trocknung	13 - 28 Mio. €/a	18 - 21%
Kosten für KSVAs	56 Mio. €/a	42 - 78%
Kosten für P-Rückgewinnung	2,6 -50 Mio. €/a	3,5 - 37%
Summe	72 -135 Mio. €/a	

Eine weitere Möglichkeit für eine Phosphorrückgewinnung besteht durch den Einsatz der klärschlamm-basierten thermischen Verfahren zur gleichzeitigen thermischen Verwertung und Phosphorrückgewinnung. Diese Anlagen erfordern i.d.R. eine bereits bestehende thermische Infrastruktur und sind somit nicht direkt mit der oben dargestellten Vorgehensweise vergleichbar.

Bei diesen Technologien sind Verfahrensschritte der Trocknung und Verbrennung sowie Phosphorrückgewinnung integriert. Dies hat i.d.R. erhebliche Auswirkungen auf die Höhe der erforderlichen Investitionen. Die Wirtschaftlichkeit dieser Technologien hängt stark vom Nutzungsgrad der vorhandenen thermischen Infrastruktur ab. Da die standortbezogenen Randbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Umsetzungskosten haben, wird für die klärschlamm-basierten thermischen Verfahren keine Kostenabschätzung dargestellt, allerdings sind beim Einsatz dieser Technologien deutlich niedrigere Kosten zu erwarten.

6.3 Kostenabschätzung für das Szenario „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“

Das Szenario „Einbeziehung der Klärschlamm- Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“ sieht vor, dass die bestehenden Mono-Klärschlammverbrennungskapazitäten auch künftig beibehalten und für die fehlenden Verbrennungskapazitäten die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken miteinbezogen werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass die Mitverbrennung nur durch den Einsatz von „aschearmen“ Kohlen in Betracht gezogen wird.

Wie im Kapitel 3 erläutert, werden nach Angaben der RWE nur die drei Kohleveredelungsanlagen künftig zur Mitverbrennung der Klärschlämme zum Einsatz kommen. Im Jahr 2018 wurden in diesen Anlagen insgesamt 208.777 t TM/a Klärschlämme verbrannt, davon 42 % Klärschlämme aus NRW. Derzeit sind Pläne zur Kapazitätserweiterung an den Standorten der Veredelungsanlagen bekannt. Allerdings lagen zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung weder Angaben zu Kapazitätserweiterungen noch Angaben zu den Kapazitäten, die für Klärschlämme aus NRW zukünftig zur Verfügung gestellt werden können, vor. Daher werden zur Kostenabschätzung dieses Szenarios zwei unterschiedliche Annahmen (s. Tabelle 6-3) getroffen.

Annahme 1: In die Mitverbrennung werden nur Schlämme aus Kläranlagen geliefert, die weder Mitglied einer Klärschlammkooperation sind noch ihren Klärschlamm bereits der Mono-Verbrennung zuführen (siehe Abschnitt 5.3.4). Die Klärschlammmenge aus diesen Anlagen beträgt 46.985 t TM/a. Der restliche Bedarf wird über Klärschlamm(mono)verbrennung abgedeckt.

Annahme 2: Der Anteil der mitverbrannten Klärschlämme aus NRW bleibt weiterhin bei 42 % der aktuellen Kapazität von 208.777 t TM/a (87.686 t TM/a). Der restliche Bedarf wird über Klärschlamm(mono)verbrennung abgedeckt.

Die zur Kostenabschätzung des Szenarios „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“ zugrunde liegenden Klärschlamm-mengen sind in Tabelle 6-3 zusammengefasst. Hier wird davon ausgegangen, dass die Trocknungskapazitäten entsprechend der Mitverbrennungskapazitäten vorhanden sind und keine neue Klärschlamm-trocknungsanlagen errichtet werden müssen. Die Abschätzung wurde hauptsächlich unter zwei Annahmen durchgeführt.

Tabelle 6-3: Klärschlammengen des Szenarios „Einbeziehung der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“

Klärschlamm Entsorgung 2018	370.519	t TM/a
Durchsatz in bestehenden Mono-KSVA in NRW 2018	186.767	t TM/a
Davon auch in Zukunft im Betrieb	182.636	t TM/a
Klärschlammmenge aus NRW zur Mitverbrennung nach Annahme 1	46.985	t TM/a
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Klärschlamm Trocknung</i>	<i>140.898</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Mono-KSVA</i>	<i>140.898</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für P-Rückgewinnung aus Klärschlamm asche</i>	<i>323.534</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für P-Rückgewinnung aus Mischasche</i>	<i>46.985</i>	<i>t TM/a</i>
Klärschlammmenge aus NRW zur Mitverbrennung nach Annahme 2	87.686	t TM/a
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Klärschlamm Trocknung</i>	<i>100.197</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Mono-KSVA</i>	<i>100.197</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für P-Rückgewinnung aus Klärschlamm asche</i>	<i>282.833</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für P-Rückgewinnung aus Mischasche</i>	<i>87.686</i>	<i>t TM/a</i>

Die Kostenspannen für die Phosphorrückgewinnungsverfahren aus Klärschlämmen oder Klärschlammaschen sind bereits im Abschnitt 6.1 angegeben. Bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kohlekraftwerken findet i.d.R. eine „Verdünnung“ des phosphorhaltigen Stoffstroms „Klärschlamm asche“ mit einem phosphorarmen Stoffstrom „Kohleasche“ statt. Das Ausmaß dieser „Verdünnung“ hängt stark vom Aschegehalt der eingesetzten Kohle ab. Nach DWA-M 387¹⁶ liegt der Aschegehalt der Stein- und Braunkohlen zwischen 2,5 bis 15 %. Der Klärschlammanteil bei der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken ist i.d.R. auf 25 % begrenzt. Unter der Annahme, dass der Aschegehalt des Klärschlammes bei 40 % liegt, ergibt sich der Anteil der Klärschlammaschen in der Mitverbrennungsasche zu 47 % bzw. 84 %.

Die Aschezusammensetzung hat i.d.R. einen maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnungsverfahren. Die Aschelaugungsverfahren sind komplex und einzelne Stoffe können den Betrieb erheblich stören. Derzeit liegen nur in sehr begrenztem Umfang Forschungsergebnisse zur Phosphorrückgewinnung aus Mitverbrennungsaschen vor und die Kosten der Verfahrenstechnik können je nach Aschezusammensetzung stark variieren. Bei einer deutlichen Verdünnung der Klärschlammaschen mit Kohleaschen können nach derzeitigem Wissensstand keine belastbaren Angaben zur Effektivität und Kosten der Phosphorrückgewinnung dieses Stoffstroms getroffen werden. Daher hängen die Ergebnisse hier sehr stark von den getroffenen Annahmen ab, bzw. sind durch eine Veränderung der Annahmen stark zu beeinflussen.

RWE gibt an, dass der Aschegehalt der Kohle, die zur Mitverbrennung der Klärschlämme eingesetzt wird, ca. 3 % beträgt. In diesem Fall liegt der Anteil der Klärschlammaschen an der Mitverbrennungsasche bei ca. 82 %.

Betrachtet man eine aschereiche Kohle mit 15 % Asche, sinkt der Anteil der Klärschlamm asche auf einen Anteil von ca. 47 % an der Mitverbrennungsasche. Dadurch reduziert sich der Phosphorgehalt entsprechend und führt somit zu einer Verteuerung der Phosphorrückgewinnung. Ein weiterer Aspekt bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen und „aschearmen“ Kohlen ist der Phosphor-Gehalt in der Klärschlamm asche. Eine einjährige Auswertung der Zusammensetzung von Klärschlammaschen aus 24 deutschen Verbrennungsanlagen hat ergeben, dass der Phosphorgehalt in der resultierenden Klärschlamm asche

¹⁶ Merkblatt DWA-M 387 - Thermische Behandlung von Klärschlämmen - Mitverbrennung in Kraftwerken - Mai 2012

1,5 bis 13 % beträgt (Krüger et al., 2014). So können Klärschlämme bzw. Klärschlammaschen mit hohen P-Gehalten sich positiv auf die Verfahrenskosten auswirken. Unter der Annahme, dass die Verteuerung des Verfahrens und Verdünnung des P-Gehalts entsprechend der zuvor genannten Auswertung korrelieren, erhöhen sich die Verfahrenskosten je nach Aschegehalt um 20 bis 215 %.

In Abhängigkeit der Klärschlammengen, die der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken zugeführt werden, ergeben sich unterschiedliche Aufwendungen für die Trocknung und Verbrennung und letztendlich Phosphorrückgewinnung. In Tabelle 6-2 sind die Kostenabschätzungen hierzu dargestellt.

Tabelle 6-4: Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Einbeziehung Mitverbrennung in Kohlekraftwerken“

	Jahreskosten	Anteilig in Gesamtkosten
Annahme 1 – 46.985 t TM/a in die Mitverbrennung		
Kosten für Klärschlamm-trocknung	9 - 21 Mio. €/a	17 - 18 %
Kosten für Mono-KSVA	42 Mio. €/a	35 - 76 %
Kosten für P-Rückgewinnung aus Klärschlammasche	3,2 - 44 Mio. €/a	6 - 36%
Kosten für P-Rückgewinnung aus Mischasche	0,6 - 14 Mio. €/a	1 - 11%
<i>Summe</i>	<i>56 - 121 Mio. €/a</i>	
Annahme 2 – 87.686 t TM/a in die Mitverbrennung		
Kosten für Klärschlamm-trocknung	7 - 15 Mio. €/a	14 - 17%
Kosten für Mono-KSVA	30 Mio. €/a	28 - 73%
Kosten für P-Rückgewinnung aus Klärschlammasche	2,8 - 38 Mio. €/a	7 - 35%
Kosten für P-Rückgewinnung aus Mischasche	1 – 25 Mio. €/a	3 - 23%
<i>Summe</i>	<i>41 - 109 Mio. €/a</i>	

6.4 Kostenabschätzung für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“

Das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“ sieht vor, dass die bestehenden Kapazitäten der Mono-KSVA weiterhin genutzt werden. Für Kläranlagen der GK 4b und 5, die weder zu einem Wasserverband noch zu einer im Abschnitt 3.3.1 dargestellten Klärschlammkooperation gehören, wird eine direkte Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage geprüft. Entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 5.3.5 könnte in 28 Kläranlagen eine Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage realisiert werden. Für die verbleibenden Kläranlagen wird eine thermische Entsorgung in neuen Mono-KSVA angenommen.

Die zur Kostenabschätzung für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“ zugrunde liegenden Klärschlammengen sind in Tabelle 6-5 zusammengefasst.

Tabelle 6-5: Klärschlammengen des Szenarios des Szenarios „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“

Klärschlamm Entsorgung 2018	370.519	t TM/a
Durchsatz in bestehenden Mono-KSVA in NRW 2018	186.767	t TM/a
Davon auch in Zukunft im Betrieb	182.636	t TM/a
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Klärschlamm-trocknung</i>	<i>143.203</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für neue Anlagen zur Mono-KSVA</i>	<i>143.203</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für P-Rückgewinnung aus Klärschlamm-Asche</i>	<i>325.839</i>	<i>t TM/a</i>
<i>Bedarf für direkte P-Rückgewinnung</i>	<i>44.680</i>	<i>t TM/a</i>

Der Unterschied der Schlammengen zum Szenario „Mono-Verbrennung aller Klärschlämme in NRW“ beträgt lediglich 44.680 t TM/a, die einer anderen Art von Phosphorrückgewinnung bzw. thermischen Entsorgung zugeführt werden.

In Abhängigkeit der Klärschlammengen, die für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“ angenommen werden, ergeben sich die in Tabelle 6-6 dargestellten Kostenabschätzungen.

Tabelle 6-6: Kostenabschätzung zur Phosphorrückgewinnung für das Szenario „Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage“

	Jahreskosten	Anteil an Gesamtkosten
Kosten für neue Anlagen zur Mono-KSVA	43 Mio. €	32 - 62 %
Kosten für neue Anlagen zur Klärschlamm-trocknung	10 - 21,5 Mio. €	14 - 16 %
Kosten für P-Rückgewinnung aus Klärschlamm-Asche	3,2 - 44 Mio. €	5 - 33 %
Kosten für direkte P-Rückgewinnung	13 - 27 Mio. €	19 - 20 %
<i>Summe</i>	<i>70 - 135 Mio. €</i>	

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Phosphorrückgewinnungsstrategie in NRW

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Ausführungen in den vorangegangenen Kapiteln werden nachfolgend Empfehlungen dargestellt. Sie richten sich in erster Linie an die Kläranlagenbetreiber als Phosphorrückgewinnungspflichtige. In einigen Fällen lassen aber auch die gesetzlichen Vorgaben und ihre Umsetzung noch Fragen offen, die zur Verunsicherung der Kläranlagenbetreiber beitragen können. Hier richten sich die Empfehlungen an das Land NRW als Gesetzgeber und Exekutive. Schließlich werden in Einzelfällen auch die Betreiber von Klärschlammverbrennungs- und Phosphorrückgewinnungsanlagen adressiert.

• Phosphorrückgewinnung und Klärschlamm Entsorgung – eine integrierte Betrachtung

Für die von der AbfKlärV geforderte Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm existiert eine Vielzahl von Verfahren in verschiedenen Stadien der technischen Entwicklung, die sich hinsichtlich ihrer grundlegenden Vorgehensweise verschiedenen Kategorien zuordnen lassen. Die Phosphorrückgewinnung kann schon auf der Kläranlage aus der „flüssigen Phase“ des Klärschlammes, nach Abschluss der Behandlung aus dem zur Entsorgung anstehenden Klärschlamm oder erst nach der Verbrennung des Klärschlammes aus dessen Asche erfolgen. In jedem Fall hat dies Auswirkungen auf das gesamte Phosphorrückgewinnungs- und Entsorgungskonzept für den Klärschlamm. Nach Unterschreitung eines P-Gehaltes von 20 g/kg TM kann der P-abgereicherte Klärschlamm nach der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage bspw. kostengünstigen Entsorgungswegen in der Müllverbrennung oder der Zementherstellung zugeführt werden. Weist der Klärschlamm nach Abschluss der Behandlung auf der Kläranlage einen P-Gehalt ≥ 20 g/kg TM auf, kann die Phosphorrückgewinnung direkt aus dem Klärschlamm oder nach der Verbrennung aus dessen Asche erfolgen. Die Phosphorrückgewinnung aus dem abschließend behandelten Klärschlamm weist dabei den Vorteil auf, dass die getrennte Verbrennung überflüssig wird, für ihren wirtschaftlichen Betrieb ist sie jedoch auf die Verfügbarkeit bestimmter Wärmequellen und -senken angewiesen. Die Phosphorrückgewinnung aus der Asche baut demgegenüber auf dem in NRW bereits heute weit verbreiteten Entsorgungsweg der Klärschlammverbrennung auf und ist deswegen für viele, vor allem kleinere Klärschlammproduzenten mit geringeren Unsicherheiten verbunden.

Empfehlung 1 (an Kläranlagenbetreiber): Für die Wahl einer der vorhandenen P-Rückgewinnungstechnologien hat die praktizierte Art der Klärschlamm Entsorgung entscheidende Bedeutung. Jede Entscheidung für einen bestimmten Entsorgungspfad stellt eine Vorauswahl hinsichtlich der möglichen Phosphorrückgewinnungsverfahren dar. Eine solche Entscheidung sollte daher erst nach gemeinsamer, d.h. integrierter Abwägung der Vor- und Nachteile aller sinnvollen Kombinationen von Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung erfolgen.

• Verpflichtung zur Entwicklung eines Phosphorrückgewinnungskonzeptes

Alle Betreiber von Kläranlagen der GK 5 und 4b sind gemäß AbfKlärV ab dem Jahr 2029 bzw. 2032 verpflichtet, ihren abschließend behandelten Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, wenn der P-Gehalt im Klärschlamm ≥ 20 g/kg TM beträgt. Wie alle anderen Kläranlagenbetreiber sind auch sie verpflichtet, bis Ende 2023 ein Konzept dafür vorzulegen, wie sie die Phosphorrückgewinnung aus dem von ihnen zu entsorgenden Klärschlamm umzusetzen beabsichtigen. Das betrifft nicht nur unmittelbar die Technik der Phosphorrückgewinnung, sondern auch das Konzept zur Klärschlamm Entsorgung, in welches die Phosphorrückgewinnung zu integrieren ist. Außerdem sind von der Umsetzung des Konzeptes jeweils verschiedene Akteure betroffen, deren Interessen identifiziert und im Vorfeld aufeinander abgestimmt werden müssen. Zu nennen sind hier neben den Kläranlagenbetreibern als Phosphor-

rückgewinnungspflichtigen insbesondere die Entwickler und Betreiber von Phosphorrückgewinnungsverfahren, die Entsorger des Klärschlamms oder der nach der Rückgewinnung anfallenden Reststoffe sowie die zuständigen Genehmigungs- und Überwachungsbehörden.

Als Termin für die Vorlage eines Konzeptes zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm ist Ende 2023 festgelegt, damit genügend Zeit für die Planung und Errichtung der großtechnischen Anlagen bleibt, mit denen von 2029 bzw. 2032 an die von der AbfKlärV geforderte Phosphorrückgewinnung erfolgen kann. Gleichzeitig ist absehbar, dass aktuell und in der nahen Zukunft seitens der Kläranlagenbetreiber noch große Unsicherheiten bzgl. der am besten geeigneten Phosphorrückgewinnungstechnologien bestehen und sich diesbezüglich voraussichtlich auch über 2023 hinaus immer wieder neue, für die erfolgreiche Umsetzung relevante Erkenntnisse ergeben werden. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig zu beachten, dass das bis Ende 2023 vorzulegende Konzept nicht endgültig ist. Vielmehr können auch danach am Inhalt Änderungen vorgenommen werden, die geeignet sind, die Umsetzung der Phosphorrückgewinnung wirtschaftlicher zu gestalten oder anderweitig zu erleichtern.

