

Klärschlammkonzeption 2015



Konzeption zur Entsorgung von Abfällen
aus der kommunalen Abwasserbehandlung
im Freistaat Sachsen

Fortschreibung 2015
– Klärschlammkonzeption 2015 –

Christel Pfefferkorn, Frank Wustmann, Gerlind Scholich

1	Einführung	2
2	Grundlagen	3
2.1	Datengrundlage	3
2.2	Rechtliche Rahmenbedingungen	4
3	Klärschlammanfall, Klärschlammqualität und Klärschlammmentsorgung im Jahr 2011	7
3.1	Klärschlammanfall	7
3.2	Klärschlammqualität	10
3.3	Klärschlammmentsorgung	12
4	Prognose zum Klärschlammanfall	15
4.1	Methodik	15
4.2	Einflussfaktoren auf den Klärschlammanfall	15
4.2.1	Belastung der Kläranlagen	15
4.2.2	Technologie der Abwasser- und Schlammbehandlung	17
4.3	Prognose für die Jahre 2020 und 2025	18
5	Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung - Anfall und Entsorgung	20
5.1	Methodik	20
5.2	Einwohnerspezifischer Anfall	20
5.2.1	Sieb- und Rechenrückstände	20
5.2.2	Sandfangrückstände	21
5.2.3	Abfälle aus der Kanalreinigung	22
5.3	Gesamtanfall im Jahr 2011	22
5.4	Entsorgung im Jahr 2011	23
5.5	Prognose für die Jahre 2020 und 2025	24
6	Entsorgungsmöglichkeiten für Klärschlamm	26
6.1	Kompostierung als Zwischenschritt der Entsorgung	26
6.2	Landwirtschaftliche Verwertung	27
6.2.1	Gesetzliche Anforderungen	27
6.2.2	Kapazitäten	31
6.3	Landschaftsbauliche Verwertung	32
6.3.1	Gesetzliche Anforderungen	32
6.3.2	Kapazitäten	33
6.4	Thermische Klärschlammmentsorgung	33
6.4.1	Gesetzliche Anforderungen	37
6.4.2	Kapazitäten	37
6.5	Alternative thermische Entsorgung	42
6.5.1	Karbonisierung	42
6.5.2	Ersatzbrennstoffe (EBS)	43
7	Aspekte der Klärschlammmentsorgung	45
7.1	Einflüsse aus politischen Entwicklungen und aus Veränderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen	45
7.1.1	Düngerecht	45
7.1.2	Novellierung der Klärschlammverordnung	46
7.1.3	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	48
7.2	Logistische Aspekte	49
7.3	Ökologische Aspekte	51
7.4	Ressourcenschonung durch Phosphorrückgewinnung	53
7.5	Entsorgungsverantwortung	60
7.6	Entsorgungskosten	61

8	Entsorgungsmöglichkeiten für Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung	63
8.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	63
8.2	Behandlung und Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen	64
8.2.1	Herkunft und Zusammensetzung	64
8.2.2	Behandlung	64
8.2.3	Entsorgung	65
8.3	Behandlung und Entsorgung von Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung	66
8.3.1	Herkunft und Zusammensetzung	66
8.3.2	Behandlung	66
8.3.3	Entsorgung	67
8.4	Logistische Aspekte.....	69
8.5	Ökologische Aspekte.....	69
8.6	Entsorgungskosten.....	70
8.7	Empfehlungen	71
9	Konzeptionelle Planung der Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen	72
9.1	Klärschlamm Entsorgung bis zum Jahr 2025.....	72
9.1.1	Betrachtung für das Jahr 2015	72
9.1.2	Szenario 1	73
9.1.3	Szenario 2	75
9.1.4	Szenario 3	76
9.2	Auswirkungen auf die Entsorgungssicherheit.....	77
9.3	Informationsdefizite	79
9.4	Forschungs- und Entwicklungsbedarf.....	80
9.5	Klärschlamm Entsorgungsstrategie des Freistaates Sachsen	81
9.6	Handlungsempfehlungen.....	83
9.6.1	Freistaat Sachsen	83
9.6.2	Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung	84
9.6.3	Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger	85
9.6.4	Entsorgungswirtschaft	86
10	Zusammenfassung.....	87
	Glossar	90
	Literaturverzeichnis	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Klärschlammanfall aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen 2006 bis 2011 (StLA 2012a)	7
Abbildung 2:	Klärschlammanfall in Sachsen nach Landkreisen und kreisfreien Städten (StLA 2012a)	8
Abbildung 3:	Klärschlammanfall der Kläranlagen der Größenklasse 5 im Jahr 2011 (PICON 2013a)	9
Abbildung 4:	Grenzwertüberschreitungen in Bezug auf AbfKlärV und DüMV im Jahr 2011 (PICON 2013a)	10
Abbildung 5:	Phosphorgehalte sächsischer Klärschlämme (PICON (2013a), n = 74 Kläranlagen)	11
Abbildung 6:	Phosphorgehalte sächsischer Klärschlämme, geordnet nach Größenklassen (PICON [2013a], n = 74 Kläranlagen)	11
Abbildung 7:	Entsorgungswege sächsischer Klärschlämme, bezogen auf das Klärschlammauftreten 2011 (SMUL 2013)	12
Abbildung 8:	Klärschlamm Entsorgung 2010 und 2011 im Freistaat Sachsen (StLA, 2012a) und in Deutschland (StBA 2014)	13
Abbildung 9:	Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen 2006 bis 2011 (StLA, 2012a)	14
Abbildung 10:	Entwicklung des Anschlussgrades an öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen zwischen 1991 und 2010 (StLA 2011b)	15
Abbildung 11:	Bevölkerungsprognose der Landkreise und kreisfreien Städte des Freistaates Sachsen für 2020 und 2025 (StLA 2012b)	16
Abbildung 12:	2011 und Prognose des Klärschlammanfalls für die Jahre 2020 und 2025	18
Abbildung 13:	Entwicklung des Klärschlammanfalls in den Landkreisen und kreisfreien Städten für die Jahre 2020 und 2025	19
Abbildung 14:	Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung im Freistaat Sachsen im Jahr 2011	22
Abbildung 15:	Mittlerer Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung in den Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2011	23
Abbildung 16:	Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung im Jahr 2011	24
Abbildung 17:	Entwicklung der angeschlossenen Einwohnerzahl bis zum Jahr 2025	24
Abbildung 18:	Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung - 2011 und Prognose für die Jahre 2020 und 2025	25
Abbildung 19:	Entwicklung der P-Versorgung auf Ackerland in Sachsen (LfULG 2013c)	31
Abbildung 20:	Standorte und Kapazitäten der Monoverbrennungsanlagen für Klärschlämme in Deutschland (ADAM & KRÜGER 2013)	40
Abbildung 21:	Stoffströme zur Phosphorrückgewinnung in kommunalen Anlagen (DWA 2013a)	54
Abbildung 22:	Darstellung der Entsorgungswege im Jahr 2011 und 2015	73
Abbildung 23:	Anteil der landschaftsbaulich verwerteten Klärschlämme an der entsorgten Klärschlammmenge für die Bundesrepublik Deutschland und den Freistaat Sachsen (StBA 2014)	74
Abbildung 24:	Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege - Szenario 1	75
Abbildung 25:	Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege - Szenario 2	76
Abbildung 26:	Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege - Szenario 3	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Datengrundlagen und deren Quellen.....	3
Tabelle 2:	Absoluter und spezifischer Klärschlammanfall 2011 nach Landkreisen und kreisfreien Städten (StLA 2012a).....	8
Tabelle 3:	Menge, der im Jahr 2011 erfassten Klärschlämme mit Überschreitung der ab 01.01.2015 gültigen Grenzwerte der DüMV (PICON 2013a).....	10
Tabelle 4:	Klärschlammmentsorgung der Kläranlagen der Größenklasse 5 im Jahr 2011 (PICON 2013a)	14
Tabelle 5:	Bekannte Belastungsänderungen durch industrielle/gewerbliche Einleiter im Einzugsgebiet sächsischer Kläranlagen.....	17
Tabelle 6:	Technologische Veränderungen sächsischer Kläranlagen und deren Einfluss auf den Klärschlammanfall ...	18
Tabelle 7:	Einwohnerspezifischer Anfall von Sieb- und Rechenrückständen (PICON 2013a)	21
Tabelle 8:	Einwohnerspezifische Sandfangrückstände (PICON 2013a)	22
Tabelle 9:	Gegenüberstellung der Grenzwerte bei landwirtschaftlicher Klärschlammverwertung nach AbfklärV und DüMV	28
Tabelle 10:	Träger einer regelmäßigen Qualitätsüberwachung der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung	30
Tabelle 11:	Aufbringungsmengen und -flächen für Klärschlammprodukte im Freistaat Sachsen in den Jahren 2008 bis 2012 (LfULG 2009, 2010, 2011, 2012a, 2013)	31
Tabelle 12:	Nährstoffgrenzwerte für das Auf- und Einbringen von Material in und auf den Boden.....	33
Tabelle 13:	Verfahren der thermischen Klärschlammmentsorgung (LEHRMANN 2013).....	34
Tabelle 14:	Kapazitäten für die thermische Klärschlammmentsorgung im Freistaat Sachsen	37
Tabelle 15:	Kapazitäten für die thermische Klärschlammmentsorgung in angrenzenden Bundesländern (UBA 2012; eigene Erhebungen PICON)	41
Tabelle 16:	Vorläufiger Stand zu den Inhalten einer zukünftigen EU-DüMV (EMBERT 2013)	45
Tabelle 17:	Grenzwerte der Schwermetalle und organischen Schadstoffe der geltenden AbfklärV und des Novellierungsentwurfs (2010)	47
Tabelle 18:	Charakterisierung der Stoffströme zur Phosphorrückgewinnung in kommunalen Kläranlagen(DWA 2013a)	55
Tabelle 19:	Systematisierung von Phosphorrückgewinnungsverfahren (DWA 2013a).....	56
Tabelle 20:	Kosten für die Phosphorrückgewinnung (DWA 2013b).....	58
Tabelle 21:	Spezifische Kosten der Klärschlammmentsorgung bundesweit und im Freistaat Sachsen (nach DWA-M 387, 2012 und PICON 2013a)	62
Tabelle 22:	Spezifische Kosten für die Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung (Stand 2013)	70
Tabelle 23:	Gegenüberstellung vorhandener und erforderlicher Kapazitäten (in t TM/a)	77
Tabelle 24:	Prognose des Klärschlammanfalls (in t TM), der Sieb- und Rechenrückstände, der Sandfangrückstände und der Abfälle aus der Kanalreinigung (in t OS) im Freistaat Sachsen bis 2015 (Mittelwerte)	87

Gesetze/Verordnungen

AbfKlärV	-	Klärschlammverordnung
AbwV	-	Abwasserverordnung
AVV	-	Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung)
BBodSchG	-	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	-	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BGBI.	-	Bundesgesetzblatt
BImSchG	-	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	-	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BioAbfV	-	Bioabfallverordnung
DepV	-	Deponieverordnung
DüMV	-	Düngemittelverordnung
DüngG	-	Düngegesetz
DüV	-	Düngeverordnung
ErsatzbaustoffV	-	Ersatzbaustoffverordnung
EG-DüMV	-	EG-Düngemittelverordnung
EU-DüMV	-	EU-Düngemittelverordnung
KrWG	-	Kreislaufwirtschaftsgesetz
SächsABG	-	Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz
SächsWG	-	Sächsisches Wassergesetz
UStatG	-	Umweltstatistikgesetz
VersatzV	-	Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage
VwV	-	Verwaltungsvorschrift
WHG	-	Wasserhaushaltsgesetz

Behörden/Institute/Verbände/Gesellschaften

BGR	-	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMBF	-	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	-	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMEL	-	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	-	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	-	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BY	-	Bayern
DIN	-	Deutsches Institut für Normung e.V.
DWA	-	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EG	-	Europäische Gemeinschaft
EU	-	Europäische Union
EU-KOM	-	Europäische Kommission
LABO	-	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	-	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LfUG	-	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
LfULG	-	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LMBV	-	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

MIBRAG	-	Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH
NI	-	Niedersachsen
öRE	-	öffentlich-rechtliche(r) Entsorgungsträger
RAVON	-	Regionaler Abfallverband Oberlausitz-Niederschlesien
SMUL	-	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SN	-	Sachsen
SOE	-	Sächsische Schweiz-Osterzgebirge (Landkreis)
ST	-	Sachsen-Anhalt
StBA	-	Statistisches Bundesamt
StLA	-	Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen
UBA	-	Umweltbundesamt
ZAOE	-	Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal

Chemische Verbindungen/Elemente

AOX	-	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
B(a)P	-	Benzo(a)pyren
BSB ₅	-	Biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen
C	-	Kohlenstoff
Ca	-	Kalzium
Cl	-	Chlor
Cd	-	Cadmium
CO ₂	-	Kohlenstoffdioxid
Cr	-	Chrom
CSB	-	Chemischer Sauerstoffbedarf
CSH	-	Calcium Silicate Hydrate
Cu	-	Kupfer
GV	-	Glühverlust (in %)
Hg	-	Quecksilber
K ₂ O	-	Kaliumoxid
MAP	-	Magnesium-Ammonium-Phosphat
Mg	-	Magnesium
MgO	-	Magnesiumoxid
N	-	Stickstoff
Ni	-	Nickel
NaOH	-	Natriumhydroxid
P	-	Phosphor
PAK	-	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	-	Blei
PCB	-	Polychlorierte Biphenyle
PCDD	-	Polychlorierte Dibenzodioxine
PCDF	-	Polychlorierte Dibenzofurane
PFOA	-	Perfluorooctansäure
PFOS	-	Perfluorooctansulfonsäure
PFT		Perfluorierte Tenside (Summe aus Perfluorooctansäure [PFOA] und Perfluorooctansulfonsäure [PFOS])
P ₂ O ₅	-	Phosphorpentoxid
S	-	Schwefel

TKN	-	Kjeldahl-Stickstoff, erfasst organisch gebundenen und Ammoniumstickstoff
Zn	-	Zink

Einheiten

a	-	Jahr
d	-	Tag
Gew.-%	-	Gewichtsprozent
ha	-	Hektar
kJ	-	Kilojoule
kN	-	Kilonewton
MJ	-	Megajoule
MW	-	Megawatt

Sonstige Abkürzungen

Abs.	-	Absatz
AG	-	Aktiengesellschaft
Anl.	-	Anlage
AZ	-	Aktenzeichen
EBS	-	Ersatzbrennstoff
EC	-	Eucarpia Code – (Code für Entwicklungsstadien im Getreide)
GK	-	Größenklasse
HTC	-	hydrothermale Karbonisierung
KA	-	Kläranlage
KS	-	Klärschlamm
KW	-	Kraftwerk
LB	-	Landschaftsbau
LW	-	Landwirtschaft
MBA	-	mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MBS	-	mechanisch-biologische Stabilisierung
MPS	-	mechanisch-physikalische Stabilisierung
n	-	Anzahl
RL	-	Richtlinie
SBS	-	Sekundärbrennstoff
SLF	-	Schredderleichtfraktion
TA	-	Technische Anleitung

Vorwort

Nachdem das Landesamt für Umwelt und Geologie im Jahr 2006 die Klärschlammkonzeption aus dem Jahr 1995 erstmals fortgeschrieben hatte, machte sich im Rahmen der Erstellung des neuen Abfallwirtschaftsplans für den Freistaat Sachsen die zweite Fortschreibung der Klärschlammkonzeption erforderlich.

Besondere Herausforderungen bei dieser Fortschreibung waren die politischen und rechtlichen Entwicklungen. Von zentraler Bedeutung für die künftige Klärschlamm Entsorgung ist die Aussage im Koalitionsvertrag von CDU/CSU und SPD vom Dezember 2013, dass die Klärschlammausbringung zu Dünge Zwecken beendet und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewonnen werden sollen. Die Umsetzung dieser Prämisse erfolgt derzeit durch die Novellierung der Klärschlammverordnung. Obwohl dieser Prozess noch nicht abgeschlossen ist, war die Klärschlammkonzeption fortzuschreiben, um die Abfallwirtschaftsplanung nicht zu verzögern.

Mit einem Mengenanteil von ca. 80 % hat die bodenbezogene Klärschlammverwertung für die Entsorgung von Klärschlamm in Sachsen bisher die größte Bedeutung. Mit dem geplanten Ausstieg aus der Klärschlammausbringung zu Dünge Zwecken stehen viele Akteure der Abwasserbeseitigung und der Klärschlamm Entsorgung vor erheblichen Herausforderungen.

Bereits seit Beginn des Jahres 2015 gelten auch bei der Klärschlammausbringung zur Düngung die düngerechtlichen Grenzwerte bei Schadstoffen uneingeschränkt. Insbesondere bei den Schwermetallen Cadmium und Quecksilber ergaben sich damit bereits Verschärfungen. Ab 2017 sind synthetische Polymere zur Abwasser- oder Klärschlammbehandlung als Flockungsmittel nur noch zulässig, wenn mindestens 20 % innerhalb von zwei Jahren abgebaut sind.

Die vorliegende Fortschreibung der Klärschlammkonzeption soll allen sächsischen Akteuren der Klärschlamm Entsorgung, insbesondere den kommunalen Aufgabenträgern, den Anlagenbetreibern und ihren Entsorgungspartnern, unter den sich ändernden Rahmenbedingungen die Wege zu einer ökologischen und weiterhin bezahlbaren Entsorgung sächsischer Klärschlämme aufzeigen.

Um auch künftig Entsorgungssicherheit bei Klärschlämmen zu gewährleisten, müssen sich die Akteure zeitnah und intensiv Gedanken über zukünftige Entsorgungskonzepte und alternative Entsorgungswege machen.



Norbert Eichkorn
Präsident des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

1 Einführung

Gemäß § 30 ff. Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) sind die Länder verpflichtet, Abfallwirtschaftspläne nach überörtlichen Gesichtspunkten aufzustellen und bei Bedarf fortzuschreiben. Der Freistaat Sachsen schreibt seinen Abfallwirtschaftsplan im Jahr 2016 nächstmalig fort. Dabei sind die abfallwirtschaftlichen Ziele, die bestehende Situation der Abfallbewirtschaftung, die erforderlichen abfallwirtschaftlichen Maßnahmen einschließlich einer Bewertung ihrer Eignung zur Zielerreichung sowie die erforderlichen Entsorgungsanlagen im Inland darzustellen, wobei zukünftige, innerhalb eines Zeitraums von mindestens zehn Jahren zu erwartende Entwicklungen zu berücksichtigen sind.

Im Abfallwirtschaftsplan sind auch die unter „Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung“ zusammengefassten Abfallarten zu betrachten. Entsprechend dem Entnahmeort wird nach Abfallverzeichnisverordnung (AVV 2001) unterschieden in

- Klärschlamm,
 - Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser (AVV-Nummer 19 08 05)
 - Fäkalschlamm (AVV-Nummer 20 03 04)
- Sieb- und Rechenrückstände (AVV-Nummer 19 08 01)
- Sandfangrückstände (AVV-Nummer 19 08 02) und
- Abfälle aus der Kanalreinigung (AVV-Nummer 20 03 06).