Empfehlung 2a (an die Kläranlagenbetreiber): Angesichts der aktuellen Umstrukturierung der Klärschlamm Entsorgung infolge der Änderungen im Düngerecht und der Verpflichtung aus der AbfKlärV zur Vorlage eines Konzeptes zur P-Rückgewinnung aus Klärschlamm bis 2023 ist es für die Betreiber großer Kläranlagen (≥ 50.000 EW) unbedingt erforderlich, mit der Entwicklung dieses Konzeptes zeitnah zu beginnen und dabei Phosphorrückgewinnung und Klärschlamm Entsorgung gemeinsam, d.h. integriert zu betrachten. Außerdem müssen zur Wahrung der Erfolgsaussichten für die spätere Umsetzung schon bei der Konzeptentwicklung die Interessen aller betroffenen Akteure berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden.

Wichtig: Das Konzept kann auch nach Vorlage bei der Behörde verändert werden, wenn der technische Fortschritt oder eine Veränderung der Rahmenbedingungen dies sinnvoll erscheinen lassen.

- **Phosphorrückgewinnungspflicht für Kläranlagen < 50.000 EW**

Klärschlamm aus Kläranlagen mit einer Kapazität von weniger als 50.000 EW unterliegt zwar nicht der rechtlichen Verpflichtung nach AbfKlärV, einer Phosphorrückgewinnung zugeführt zu werden. Faktische Zwänge wie das Fehlen entsprechender landwirtschaftlicher Ausbringungsflächen können der alternativen, bodenbezogenen Verwertung aber entgegenstehen. Klärschlamm erzeuger dieser Anlagen werden daher mit Zustimmung der Behörden ggf. auch andere Entsorgungswege beschreiten müssen. In dem entsprechenden Zustimmungsverfahren sind Aspekte der Abfallhierarchie und damit die Vorgabe einer möglichst hochwertigen Verwertung zu berücksichtigen. Diese können einen Vorrang der Verwertung mit Phosphorrückgewinnung nach sich ziehen.

Eine andere Unsicherheit hinsichtlich der Verpflichtung kleinerer Kläranlagen (< 50.000 EW) zur Phosphorrückgewinnung ergibt sich, wenn diese Anlagen ihren Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt über 20 g/kg TM einer Mono-KSVA zur Entsorgung zuführen. Eine Trennung dieser Klärschlämme von Klärschlammverbrennungsanlagen, die einer Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegen, dürfte schon im Input der Klärschlammverbrennungsanlage technisch nicht möglich sein. In der Folge werden Klärschlämme großer und kleiner Anlagen gemeinsam verbrannt. Wird die so erzeugte Verbrennungssasche einer Phosphorrückgewinnung zugeführt, erstreckt sich die Phosphorrückgewinnung zwangsläufig (faktisch) auch auf die Schlämme (Aschen) aus den kleinen Anlagen.

Empfehlung 3a (an Kläranlagenbetreiber): Betreiber von Kläranlagen < 50.000 EW sind zwar de jure nicht von vorneherein verpflichtet, ihren Klärschlamm einer Phosphorrückgewinnung zuzuführen, sie können aber de facto dazu gezwungen sein. Angesichts der damit verbundenen Unsicherheiten müssen auch die Betreiber dieser Kläranlagen ein Konzept für die Phosphorrückgewinnung vorlegen, in dem sie sich mit den Umständen, die für sie einen verstärkten Druck zur Phosphorrückgewinnung aus ihrem Klärschlamm auslösen könnten, und den Möglichkeiten ihrer Umsetzung auseinandersetzen.

Bei der Wahl einer anderweitigen Klärschlamm Entsorgung ist eine behördliche Zustimmung notwendig. Dabei wird die Einhaltung der Regelung des Kreislaufwirtschaftsrechts überprüft, insbesondere die Vorgaben zur Abfallhierarchie. Zur Abklärung der notwendigen Rahmenbedingungen sollte möglichst frühzeitig der Kontakt zur zuständigen Behörde gesucht werden.

- **Langzeitlagerung von Klärschlamm von Klärschlammaschen**

Bei der Langzeitlagerung von Klärschlamm bestehen für den Klärschlammherzeuger viele Unwägbarkeiten. Sie soll der zeitlichen Überbrückung dienen, bis ausreichend Erfahrungen zum Betrieb von Phosphorrückgewinnungsverfahren im großtechnischen Maßstab zur Verfügung stehen. Wann diese Marktreife eintritt, über welchen Zeitraum die Lagerung demzufolge erfolgen und welche Kapazitäten für die Langzeitlagerung vorgehalten werden müssen, kann vorab nicht eindeutig bestimmt werden. Dadurch sind auch die Kosten der Zwischenlagerung schwer absehbar. Außerdem ist gegenwärtig schwer abschätzbar, wie aufwändig sich (auch hinsichtlich der Kosten) der Rückbau des Langzeitlagers einschließlich der anschließenden Aufbereitung und Zufuhr der gelagerten Asche zur Phosphorrückgewinnung gestalten wird. Damit zeichnen sich für die Zwischenlagerung (einschl. Aufarbeitung der Asche nach der Langzeitlagerung) Kosten ab, die einen nennenswerten Anteil der jetzt absehbaren Kosten der Phosphorrückgewinnung ausmachen und damit den möglichen Vorteil der Langzeitlagerung, nämlich die zwischenzeitliche Kostendegression bei der Phosphorrückgewinnung, zunichtemachen. Denn letztlich muss nach der Lagerung immer noch die Phosphorrückgewinnung selbst erfolgen. In der Gesamtbetrachtung gilt daher:

Empfehlung 4 (an die Kläranlagenbetreiber): In Anbetracht aller damit verbundenen Kosten kann nach aktuellem Kenntnisstand die Langzeitlagerung von Klärschlammasche mit anschließender Phosphorrückgewinnung mit höheren Kosten verbunden sein als die direkte Phosphorrückgewinnung. Deswegen und weil die Umlage dieser Mehrkosten auf die Abwassergebühren problematisch ist, sollte die Option der Langzeitlagerung als Zwischenlösung vor ihrer Auswahl einer besonders sorgfältigen Kosten-Nutzen-Abwägung unterzogen werden.

- **Klärschlamm-Monoverbrennung¹⁷ und Phosphorrückgewinnung aus der Asche**

Im Jahr 2017 wurden in NRW 380.200 t TM Klärschlamm der Entsorgung zugeführt. Davon wurden 45 % monoverbrannt, 36 % in Kraftwerken mitverbrannt, 8 % anderweitig mitverbrannt und 11 % überwiegend

¹⁷ Aus rechtlicher Sicht handelt es sich bei Anlagen zur ausschließlichen oder überwiegenden Verbrennung von Klärschlamm um *Klärschlammverbrennungsanlagen*. Der Begriff *Mono-Verbrennung* findet hier Verwendung, um eine klare Abgrenzung ggü. der planmäßigen *Mitverbrennung* in Kohlekraftwerken, Müllverbrennungsanlagen oder Zementwerken vorzunehmen.

in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau verwertet. Nur beim zuletzt genannten Anteil ist zumindest von einer teilweisen Verwertung des Phosphoranteils im Klärschlamm auszugehen.

Zukünftig wird die Verwertung des Klärschlammes in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau kaum noch möglich sein. Darüber hinaus erscheint auch die Rolle der Mitverbrennung im Kontext der Phosphorrückgewinnung vielen Akteuren ungewiss. Daher haben sich aktuell eine Reihe von Kooperationen und anderer Initiativen gebildet, um neue Mono-KSVA zu errichten. Die Kapazitäten der aktuell (Stand: April 2020) bestehenden (inklusive geplanter Erweiterungen) und von verschiedenen Kooperationen geplanten neuen Mono-KSVA würden den Analysen zufolge ausreichen, um den gesamten in NRW anfallenden Klärschlamm zu verbrennen. Welche Phosphorrückgewinnungsverfahren aus den entstehenden Aschen jeweils zum Einsatz kommen werden, ist großenteils noch unklar. Die in diesem Bericht durchgeführte Charakterisierung verschiedener verfügbarer Verfahren zeigt jedoch, dass alle klärschlamm-Asche-basierenden Verfahren einen hohen Phosphorrückgewinnungsgrad aufweisen, der die gesetzliche geforderte Mindestrückgewinnungsrate von 80 % Phosphor problemlos überschreitet. Außerdem weisen die Phosphorprodukte, soweit sie unmittelbar in der Landwirtschaft eingesetzt werden, eine ausreichend hohe (NAC-) Phosphatlöslichkeit auf, um sie nach der neuen europäischen Düngemittelverordnung als wirksames mineralisches Düngemittel zu kennzeichnen. Das bedeutet:

Empfehlung 5 (an Kläranlagenbetreiber): Für die Entsorgung von Klärschlamm in NRW werden in Zukunft möglicherweise größere Mono-Verbrennungskapazitäten als heute zur Verfügung stehen. Sofern sich vor diesem Hintergrund ein Kläranlagenbetreiber dafür entscheidet, den Klärschlamm einer Verbrennung zuzuführen und Phosphor danach aus der Asche zurückzugewinnen zu lassen, sollte der Zugang zu einer bestehenden oder geplanten Verbrennungsanlage zeitnah sichergestellt werden.

- **Phosphorrückgewinnung aus der Mitverbrennungsasche**

Aktuell wird ein Großteil des Klärschlammes aus NRW in (Braun-) Kohlekraftwerken mitverbrannt, von denen ein Teil im Zuge des Ausstiegs aus der Kohleverstromung stillgelegt werden wird. Der andere Teil dient der Kohleveredelung und ist vom sogenannten „Kohleausstieg“ nicht betroffen. Die Rolle dieser Anlagen bei der Phosphorrückgewinnung hängt vor allem von der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit entsprechender Rückgewinnungstechnologien (aus der Mitverbrennungsasche) ab. Wie der aktuelle Trend zur Mono-Klärschlammverbrennung andeutet, scheint die Rolle der Mitverbrennung in diesem Kontext bei vielen Kläranlagenbetreibern von Unsicherheiten geprägt zu sein. Dabei können bei hoher Qualität (d. h. insbesondere geringem Restasche- und Schadstoffgehalt) der Kohle ggf. die gleichen Technologien wie bei den Mono-Klärschlammverbrennungsaschen zum Einsatz kommen. Sollte sich also die Phosphorrückgewinnung aus der Mitverbrennungsasche als umsetzbar und wirtschaftlich tragfähig erweisen, könnte sich die Errichtung neuer Mono-Klärschlammverbrennungskapazitäten teilweise erübrigen. Leider liegen aktuell jedoch zur Umsetzbarkeit der Phosphorrückgewinnung im Kontext der Mitverbrennung keine genaueren Informationen, insbesondere keine Erfahrungsberichte aus bestehenden Pilotanlagen, vor. Weitere Phosphorrückgewinnungsverfahren, die speziell an die Klärschlamm-Mitverbrennung angepasst sind, befinden sich derzeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

Empfehlung 6 (an Betreiber von Klärschlammmitverbrennungsanlagen): Obwohl die Mitverbrennung bei der Klärschlamm Entsorgung bis in die Gegenwart eine wichtige Rolle spielt und die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammmitverbrennungsasche insbesondere bei Verwendung ascheärmer Kohle technisch möglich und wirtschaftlich vorteilhaft erscheint und rechtlich zulässig ist, scheint seitens der Kläranlagenbetreiber Unsicherheit darüber zu herrschen, ob und unter welchen Bedingungen die Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlamm-Mitverbrennungsasche von Kohlekraftwerken bzw. Kohleveredelungsanlagen eine erfolgversprechende Alternative darstellen kann. Bislang mangelt es vor allem an einem Nachweis der großtechnischen Umsetzbarkeit. Soweit möglich sollten die Betreiber der betroffenen Klärschlammmitverbrennungsanlagen daher zeitnah ein Konzept zur Phosphor-Rückgewinnung aus ihrer Mitverbrennungsasche entwickeln und erproben. Den in Frage kommenden Kläranlagenbetreibern muss verlässlich dargestellt werden, wie die Anforderungen der AbfKlärV auch bei einer Mitverbrennung erfüllt werden können.

- **Phosphorrückgewinnung aus dem abschließend behandelten Klärschlamm**

Alternativ zur Verbrennung mit anschließender Phosphorrückgewinnung aus der Asche können zur Entsorgung anstehende Klärschlämme mittels thermischer Phosphorrückgewinnungsverfahren behandelt werden, bei denen thermische Behandlung und Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm in einem Schritt erfolgen. Aufgrund des Wegfalls eines Verfahrensschrittes können diese Verfahren u. U. deutlich kostengünstiger als die Phosphorrückgewinnung aus der Verbrennungsasche sein. Voraussetzung ist jedoch, dass eine Integration mit bestehenden Wärmequellen oder -senken, z.B. einer Müllverbrennungsanlage, gelingt. Diese Verfahren ermöglichen, wie die Rückgewinnung aus der Asche, eine nahezu 100 %-ige Phosphorrückgewinnung bei teilweiser Ausschleusung der Schadstoffe. Das Potenzial zu ihrer Umsetzung lässt sich nur bei genauer Kenntnis der lokalen Rahmenbedingungen ermitteln.

Empfehlung 7 (an Kläranlagenbetreiber): Liegen in der Nähe des Kläranlagenstandortes geeignete Rahmenbedingungen vor, kann anstelle der Mono-Verbrennung des Klärschlammes und der Phosphorrückgewinnung aus der Asche die direkte thermische Phosphorrückgewinnung aus dem abschließend behandelten Klärschlamm wirtschaftlich deutlich vorteilhafter sein. Kläranlagenbetreiber, die sich für diesen Entsorgungsweg entscheiden, sollten mit entsprechenden Technologieanbietern in Kontakt treten und Sondierungsgespräche führen.

- **Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage**

Die Zuführungspflicht zur Phosphorrückgewinnung ist (zumindest) für Kläranlagen der GK 5 und 4b ab dem Jahr 2029 bzw. 2032 an die Bedingung geknüpft, dass der Phosphorgehalt des Klärschlammes ≥ 20 g/kg TM beträgt. Wird der Phosphorgehalt im Zuge der Abwasserbehandlung auf unter 20 g/kg TM Klärschlamm gesenkt, entfällt die Zuführungspflicht und der Klärschlamm kann auch anderweitig (bspw. in Müllverbrennungsanlagen oder Zementwerken) und damit kostengünstiger mitverbrannt werden. Da die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung sich formell (AbfKlärV) nur auf den als Abfall zur Entsorgung anstehenden Klärschlamm, nicht aber auf entsprechende Vorstufen auf der Kläranlage (z.B. Faulschlamm) bezieht, ist aktuell unsicher, ob für die Phosphorrückgewinnung im Zuge der Schlammbehandlung zusätzlich anfallende Kosten auf die Abwassergebühren umgelegt werden dürfen. Da die Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage in der Praxis i. d. R. jedoch stattfindet, um mit hohen Phosphorkonzentrationen verbundene betriebliche Schwierigkeiten zu beseitigen oder durch die günstigere Entsorgung des Klärschlammes Einsparungen zu erzielen, dürften Zusatzkosten (im Fall der Phosphorrückgewinnung) meist gar nicht entstehen oder, sofern sie entstehen (im Fall der Vermeidung betrieblicher Schwierigkeiten) eine Umlegung auf die Gebühren problemlos möglich sein.

Empfehlung 8a (an Gesetzgeber): Neben dem Abfallrecht sollte auch im Wasserrecht eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung verankert werden. Damit wäre für die betroffenen Kläranlagenbetreiber die Finanzierung von Mehrkosten aufgrund einer Phosphorrückgewinnung aus der wässrigen Phase der Abwasserbehandlung rechtssicher über die Abwassergebühr möglich.

Im Kontext der Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage erreichen verschiedene Struvitfällungsverfahren durch vorherige chemische oder biologische Ansäuerung des Klärschlammes einen Phosphorrückgewinnungsgrad von 50 % und mehr und sind damit geeignet, den Phosphorgehalt des zu entsorgenden Klärschlammes auf den meisten Kläranlagen auf unter 20 g/kg TM zu senken. Das gilt auch für Anlagen mit der üblichen chemischen Phosphatfällung. Daher:

Empfehlung 8b (an Kläranlagenbetreiber): Wenn auf einer Kläranlage aus betrieblichen Gründen sowieso eine Reduktion des Phosphorgehaltes im Schlamm sinnvoll ist oder ortsnahe eine kostengünstige Mitverbrennungsgelegenheit für den Phosphor-abgereicherten Klärschlamm zur Verfügung steht, sollten Kläranlagenbetreiber eine Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage in Betracht ziehen. Außerdem können dadurch ggf. längere Transportwege vermieden und die Abhängigkeit gegenüber externen Betreibern von Verbrennungs- und Phosphorrückgewinnungsanlagen verringert werden. Entsprechende Verfahren stehen zur Verfügung.

• **Vermarktung des P-Rezyklats**

Um die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm oder Klärschlammasche möglichst kostendeckend zu gestalten, ist die Erwirtschaftung eines möglichst hohen Erlöses für das erzeugte P-Produkt von großer Bedeutung. Wichtige Kriterien dafür sind:

- die Eigenschaften des Produktes und seine Verwendbarkeit in der Düngemittel- oder chemischen Industrie,
- die Düngewirkung (Pflanzenverfügbarkeit, NAC-Löslichkeit),
- die Homogenität und Konstanz der Eigenschaften des Produktes,
- die Akzeptanz des Produktes bei den Endabnehmern, insbesondere
- das Abfallende oder die Produkteigenschaft des zurückgewonnenen P-Produkts.
(Hinweis: Die P-Produkte aller untersuchten Phosphorrückgewinnungsverfahren sind unter geeigneten Bedingungen in der Lage den Produktstatus erreichen)

Empfehlung 9 (an die Betreiber von Klär- und Phosphorrückgewinnungsanlagen): Da die Qualität des P-Rezyklats für die Höhe der Erlöse und damit die Wirtschaftlichkeit der Phosphorrückgewinnung von großer Bedeutung ist, ist sie bei der Entwicklung des Phosphorrückgewinnungskonzeptes unbedingt zu berücksichtigen.

• **Abfallende:**

Beim Übergang von der Abfall- zur Produkteigenschaft gilt, dass das Abfallende nicht allein durch Erfüllung der Vorgaben der nationalen DüMV erreicht wird. Letztere betreffen nur die technischen und rechtlichen Normen. Daneben muss auch die Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt nachgewiesen werden. Die EU-DüMV ist hier zielführend, denn nach ihr zurückgewonnener Phosphor gilt nicht mehr als Abfall.