Für die anstehende Fortschreibung des Abfallwirtschaftsplans für den Freistaat Sachsen war daher eine Fortschreibung der Klärschlammkonzeption aus dem Jahr 2006 (LfUG 2006) erforderlich.

Ziel der Fortschreibung der Klärschlammkonzeption ist es, aufbauend auf der Ist-Situation eine Prognose zum Anfall und zu den Entsorgungswegen für Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung in Sachsen für die Jahre 2020 und 2025 zu erstellen. Die Einflüsse des aktuellen und in Diskussion befindlichen Rechtsrahmens sind zugrunde zu legen und v. a. hinsichtlich möglicher wirtschaftlicher Konsequenzen darzustellen. Im Ergebnis werden mögliche Entsorgungsdefizite, der Forschungsbedarf und Informationsdefizite aufgezeigt.

Ergebnisse und Aussagen der Klärschlammkonzeption sollen u. a. der Entscheidungsfindung zur Klärschlammstrategie des Freistaates Sachsen sowie der Unterstützung von Planungen der Aufgabenträger der kommunalen Abwasserbeseitigung, der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) sowie Anlagenbetreibern dienen. Dazu waren Handlungsempfehlungen an die jeweiligen Akteure abzuleiten. Vorrangiges Ziel der Klärschlammkonzeption 2015 ist es, die Entsorgung der Abfälle aus der Abwasserbehandlung im Freistaat in den nächsten Jahren durch die Aufgabenträger ökologisch, wirtschaftlich und sicher zu gewährleisten.

2 Grundlagen

2.1 Datengrundlage

Datengrundlage der Klärschlammkonzeption bilden die statistischen Erhebungen des Freistaates Sachsen durch das Statistische Landesamt des Freistaates Sachsen (StLA). Hierzu gehören die Veröffentlichungen des StLA sowie die Erhebungsbögen zur Klärschlamm Entsorgung, die durch die Unteren Abfallbehörden bereitgestellt wurden (uAB 2011). Grundlage für Aussagen zur Klärschlammqualität sind die jährlichen Aufbringungspläne des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Als Bezugsjahr wurde das Jahr 2011 gewählt. Tabelle 1 zeigt die im Einzelnen herangezogenen Datenquellen auf.

Tabelle 1: Datengrundlagen und deren Quellen

Daten	Quelle
Klärschlammanfall und Klärschlamm Entsorgungswege im Jahr 2011	■ Lagebericht 2012 zur kommunalen Abwasserbeseitigung und zur Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen (SMUL 2013)
	■ Statistischer Bericht zur Entsorgung von Klärschlamm aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen (StLA 2012a)
	■ Erhebungsbögen der Unteren Abfallbehörden entsprechend § 7 Abs. 7 AbfKlärV
Klärschlammqualität 2011	■ Aufbringungspläne der Jahre 2011 und 2012 des LfULG (LfULG 2012a; LfULG 2013a)
	■ Fragebogen Kläranlagenbetreiber (PICON, 2013a)
Kläranlagenbelastung 2011	■ Datenbank des LfULG (2012b)
	■ Erhebungsbögen der Unteren Abfallbehörden entsprechend § 7 Abs. 7 AbfKlärV
	■ Fragebogen Kläranlagenbetreiber (PICON 2013a)
geplante technologische Veränderungen bis zum Jahr 2025	■ Fragebogen Kläranlagenbetreiber (PICON 2013a)
Sieb-/Rechenrückstände, Sandfangrückstände, Abfälle aus der Kanalreinigung - Anfall und Entsorgungswege im Jahr 2011	■ Fragebogen Kläranlagenbetreiber (PICON 2013a)
	■ einwohnerspezifischer Anfall (DWA-M 369, Entwurf 2013)
Entsorgungskapazitäten	■ Abfragen bei Vertretern der Entsorgungswirtschaft (Vattenfall, LAV Markranstädt GmbH, RETERRA Service GmbH, Wiese Umweltservice GmbH & Co. KG)
	■ Fragebogen öRE (PICON 2013b)

Zur Ergänzung der Datengrundlage erfolgte der Versand eines Fragebogens (PICON 2013a) an alle Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung im Freistaat Sachsen mit Kläranlagen der Größenklasse (GK) 4 und 5. Bei diesen fällt mit 88 % das Gros der sächsischen Klärschlämme an. Folgende Punkte wurden mit dem Fragebogen abgefragt:

- Kläranlagenbelastung und -kapazität

- Technologie und Einsatzstoffe in der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung
- Klärschlammanfall und -qualität
- Anfall an Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung
- Entsorgungswege für die Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung
- voraussichtliche Veränderungen bis zum Jahr 2025 (Belastung, Kapazitäten, Klärschlammbehandlung).

Die Umfrage wurde erforderlich, da Informationen zu den Klärschlammqualitäten nur für den Teil der in Sachsen landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm vorlagen. Diese machen jedoch nur einen geringen Anteil am gesamten Klärschlammanfall aus, sodass auf dieser Basis keine fundierten Prognosen zu den zukünftig nutzbaren Entsorgungswegen möglich waren. Zu den weiteren Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung lagen weder Informationen zum Anfall noch zu den Qualitäten vor.

Informationsgrundlage bildet weiterhin eine Abfrage bei den sächsischen öRE zu deren Möglichkeiten und nutzbaren Kapazitäten zur Verwertung und Beseitigung von Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung (PICON 2013b).

Neben den vorhandenen statistischen Daten und Fragebogenauswertungen entstammen weitere Informationen den Kontakten zu verschiedenen Akteuren der Klärschlamm Entsorgung. Es fanden Gespräche mit Aufgabenträgern der öffentlichen Abwasserbeseitigung wie z. B. Vertretern der Großkläranlagen Chemnitz, Dresden, Leipzig, der Interessengemeinschaft Klärschlamm Entsorgung Westsachsen (Verbund von acht Aufgabenträgern) und Vertretern der Abwasserzweckverbände aus Ostsachsen statt. Im Rahmen dieser Gespräche wurden Informationen zu Klärschlamm mängen und -qualitäten sowie zu geplanten Ausbau- bzw. Modernisierungsmaßnahmen für den Prognosezeitraum bis 2025 verdichtet und außerdem Strategien zur zukünftigen Klärschlamm Entsorgung diskutiert. Im Zusammenhang mit der Ermittlung zukünftig nutzbarer Entsorgungskapazitäten erfolgten ergänzend Gespräche mit Vertretern der Entsorgungswirtschaft (Tabelle 1). Zum Vollzug der geltenden Rechtsvorschriften wurde mit behördlichen Vertretern gesprochen.

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Bei der Entsorgung von Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung sind folgende rechtliche Rahmenbedingungen zu beachten.

Abfallrecht

■ EU-Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG)

- bildet die europarechtliche Grundlage für das deutsche Abfallrecht
- wird in Deutschland durch das KrWG umgesetzt.

■ Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG, 2012)

- bildet die rechtliche Grundlage für die Entsorgung von Abfällen und damit auch von Abfällen aus der Abwasserbehandlung
- fördert die Schonung der natürlichen Ressourcen und sichert den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen (§ 1))

- beinhaltet die Grundsätze der Abfallvermeidung und -bewirtschaftung
- regelt in § 17 die Überlassungspflichten für Abfälle, wonach insbesondere Abfälle aus der Abwasserbeseitigung, die weder verwertet noch in eigenen Anlagen beseitigt werden, soweit sie nicht von der Entsorgung ausgeschlossen sind, dem zuständigen öRE zu überlassen sind.

■ Klärschlammverordnung (AbfKlärV, 1992)

- ist maßgeblich bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen zu berücksichtigen
- enthält Voraussetzungen für das Aufbringen auf landwirtschaftliche Flächen, Aufbringungsverbote und Beschränkungen sowie Anforderungen hinsichtlich der Nachweispflichten,
- Novellierung geplant (Abschnitt 7.1.2).

■ Deponieverordnung (DepV 2009), Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (DepVereinfV 2009), Zweite Verordnung zur Änderung der Deponieverordnung (VÄndDepV 2 2013)

- durch neue Deponieverordnung wesentliche Vereinfachung des Deponierechts
- fasst zahlreiche Regelungen zusammen (z. B. Deponieverordnung 2002, Abfallablagerungsverordnung 2001, Deponieverwertungsverordnung 2005, TA Abfall und die TA Siedlungsabfall [LUBW 2012])
- gilt u. a. für die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und die Nachsorge von Deponien (Teil 1, § 1 DepV) sowie die Behandlung von Abfällen zum Zwecke der Ablagerung bzw. des Einsatzes zur Verwertung von Deponieersatzbaustoffen
- regelt Ausnahme von der Nachweispflicht bei Aschen aus der Klärschlamm-Monoverbrennung, die nicht gemeinsam und ohne Vermischung mit anderen Abfällen zum Zwecke einer späteren Rückgewinnung des Phosphors in einem Langzeitlager gelagert werden (Teil 5, § 23 Abs. 6 DepV).

Düngerecht

■ EG-Düngemittelverordnung (2003/2003/EG)

- Geltungsbereich derzeit nur für mineralische Dünger; soll mit Novellierung der Verordnung verändert werden (Abschnitt 7.1.1).

■ Düngegesetz (DüngG, 2009)

- dient zur Umsetzung und Durchführung des EU-Rechts v. a. bzgl. des Verkehrs mit Düngemitteln sowie ihrer Anwendung
- Grundlage für den Einsatz von Stoffen zur Ernährung von Nutzpflanzen, zur Verbesserung der Fruchtbarkeit des Bodens und zur Vorbeugung gegen Gefahren für Mensch, Tier und Naturhaushalt (§ 1 DüngG).