Ein solcher Mechanismus fehlt in der nationalen DüMV, ist aber für Akzeptanz und Vermarktung des Sekundär-Phosphors zwingend erforderlich.

Empfehlung 10 (an Gesetzgeber): Für die Vermarktung des P-Rezyklats ist es wichtig, dass das Abfallende des zurückgewonnenen Phosphors bereits mit dem Abschluss der Rückgewinnung und nicht erst mit dem Einsatz im Düngemittel erreicht wird; anderenfalls könnte der Betreiber einer Phosphorrückgewinnungsanlage P-Rezyklat nur als Abfall vermarkten. Damit das Abfallende der im Zuge der P-Rückgewinnung erzeugten Rezyklate eindeutig definiert ist, sollte die deutsche DüMV entsprechend an die EU-DüMV angepasst werden.

- **Schadstoffgehalt von Klärschlamm und P-Rezyklat**

Klärschlamm ist abhängig von seiner Herkunft in unterschiedlichem Umfang mit Schadstoffen befrachtet. Die Art des eingesetzten Phosphorrückgewinnungsverfahrens spielt eine entscheidende Rolle dabei, in wie weit die Schadstoffgehalte reduziert und damit die gesetzlichen Grenzwerte unterschritten werden können. Um die Eignung und Zulassung der Rezyklate als Düngemittel möglichst wirtschaftlich sicherzustellen, kann es vorteilhaft sein, verschiedene Phosphorrückgewinnungsverfahren zu nutzen und ihnen den Klärschlamm bzw. die Klärschlammmasche jeweils nach Schadstoffgehalt differenziert zuzuführen.

Empfehlung 11 (an Betreiber von Klär- und Phosphorrückgewinnungsanlagen): Bei Klärschlämmen mit deutlich unterschiedlichen Schadstoff- (insbesondere Schwermetall-) gehalten kann es sinnvoll sein, sie je nach Schadstoffgehalt unterschiedlichen Phosphorrückgewinnungsverfahren zuzuführen. Der Schadstoffgehalt ist zudem ein entscheidendes Kriterium für das Erreichen des Abfallendes. Daher sollten die Schadstoffgehalte schon zum Zweck der Verfahrensauswahl zwischen Klär-, (ggf. Verbrennungs-) und Phosphorrückgewinnungsanlagenbetreibern kommuniziert werden und später eine Zuführung der Klärschlämme entsprechend ihrer Schadstoffgehalte stattfinden.

- **Zuführungspflicht**

Eine unmittelbare Pflicht zur Phosphorrückgewinnung durch die Klärschlammherzeuger existiert nicht. Es besteht lediglich eine Zuführungspflicht. Die Phosphorrückgewinnung ist daher keine höchstpersönliche Pflicht und kann auch durch (private) Dritte erfüllt werden. Für den Klärschlammherzeuger bedeutet das aber eine erfolgsgerichtete Leistungspflicht, für deren Erfüllung er solange haftet, bis der Erfolg eingetreten ist. Das ist umso wichtiger, je mehr Beteiligte in der Verwertungskette tätig sind, etwa bei der Phosphorrückgewinnung aus der Asche nach vorangehender Verbrennung des Klärschlammes.

Empfehlung 12a (an Kläranlagenbetreiber): Der Klärschlammherzeuger ist gut beraten, die gesamte Entsorgungskette zu prüfen; die Übergabe an einen ersten in einer Kette von weiteren Verantwortlichen lässt die abfallrechtliche „Ewigkeitshaftung“ nicht entfallen. Der Klärschlammherzeuger bleibt bis zum vollständigen Verwertungserfolg, das heißt, bis zum Abschluss der Phosphorrückgewinnung und bis zur ordnungsgemäßen und schadlosen Entsorgung der anfallenden Abfälle, verantwortlich.

Empfehlung 12b (an Gesetzgeber): Um dem Klärschlammherzeuger die Überprüfung zu erleichtern, sollte überlegt werden, § 12 KrWG bzw. die §§ 19 ff. der AbfKlärV dahingehend anzupassen, dass die Qualitätssicherung für Klärschlamm um den Aspekt der Phosphorrückgewinnung erweitert wird. Sofern eine Phosphorrückgewinnungsanlage gleichzeitig als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert ist, sollte darauf hingewirkt werden, dass im Zertifikat bei der Tätigkeit der Behandlung von Abfällen die Phosphorrückgewinnung ausdrücklich hervorgehoben wird. Das kann etwa in der Anlage zum Zertifikat (in Ziffer 3) geschehen.

- **Kooperationen & Vergaberecht**

Sowohl öffentlich-rechtliche als auch private Organisationsformen stellen den Klärschlammherzeugern für die Phosphorrückgewinnung zahlreiche Kooperationsmodelle zur Verfügung. Die Rechtsformen des Gesetzes über die kommunale Gemeinschaftsarbeit stehen Gemeinden und Gemeindeverbänden offen. Sie ermöglichen eine lose Zusammenarbeit oder auch eine solche, bei der ein neuer Rechtsträger entsteht. Das Gemeinsame kommunale Unternehmen ist der privatrechtlichen GmbH nachempfunden und bietet Vorteile bei der Gestaltung und Flexibilität. Die privatrechtliche GmbH steht auch Wasserverbänden offen. Sehr wichtig ist vielen Phosphorrückgewinnungspflichtigen in diesem Zusammenhang das Vergaberecht, das schon bei der Errichtung und Gestaltung der Kooperation zu beachten ist. Eine ausschreibungsfreie Kooperation ist nur unter engen Voraussetzungen zulässig. Bei Planung und Ausgestaltung einer Kooperation sollten jedoch immer die Ziele und die Bedürfnisse der Beteiligten, insbesondere Mitsprache- und bestimmungsrechte, Haftung, Besteuerung, im Vordergrund stehen, denn sie definieren langfristig Möglichkeiten und Miteinander in der Kooperation.

Empfehlung 13 (an Kläranlagenbetreiber): Bei der Wahl der besten Kooperationsform sollte der Fokus nicht darauf verengt sein, vergaberechtsfrei zu kooperieren. Das Vergaberecht steht am Anfang der Kooperation, die Kooperation selbst wird voraussichtlich für mehrere Jahrzehnte bestehen. Sie muss für die Beteiligten im Alltag ihren Zweck effizient erfüllen und für alle Beteiligten handhabbar sein. Dabei spielen zahlreiche Aspekte und individuelle Bedürfnisse der Beteiligten eine Rolle.

8 Literaturverzeichnis

- BMUB (2018): Future sludge treatment: EU perspective and German legislation, 17.05.2018, München
- Budewig, Stefanie / DWA (Hrsg.) (2014): DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 "Kläranlagen-Nachbarschaft": 26. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen - Phosphor im Visier. KA Korrespondenz In: Abwasser, Abfall 11/2014. Hennef: DWA.
- DESTATIS (2018): Klärschlamm Entsorgung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung, URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammsverwertung.html>
- Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V. (2020): Tabelle zu P-Recycling-Technologien, URL: https://www.deutsche-phosphor-plattform.de/wp-content/uploads/2020/05/P-Recyclingtechnologien_Stand_8_2020.pdf [25.08.2020]
- European Commission (Hrsg.) (2015): P-REX. Sustainable sewage sludge management fostering phosphorus recovery and energy efficiency. Project Final Report. Luxemburg: CORDIS. URL: <https://cordis.europa.eu/docs/results/308/308645/final1-p-rex-final-report-final.pdf> [13.11.2019]
- European Sustainable Phosphorus Plattform (2020): Phosphorus recovery technology catalogue, URL: https://www.phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_P-recovery_tech_catalogue_v_25_2_2020.pdf [25.08.2020]
- Franck, J.; Schröder, L (2015): Zukunftsfähigkeit kleiner Klärschlammverbrennungsanlagen, Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 12 ISBN 978-3-944310-18-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky
- Kabbe, C. (2019): Global Compendium on Phosphorus Recovery from Sewage/Sludge/Ash, URL: <https://www.vesiyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/12/GWRCPhosphorusCompendiumFinalReport2019-March-20.pdf> [25.08.2020]
- KK-MV (2014): Verwertungskonzept der Klärschlammkooperation MV GmbH, Vortrag, 16. Dialog Abfallwirtschaft MV–Rostock, 03.04.2014
- Krämer, J. (2019): Phosphorrecycling: wer, wie was? - Umsetzung einer iterativen zielgruppenorientierten Kommunikationsstrategie. Frankfurt am Main: Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V. URL: https://www.deutsche-phosphor-plattform.de/wp-content/uploads/2019/09/DBU_Abschlussbericht.pdf [31.10.2019]
- Kraus, Fabian; Seis, Wolfgang (2015): Quantitative risk assessment of potential hazards for humans and the environment: quantification of potential hazards resulting from agricultural use of the manufactured fertilizers. P-REX, Sustainable sewage sludge management fostering phosphorus recovery and energy efficiency: D 9.1. Berlin: KWB
- Kraus, Fabian; Zamzow, Malte; Conzelmann, Lea; Remy, Christian; Kleyböcker, Anne; Seis, Wolfgang; Miehe, Ulf; Hermann, Ludwig; Hermann Ralf; Kabbe, Christian (2018): Ökobilanzieller Vergleich der Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung. Abschlussbericht. In: Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Texte. 13/2019, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-19_texte_13-2019_phorwaerts.pdf [31.10.2019]
- Krüger, Oliver; Adam, Christian; (2014): Monitoring von Klärschlammmonoverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotentiale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik. In: Umweltbundesamt (Hrsg.) (2014): Texte. 49/2014, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoring-von-klaerschlammonoverbrennungsaschen> [13.11.2019]
- Krüger, Oliver; Grabner, Angela; Adam, Christian; (2014): Complete Survey of German Sewage Sludge Ash, Environ. Sci. Technol. 2014, 48, 11811–11818

Morf, Leo (2018): Schlussbericht „Verfahrenstechnische Marktanalyse für die Phosphorrückgewinnung aus dem Abwasserpfad“. Zürich: AWEL. URL: https://www.vsa.ch/fileadmin/user_upload/Public/18_05_20_VTMA_Schlussbericht_End.pdf [31.10.2019]

Nättorp A., Jutz M. (2018): Switzerland - Current status and outlook for the world-wide first national implementation of mineral phosphorus recovery European sustainable phosphorus conference, Helsinki 11.-13. Juni 2018

Nättorp, Anders; & Remmen, Kirsten (2015). Report on LCC of European recovery processes. P-REX Sustainable sewage sludge management fostering phosphorus recovery and energy efficiency. European Commission no. 308645. URL: https://zenodo.org/record/242550#.Xcp_IdUo-Un [12.11.2019]

Nättorp, Anders; Remmen, Kirsten; & Remy, Christian (2017). Cost assessment of different routes for phosphorus recovery from wastewater using data from pilot and production plants. *Water Science & Technology*, 76, 413–424. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.212>

TÜV Rheinland, BMWi-Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“

Weltbank (Hrsg.) (2019): World Bank Commodities Price Data (The Pink Sheet). November. URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/771291572896477076/CMO-Pink-Sheet-November-2019.pdf> [11.11.2019]

9 Anhang

9.1 Institutionen und Mitglieder des projektbegleitenden Arbeitskreises

Organisation	Name
Projektbegleitender Arbeitskreis	
AGW / LINEG	Karl-Heinz Brandt
AGW / Ruhrverband	Dr. Yvonne Schneider
AGW / Wasserverband Eifel-Rur	Dr. Joachim Reichert
AGW / Wupperverband	Dirk Salomon
AWG Warendorf	Thomas Grundmann
BR Detmold / DWA	Bert Schumacher
Bundesverband der Düngemischer e.V.	Dr. Jörg-Ulrich Drews
Phos4You	Dr. Dennis Blöhse
Emschergenossenschaft	Dr. Daniel Klein
ITAD	Carsten Spohn
Julius Kühn Institut	Dr. Sylvia Kratz
RWE	Rainer Busch
RWTH Aachen	Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker
Städte- und Gemeindebund NRW	Dr. Peter Queitsch
VDZ	Dr. Stefan Schäfer
<u>nachrichtlich:</u>	
Emschergenossenschaft	Prof. Dr.-Ing. Burkhard Teichgräber

9.2 Vorlage Fragebogen zur Datenabfrage der Technologieanbieter zur Bewertung von Phosphorrückgewinnungsverfahren für Klärschlamm und Klärschlammmaschen in Nordrhein-Westfalen (NRW)

a. Hintergrund

Die von uns bereits integrierten Informationen (siehe «Angabe-Spalte») oder noch bestehenden Fragen sollen durch Sie bitte validiert, aktualisiert oder ergänzt werden. Die detaillierten Informationen werden anschließend von uns zur Charakterisierung ihres Verfahrens und für die Zusammenfassung auf einem Steckbrief verwendet. Die aufgearbeiteten Informationen dienen dem Umweltministerium Nordrhein-Westfalen als Grundlage, um eine bestmögliche Umsetzung der Anforderungen zur Phosphorrückgewinnung für das Land NRW zu erarbeiten. Neben den angeforderten Informationen im Fragebogen können gerne weitere für Sie relevante Anmerkungen und/oder Eckdaten zum Verfahren zur Verfügung gestellt werden.

b. Informationen

Für die Aktualisierung/Ergänzung der Informationen im Fragebogen sollten bitte folgende Punkte beachtet werden:

- **die Aktualisierungen/Ergänzungen sollten bitte ausreichend erklärt oder mit einer Referenz versehen werden**
- **alle Angaben beziehen sich auf die standardmäßige (oder die im Normalfall durchgeführte) Baurealisierung einer neuen Anlage in Deutschland (NRW) (z.B. in Verbindung mit einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage)**
- **die geltenden Gesetze und Vorschriften sind für die Anlagenauslegung einzuhalten**
- **zur Normalisierung der Daten beziehen sich die Angaben je nach Verfahren auf eine standardisierte Materialeinsatz-Art und -Menge (basierend auf Daten eines gemittelten deutschen Klärschlammes aus Deutschland (P-REX 2016))**
- **1) Klärschlammmasche (KSA), 30 000 t Trockenmasse (TM)/a**
- **2) entwässerter Klärschlamm (eKS), 40 000 t eKS/a mit 25% TS**

➔ die detaillierten Angaben zum jeweils eingesetzten Material können der Tabelle im Anhang entnommen werden

c. Fließbild des Verfahrens mit Systemgrenzen

Erforderlich ist eine übersichtliche Darstellung des Verfahrens mit Systemgrenzen zur Bilanzierung und Erkennung bestehender Schnittstellen zur Infrastruktur.

d. Technologie

Nr.	Kategorie	Beschreibung	Einheit	Angabe
T1	Technologieanbieter			
T2	Unternehmensgrösse	Anzahl der beschäftigten Mitarbeiter		
T3	Verfahrens-Name			
T4	Technologischer Reifegrad (TRL)	TRL 5: Versuchsaufbau in Einsatzumgebung TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung TRL 7: Prototyp in realem Einsatz TRL 8: Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich TRL 9: Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes		
T5	Materialeinsatz-Art	KSA, eKS, FS oder andere Schlammarten		
T6	Varianz Materialeinsatz	Weitere Einsatzmaterialien (z.B. andere P-reiche Abfälle) und notwendige Vorbehandlungsschritte zum Einsatz im Verfahren		
T7	Phosphorprodukt	Chemische Verbindung/Markt-Bezeichnung		
T8	Phosphor-Recyclingrate	Rückgewonnenes P bezogen auf P in entsprechender Materialeinsatz-Art	%	
T9	Vereinbarkeit mit Kläranlagen-Betrieben	a) Platzbedarf der Anlage inkl. aller notwendigen Gebäude, Nebengebäude und sonstiger Bauwerke/Flächen, die zur Behandlung des Einsatzmaterials oder der Logistik erforderlich sind b) Spezielle Anforderungen an Mitarbeiter z.B. Fortbildung, Ausbildung etc.	m ²	
T10	Referenzprojekte	Auflistung von Referenzprojekten bezogen auf Verfahren und Technologie <ul style="list-style-type: none"> Projekt XY, Standort, Jahr Projekt XY, Standort, Jahr...oder z.B. erfolgreicher Verkauf und Einsatz von Technologie XY weltweit 		

e. Umwelt

Achtung: Umrechnung auf standardisierte Materialeinsatz-Art und -Menge beachten. Informationen dazu sind Seite 1 zu entnehmen.