■ Düngemittelverordnung (DüMV, 2012)

- gilt für das Inverkehrbringen von Düngemitteln, die nicht als EG-Düngemittel bezeichnet sind, sowie von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (§ 2 Abs. 1 DüMV)

- uneingeschränkte Gültigkeit der Schadstoffgrenzwerte für das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln ab dem Jahr 2015 auch für Klärschlamm und Bioabfall
- nach aktuellem Stand ab 2017 Verbot des Einsatzes von Klärschlamm als Düngemittel, wenn dieser mit synthetischen Polymeren behandelt wurde (Abschnitt 6.2.1).

■ **Düngeverordnung (DüV, 2006)**

- Anwendungsgrundsätze für Düngemittel – gute fachliche Praxis beim Düngen
- Umsetzung der EU-Nitrat-Richtlinie
- Novellierung vorgesehen (Abschnitt 7.1.1).

Bodenschutzrecht

■ **Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG 1998), Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999)**

- sollen „nachhaltig die Funktion des Bodens sichern“ und die Beeinträchtigung seiner natürlichen Funktion so weit wie möglich ausschließen
- gelten für bodenbezogene Verwertung außerhalb von landwirtschaftlichen Flächen.
- gelten für bodenbezogene Verwertung auf landwirtschaftlichen Flächen, sofern diese nicht über AbfKlÄV und Düngerecht geregelt sind.

Immissionsschutzrecht

■ **Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen) (17. BImSchV 2013)**

- gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen, die nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes genehmigungsbedürftig sind.

Zu den in Abhängigkeit vom konkreten Entsorgungsweg geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen wird auf Kapitel 6 für Klärschlamm und auf Kapitel 8 für Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung verwiesen. Zu erwartende, aber noch nicht geltende rechtliche Veränderungen sowie politische Entwicklungen sind unter Abschnitt 7.1 dargestellt.

3 Klärschlammanfall, Klärschlammqualität und Klärschlammmentsorgung im Jahr 2011

3.1 Klärschlammanfall

Der Klärschlammanfall im Freistaat Sachsen ist seit dem Jahr 2006 abnehmend. In den Jahren zwischen 2006 und 2011 betrug der Rückgang durchschnittlich 3,4 % jährlich (Abbildung 1). Im Jahr 2011 lag der Klärschlammanfall aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen bei insgesamt 89.513 t TM (StLA 2012a).

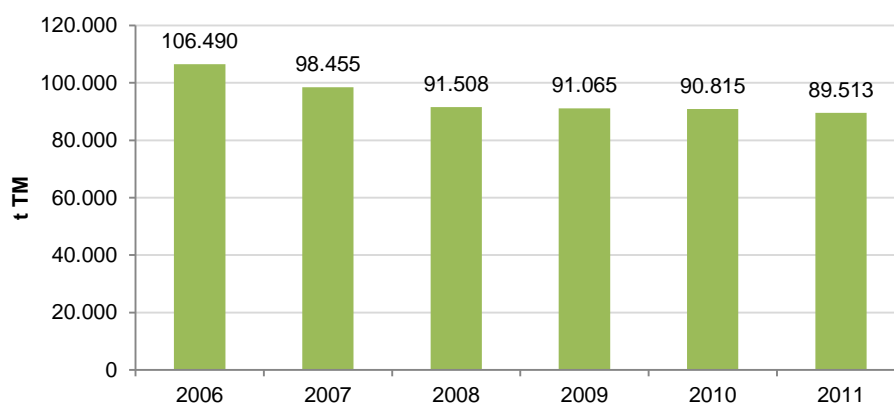


Abbildung 1: Klärschlammfall aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen 2006 bis 2011 (StLA 2012a)

Mit 22 % hatte die kreisfreie Stadt Dresden im Jahr 2011 den größten Anteil am Klärschlammfall im Freistaat Sachsen. Danach folgen die kreisfreie Stadt Leipzig mit 10 % sowie die Landkreise Mittelsachsen, Zwickau und Bautzen mit jeweils 9 %. Die geringsten Klärschlammengen fielen im Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge (SOE) mit 2 % an (Abbildung 2).

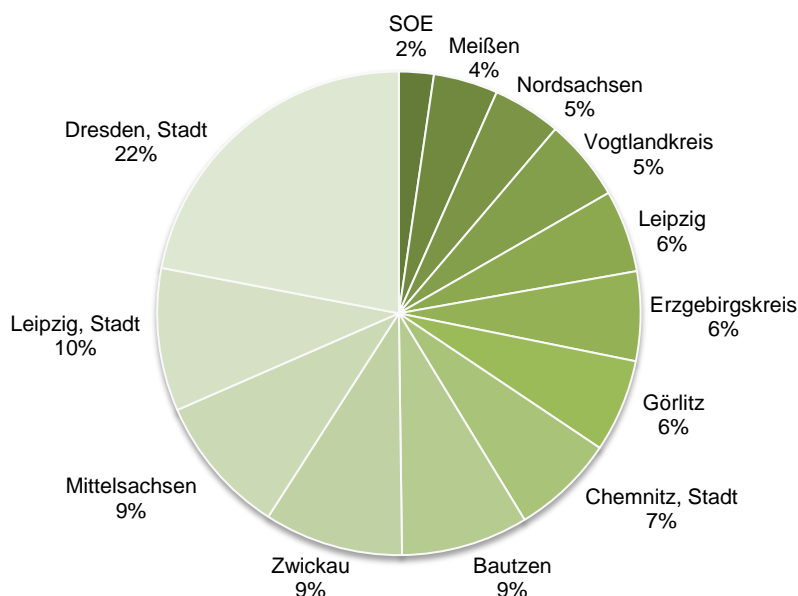


Abbildung 2: Klärschlammanfall in Sachsen nach Landkreisen und kreisfreien Städten (StLA 2012a)

Der aus dem Gesamtklärschlammanfall und den angeschlossenen Einwohnerwerten resultierende spezifische Klärschlammanfall lag im Jahr 2011 zwischen 37 g/(EW·d) und 73 g/(EW·d) und im Mittel bei 52 g/(EW·d) (Tabelle 2).

Tabelle 2: Absoluter und spezifischer Klärschlammanfall 2011 nach Landkreisen und kreisfreien Städten (StLA 2012a)

Landkreis, kreisfreie Stadt	Klärschlammanfall	
	in t TM/a	in g/(EW·d)
Chemnitz, Stadt	6.176	65
Erzgebirgskreis	5.351	42
Mittelsachsen	8.388	50
Vogtlandkreis	4.916	48
Zwickau	8.317	57
Dresden, Stadt	19.681	73
Bautzen	7.608	49
Görlitz	5.562	45
Meißen	3.854	37
Sächsische Schweiz-Osterzgebirge	2.083	44
Leipzig, Stadt	8.555	42
Leipzig	4.923	51
Nordsachsen	4.099	49
Sachsen	89.513	52

Von den 708 öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen in Sachsen verfügen 471 mit jeweils weniger als 1.000 Einwohnerwerten über eine relativ geringe Kapazität (GK 1). Der Anteil am Gesamtklärschlammanfall beträgt mit 1.600 t TM knapp 2 %. Der Klärschlammanfall der Kläranlagen mit größer als 10.000 EW liegt bei 88 % des sächsischen Gesamtklärschlammanfalls (StLA 2012a).

Bei den Kläranlagen mit mehr als 100.000 Einwohnerwerten (GK 5) weisen die Kläranlage Dresden-Kaditz, gefolgt von den Kläranlagen Leipzig-Rosental und Chemnitz-Heinersdorf den größten Klärschlammanfall auf (PICON 2013a; vgl. Abbildung 3).

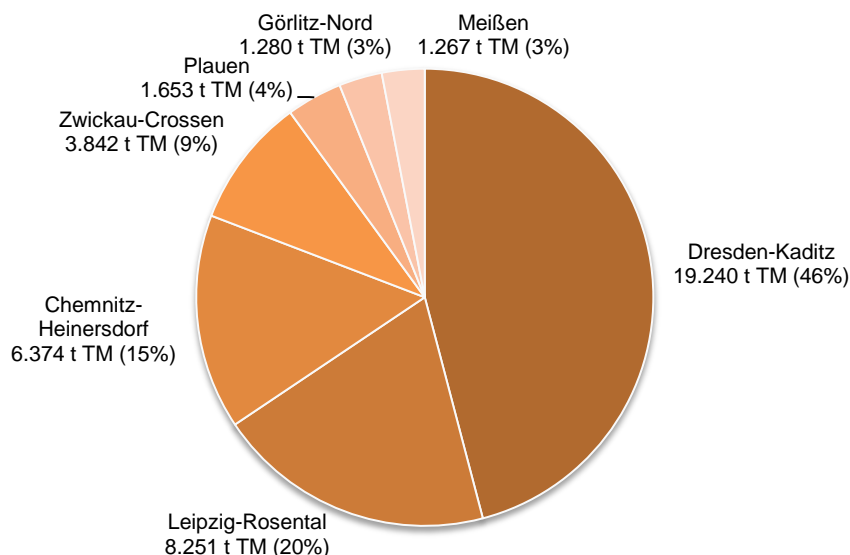


Abbildung 3: Klärschlammanfall der Kläranlagen der Größenklasse 5 im Jahr 2011 (PICON 2013a)

Grund für den trotz ähnlicher Kläranlagenbelastung wesentlich höheren Klärschlammanfall der Kläranlage Dresden-Kaditz gegenüber der Kläranlage Leipzig-Rosental sind die bis zum Jahr 2011 eingesetzten unterschiedlichen Schlammbehandlungstechnologien. Während in der Kläranlage Leipzig-Rosental seit 2008 eine Faulung des Schlammes und damit eine wesentliche Schlammreduzierung erfolgt, wurde die Schlammstabilisierung auf der Kläranlage Dresden-Kaditz mittels Kalkung und Trocknung erst Ende 2011 durch eine anaerobe Stabilisierung abgelöst.