Nr.	Kategorie	Beschreibung	Einheit	Grenzwert	eKS/ KSA	Output
U1	Pflanzenverfügbarkeit	Neutrale Ammoniumcitrat (NAC)-Löslichkeit	Anteil Gew.-% P			
U2	Produktqualität	a) P-Gehalt	Anteil Gew.-%		3,4/9	
		b) Relevante Schadstoffkonzentrationen nach DüMV & AbfKlärV				
		Arsen	mg/kg TS	40	10/20	
		Blei	mg/kg TS	150	60/130	
		Cadmium	mg/kg TS	1,5	1/3	
		Kupfer	mg/kg TS	900	480/1.100	
		Nickel	mg/kg TS	80	30/60	
		Quecksilber	mg/kg TS	1	1/0,5	
		Thallium	mg/kg TS	1	?	
		Zink	mg/kg TS	5.000	1.100/2.500	
		Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	mg/kg TS	400		
		Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1		
		Polychlorierte Biphenyle (PCB)	mg/kg TS	0,1		
		Summe Dioxine und dl-PCB	ng/kg TS	30		
		Perfluorierte Tenside (PFT)	mg/kg TS	0,1		
		c) Abhängigkeit der Produktqualität vom Rohstoff/ der Materialeinsatz-Art	Ja/Nein			

f. Wirtschaftlichkeit

Achtung: Umrechnung auf standardisierte Materialeinsatz-Art und -Menge beachten,

Nr.	Kategorie	Beschreibung	Einheit	Angabe
W1	Investitions- kosten	a) Total	€	10
		b) Abschreibungsdauer (Standard 10 Jahre; falls ab- weichend, bitte begründen)	a	
		c) Zinssatz	%	
W2	Operative Kosten	Betriebskosten für typische Anlagen		
	a) Betriebsmittel			
	BM 1	Elektrizität	Verbrauch spez. Kosten spez. Kosten (Verrechnungs- preis)	MWh/a €/MWh €/MWh
	BM 2	z.B. Erdgas	Verbrauch spez. Kosten	MWh/a €/MWh
	BM 3	z.B. Wasser	Verbrauch spez. Kosten	t/a €/t
	BM 4	Chemikalie XY	Verbrauch spez. Kosten	t/a €/t
	b) Personal	Für Betrieb, Labor, QS, Wartung und Unterhalt	Personenanzahl Jahreslohn pro Person	n €/a
	c) Unterhalt	2% der Investitionssumme des Verfahrens	Kosten	€/a
W3	Produkt	Erlöse aus Produktab- satz		
	P 1	z.B. Struvit, P-Säure	Verwendung Menge Produkterlös Produkterlös (Rohstoffpreis) Erfüllung von Marktspezifikationen Wenn ja, welche?	t/a €/t €/t Ja/Nein

P 2	Nebenprodukt XY	Verwendung	
		Menge	t/a
		Produkterlös	€/t
	Erfüllung von- Marktspezifikationen	Ja/Nein	
	Wenn ja, welche?		
W4	Zusatzkosten		
ZK 1	Einleitung Abwasser	Menge	m ³ /a
		spez. Kosten	€/m ³
ZK 2	Entsorgung Abfall XY	Kategorie	
		Menge	t/a
		spez. Kosten	€/t
ZK 3	Entsorgung Abfall XY	Kategorie	
		Menge	t/a
		spez. Kosten	€/t
ZK 4	Marketing	Kosten	€
ZK 5	Konformitätskosten (Genehmigungen etc.)	Kosten	€
ZK 6	Versicherung	Kosten	€/a
	0,5% der gesamten Investitions- summe		
ZK 7	XXX	Kosten	€
W5	Markt-poten- zial	Marktgrösse-EU oder BRD	
	a) Technologieanwendung	t eKS oder t TM KSA/a	
	b) Produktabsatzmarkt		
	Produkt X wie z.B. Struvit, oder Phosphorsäure		EU t/a
	Produkt Y		BRD t/a
			t/a

g. Kurze Beschreibung des Verfahrens für Steckbrief

(ca. 1500 Zeichen mit Leerzeichen)

Bitte den dafür gewünschten Text ergänzen oder passendes Beispiel von unten markieren, bearbeiten etc.

9.3 Materialeinsatz-Typen

Parameter	Einheit	eKS standardisiert Materialeinsatz-Typ 1	KSA standardisiert Materialeinsatz-Typ 2
Massenstrom	t eKS oder t TM KSA/a	40.000	30.000
Trockensubstanz-Gehalt	%	25	100
Organischer Anteil der TS	Gew.-%	62	0
Chemische Zusammensetzung			
P total	g/kg TS	34	90
Arsen	mg/kg TS	10	20
Blei	mg/kg TS	60	130
Cadmium	mg/kg TS	1	3
Chrom	mg/kg TS	70	160
Kupfer	mg/kg TS	480	1.100
Nickel	mg/kg TS	30	60
Quecksilber	mg/kg TS	1	0,5
Zink	mg/kg TS	1.100	2.500

Chemische Zusammensetzung angepasst nach Daten von P-REX (Kraus & Seis: 2015, S. 5-6). P-Gehalt Durchschnitt Deutschland in Anlehnung an Klärschlammasche nach Krüger & Adam (2014) und Klärschlamm nach Budewig/DWA (2014).

Weitere Annahmen, die für die Szenarien von Bedeutung sind:

- 16.500 t TM EKS pro Mio EW
- 6.300 t TM KSA pro Mio EW
- Entspricht einem Glühverlust von 62 %; Übereinstimmung mit Angabe in Phorwärts (vgl. Kraus et al.:2018)

9.4 Schema Kostenberechnung Phosphorrückgewinnungsverfahren

Positionen, für welche Inputdaten herangezogen wurden, sind hellgrau dargestellt, die daraus berechneten Positionen dunkelgrau.

Tabelle 9-1: Grundlagen und Berechnung Investitionskosten (CAPEX)

Position	Einh.	Grundlage
Investitionskosten Verfahren (CAPEX _V)	€/a	$I_V \cdot KFAKR_V$
Investitionsausgaben Verfahren I _V	€	Angabe des Anbieters
Annuität Verfahren (KFAKR _V)	-	$(Z \cdot (1 + Z)^{D_V}) / ((1 + Z)^{D_V} - 1)$
Kapitalzinssatz (Z)	%	3 % gemäß P-REX (Nättorp, Remmen & Remy: 2017)
Abschreibungsdauer Verfahren (D _V)	a	<ul style="list-style-type: none"> thermische Verfahren: 10 Jahre nicht-thermische Verfahren: 20 Jahre
Investitionskosten Gebäudebau (CAPEX _G)	€/a	$I_G \cdot KFAKR_G$
Investitionsausgaben Gebäudebau I _G	€	Angabe des Anbieters
Annuität Gebäude (KFAKR _G)	-	$(Z \cdot (1 + Z)^{D_G}) / ((1 + Z)^{D_G} - 1)$
Kapitalzinssatz (Z)	%	3 %, gemäß P-REX (Nättorp, Remmen & Remy: 2017)
Abschreibungsdauer Gebäudebau (D _G)	a	Vereinheitlicht aus Angaben der Anbieter: 30 Jahre
Investitionskosten Total (CAPEX_T)	€/a	CAPEX_V + CAPEX_G

Tabelle 9-2: Grundlagen und Berechnung Output-Erlös

Position	Einh.	Grundlage
Output-Erlös		
Erlös Phosphorkomponente E _P	€/a	$E_S \cdot M_O$
Output-Menge M _O	t/a	Angabe des Anbieters, mit Massenbilanz geprüft
Spezifischer Output-Erlös E _S	€/t	$E_S = 0,6541 \cdot M_P - 3,9098$ (vgl. Abbildung 9-1 unten)
Menge an in NAC löslichem P ₂ O ₅ im Verfahrens-Output M _P	kg/t	NAC-Löslichkeit [%] * M _O
Ertrag weiterer Output-Komponenten E _Ü	€/a	Angabe des Anbieters, mit Massenbilanz geprüft, vereinheitlichte spezifische Erlöse
Output-Erlös Total	€/a	E_Ü + E_P

Tabelle 9-3: Grundlagen und Berechnung Betriebskosten (OPEX)

Position	Einh.	Grundlage
Betriebsmittelkosten K_B	€/a	$K_E + K_M$
Energiekosten K_E	€/a	$(E * K_E) + (E_{th} * K_{Eth}) - (\ddot{U}_{Eth} * K_{\ddot{U}Eth})$
Bedarf Elektrizität E	MWh/a	Angabe des Anbieters
Kosten Elektrizität K_E	€/MWh	<ul style="list-style-type: none"> • Externer Preis = 140 €/MWh gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017) • Interner Preis = 50 €/MWh gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Bedarf thermische Energie E_{th}	MWh/a	Angabe des Anbieters
Spezifische Kosten thermische Energie K_{Eth}	€/MWh	Vereinheitlicht für versch. Energiequellen aus Angaben der Anbieter
Wärmeüberschuss \ddot{U}_{Eth}	MWh/a	Angabe des Anbieters
Erlös Wärmeüberschuss $K_{\ddot{U}Eth}$	€/MWh	20 €/MWh gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Materialkosten K_M	€/a	Summe von allen ($B_m * K_{spezM}$)
Materialbedarf B_m	t/a	Angabe des Anbieters, mit Massenbilanz geprüft
Spezifische Kosten für Material K_{spezM}	€/t	Vereinheitlicht aus Angaben der Anbieter und gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Personalkosten K_P	€/a	Jahreslohn pro Person * n
Benötigte Personenanzahl	n	Angabe des Anbieters
Jahreslohn pro Person (100 % Stelle)	€/a	50.000 € gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Zusatzkosten K_{ZUSATZ}	€/a	$K_{E-total} + K_V + K_U + K_B$
Entsorgungskosten (gem. Systemgrenzen) $K_{E-total}$	€/a	Summe von allen ($M_A * K_A$)
Abfallmenge pro Abfallart M_A	t/a	Angabe des Anbieters, mit Massenbilanz geprüft
Spezifische Entsorgungskosten pro Abfallart K_A	€/t	<ul style="list-style-type: none"> • Deponie: gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017) • Abwasser: Angaben des Anbieters, gem. gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Versicherung K_V	€/a	• 0,5% von CAPEX _T (vgl. Tabelle 9-1), gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Unterhalt K_U (Wartung und Instandhaltung)	€/a	• 2% von CAPEX _v (vgl. Tabelle 9-1), gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
Weitere zusätzliche Betriebskosten K_B	€/a	Angabe des Anbieters
Weitere Kosten gem. Systemgrenzen K_{SYSTEM}	€/a	T+M+Q, gem. Systemgrenzen
Transport Inputmaterial (gem. Systemgrenzen) T	€/a	Materialfluss (t/a) gem. Massenbilanz * Kosten (€/t) gem. P-REX (Nättorp, Remmen & Remy, 2017)
MonoVA/MitVA (gem. Systemgrenzen) M	€/a	Materialfluss (t/a) gem. Massenbilanz * Kosten (€/t) gem. Angaben NRW (Stand 2020)
Qualitätskontrolle (gem. Systemgrenzen) Q	€/a	Materialfluss (t/a) gem. Massenbilanz * Kosten (€/t) gem. Angaben des Anbieters
Betriebskosten Total (OPEX)	€/a	$K_B + K_P + K_{ZUSATZ} + K_{SYSTEM}$

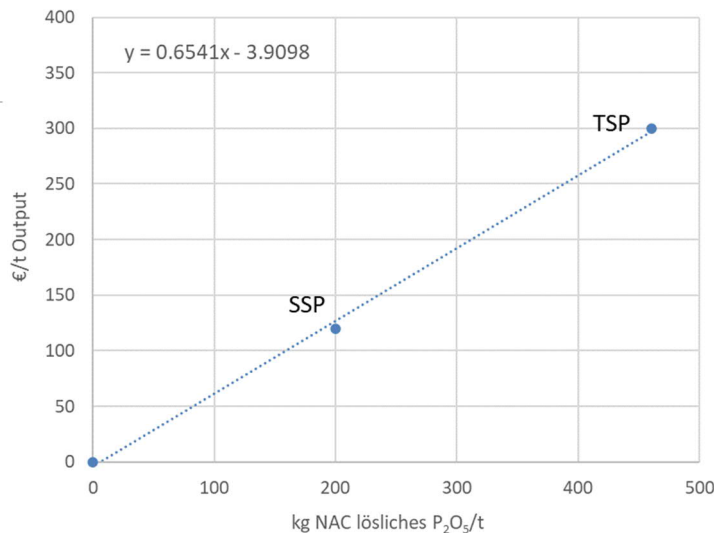


Abbildung 9-1: Abhängigkeit des Produkterlös vom in NAC löslichem P₂O₅ in Superphosphaten¹⁸

9.5 Kurzbeschreibung und Kontaktdaten ausgeschlossener Verfahren

TetraPhos^{®19} – Extraktion aus Klärschlammasche

Beim TetraPhos[®]-Verfahren wird Klärschlammasche in technischer Phosphorsäure (ca. 25 %) aufgelöst. Durch die Zugabe von einem sulfidischen Additiv werden die Schwermetalle in der Aschematrix gehalten und über eine Filtration abfiltriert. Anschließend wird Schwefelsäure der calciumhaltigen Phosphorsäure zugegeben und Gips ausgefällt. Die eisen- und aluminiumhaltige Säure wird dann über Kationenaustauscher geführt. Die entstehende technische Phosphorsäure wird zum Großteil prozessintern recycelt bzw. z. T. aufkonzentriert und als Produktsäure gewonnen und verwertet. Die Regeneration der Kationenaustauscher erfolgt mit Salzsäure, wobei die Regenerat-Salzsäure mit Fe-/AlCIX-Verunreinigungen über eine Nanofiltration gereinigt und prozessintern recycelt wird. Das Konzentrat der Nanofiltration ist eine konzentrierte Fe-/AlCIX-Lösung, welche als Fällmittel auf der Kläranlage wiederverwendet werden kann.

Eine großtechnische Anlage soll 2020 in Betrieb gehen.

Kontakt

REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG

Brunnenstraße 138, 44536 Lünen

Dipl.-Ing. Andreas Rak, M.Sc.

+49 2306 106 86 07

andreas.rak@remondis.de

Ash2Phos²⁰ – Extraktion aus Klärschlammasche

Im Ash2Phos-Verfahren werden Aschen in Salzsäure aufgeschlossen. Ungelöste Reststoffe und gelöster Phosphor, Eisen und Aluminium werden in weiteren Prozessschritten verarbeitet. Im City-Konzept (ab 10.000 t/a) kann Salzsäure aus Rauchgaswäschern von z. B. Müllverbrennungsanlagen direkt für den

¹⁸ Datengrundlage: Angaben von Jan Neuber, Handelsexperte für Recyclingprodukte bei Otto A. Müller Recycling GmbH (OAM), und Rohstoffpreisdatabank der Weltbank (2019).

¹⁹ Informationen für Kurzbeschreibung wurde aus dem Abschlussbericht des Projekts Phorwärts (UBA, Stand 2018/19) und Kontaktdaten aus dem Buch «Verwertung von Klärschlamm» (Holm et al., 2018) entnommen.

²⁰ Informationen für Kurzbeschreibung und Kontaktangaben wurden aus dem Kennblatt Ash2Phos des Projekts «Phosphorrückgewinnung: wer, wie, was?» der Deutschen Phosphor-Plattform DPP e.V. (Stand April 2019) entnommen.

Ascheaufschluss genutzt werden. Zwischenprodukte werden hergestellt und zentral in Industrieparkanlagen zu marktfähigen, schadstoffarmen Endprodukten veredelt. Alternativ wird in Chemieparks direkt mit dem Ascheaufschluss begonnen. So müssen keine Aschen und keine Gefahrstoffe wie Säuren, Laugen zu dezentralen Ascheaufbereitungsanlagen transportiert werden.

Die in dem Prozess eingesetzten Chemikalien sind Bestandteil der Rezyklate, es wird also kein zusätzlicher Abfall generiert. Auch aus Inputmaterialien mit Schadstoffen und geringeren P-Gehalten können Produkte von hoher Reinheit erzeugt werden.

Kontakt

Easymining Sweden AB

P.O. Box 952, 19129 Sollentuna, Schweden

Jan Svård

+46 709 78 64 74

jan.svard@easymining.se

Dr. Christian Kabbe

+49 30 616 47 943

christian.kabbe@easymining.se

www.easymining.se

ExtraPhos²¹ – Extraktion aus Klärschlamm

Beim ExtraPhos-Verfahren wird der Klärschlamm bei einem Druck von ca. 10 bar mit Kohlendioxid versetzt. Dabei entsteht Kohlensäure, wodurch der pH-Wert auf 4,5 bis 5,5 absinkt und die gebundenen Phosphate mobilisiert werden. Das Kohlendioxid kann nach der Entspannung aufgefangen, verdichtet und dem Prozess erneut zugeführt werden. Aus dem Schlammwasser werden anschließend die gelösten Phosphate mit Kalkmilch als Calciumphosphat ausgefällt. Die Calciumphosphate sind schadstofffrei und als Düngemittel zugelassen. Bei einer Fe- und Al-Phosphorelimination ist ein höherer Aufwand zur Phosphorrückgewinnung erforderlich als bei einer Bio-P-Elimination und zusätzlich sind zur Erreichung hoher Rückgewinnungsraten Komplexbildner erforderlich.

Kontakt

REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG
Brunnenstraße 138, 44536 Lünen
Dipl.-Ing. Andreas Rak, M.Sc.
+49 2306 106 86 07
andreas.rak@remondis.de

Phos4Green²² – Ansäuerung und Granulierung von Klärschlammasche

Im Phos4Green Verfahren wird aus der phosphathaltigen Asche und Mineralsäure eine Suspension hergestellt, welche zu einem marktfähigen Produkt sprühgranuliert wird. Mit weiteren Nährstoffen können verschiedene Endprodukte wie Triplesuperphosphat, NP-, PK- und NPK-Dünger erzeugt werden. Das Verfahren wurde gemeinsam durch Seraplant GmbH und Glatt Ingenieurtechnik GmbH entwickelt.

Eine großtechnische Anlage soll Ende 2020 in Betrieb gehen.

Kontakt

Glatt Ingenieurtechnik GmbH
Nordstraße 12, 99427 Weimar
Jan Kirchhof
+49 3643 47 16 00
jan.kirchhof@glatt.com

²¹ Informationen für Kurzbeschreibung und Kontaktangaben wurden aus dem Kennblatt ExtraPhos des Projekts «Phosphorrückgewinnung: wer, wie, was?» der Deutschen Phosphor-Plattform DPP e.V. (Stand April 2019) entnommen.

²² Informationen für Kurzbeschreibung und Kontaktdaten wurden von Jan Kirchhof, Glatt Ingenieurtechnik GmbH zur Verfügung gestellt.

9.6 Verfahrenssteckbriefe

Ausführliche Beschreibung der Phosphorrückgewinnungsverfahren

Durch eine Charakterisierung und Steckbriefe wurden unterschiedliche Phosphorrückgewinnungsverfahren oder alternative Lösungen im Projekt «Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen» näher beschrieben. Die Charakterisierung liefert einen schnellen Überblick über die Verfahren und deren Unterschiede. Mithilfe eines Punktesystems werden die Stärken und Schwächen der Phosphorrückgewinnungsverfahren in verschiedenen Kontexten aufgezeigt. Dies ermöglicht Interessenten und Entscheidungsträgern passende Verfahren für spezielle Anforderungen wie zum Beispiel einen geringen Umwelteinfluss oder geringe Kosten auszusuchen und sich anschließend mit Hilfe der Steckbriefe näher über die Verfahren zu informieren. Die Steckbriefe geben einen ausführlichen Einblick in die Funktion und Eigenschaften der einzelnen betrachteten Verfahren.