Fäkalschlämme aus Kleinkläranlagen und Fäkalien aus abflusslosen Gruben

Einwohner, die nicht an öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen sind, haben ihr Abwasser in Kleinkläranlagen zu behandeln oder in abflusslosen Gruben zu fassen. Nach Arbeitsblatt DWA-A 280 (2006) beträgt der Fäkalschlammanfall zwischen 0,3 und 2,0 m³/(E·a), sodass im Jahr 2010 zwischen 95.000 m³ und 631.000 m³ Fäkalschlamm angefallen sind (s. S. 20). Der durchschnittliche TM-Gehalt beträgt in der Regel maximal 1 %.

Fäkalschlämme aus Kleinkläranlagen und Fäkalien aus abflusslosen Gruben werden in der Regel zur weiteren Behandlung Kläranlagen des Einzugsgebietes angedient. Die von öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen erfassten Daten zum Klärschlammanfall im Freistaat Sachsen beinhalten demzufolge auch die mitbehandelten Fäkalien und Fäkalschlämme.

3.2 Klärschlammqualität

In Sachsen erfolgt derzeit keine umfassende Erhebung der Qualitäten sächsischer Klärschlämme. Einzige Informationsbasis sind hierzu die Aufbringungspläne des LfULG, in denen entsprechend AbfKlärV ausschließlich die Qualitäten landwirtschaftlich verwerteter Klärschlämme und Klärschlammkomposte erfasst werden. Nachstehende Aussagen zu den Qualitäten sächsischer Klärschlämme beruhen daher auf Informationen der Aufbringungspläne, ergänzt durch Ergebnisse der in Abschnitt 2.1 dargestellten Umfrage (PICON 2013a).

Schwermetalle und organische Schadstoffe

Insgesamt lagen nach Auswertung der Fragebögen (PICON 2013a) für 78 % der Klärschlämme Angaben zur Qualität im Jahr 2011 vor. Davon hielten 4 % nicht die Grenzwerte der AbfKlärV ein. Dabei verursachten Cadmium und adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) die Grenzwertüberschreitungen.

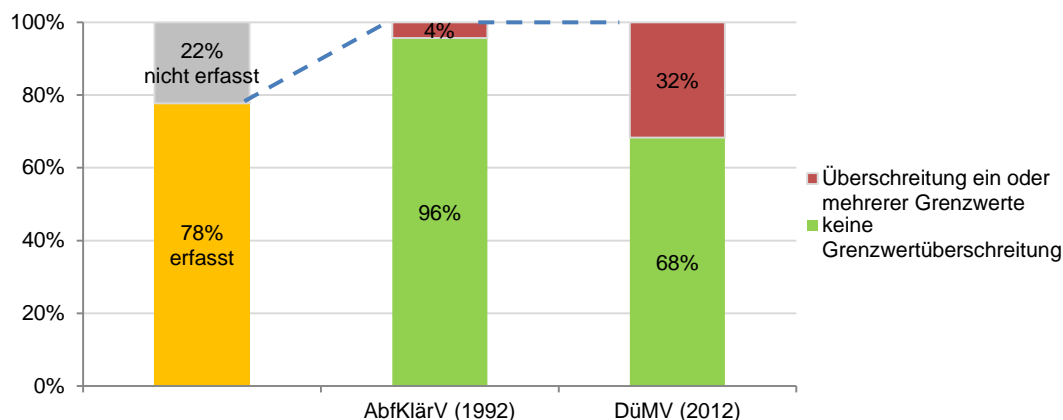


Abbildung 4: Grenzwertüberschreitungen in Bezug auf AbfKlärV und DüMV im Jahr 2011 (PICON 2013a)

In Bezug auf die Werte der DüMV ist festzustellen, dass 32 % der Klärschlämme die ab 01.01.2015 geltenden Anforderungen der DüMV überschritten (Abbildung 4). Bei 26 % der Klärschlämme kam es durch Cadmium zu einer Grenzwertüberschreitung nach DüMV, 7 % der Klärschlämme überschritten den Grenzwert für Quecksilber. In wenigen Fällen kam es zu einer Überschreitung der Schadstoffe Blei, Nickel und PFT (Tabelle 3).

Tabelle 3: Mengen der im Jahr 2011 erfassten Klärschlämme mit Überschreitung der ab 01.01.2015 gültigen Grenzwerte der DüMV (PICON 2013a)

	Cd	Pb	Hg	Ni	PFT
Grenzwert DüMV in mg/kg TM	1,5	150	1,0	80	0,1
Klärschlammmenge mit Grenzwertüberschreitung nach DüMV in t TM	18.107	1.174	4.910	1.429	508

Phosphorgehalt

Für die Novellierung der AbfKlärV steht eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in der Diskussion. Laut BERGS (2014c) soll diese zukünftig ab Phosphorgehalten von 20 kg P/t TM erforderlich werden (vgl. Abschnitt 7.1.2).

Nach Auswertung der Fragebögen (PICON 2013a) weisen 86 % der erfassten Klärschlämme einen mittleren Phosphorgehalt von größer gleich 20 kg P/t TM auf. Davon wären ca. drei Viertel der sächsischen Kläranlagen betroffen (Abbildung 5).

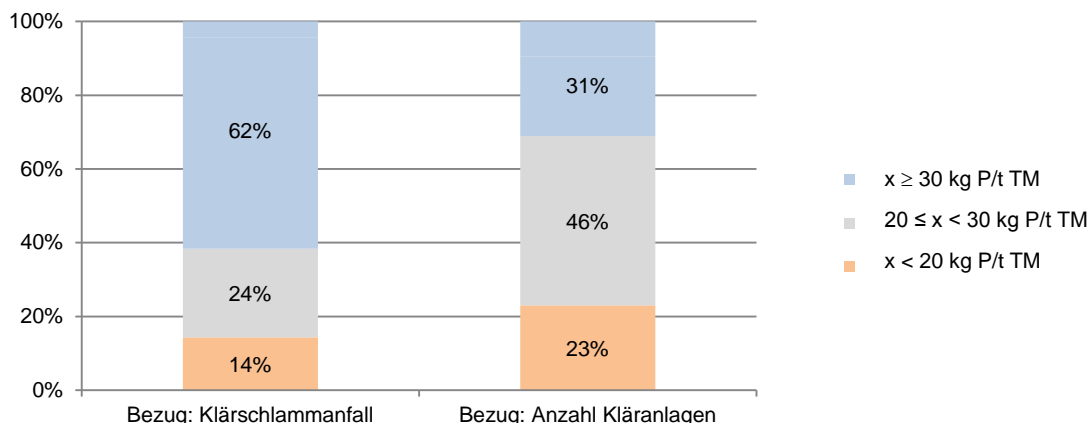


Abbildung 5: Phosphorgehalte sächsischer Klärschlämme (PICON 2013a; n = 74 Kläranlagen)

Klärschlämme von Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 weisen höhere Phosphorkonzentrationen auf als Kläranlagen der Größenklasse 2 und 3 (Abbildung 6). Im Unterschied zu den Größenklassen 1 bis 3 enthält die Abwasserverordnung (AbwV 1997) für die Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5 höhere Anforderungen an das gereinigte Abwasser. U. a. enthält sie auch Grenzwerte für Phosphor bei der Einleitung des gereinigten Abwassers ins Gewässer. Die Maßnahmen zur Phosphoreliminierung aus dem Abwasser führen zwangsläufig zu einer Erhöhung der Phosphorkonzentration im Klärschlamm.

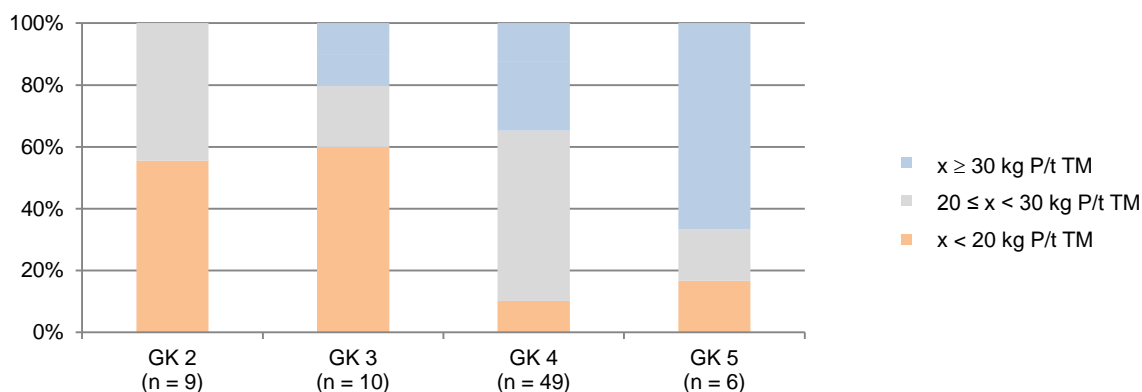


Abbildung 6: Phosphorgehalte sächsischer Klärschlämme, geordnet nach Größenklassen (PICON 2013a; n = 74 Kläranlagen)

Aussagen zu Phosphorbilanzen in Sachsen und zu Auswirkungen bei Nutzung des im Abwasser und Klärschlamm enthaltenen Phosphorpotenzials sind unter Abschnitt 6.2.2 dargestellt.

3.3 Klärschlamm Entsorgung

Für die Klärschlamm Entsorgung wurden im Jahr 2011 folgende Entsorgungswege genutzt (SMUL 2013):

- Stoffliche Verwertung (s. a. Abschnitt 6)
 - Landwirtschaft
 - Kompostierung
 - Rekultivierung, Landschaftsbau
 - sonstige stoffliche Verwertung (z. B. Erzeugung von Sekundärrohstoffdünger)
- Thermische Behandlung (Mitverbrennung) (s. a. Abschnitt 6)
- Zwischenlagerung
- Export in andere Bundesländer.