Die einzelnen Steckbriefe der Verfahren beinhalten folgende Punkte:

- Kurzbeschreibung des Verfahrens in Textform
- Prozess-Schema – grafische Darstellung des Verfahrens
- Prozessdaten – Informationen zu Prozess-/Anlagentyp, Entwicklungsstand, Inputmaterial und zusätzliches Materialeinsatz-Potenzial, Outputmaterial und Anteil der Phosphorrückgewinnung aus dem Inputmaterial
- Weitere Kenndaten – P-Konzentration und dessen NAC-Löslichkeit im Outputmaterial, Information über die Einhaltung der Grenzwerte nach DüMV, Energie- und Chemikalienverbrauch, Betriebsanforderungen als auch die Kategorie der eingesetzten Chemikalien und der anfallenden Abfälle
- Vorteile & Bemerkungen
- Auszug aus Referenzliste des Betriebs der Verfahren (je nach TRL zu Großmaßstab, Pilotierung oder Forschungsprojekten)
- Kontaktangabe

Struvitfällung Am Beispiel von AirPrex®

Kurzbeschreibung

Struvitfällung (Magnesium-Ammonium-Phosphat) wird weltweit im Vollmasstab auf ca. 80 Kläranlagen mit erhöhter biologischer Phosphatelimination eingesetzt. Die Verfahren bringen einige operative Vorteile mit sich und können somit wirtschaftlich betrieben werden:

1. bessere Entwässerbarkeit des Klärschlammes
2. geringerer Polymerbedarf bei der Entwässerung
3. Vermeidung ungewünschter Struvitbildung
 - a. in Rohren
 - b. und Entwässerungsaggregaten
4. Geringere Rückbelastung von N & P in der Kläranlage
5. Reduzierung Wartungsaufwand / -kosten und Verschleiß

Die Struvitfällung wird durch eine pH-Erhöhung und Zugabe von Magnesium ausgelöst. Dies kann entweder im Klärschlamm (1) oder im Zentrat der Klärschlammmentwässerung (2) geschehen:

(1) *AirPrex®*, gegebenenfalls mit vorgeschalteter Hydrolyse (*PONDUS®*). Ausbeute ist 5-15 %, da nur 50 % der Struvit-Kristalle abgeschieden werden können. Ermöglicht alle oben genannten Prozessvorteile (1-5).

(2) *Pearl®*, *Nuresys®*, *Struvia™*. Ausbeute ist mit 5-25 % höher, da etwa 90 % der Struvit-Kristalle abgeschieden werden können. Reinheit und Kristalle grösser, dafür

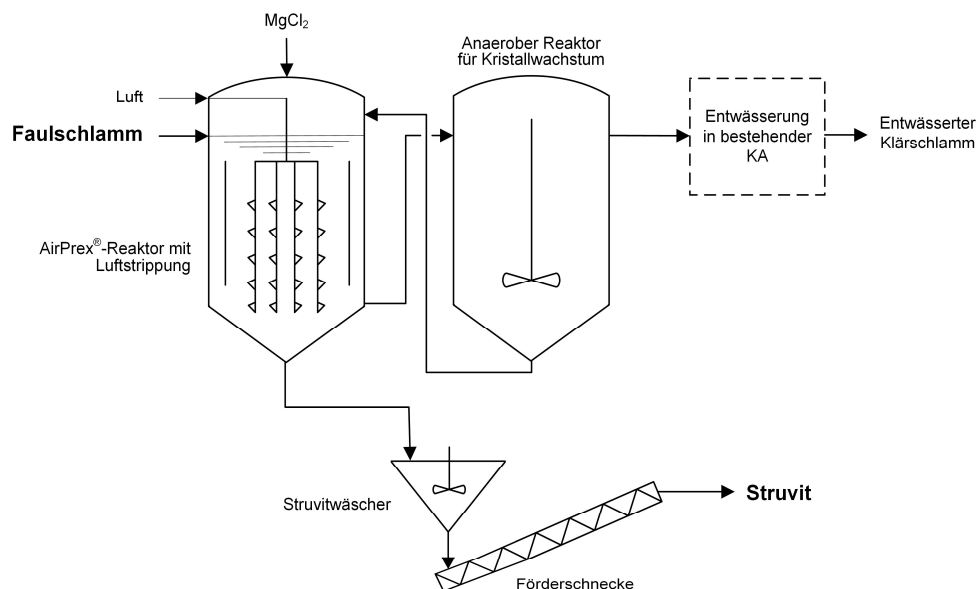
weniger Prozessvorteile (nur 3a, 4, 5). Mit vorhergehender Rücklösung/ Versäuerung (*CalPrex®*, *Wasstrip®*) bzw. thermischer Hydrolyse (*Haarslev*) auch Ausbeuten im Range von 15-40 % möglich. *CalPrex®* erzeugt nicht Struvit, sondern Di-Calciumphosphat (Brushit).

Mittels Struvitfällung kann die von der Abfallklärschlammverordnung geforderte Reduktion auf eine Konzentration von 20 g P/kg TS im Klärschlamm erreicht werden. Jedoch nur, wenn der ausgefällte Schlamm höchstens 33 g P/kg TS enthält.

AirPrex® wird als Beispiel solcher Verfahren folgend detaillierter vorgestellt. Der ausgefällte Schlamm wird nach dem Faulturm in ein Reaktorsystem geführt. Durch Luft-Strippung von CO₂ steigt der pH-Wert deutlich an. Die Zugabe von Magnesiumsalzen führt unter diesen Bedingungen zur Ausfällung von Struvit. Je nach Schlammcharakteristik und Entsorgungsstrategie ergeben sich zwei Möglichkeiten. Die eine Variante des Verfahrens sieht vor, die Struvit-Mikrokristalle im Schlamm zu belassen, um sie nach einer Mono-verbrennung aus der Asche einfacher zu recyceln. Bei der zweiten Variante werden gezielt Struvit-Makrokristalle gebildet, die über eine spezielle Vorrichtung ausgeschleust und gewaschen werden, um so den P-Gehalt im Schlamm zu reduzieren.

Prozess-Schema AirPrex®

AirPrex® - Macro¹



¹ das abgebildete AirPrex®-Macro Verfahren wird seit 2018 angeboten; ² bezogen auf 278.000 t/a Faulschlamm mit 3,4 Gew.-% P in der Trockensubstanz (3,6 % TS) einer durchschnittlichen kommunalen Kläranlage in Deutschland, entspricht 40.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS; ³ Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Struvitfällung Am Beispiel von AirPrex® – Struvitfällung auf Kläranlagen mit Bio-P**Prozess-Daten AirPrex®**

Prozesstyp	Nasschemisch
Anlagentyp	Belüfteter Schlaufenreaktor
Entwicklungsstand Technologie	TRL 9 – Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes
Inputmaterial	Faulschlamm (Bio-P)
Materialeinsatz-Potenzial	-
Outputmaterial	Struvit
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	5 – 15 %



Anlage in Amsterdam. Quelle: CNP CYCLES

Weitere Kenndaten² AirPrex®

P-Konzentration im Outputmaterial	10 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ³	>90 %	Platzbedarf	max. 200 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja	Know-How Betrieb/Unterhalt	Keine speziellen Anforderungen
Ø Stromverbrauch	0,9 kWh/t FS		
Ø Wärmeverbrauch	-		
Ø Chemikalienverbrauch MgCl ₂ (30 %)	4,9 kg/t FS	Kategorie Chemikalien	Keine Gefahrstoffe
		Kategorie Abfallentsorgung	Keine Abfälle

Vorteile & Bemerkungen Struvitfällung

- Eine Struvitfällung kann grundsätzlich die Abfallklärslammverordnung bei Einsatz von Klärschlämmen mit Konzentrationen geringer als 33 g P/kg TS erfüllen
- Mit der Einführung des zweistufigen AirPrex®-Macro-Verfahrens erwartet CNP Rückgewinnungsraten von über 20 %
- Umsetzung direkt am Standort, geeignet für Kläranlagen mit Bio-P-Elimination
- Verfahren sind wirtschaftlich auf Grund der Prozessvorteile im Kläranlagenbetrieb

Auszug Referenzliste AirPrex®

Anlagen im Großmaßstab

- Mönchengladbach Neuwerk, 0,65 Mio EW, 1.500 m³ FS/d, 2009
- Berlin Waßmannsdorf, 1 Mio EW, 2.000 m³ FS/d, 2010
- Echten, NL, 0,2 Mio EW, 400 m³ FS/d, 2013
- Amsterdam West, NL, 1 Mio EW, 2.500 m³ FS/d, 2014
- Salzgitter, 0,12 Mio EW, 240 m³ FS/d, 2015
- 8 weitere Anlagen im Betrieb, 2 in Bau

Kontakt AirPrex®

CNP CYCLES GmbH
 Am Sportplatz 11
 63791 Karlstein am Main
 Bernhard Ortwein
 bernhard.ortwein@cnp-cycles.de
 +49 1512 5115612

Prozess-Daten

Prozesstyp	Bioversäuerung und Fällung			
Anlagentyp	Versäuerungs- und Struvia™-Reaktor			
Entwicklungsstand	Technologie	TRL 7 – Prototyp im realen Einsatz		
Inputmaterial	Eingedickter Primär- und Überschuss-schlamm (PS-ÜS)			
Materialeinsatz-Potenzial	Zugabe zuckerreicher Co-Substrate			
Outputmaterial	Struvit ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$) oder Calcium-Phosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)			
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	Gesetzliche Anforderungen können erfüllt werden	P-Gehalt im PS-ÜS(%):	2 – 3	3 – 4
		Ausbeute (%):	<30	30 – 50



Pilotanlage Schönbeck. Quelle: Veolia

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	10 – 20 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	>80 % (Struvit)	Platzbedarf	2.000 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DöMV	Ja	Know-How Betrieb/Unterhalt	Keine spezielle Ausbildung der Mitarbeiter notwendig
Ø Stromverbrauch	1,7 kWh/t PS-ÜS		
Ø Wärmeverbrauch	4,0 kWh/t PS-ÜS		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – NaOH
NaOH (50 %) oder Ca(OH) ₂	1,6 kg/t PS-ÜS	Kategorie Abfallentsorgung	Keine Abfälle
MgCl ₂ (30 %)	3,7 kg/t PS-ÜS		
Polymer	0,5 kg/t PS-ÜS		

¹ bezogen auf die spezifische Umsetzung am Standort Schönebeck mit einer Kapazität von 24.750 t/a eingedicktem Primär- und Überschussschlamm (6 % TS) aus einer Bio-P-Anlage mit leicht abweichenden Eigenschaften von einem durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland mit 2,2 Gew.-% P in der Trockensubstanz, entspricht 5.940 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS; ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- Niedrigere P-Ablaufwerte ermöglichen Erlass der Abwasserabgaben für 3 Jahre als Investitionszuschuss
- Co-Versäuerung von zuckerreichen Substraten als Option für niedrigeren pH und höhere P-Ausbeuten
- Potenzielle Verbesserung der Entwässerung von Bio-P Schlamm von ca. 2 % (absolut) durch P-Reduktion
- Stickstoffrückgewinnung wird erleichtert

Auszug Referenzliste

Umsetzung Großmaßstab

- Schönebeck (Elbe), 90.000 EW, mit Bio-P, 2020

Pilotierung

- Tergnier, Frankreich, (Chem-P, mit Co-Substraten), 2019, 3 Monate
- Amiens, Frankreich, 3 m³/d (mit Co-Substraten), 2019, 4 Monate
- Schönebeck, Deutschland, 3 m³/d (Bio-P ohne Co-Substrate), 2018, 4 Monate
- Lille, Frankreich, 3 m³/d (mit Co-Substraten), 2018, 4 Monate

Kontakt

Veolia Deutschland GmbH
 Unter den Linden 21, 10117 Berlin
 Boris Lesjean, Christophe Sardet
 boris.lesjean@veolia.com
 christophe.sardet@veolia.com

Stuttgarter Verfahren

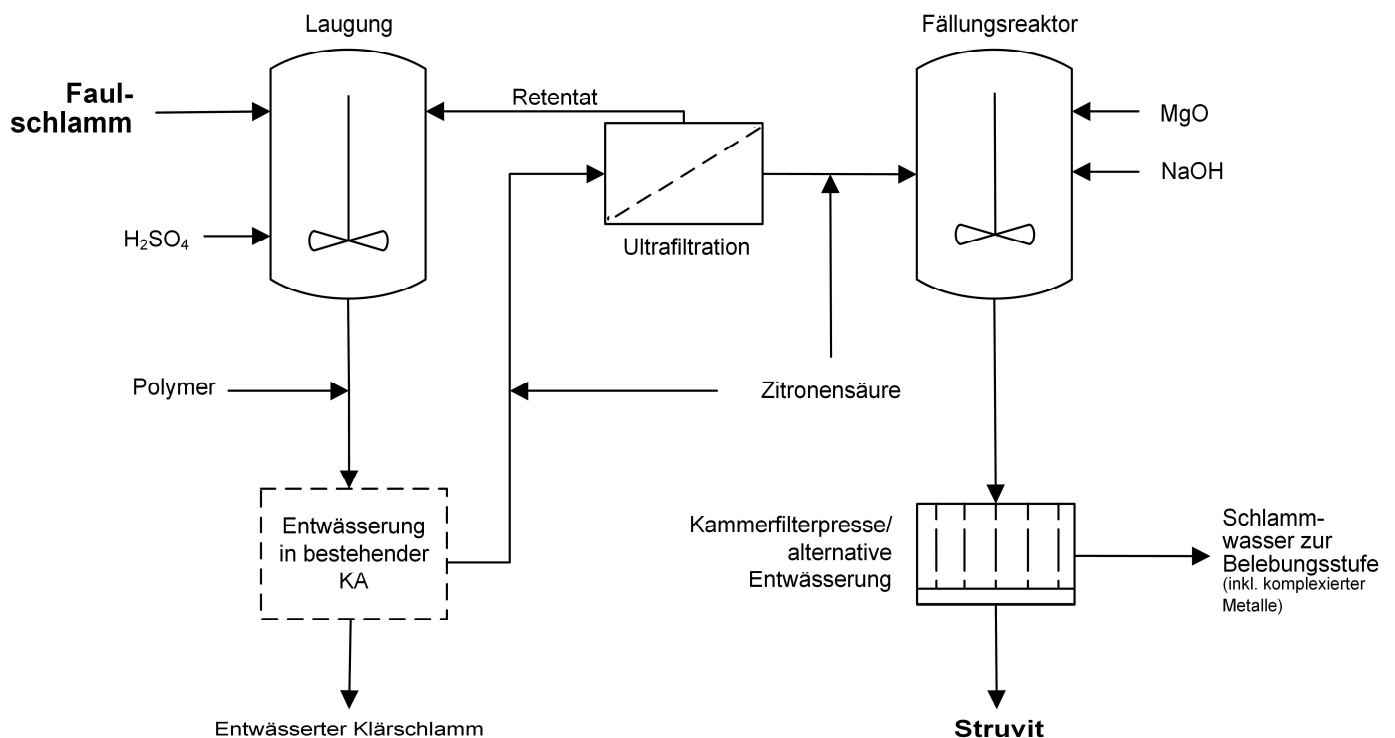
Kurzbeschreibung

Die Phosphor-Rückgewinnung nach dem Stuttgarter Verfahren ist eine saure Laugung von Faulschlamm. Als erster Schritt erfolgt dabei die saure Hydrolyse von Faulschlamm mit Schwefelsäure bei einem pH-Wert von 3–5 (abhängig vom angestrebten Rückgewinnungspotenzial und der erzielbaren Wirtschaftlichkeit). Anschließend wird mit einer Kammerfilterpresse ein saures, phosphatreiches Filtrat gewonnen, welches zur Entfernung von Fremdpartikeln noch mit einer Ultrafiltration zur Erhöhung des Reinheitsgrades behandelt wird. Zur angestrebten Komplexierung und Ausschleusung der in Lösung gegangenen Metalle und Schwermetalle (Fe, Al, Ca) als auch zur Verbesserung der Filtrationsleistung wird Zitronensäure vor und nach der Ultrafiltration dem Prozessstrom zugegeben. Unter den genannten Hydrolyse-Bedingungen verbleiben die Schwermetalle aber größtenteils im sauren und zu entsorgenden Klärschlamm.

Extraktion aus Klärschlamm

Durch die Dosierung von Magnesium (MgO) und Natronlauge (NaOH) bis pH 8 wird das gelöste Phosphat im zuvor sauren Permeat als Struvit ausgefällt. Mit einer Kammerfilterpresse oder einer anderen Separationstechnik wird das Struvit-Rezyklat abgetrennt. Das Molverhältnis von Mg:N:P im gewonnenem Struvit und der äußerst geringe Schadstoffgehalt (Schwermetalle, organische Schadstoffe) zeigen den hohen Reinheitsgrad des Outputmaterials. In Pflanzenwachstumsversuchen zeigt das Produkt eine sehr gute Düngewirkung, die mit Triplesuperphosphat (TSP) vergleichbar ist. Das hellgraue bis weiße, sandige Produkt lässt sich gut zu einem streufähigen Granulat aufbereiten. Für die Anwendung des Verfahrens ist keine Änderung der Abwasserreinigung (P-Elimination) erforderlich. Eine dezentrale Umsetzung auf der Kläranlage mit dem Personal vor Ort ist möglich.

Prozess-Schema



Prozess-Daten

Prozesstyp	Saure Laugung und Struvitfällung
Anlagentyp	Ultrafiltration und Fällungsreaktor
Entwicklungsstand Technologie	TRL 7 – Prototyp im realen Einsatz
Inputmaterial	Faulschlamm
Materialeinsatz-Potenzial	Klärschlammmasche, Tiermehl, desintegrierter Klärschlamm
Outputmaterial	Struvit ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$)
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	24 – 67 % über Säurezugabe steuerbar



Pilotanlage Stuttgarter Verfahren. Quelle: FHNW

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	12 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	>90 %	Platzbedarf	ca. 1.000 – 3.000 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja	Know-How Betrieb/Unterhalt	Keine speziellen Anforderungen an KA-Personal
Ø Stromverbrauch	3,0 kWh/t FS		
Ø Wärmeverbrauch	-		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – H ₂ SO ₄ , NaOH, Zitronensäure
H ₂ SO ₄ (78 %)	6,4 kg/t FS		
Zitronensäure (50 %)	9,5 kg/t FS		
MgO (97 %)	1,3 kg/t FS	Kategorie Abfallentsorgung	Keine Abfälle
NaOH (20 %)	7,6 kg/t FS		

¹ bezogen auf 278.000 t/a Faulschlamm mit 3,4 Gew.-% P in der Trockensubstanz (3,6 % TS) einer durchschnittlichen kommunalen Kläranlage in Deutschland, entspricht 40.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS und auf die gemittelte P-Rückgewinnungsrate des Verfahrens, ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- P-Rückgewinnungsgrad kann gezielt über die Säurezugabe gesteuert werden, eine Abreicherung des P-Gehalts im Schlamm auf <2 % nach Abfallklärschlammverordnung ist möglich
- Keine Abhängigkeit der Outputqualität vom Inputmaterial
- In Betrieb einer bestehenden Kläranlage integrierbar
- Einsatz möglich auf Kläranlagen mit chemischer Phosphorelimination oder mit Bio-P

Auszug Referenzliste

Pilotierung

- KA Offenburg, 4.000 t FS/a mit 3 % TS, 2010-2017, Dauerbetrieb mit Ausnahmen (Winterzeit, Modifikationen, Instandhaltung)
- MSE Mobile Schlammentwässerungs GmbH, mobile Pilotanlage für Stuttgarter Verfahren, ca. 30.000 t FS/a, seit 2016, erfolgreiche Testphase auf verschiedenen Kläranlagen

Kontakt

iat-Ingenieurberatung GmbH, Stuttgart
 Dr. Werner Maier, Dr. Birgit Poppe
 0711/814 775 0
 info@iat-stuttgart.de
 Dipl.-Ing. RBM Carsten Meyer (ISWA)
 +49 711/685 637 54
 carsten.meyer@iswa.uni-stuttgart.de

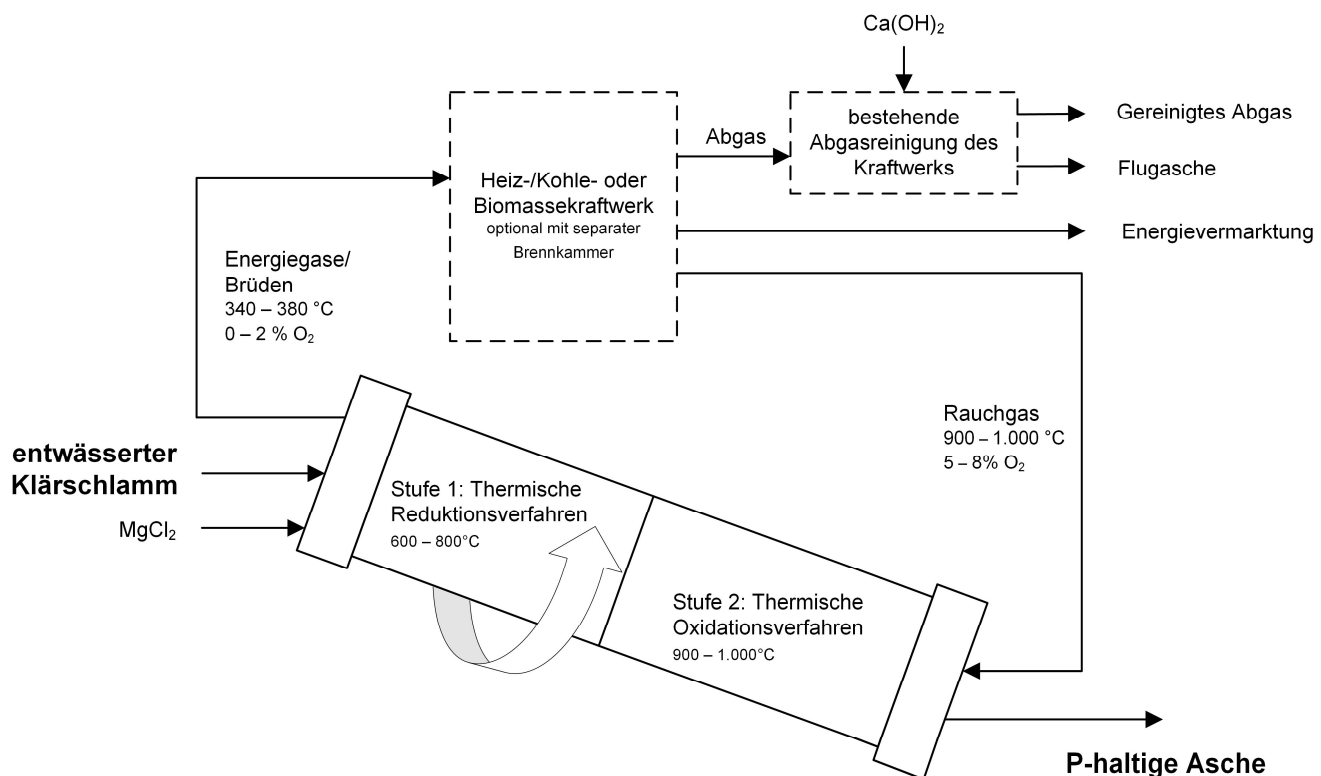
EuPhoRe[®] Thermochemische Behandlung von Klärschlamm

Kurzbeschreibung

Das EuPhoRe[®]-Verfahren ist ein thermochemischer Behandlungsprozess für Klärschlämme und andere Biomassen (Wirtschaftsdünger, Gärreste, ggf. Komposte). Es ermöglicht zahlreichen Erzeugern den Einsatz ihrer Schlämme zum Zweck der Phosphor-rückgewinnung. Dabei können aufgrund der angewendeten Einsatzstoffe und Verfahrensschritte auch solche kommunalen Klärschlämme als Rohstoffe Verwendung finden, die für eine direkte landwirtschaftliche Verwendung aufgrund der aktuellen gesetzlichen Lage nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Schlammbehandlung beginnt mit der Additivierung, welche mittels Alkali- und/oder Erdalkali-chloriden oder -sulfaten erfolgt. Diese werden dissoziiert unmittelbar in die Schlammphase eingebracht, womit einerseits der Schwermetallaustrag vorbereitet und andererseits die P-Löslichkeit im Ascheoutput verbessert wird. Die Verwendung von Magnesium- und/oder Kaliumsalzen führt darüber hinaus zu einer Anreicherung dieser wichtigen Makro-nährstoffe im Output. Zweck des ersten thermischen

Behandlungsschrittes ist die Trocknung der entwässerten Schlämme, gefolgt vom Übergang in die Reduktionsphase. Hier beginnt die chemische Reduktion zahlreicher Metalle aus ihren Verbindungen. Die leicht- und ein Teil der mittelflüchtigen Schwermetalle verlassen das System bereits in diesem Abschnitt mit den Prozessgasen als Metallchloride oder -sulfate. Die anschließende Kohlenstoffverbrennung bei Temperaturen über 900 °C über eine längere Verweildauer garantiert die Zerstörung aller organischen Schadstoffe. Diese Verfahrensweise inklusive des unmittelbaren Temperaturanstieges beim Übergang der Reduktionszone zur Oxidationszone führt zu einer Wandlung der Mineralsubstanz hin zu pflanzenverfügbaren Phosphatverbindungen. Die wirtschaftlichste Umsetzung ist in Kombination mit einer Verbrennungsanlage. Dadurch können heiße Rauchgase und die vorhandene Rauchgasreinigung genutzt werden. Der Bau von autarken Anlagen ist aber ebenfalls wirtschaftlich umsetzbar und in Planung.

Prozess-Schema – standardmäßige Umsetzung in Kombination mit Verbrennungsanlage



Prozess-Daten

Prozesstyp	Thermochemisch
Anlagentyp	Drehrohrofen
Entwicklungsstand Technologie	TRL 8 – Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich
Inputmaterial	Entwässerter Klärschlamm
Materialeinsatz-Potenzial	Div. P-reiche Abfälle
Outputmaterial	P-haltige Asche
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	>95 %



EuPhoRe® Drehrohrofen. Quelle: EuPhoRe® GmbH

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	8,8 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	55 % ³	Platzbedarf	700 m ²
Zitronensäure-Löslichkeit	80 %	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder zusätzliche Ausbildung für KA-Personal
Einhaltung Grenzwerte nach DümV	Ja, für kommunale KS		
Ø Strom - Verbrauch/ Erzeugung	28/ – kWh/t eKS		
Ø Wärme – Verbrauch/ Erzeugung ⁴	– / 250 kWh/t eKS		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – Ca(OH) ₂ ⁵
MgCl ₂ (30-32 %)	16 kg/t eKS	Kategorie Abfallentsorgung	Flugasche – gefährlicher Abfall
Ca(OH) ₂ (85-95 %)	12 kg/t eKS		

¹ bezogen auf 40.000 t/a entwässerten Klärschlamm mit 3,4 Gew.-% P in der Trockensubstanz (25 % TS) einer durchschnittlichen kommunalen Kläranlage in Deutschland; ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung; ³ Rezyklate mit basisch wirksamen Substanzen maskieren z.T. neutrales Ammoniumcitrat, woraus eine niedrigere NAC Löslichkeit resultiert; Institut für Nutzpflanzenkunde (Prof. Goldbach, Universität Bonn) bestätigt aber eine mit Thomasphosphat vergleichbare Wirksamkeit; ⁴ Rauchgas wird von Verbrennungsanlage bezogen und als energiereicheres Gas nach eKS Verbrennung wieder zurückgeführt; ⁵ Einsatz zur Rauchgasreinigung in der mit dem Verfahren kombinierten Verbrennungsanlage; ⁶ seit 1993 betriebener Drehrohrofen mit reduktiv-oxidativem Prozess; 2019 Nachrüstung Additivzugabe zur besseren Schwermetallabscheidung

Vorteile & Bemerkungen

- Kombinierte KS-Entsorgung und P-Rückgewinnung
- Niedrigere Kosten als bei standardmäßiger KS-Entsorgung mit Monoverbrennung
- Abhängigkeit der Outputqualität vom Inputmaterial

Auszug Referenzliste

Umsetzung Großmaßstab

- ERZO, Oftringen, Schweiz, 30.000 t eKS/a, 2019⁶
- MVV, Mannheim, 135.000 t eKS/a im Bau mit Inbetriebnahmen in 20/21
- EVO, Offenbach, 80.000 t eKS/a im Bau mit Inbetriebnahmen in 20/21

Pilotierung

- EGLV, Klärwerk Dinslaken, Dinslaken, 100 kg eKS/h, 2019–2021
- UTO, Uvrier, Schweiz, 15.000 t eKS/a, 2017–2018, 8 Wochen

Kontakt

EuPhoRe® GmbH
 Raestrup 7, 48291 Telgte
 Siegfried Klose, Frank Zepke
 +49 2504/9859 281
 siegfried.klose@euphore.de
 frank.zepke@euphore.de

Prozess-Daten

Prozesstyp	Thermochemisch
Anlagentyp	Wirbelschicht-Pyrolysereaktor
Entwicklungsstand Technologie	TRL 6 – Prototyp in vereinfachter Einsatzumgebung
Inputmaterial	Entwässertes Klärschlamm
Materialeinsatz-Potenzial	TKS, KSA und div. P-reiche Abfälle ¹
Outputmaterial	Kaliumphosphathaltige Asche
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	>95 %



¹ z. B. Tiermehl, Tiermehlasche und weitere phosphorhaltige Abfälle mit geringer Schwermetallbelastung

Weitere Kenndaten²

P-Konzentration im Outputmaterial	6,4 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ³	≥80 %	Platzbedarf	800 m ² , max. Höhe 25 m
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja, für kommunale KS	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder zusätzliche Ausbildung für KA-Personal erforderlich
Ø Strom – Verbrauch/ Erzeugung	81/ 97 kWh/ t eKS		
Ø Wärme – Verbrauch/ Erzeugung	590/ 810 kWh/t eKS		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – KOH, NH ₄ OH
KOH	44 kg/t eKS	Kategorie Abfallentsorgung	Filterasche/Feinstaub – gefährlicher Abfall
NaHCO ₃	6 kg/t eKS		
Aktivkohle	0,2 kg/t eKS		
NH ₄ OH	0,5 kg/t eKS		

² bezogen auf 40.000 t/a entwässerten Klärschlamm mit 3,4 Gew.-% P in der Trockensubstanz (25 % TS) einer durchschnittlichen kommunalen Kläranlage in Deutschland,

³ Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- Entsorgung und P-Rückgewinnung auch dezentral und für kleinere Klärschlamm-mengen möglich
- Wirtschaftlichkeit stark abhängig von Energienutzungsmöglichkeiten am Standort
- Potenzial für Kostenreduktion durch Mitnutzung der Wärmegewinnung und Abluftreinigung einer bestehenden Verbrennungsanlage

Auszug Referenzliste

Umsetzung Wirbelschichtanlagen für Schlämme inklusive Klärschlamm

- Kläranlage Hard, Winterthur, Schweiz, 30.000 t/a, 1992
- RENI, Niedergösgen, Schweiz, 70.000 t/a, 1995
- Daejeon, Südkorea, 200.000 t/a, 1999
- Ujongbu, Südkorea, 150.000 t/a, 2002
- Daejeon, Südkorea, 350.000 t/a, 2014 (Erweiterung Anlage 1999)

Pilotierung

- Civitella del Tronto, Italien, 60 kg Input/h, 6 Wochen, 2019-2020

Kontakt

CTU Clean Technology Universe AG
 Buerglistrasse 29, CH-8400 Winterthur
 Martin Schaub
 +41 52 557 52 52
 martin.schaub@ctu.ch

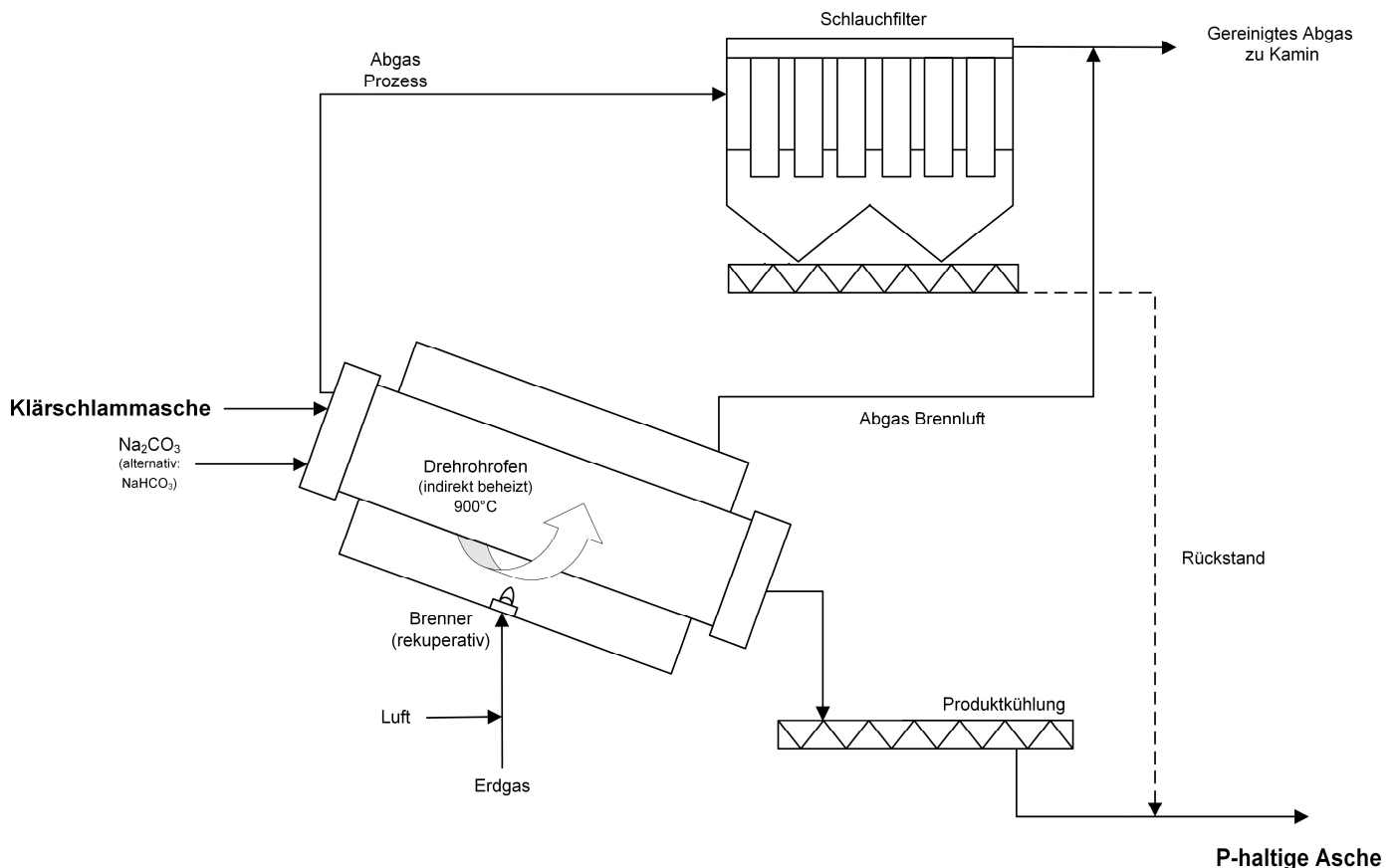
AshDec[®] Thermochemische Behandlung von Klärschlammasche

Kurzbeschreibung

Das AshDec[®]-Verfahren von Outotec erleichtert die Integration eines nachhaltigen Asche-zu-Düngemittel-Prozesses in eine Anlage zur Gewinnung von Energie und Nährstoffen aus Biomasse und Klärschlamm. Die AshDec[®]-Technologie ist ein thermochemischer Behandlungsprozess von Asche mit Additivzusatz. Das Verfahren ist für die Phosphorrückgewinnung aus Aschen geeignet, die als Nebenprodukt bei der Verbrennung von kommunalem Klärschlamm, Gülle oder Hühnerstreu sowie Rückständen aus anaerober Faulung oder Schlachthöfen anfallen. Asche und Additiv werden in einem Drehrohrenreaktor bei 850 – 1.000 °C behandelt. Die meisten Schwermetalle werden bei diesen Temperaturen gasförmig und in den Filtern der Anlage aufgefangen. Je nach Belastung des Einsatzmaterials kann die Flugasche

dem Outputmaterial wieder zugeführt werden. Feste alkalische Verbindungen (z. B. Na_2CO_3) reagieren mit den schlecht pflanzenverfügbaren aschebasierten Phosphaten und ergeben einen Sekundärphosphor-Dünger, der eine sehr gute Pflanzenverfügbarkeit aufweist. Nach der thermochemischen Behandlung kann das phosphathaltige Material durch eine mechanische Nachbehandlung zu marktfähigen Phosphor- und Mehrnährstoffdüngern aufbereitet werden. Die Produkte erfüllen die bestehenden und absehbaren Anforderungen aller Düngemittelgesetze in Europa. Sie enthalten 99 % weniger Cadmium und 90 % weniger Uran als die meisten mineralischen Düngemittel auf Basis von Phosphatgestein und sind vergleichbar in deren Wirkung auf Ertrag und Pflanzenverfügbarkeit.