Zur Kompostierung ist anzumerken, dass im Rahmen der Erhebungen durch das Statistische Bundesamt (STBA) sowie durch das StLA der Behandlungsschritt der Kompostierung unter dem Entsorgungsweg „Landschaftsbauliche Maßnahmen“ mit dem Einsatz bei der Rekultivierung zusammengefasst wird. Die Aufbringungspläne des LfULG zeigen, dass Klärschlammkomposte auch landwirtschaftlich verwertet werden. In den Jahren 2008 bis 2011 betrug der Anteil der eingesetzten Klärschlammkomposte zwischen 1 % und 6 % der im Freistaat Sachsen landwirtschaftlich ausgebrachten Klärschlammprodukte. Gespräche mit Klärschlamm Entsorgern (Tabelle 1) verdeutlichten zudem, dass aus Sachsen exportierte Klärschlammkomposte in anderen Bundesländern zu einem großen Anteil landwirtschaftlich verwertet werden.

Wie groß der Anteil der Klärschlämme ist, die in Kompostierungsanlagen zwischenbehandelt worden sind, ist im „Lagebericht zur kommunalen Abwasserbeseitigung und zur Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen“ dargestellt (SMUL 2013). Demnach wurden im Jahr 2011 28 % des sächsischen Klärschlammaufkommens im Freistaat Sachsen kompostiert (Abbildung 7).

Die prozentualen Anteile der anderen genannten Entsorgungswege sind bezogen auf das Klärschlammaufkommen ebenfalls in Abbildung 7 dargestellt.

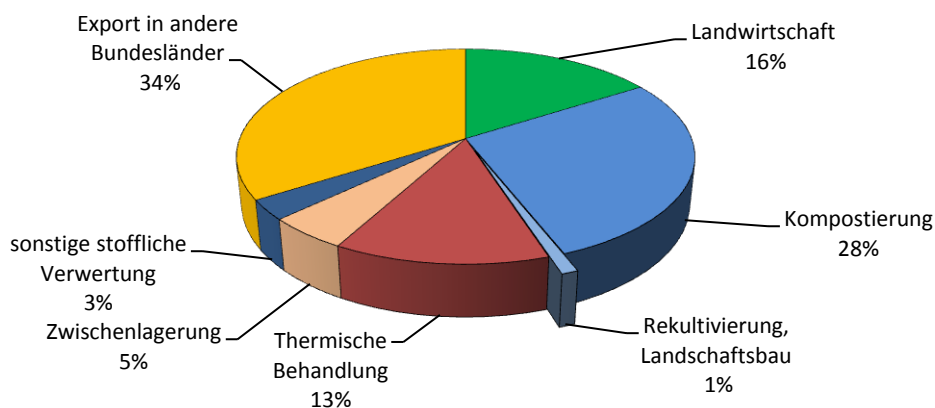


Abbildung 7: Entsorgungswege sächsischer Klärschlämme, bezogen auf das Klärschlammaufkommen 2011 (SMUL 2013)

Die Bedeutung der bodenbezogenen Verwertung für den Freistaat Sachsen wird bei der Darstellung der Klärschlamm Entsorgung im Bericht des StLA (2012a) noch deutlicher erkennbar. Bei der Darstellung entsprechend der amtlichen Statistik wird die in andere Bundesländer exportierte Klärschlammmenge den verschiedenen Entsorgungswegen zugeordnet.

Unter Berücksichtigung der Entsorgungswege der exportierten Klärschlämme wurden im Jahr 2011 insgesamt 83 % der Klärschlämme bodenbezogen verwertet und 17 % thermisch entsorgt (StLA 2012a). Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt ergeben sich damit für Sachsen deutliche Unterschiede (vgl. Abbildung 8). Bundesweit wurde in den Jahren 2010 und 2011 mehr als die Hälfte der Klärschlämme thermisch entsorgt (StBA 2014).

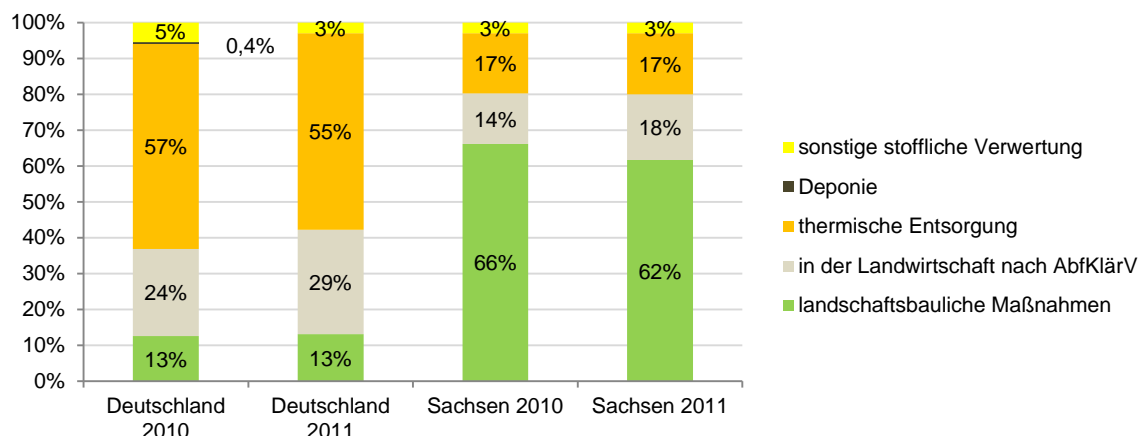


Abbildung 8: Klärschlamm Entsorgung 2010 und 2011 im Freistaat Sachsen (StLA 2012a) und in Deutschland (StBA 2014)

Die Verwertung in der Landwirtschaft ist in den sächsischen Landkreisen und kreisfreien Städten unterschiedlich stark ausgeprägt. In den Landkreisen Mittelsachsen und Bautzen lag der Mengenanteil der landwirtschaftlichen Verwertung bei lediglich knapp 0,3 %; in der Kreisfreien Stadt Chemnitz jedoch bei 58 % und im Landkreis Zwickau bei fast 66 %. Die landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme der Kreisfreien Stadt Chemnitz und des Landkreises Zwickau machten damit einen Anteil von fast 60 % aller sächsischen Klärschlämme aus, die in der Landwirtschaft verwertet wurden. Zwischen dem Jahr 2006 und 2011 ist der Anteil der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung um 13 %-Punkte angestiegen (Abbildung 9) (StLA 2012a).

Ein weiterer signifikanter Anstieg war in den Jahren 2006 bis 2010 bei der thermischen Entsorgung zu verzeichnen. Ihr Anteil an der Entsorgung von Klärschlamm hat sich bis 2009 auf 20 % verdoppelt. Im Jahr 2010 ist dieser Anteil wieder auf 17 % zurückgegangen und dort auch im Jahr 2011 verblieben.

Entgegen der angestiegenen Nutzung des Verwertungsweges Landwirtschaft und der thermischen Entsorgung ist die Verwertung im Landschaftsbau zwischen 2006 und 2011 um rund ein Viertel zurückgegangen.

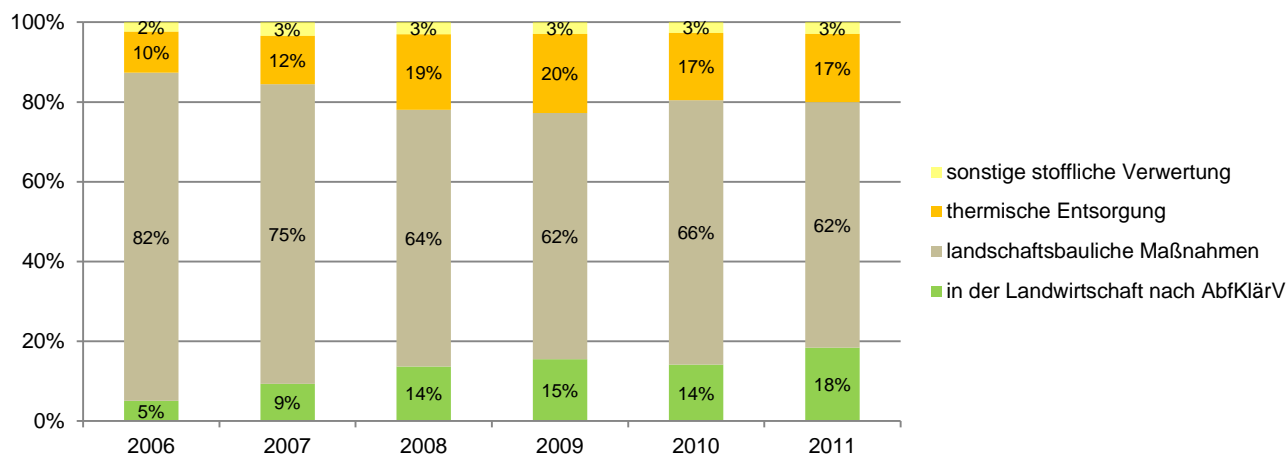


Abbildung 9: Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen 2006 bis 2011 (StLA 2012a)

Die im Jahr 2011 von sächsischen Kläranlagen der Größenklasse 5 genutzten Entsorgungswege für Klärschlämme zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Klärschlamm Entsorgung der Kläranlagen der Größenklasse 5 im Jahr 2011 (PICON 2013a)

Kläranlage	Klärschlamm-anfall 2011	Entsorgungsweg	Entsorgung im Bundesland	Entsorger/Makler
Dresden-Kaditz	36.489 t OS	89 % Landschaftsbau 3 % Landwirtschaft 8 % thermische Entsorgung	Sachsen (13%), Brandenburg, Thüringen, Sachsen-Anhalt	LAV Markranstädt GmbH
Leipzig-Rosental	33.002 t OS	46 % Kompostierung mit anschließender Verwertung in Landschaftsbau/Landwirtschaft 36 % direkte landwirtschaftliche Verwertung 18 % thermische Entsorgung	Sachsen (5 %), Sachsen-Anhalt (95 %) Sachsen (90 %), Sachsen-Anhalt (10 %) Sachsen (100 %)	LAV Markranstädt GmbH
Chemnitz-Heinersdorf	18.212 t OS	100 % stoffliche Verwertung (LW/LB)	Sachsen und Sachsen-Anhalt	LAV Markranstädt GmbH
Zwickau-Crossen	11.679 t OS	100 % landwirtschaftliche Verwertung	Sachsen	LAV Markranstädt GmbH
Plauen	6.887 t OS	100 % thermische Entsorgung	Thüringen (Kraftwerk Mummsdorf)	LAV Markranstädt GmbH
Görlitz-Nord	4.866 t OS	33 % stoffliche Verwertung (LW/LB) 67 % thermische Entsorgung	Brandenburg (Bärenbrück) Sachsen (Kraftwerk Boxberg)	REMONDIS
Meißen	4.871 t OS	100 % Landschaftsbau	Sachsen	Rekultivierung und Recycling Borna GmbH

4 Prognose zum Klärschlammanfall

4.1 Methodik

Die Prognose der zukünftig anfallenden Klärschlammmengen erfolgte über den einwohnerspezifischen Klärschlammanfall. Dieser wurde zunächst für jede Kläranlage als Quotient aus Klärschlammanfall und angeschlossenen Einwohnerwerten für das Jahr 2011 ermittelt. Soweit hierzu keine Daten vorlagen, wurde für die jeweilige Kläranlage ein durchschnittlicher einwohnerspezifischer Klärschlammanfall von 50 g TM/(EW·d) angesetzt.

Für die Prognose des Klärschlammanfalls wurden zu erwartende technologische Veränderungen auf den Kläranlagen, beispielsweise die Umstellung auf anaerobe Schlammstabilisierung, durch Anpassung des einwohnerspezifischen Anfalls berücksichtigt. Durch Multiplikation mit den zukünftig zu erwartenden angeschlossenen Einwohnerwerten wurde der Prognosewert für den Klärschlammanfall für die Jahre 2020 und 2025 ermittelt.

4.2 Einflussfaktoren auf den Klärschlammanfall

4.2.1 Belastung der Kläranlagen

Die Belastung der Kläranlage (EW) ist maßgeblich von der Anzahl der angeschlossenen Einwohner (E) sowie der Belastung durch industrielle oder gewerbliche Indirekteinleiter (EGW) abhängig. Der Anteil der angeschlossenen Einwohner ist dabei abhängig vom Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserbehandlung sowie von der Bevölkerungsentwicklung.

Anschlussgrad der Einwohner

Im Jahr 2010 betrug die Zahl der an öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossenen Einwohner 3,6 Mio. Bei einer Bevölkerungszahl von 4,1 Mio. Einwohnern betrug der Anschlussgrad demnach 87 % (StLA 2011b). Im Vergleich zu den Vorjahren ist der Anschlussgrad weiter gestiegen (vgl. Abbildung 10).

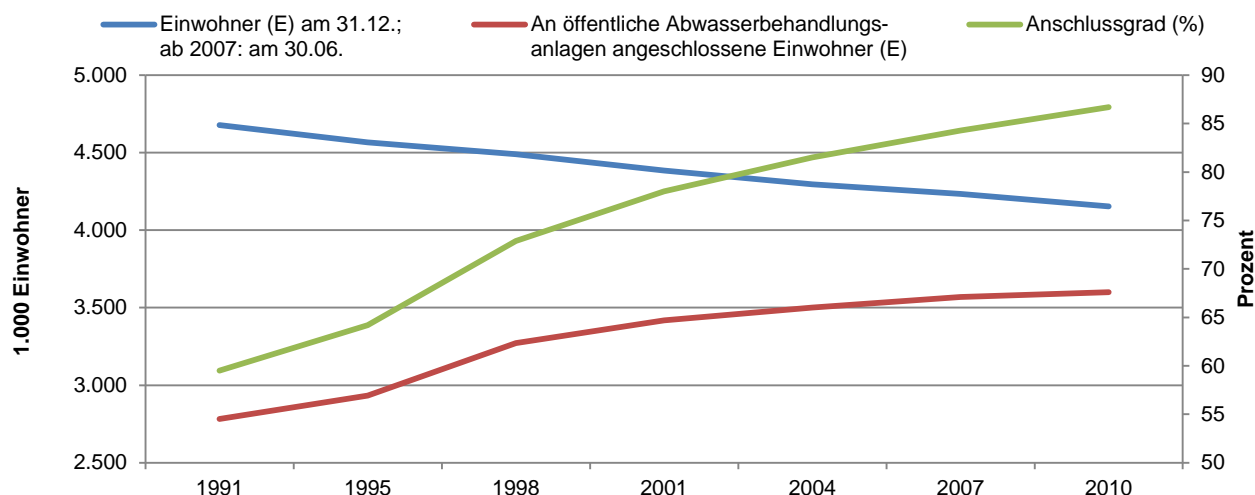


Abbildung 10: Entwicklung des Anschlussgrades an öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen zwischen 1991 und 2010 (StLA 2011b)

Aufgrund des weitgehend abgeschlossenen Ausbaus der Kläranlagen und des Kanalnetzes ist nicht von einer weiteren signifikanten Erhöhung des Anschlussgrades auszugehen. Es wird eingeschätzt, dass der Anteil der dauerhaft über Kleinkläranlagen dezentral entsorgten Einwohner zukünftig ca. 10 % der Gesamtbevölkerung beträgt, sodass perspektivisch von einer Erhöhung des Anschlussgrades an öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen von 87 % auf maximal 90 % auszugehen ist.

Die Behandlung der in Kleinkläranlagen und abflusslosen Gruben anfallenden Fäkalschlämme und Fäkalien erfolgt in der Regel auf kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 (DWA-A 280 2006). Dementsprechend werden in der Bilanz dieser Kläranlagen die an Kleinkläranlagen oder abflusslose Gruben angeschlossenen Einwohner mit erfasst. Eine Erhöhung des Anschlussgrades und ein damit verbundener Rückgang bei den Fäkalschlämmen und Fäkalien bewirken demzufolge keine relevanten Veränderungen beim Gesamtklärschlammanfall.

Bevölkerungsentwicklung

Nach den Ergebnissen der 5. Regionalisierten Bevölkerungsprognose (StLA 2012b) werden sinkende Bevölkerungszahlen in allen Landkreisen und der kreisfreien Stadt Chemnitz erwartet. Für den Freistaat Sachsen insgesamt wird bis zum Jahr 2025 gegenüber dem Jahr 2012 mit einem Bevölkerungsrückgang von 8 % gerechnet. Lediglich in den kreisfreien Städten Dresden und Leipzig werden Zuwächse erwartet (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Bevölkerungsprognose der Landkreise und kreisfreien Städte des Freistaates Sachsen für 2020 und 2025 (StLA 2012b)

Entwicklung industrieller und gewerblicher Einleiter

Zur Entwicklung der an die kommunalen Kläranlagen angeschlossenen industriellen und gewerblichen Indirekteinleiter lagen keine umfassenden Informationen vor. Mit der durchgeführten Umfrage (PICON, 2013a) konnten vereinzelt anstehende Änderungen im Einzugsgebiet der Kläranlagen erfasst werden (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bekannte Belastungsänderungen durch industrielle/gewerbliche Einleiter im Einzugsgebiet sächsischer Kläranlagen

Kläranlage	Veränderung der Belastung	Zeitpunkt
Kläranlage „ABA II Schwarze Pumpe“	Kapazitätserweiterung von 4.000 EW auf 73.300 EW (maßgeblich verursacht durch Mitbehandlung von Industrieabwasser des Industrieparks Schwarze Pumpe)	2013
Kläranlage Freiberg	Anstieg der Belastung durch Erhöhung industrieller/gewerblicher Einleitungen 85.000 EW 90.000 EW	2020 2025
Kläranlage Hohentanne	Ausbau von 30.000 EW auf 45.000 EW (durch Erhöhung des Anschlusses industrieller/gewerblicher Einleiter, wie z. B. Galvanik, Solarindustrie, Wäschereien)	bis 2025
Kläranlage Penig	Ausbau von 9.000 EW auf 40.000 EW (Anschluss Papierfabrik und Molkerei)	2014/2015

4.2.2 Technologie der Abwasser- und Schlammbehandlung

Als maßgebliche Einflussfaktoren auf den Klärschlammanfall im Zusammenhang mit der Behandlungstechnologie sind zu nennen:

- die Regenwasserbehandlungsmaßnahmen in der angeschlossenen Kanalisation
- der Wirkungsgrad der mechanischen Vorreinigung
- das Verfahren und das Reinigungsziel der Biologie
- der Umfang der Maßnahmen zur Nährstoffelimination
- die Art der Schlammbehandlung
- die Einführung einer vierten Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination
- die Annahme von Co-Substraten bei vorhandener Faulung sowie
- die Betriebsführung der Kläranlage

Aus den Anforderungen an die Abwasserreinigung resultieren Maßnahmen zur Abwasserbehandlung, die unter Berücksichtigung vorgenannter Einflussfaktoren wesentliche Auswirkungen auf die Menge, die Schlammeigenschaften und die Behandlung des Klärschlammes haben. So bewirken Maßnahmen zur weitergehenden Stickstoffelimination eine Verringerung der Schlammproduktion (Primär- und Sekundärschlamm). Dem steht eine Erhöhung der Schlammproduktion entgegen, die durch die Zugabe von Fällungsmitteln bei der Phosphatfällung oder einer nachgeschalteten Flockungsfiltration und den dadurch verursachten Schlammanfall (Tertiärschlamm) verursacht wird. Eine maßgebliche Erhöhung des Klärschlammanfalls kann auch aus dem Einsatz von Kalk zur Klärschlammkonditionierung resultieren.