Prozess-Schema



Prozess-Daten

Prozesstyp	Thermochemisch
Anlagentyp	Drehrohrofen
Entwicklungsstand Technologie	TRL 7 – Prototyp im realen Einsatz
Inputmaterial	Klärschlammasche
Materialeinsatz-Potenzial	Div. P-reiche Aschen ¹
Outputmaterial	Kalzinierte Asche mit CaNaPO ₄
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	95 – 100 %



Outputmaterial AshDec®. Quelle: Outotec GmbH & Co. KG

¹ Aschen aus der Verbrennung von Gülle oder Hühnerstreu, von Rückständen aus anaerober Faulung oder Schlachthöfen. Stark mit Schwermetallen belastete Aschen sind für das Verfahren ungeeignet

Weitere Kenndaten²

P-Konzentration im Outputmaterial	8 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ³	93 %	Platzbedarf	1.200 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja, für kommunale KSA	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder zusätzliche Ausbildung für KA-Personal erforderlich
Ø Stromverbrauch	40 kWh/t KSA		
Ø Wärmeverbrauch ⁴	410 kWh/t KSA		
Ø Chemikalienverbrauch Na ₂ CO ₃	310 kg/t KSA	Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – Na ₂ CO ₃
		Kategorie Abfallentsorgung	Keine Abfälle ⁵

² bezogen auf 30.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P eines durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland, entspricht 316.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS; ³ Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung; ⁴ Wärmeverbrauch beim Einsatz von warmer Asche; ⁵ Flugasche wird bei geringem Schwermetallgehalt dem Outputmaterial zugeführt

Vorteile & Bemerkungen

- Kosten-/ Nutzenoptimierung der P-Pflanzenverfügbarkeit mittels Anpassung der Additivzugabe
- Einsatz von kalter Asche bei höherem Erdgasverbrauch möglich
- Outputmaterial eignet sich nach Mahlung und Pelletierung als Dünger für Direkt-Vertrieb
- Abhängigkeit der Outputqualität vom Inputmaterial

Auszug Referenzliste

Pilotierung

- IBU-tec Weimar, 25 kg KSA/h, 2018–2020, 4 Wochen (CLOOP)
- Pilotanlage (Vorgängerprozess), Leoben, Österreich, 300 kg KSA/h, 2008–2010

Forschung

- CLOOP, Entwicklung eines NextGen Düngers, 2017–2020
- ReNu2Farm, Erhöhung der NPK-Recyclingraten in NW-Europa, 2017–2020
- InPhos, Entwicklung einer P-Strategie für das Baltikum, 2018–2019
- P-Rex, Evaluation von Techniken zur P-Rückgewinnung, 2012–2015

Kontakt

Outotec GmbH & Co.KG
 Ludwig-Erhard-Str. 21, 61440 Oberursel
 Dr. Andreas Orth, Dr. Tanja Schaaf
 Julian Ulbrich, M.Eng.
 +49 6171/9693 325
 andreas.orth@outotec.com
 tanja.schaaf@outotec.com
 julian.ulbrich@outotec.com

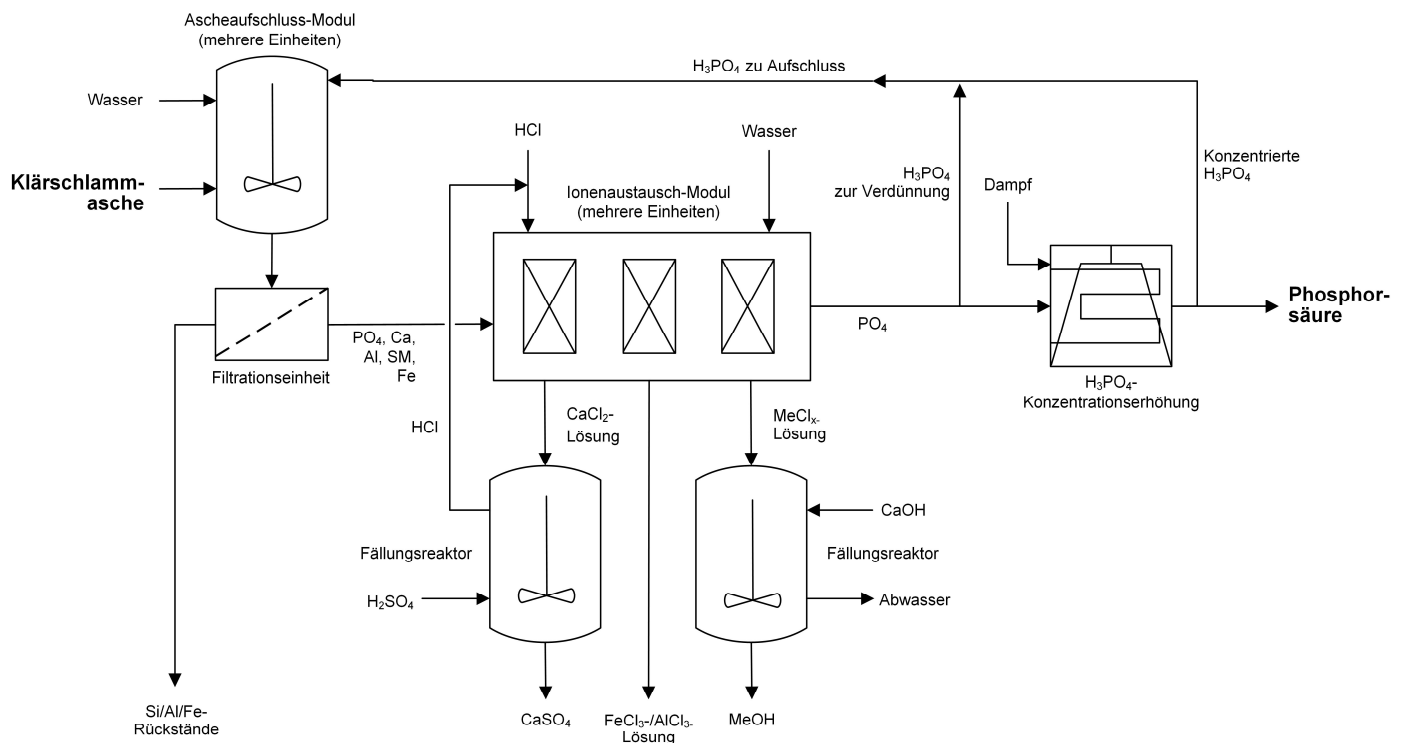
Ecophos[®] Extraktion aus Klärschlammasche

Kurzbeschreibung

Die Rechte am EcoPhos Verfahren wurden nach der Insolvenz im Frühling 2020 von Prayon übernommen. Es handelt sich dabei um ein nasschemisches Verfahren, welches Phosphor aus der Klärschlamm-asche extrahiert. Die Umsetzung erfolgt unabhängig vom Betrieb der Abwasserreinigungs-anlagen. Im hier betrachteten EcoPhos-Verfahren (Phosphorsäure als Produkt) wird Klärschlammasche mit Phosphorsäure gelaugt. Die dabei entstehende angereicherte Phosphorsäure wird mit einem Filter von unlöslichen Rückständen (etwa ein Drittel der eingesetzten Asche) abgetrennt. Calcium, Aluminium, Eisen und andere Metallrückstände werden über

Ionenaustauscher aus der Phosphorsäure entfernt. Die Kationenaustauscher werden mit Salzsäure regeneriert. Die gewonnene Phosphorsäure wird teilweise prozessintern verwertet, während der andere Teil aufkonzentriert und als Phosphorsäure mit Düngemittelqualität (75 %) abgesetzt wird. Aus der Calciumchlorid-Lösung der Ionenaustauscher kann Gips gefällt und Salzsäure regeneriert werden. Die Eisen-/Aluminiumchloridlösung kann in der Kläranlage als Fällmittel eingesetzt werden. Die anderen Metallrückstände (MeCl_x-Lösung) werden aufbereitet und entsorgt.

Prozess-Schema



Prozess-Daten

Prozesstyp	Nasschemisch
Anlagentyp	Laugung, Ionenaustauscher & Fällung
Entwicklungsstand Technologie	TRL 6 – Prototyp in vereinfachter Einsatzumgebung
Inputmaterial	Klärschlammasche
Materialeinsatz-Potenzial	Alle P-reichen Abfälle
Outputmaterial	Phosphorsäure H ₃ PO ₄ (75 %), Düngemittel-Qualität
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	>90 %



Technophos Demonstrationsanlage.
Quelle: Prayon Technologies (PRT)

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	32 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	100 %	Platzbedarf	1.500 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder zusätzliche Ausbildung für KA-Personal erforderlich
Ø Stromverbrauch	80 kWh/t KSA		
Ø Wärmeverbrauch	2.200 kWh/t KSA		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoffe – HCl, H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , Ca(OH) ₂
HCl (30 %)	840 kg/t KSA		
Ca(OH) ₂ (90 %)	50 kg/t KSA	Kategorie Abfallentsorgung	Schwermetallkonzentrat - gefährlicher Abfall
H ₂ SO ₄ (98 %)	150 kg/t KSA		

¹ bezogen auf 30.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P eines durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland, entspricht 316.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS; ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- Modulares Verfahren ermöglicht Inputs und Outputs an Standort- und Marktbedingungen anzupassen
- Komplexes Verfahren
- Erfahrener Technologieanbieter aus der Phosphorindustrie
- Überprüfung der Einsatzmöglichkeit von diversen Aschen mit Demonstrationsanlage möglich

Auszug Referenzliste

Pilotierung Klärschlammasche

- Ecophos/Prayon Laboratory, Louvain-la Neuve, Belgien, 2014
- Technophos Varna, Bulgarien, Pilot- und Demonstrationsanlage

Großmaßstab – Verarbeitung von niedrigwertigem Phosphaterz, u.a.:

- Dunkerque, Frankreich, 220.000 t/a Dicalciumphosphat, 2017
- Lima, Peru, 85.000 t/a Dicalciumphosphat & Phosphorsäure, 2014
- Decaphos, Devnya, Bulgarien, 60.000 t/a Mono-/Dicalciumphosphat, 2006

Kontakt

Prayon Technologies (PRT)
Rue J. Wauters 144, 4480 Engis, Belgium
Hubert Halleux
hhalleux@prayon.com
Tibaut Theys
TTheys@prayon.com

PARFORCE

Extraktion aus Klärschlammasche

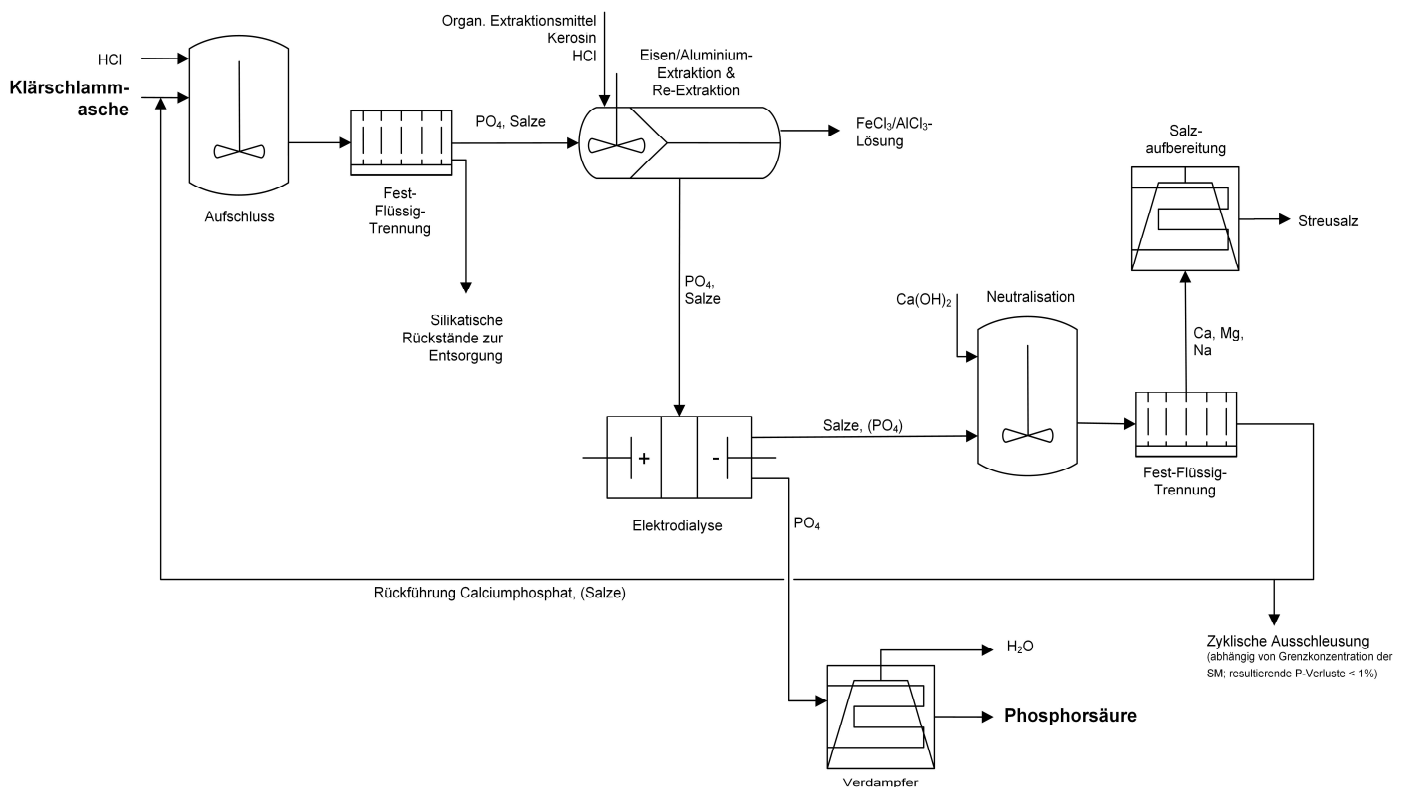
Kurzbeschreibung

Mit der PARFORCE-Technologie können verschiedene phosphorhaltige Rest- und Wertstoffe, die unter anderem bei der Abwasserreinigung oder Klärschlamm-Entsorgung anfallen, zu Phosphorsäure verarbeitet werden. Die Einsatzstoffe umfassen Struvit, Calciumphosphate sowie Klärschlammasche und phosphorhaltige Filterstäube aus der Klärschlammverbrennung. In einem nasschemischen Verfahren wird mittels Salz- oder Salpetersäure der phosphathaltige Rohstoff aufgeschlossen. Nach der Fest-Flüssig-Trennung wird die Rohphosphorsäure durch Elektro-dialyse von den übrigen gelösten Verunreinigungen (Ca, Mg, Cl, ein- und zweiwertige Schwermetalle usw.) abgetrennt. Die entstehende Rohphosphorsäure (5-20 Gew.-% je nach P_2O_5 -Gehalt des Ausgangsstoffes) wird anschließend konzentriert. Bei Klärschlammaschen ist vor der Elektrodialyse eine Extraktion der Störstoffe Eisen und Aluminium notwendig. Mittels Re-Extraktion wird eine $AlCl_3/FeCl_3$ -Lösung gewonnen, die wieder zur chemischen

Phosphatfällung im Klärwerk eingesetzt werden kann. Die aus der Überführung der Verunreinigungen resultierende Salzlösung kann entweder zu Streusalz aufbereitet werden oder zur Rückgewinnung der Aufschlusssäure genutzt werden.

Zur Erfüllung der gesetzlichen Verpflichtung zur Phosphor-Rückgewinnung kann die PARFORCE-Technologie alternativ auch über eine optimierte Struvitkristallisation direkt in eine Kläranlage mit Bio-P integriert werden. Durch eine thermische Behandlung der Kristalle werden verbliebene Klärschlamm-Anhaftungen beseitigt und der freiwerdende Ammoniak in einer Abgaswäsche als z. B. Ammoniak-wasser gebunden. Als Zwischenprodukt entsteht ein Magnesiumphosphat, das anschließend im PARFORCE-Verfahren nasschemisch aufgeschlossen und zu hochwertiger, schwermetallfreier Phosphorsäure umgesetzt wird.

Prozess-Schema



Prozess-Daten

Prozesstyp	Nasschemisch
Anlagentyp	Elektrodialyse und Solventextraktion
Entwicklungsstand Technologie	TRL 6 – Prototyp in vereinfachter Einsatzumgebung
Inputmaterial	Klärschlammasche
Materialeinsatz-Potenzial	Apatit, TCP/DCP, Struvit, Tier- und Knochenmehlasche
Outputmaterial	<ul style="list-style-type: none"> Phosphorsäure H_3PO_4 (75 %), technische Qualität Eisen/Aluminium(III)chlorid $FeCl_3/AlCl_3$ (20 %) Streusalz $CaCl_2$
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	85 – 90 % (KSA), 99 % (andere Einsatzstoffe)



Prototyp Elektrodialyse PARFORCE-Verfahren.
Quelle: PARFORCE GmbH

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	24 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	Nicht relevant für technische P-Säure ³	Platzbedarf	2.000 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Nicht relevant für technische P-Säure ³	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder chemisch-techn. Zusatzausbildung für KA-Personal erforderlich
Ø Stromverbrauch	780 kWh/t KSA		
Ø Wärmeverbrauch	2.500 kWh/t KSA		
Ø Chemikalienverbrauch		Kategorie Chemikalien	Gefahrstoffe – HCl, $Ca(OH)_2$
HCl (36 %)	2.100 kg/t KSA		
Organ. Extraktionsmittel	2 kg/t KSA	Kategorie Abfallentsorgung	SM-haltiges Fällungsprodukt – gefährlicher Abfall
Kerosin	13 kg/t KSA		
$Ca(OH)_2$ (90 %)	70 kg/t KSA		

¹ bezogen auf 30.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P eines durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland, entspricht 316.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS, ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung, ³ hergestellte technische P-Säure wird nicht als Düngerrohstoff eingesetzt

Vorteile & Bemerkungen

- Hohe stoffliche Verwertung von Phosphor, Eisen-, Aluminium- und Calcium-Salzen
- Prozesskomplexität erfordert chemisch-technisches Know-how
- Phosphorsäure als Outputmaterial erfüllt Spezifikationen für bestehende Produkte am Markt

Auszug Referenzliste

Pilotierung

- TU Bergakademie Freiberg, 50 kg KSA/h, 2017-2018

Kontakt

PARFORCE Engineering & Consulting GmbH
Am St.-Niclas-Schacht 13, 09599 Freiberg
Dipl.-Kfm. Jürgen Eschment
juergen.eschment@parforce-technologie.de
+49 176/66 998 168

Prozess-Daten

Prozesstyp	Nasschemisch
Anlagentyp	Solventextraktionsanlage
Entwicklungsstand Technologie	TRL 7 – Prototyp im realen Einsatz
Inputmaterial	Klärschlammmasche
Materialeinsatz-Potenzial	Div. P-reiche, anorganische Stoffe
Outputmaterial	<ul style="list-style-type: none"> Phosphorsäure H_3PO_4 (75 %), technische Qualität Eisen(III)chlorid $FeCl_3$ (40 %) Salzsäure HCl (17 %)
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	>90 %



Pilotierung des Phos4Life-Verfahrens. Quelle: Técnicas Reunidas, José Lladó Technology Centre, Madrid

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	24 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	Nicht relevant für technische P-Säure ³	Platzbedarf	4.000 m ²
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Nicht relevant für technische P-Säure ³	Know-How Betrieb/Unterhalt	Speziell ausgebildetes Personal oder chemisch-techn. Zusatzausbildung für KA-Personal erforderlich
Ø Stromverbrauch	430 kWh/t KSA	Kategorie Chemikalien	Gefahrstoff – HCl , H_2SO_4 , CaO
Ø Wärmeverbrauch	820 kWh/t KSA	Kategorie Abfallentsorgung	Schwermetallkonzentrat – gefährlicher Abfall
Ø Chemikalienverbrauch			
HCl (33 %)	1.300 kg/t KSA		
H_2SO_4 (96 %)	1.500 kg/t KSA		
CaO	230 kg/t KSA		

¹ bezogen auf 30.000 t/a Klärschlammmasche des Klärschlammes aus Zürich und den dort gegebenen Standortbedingungen, entspricht 316.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS; P-Gehalt wurde mit 9 Gew.-% P an eine KSA aus einem durchschnittlichen kommunalen Klärschlamm aus Deutschland angepasst; ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung; ³ hergestellte technische P-Säure wird nicht als Düngemittel eingesetzt

Vorteile & Bemerkungen

- Hohe stoffliche Verwertung von Phosphor, Eisensalzen sowie inerten Rückständen
- Solventextraktion gewährleistet konstante und hohe Produktqualität
- Prozesskomplexität erfordert chemisch-technisches Know-how
- Phosphorsäure als Outputmaterial erfüllt Spezifikationen für bestehende Produkte am Markt
- Kosten stark standortabhängig, optimale Umsetzung an Standort mit KA, MonoVA und weiteren Abnehmern von Nebenprodukten

Auszug Referenzliste

Pilotierung

- Técnicas Reunidas SA, Madrid, Spanien, 0,5 kg KSA/h, 2017–2019

Solventextraktion

- AZR, Mooresborough, USA, 135.000 t/a Zn, 6.500 t/a Pb, 18 t/a Ag, 2013
- Glencore, Portovesme, Italien, 53.000 t/a Zn, 2012
- Vedanta, Namibia, 150.000 t/a Zn, 2003

Kontakt

Técnicas Reunidas SA (TR), Madrid, Spanien

Angél Galindo Carbajo

agalindoc@tecnicasreunidas.es

+34 91/1589 809

Dr. Stefan Schlumberger (Stift. ZAR, Schweiz)

stefan.schlumberger@kebag.ch

Ascheeinsatz in der Landwirtschaft

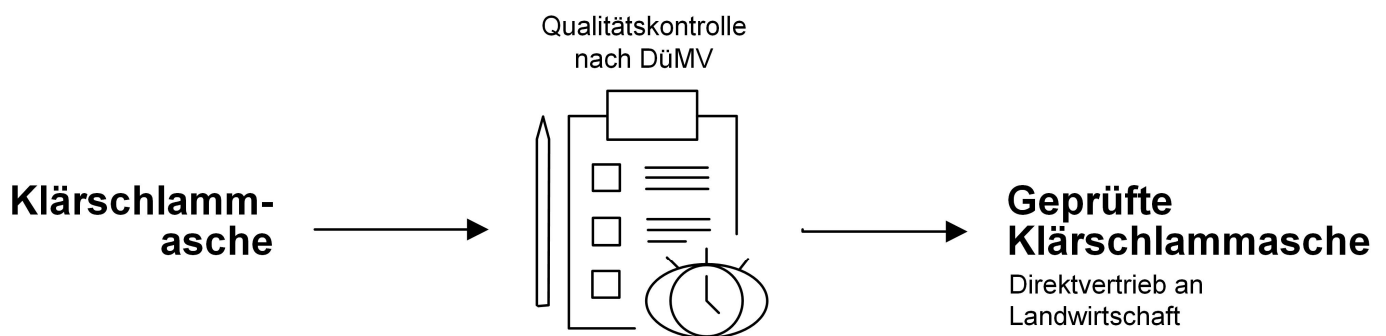
Kurzbeschreibung

Pro Jahr setzt sePura rund 15.000 t Klärschlammasche als Phosphatdünger (solipur® 170P) in der Landwirtschaft ab. Das leicht feuchte Produkt kann mit Hilfe von Kalkstreuern ausgebracht werden. Die Grenzwerte für Schadstoffe in der Düngemittelverordnung (DüMV) schließt jedoch den direkten Einsatz von Aschen als Düngemittel von manchen Verbrennungsanlagen aus. Auch führt die Pflicht zur ausgeglichenen Nährstoffbilanz in landwirtschaftlich genutzten Böden in der Düngemittelverordnung (DüV) auf Grund der begrenzten Löslichkeit des in der Asche enthaltenen Phosphors zu langsam rückläufigen Umsätzen. In Zukunft wird die neue Düngemittelverordnung der EU als Nachweis der Wirksamkeit von mineralischen Düngern, eine Phosphat-Löslichkeit in neutralem Ammoniumcitrat von

mindestens 75 % fordern. Unbehandelte Klärschlammaschen erreichen diese Anforderung aber nicht.

Alle Phosphatdünger von sePura basieren auf Nebenprodukten gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Damit zeigt sePura, dass die Phosphatrückgewinnung bereits heute technisch möglich und ökonomisch sinnvoll ist. Da die Phosphate regional erzeugt und vermarktet werden, führen kurze Wege von der Produktion zum Anwender zu einer deutlichen Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Die Phosphatprodukte von sePura zeichnen sich gegenüber konventionellen Düngern durch niedrige Cadmium- und Urangelhalte aus und leisten damit einen Beitrag zum Boden- und Grundwasserschutz.

Prozess-Schema



Klärschlammascheanlieferung bei sePura.
Quelle: sePura GmbH



Musterentnahme für Qualitätskontrolle.
Quelle: sePura GmbH

Ascheinsatz in der Landwirtschaft

Prozess-Daten

Prozesstyp	Abgabe an Landwirtschaft
Entwicklungsstand der Einsatzmethode	TRL 9 – Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes
Inputmaterial	Klärschlammasche
Outputmaterial sePura	P-Dünger (geprüfte Klärschlammasche)
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial	100 %



Direkte Klärschlammascheausbringung in der Landwirtschaft.
Quelle: sePura GmbH

Weitere Kenndaten¹

P-Konzentration im Outputmaterial	8 – 9 Gew-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ²	30 – 50 %	Platzbedarf	Nicht erforderlich, direkte Verwertung von Klärschlammasche
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja	Know-How Betrieb/Unterhalt	
Ø Stromverbrauch	Ausgelagert an sePura GmbH	Kategorie Chemikalien	Ausgelagert an sePura GmbH
Ø Wärmeverbrauch		Kategorie Abfallentsorgung	
Ø Chemikalienverbrauch	Ausgelagert an sePura GmbH		

¹ bezogen auf 15.000 t/a Klärschlammasche mit 9 Gew.-% P eines durchschnittlichen kommunalen Klärschlammes aus Deutschland, die von der sePura GmbH abgesetzt werden und 158.000 t/a entwässertem Klärschlamm mit 25 % TS entsprechen, ² Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- Regelmäßige Qualitätskontrolle der verwendeten Asche erforderlich
- Schadstoff-Grenzwerte in DüMV (vor allem für Nickel und Blei) begrenzen die Anzahl der Anlagen mit einsetzbarer KSA
- Anforderung an die vorgeschriebene Mindestlöslichkeit von Phosphat der neuen EU-Düngemittelverordnung wird nicht erreicht und könnte zukünftig den Absatz der Asche gefährden

Auszug Referenzliste

Umsetzung Großmaßstab

- sePura GmbH, Veitshöchheim, Vertrieb von 15.000 t KSA pro Jahr zum direkten Einsatz als Dünger in der Landwirtschaft

Kontakt

sePura GmbH

Raiffeisenstraße 1, 97209 Veitshöchheim

Dieter Leimkötter

+49 931/26 02 73 21

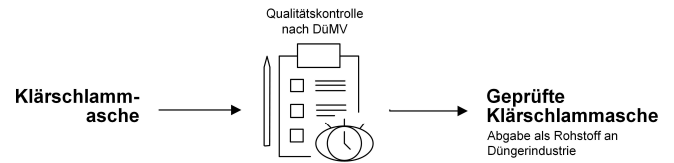
+49 931/26 02 73 00

dieter.leimkoetter@sepura.de

Klärschlammasche als Rohstoff in Düngerindustrie

Abgabe von geprüfter Klärschlammasche¹ am Beispiel von ICL Fertilizers

¹ Aus Entsorgersicht sind v. a. der Ablauf von der Prüfung bis zur Abgabe der Klärschlammasche an die Düngerindustrie und die damit verbundenen Kennwerte relevant (vgl. Abbildung rechts). Je nach Darstellung oder zur Nachvollziehbarkeit der geprüften KSA-Abgabe als Entsorgungsweg wird deren Verarbeitung in der Düngerindustrie in den Steckbrief miteinbezogen. Die entsprechenden Punkte sind gekennzeichnet.

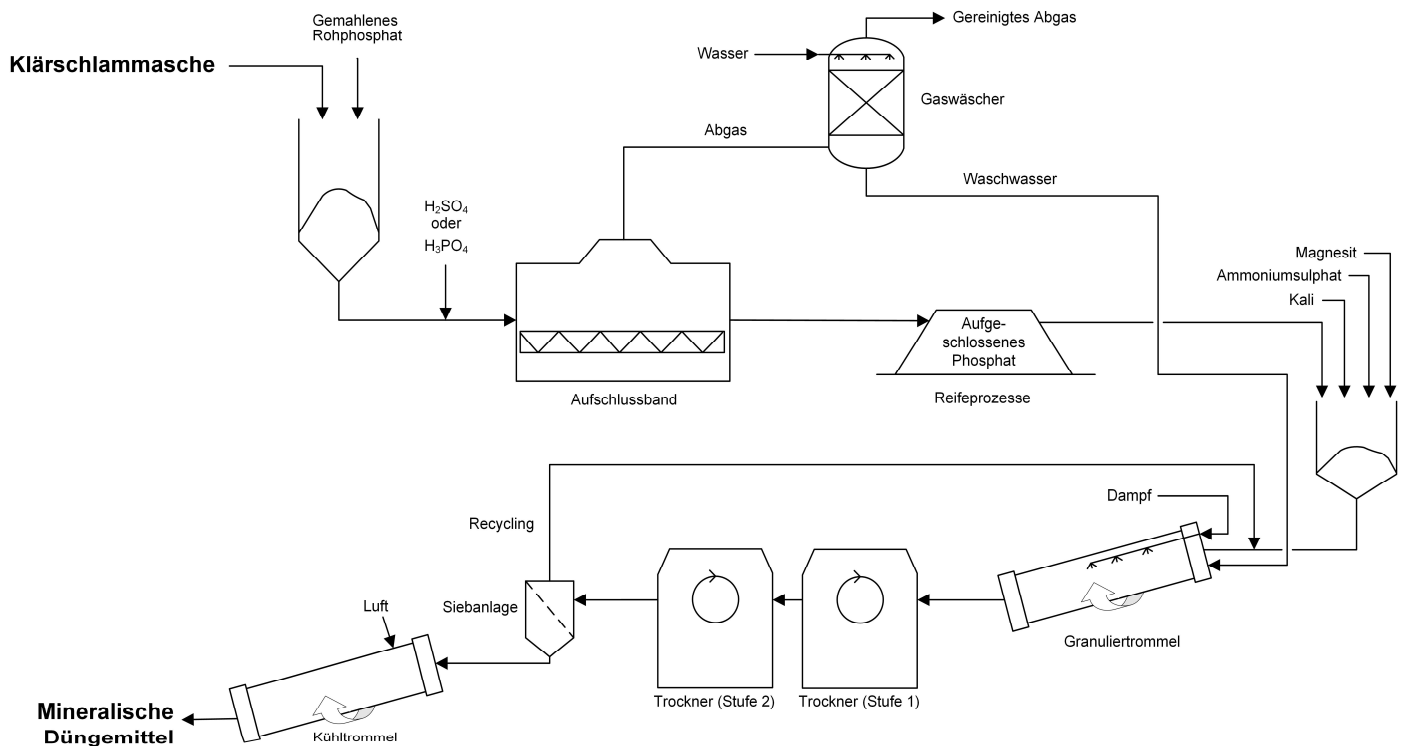


Kurzbeschreibung

Im herkömmlichen Produktionsprozess für Super-phosphat-Dünger von ICL Fertilizers können KSA und weitere P-reiche Aschen als Ersatz für sedimentäre Phosphate eingesetzt werden. Die Klärschlammasche wird nach der Monoverbrennung einer Qualitätskontrolle nach dem Annahmekatalog von ICL unterzogen und danach als Rohstoff in der Düngerindustrie weiterverarbeitet. ICL Fertilizers möchte Rohphosphate langfristig komplett durch Recyclingphosphate ersetzen. Dazu müssen allerdings die P-Gehalte ausreichend hoch und die Reaktions-fähigkeit der Recyclingphosphate gegeben sein. Zusätzlich dürfen

die Grenzwerte für Schadstoffe in den Recyclingphosphaten (je nach Verarbeiter nach der deutschen oder europäischen Düngemittelgesetzgebung) nicht überschritten werden. Eine weitere Voraussetzung ist die Genehmigung zur Einarbeitung der Recyclingphosphate in unbegrenzter Menge in der Produktionsanlage. Die sekundären Rohstoffe müssen sich bzgl. der Wirtschaftlichkeit mit dem Rohphosphat messen. Dieses kann je nach Versorgungslage für 60 – 100 €/t für Phosphaterz (30 – 32 % P₂O₅) inklusive Anlieferung nach Ludwigshafen beschafft werden.

Prozess-Schema – Phosphat-Aufschluss von ICL Fertilizers (Düngerindustrie)



Prozess-Daten

Prozesstyp	Abgabe an Düngerindustrie
Entwicklungsstand der Verarbeitungstechnologie in der Düngerindustrie	TRL 9 – Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes
Inputmaterial Düngerindustrie	Klärschlammasche
Outputmaterial Düngerindustrie	Mineralische Düngemittel
P-Rückgewinnung aus Inputmaterial in Düngerindustrie	100 %



Quelle: ICL Fertilizers

Weitere Kenndaten²

P-Konzentration im Outputmaterial	2 – 20 Gew.-%	Betriebsanforderungen	
NAC-Löslichkeit ³	>90 %	Platzbedarf	Nicht erforderlich, Rückgewinnung ausgelagert an Düngerindustrie
Einhaltung Grenzwerte nach DüMV	Ja (DE oder EU)	Know-How Betrieb/Unterhalt	
Ø Stromverbrauch	Ausgelagert an Düngerindustrie		
Ø Wärmeverbrauch			
Ø Chemikalienverbrauch	Ausgelagert an Düngerindustrie	Kategorie Chemikalien	Ausgelagert an Düngerindustrie
		Kategorie Abfallentsorgung	

² bezieht sich auf Abgabe der KSA an Düngerindustrie und deren Outputmaterialien; ³ Neutrale Ammoniumcitrat-Löslichkeit als Indikator für Wirksamkeit mineralischer Dünger nach europäischer Düngemittelverordnung

Vorteile & Bemerkungen

- Abnahme von Klärschlammasche steht in Konkurrenz zu anderen Rohstoffen und unterliegt daher Marktschwankungen
- Regelmäßige Qualitätskontrolle der verwendeten Asche nötig
- Nur Verwendung von Aschen möglich, welche die Qualitätskriterien des Annahmekatalogs der ICL Fertilizers GmbH erfüllen

Auszug Referenzliste

Großmaßstab

- ICL Fertilizers GmbH, Ludwigshafen, Deutschland
Produktion von 250.000 t/a mineralische Düngemittel

Kontakt

ICL Fertilizers Deutschland GmbH
Giulinistraße 2
67065 Ludwigshafen am Rhein
Markus.Heene@icl-group.com