Im Rahmen der Umfrage (PICON 2013a) wurden zu erwartende bzw. nach dem Jahr 2011 wirksam gewordene technologische Veränderungen einzelner Kläranlagen erfasst. Diese sind für die Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Technologische Veränderungen sächsischer Kläranlagen und deren Einfluss auf den Klärschlammanfall

Kläranlage	technologische Veränderung	Zeitpunkt	Einfluss auf Klärschlammanfall
GK 5			
Kläranlage Dresden-Kaditz	Umstellung von Schlammkalkung und -trocknung (bis 2011) auf Faulung	2012/2013	Reduzierung des Schlammanfalls um ein Drittel 2011: 71 g TM/(EW·d) zukünftig: 45 g TM/(EW·d)
Kläranlage Zwickau-Crossen	Umstellung der Schlammkonditionierung von Weißkalk/Eisen(III)-chlorid auf Polymer	2014	Reduzierung um ca. 1.200 t /a Kalk 2011: 73 g TM/(EW·d) zukünftig: 53 g TM/(EW·d)
GK 4			
Kläranlage Schwarzenberg	Umstellung von kalter Faulung auf mesophile Faulung, Entwässerung über Dekanter geplant	2014	Reduzierung des Schlammanfalls um ca. ein Viertel 2011: 40 g TM/(EW·d) zukünftig: 32 g TM/(EW·d)
Kläranlage Zittau	Wiederinbetriebnahme der Faulung nach Hochwasserschaden 2010	2013	Reduzierung des Schlammanfalls auf ca. 33 g TM/(EW·d)

4.3 Prognose für die Jahre 2020 und 2025

Klärschlammanfall

Unter Berücksichtigung der im Abschnitt 4.1 erläuterten Einflussfaktoren ist gegenüber dem Jahr 2011 mit einer Reduzierung des Klärschlammanfalls bis 2025 um 13 % zu rechnen (vgl. Abbildung 12). Damit ergibt sich für das Prognosejahr 2025 ein Klärschlammanfall von 77.700 t TM.

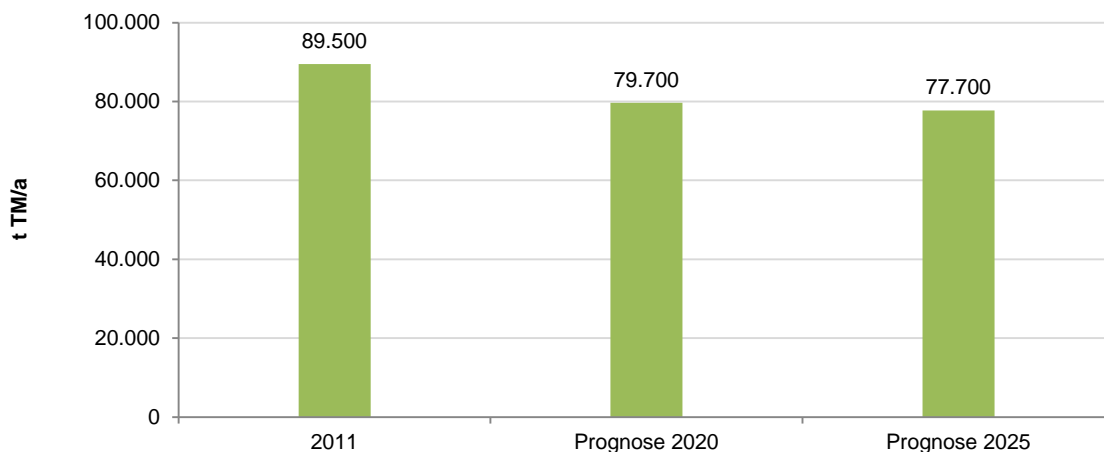


Abbildung 12: Klärschlammanfall 2011 und Prognose für die Jahre 2020 und 2025

Welche mengenmäßigen Entwicklungen in den einzelnen Landkreisen und kreisfreien Städten zu erwarten sind, ist in Abbildung 13 dargestellt.

Der gegenüber dem Jahr 2011 zu erwartende Anstieg des Klärschlammanfalls im Landkreis Bautzen resultiert im Wesentlichen aus der Inbetriebnahme der Kläranlage ABA II Schwarze Pumpe, die sich in kommunaler Trägerschaft befindet, jedoch überwiegend industrielles Abwasser reinigt.

Die im Abschnitt 4.2.2 aufgeführten technologischen Veränderungen auf den Kläranlagen Zwickau und Dresden-Kaditz führen zu einem starken Rückgang des Klärschlammanfalls bis 2020 bzw. 2025.

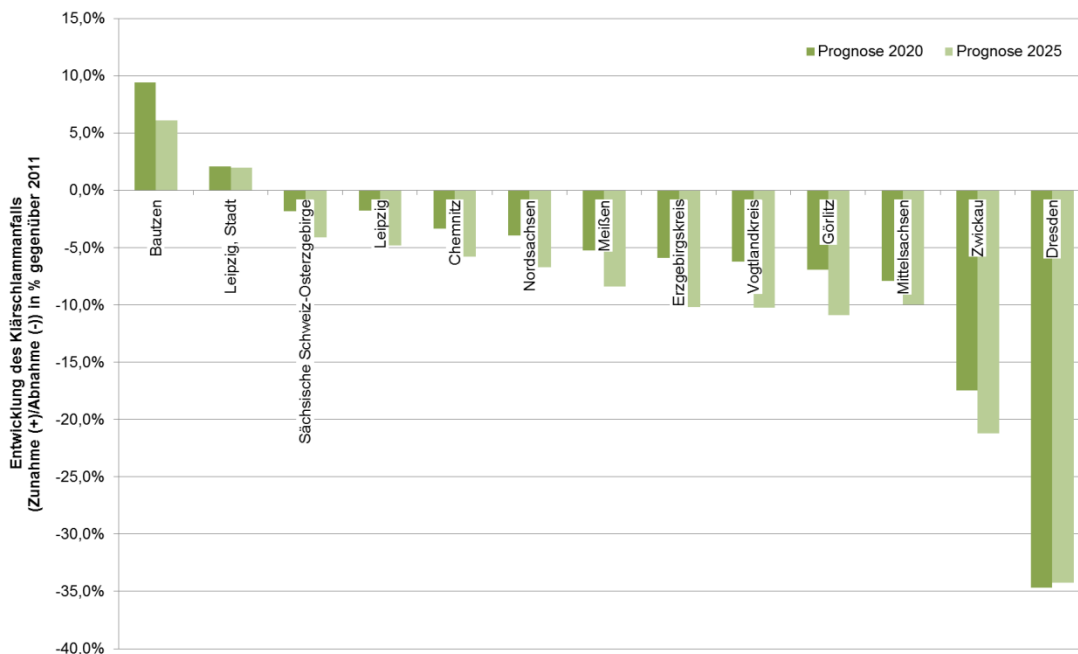


Abbildung 13: Entwicklung des Klärschlammanfalls in den Landkreisen und kreisfreien Städten für die Jahre 2020 und 2025

5 Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung – Anfall und Entsorgung

5.1 Methodik

Zu den im Jahr 2011 angefallenen Mengen an Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung liegen nur für die im Rahmen der Umfrage (PICON 2013a) erfassten Kläranlagen Angaben zur Entsorgung vor.

Für Kläranlagen, zu denen unzureichend bzw. keine Angaben vorlagen, wurde der Anfall über einwohnerspezifische Werte ermittelt. Aus der zukünftigen angeschlossenen Bevölkerungszahl sowie dem einwohnerspezifischen Abfallanfall wurden die anfallenden Abfallmengen für die Prognosejahre 2020 und 2025 bestimmt.

5.2 Einwohnerspezifischer Anfall

5.2.1 Sieb- und Rechenrückstände

Der Anfall von Sieb- und Rechenrückständen kann sehr stark zwischen einzelnen Kläranlagen schwanken, da dieser durch folgende Faktoren wesentlich beeinflusst wird:

- Siedlungsstruktur und topografische Verhältnisse des Einzugsgebietes
- Art und Länge des Entwässerungssystems
- Art und Menge von eingeleitetem Gewerbe- und Industrieabwasser
- Anlagentechnik und Betriebsweise der Anlagen zur Feststoffabscheidung (DWA-M 369, Entwurf 2013)

Auf Grundlage der erfassten Mengenangaben an Sieb- und Rechenrückständen (PICON 2013a) und den an die Kläranlage angeschlossenen Einwohnern wurde der spezifische Anfall jeder Kläranlage ermittelt (Tabelle 7). Dabei ergab sich eine Spannweite (25 %- bzw. 75 %-Quantil) zwischen 0,3 kg TM/(E·a) und 1,0 kg TM/(E·a). Der Median lag im Jahr 2011 bei 0,6 kg TM/(E·a) bzw. bei 2,6 kg OS/(E·a) für entwässerte Sieb- und Rechenrückstände.

Tabelle 7: Einwohnerspezifischer Anfall von Sieb- und Rechenrückständen (PICON 2013a)

	Einwohnerspezifischer Anfall von Sieb- und Rechenrückständen			
	kg OS/(E·a)		kg TM/(E·a)	
	2011	2012	2011	2012
Anzahl n	77	77	29	29
25 % Quantil	1,4	1,3	0,3	0,3
75 % Quantil	3,9	4,1	1,0	1,1
Mittelwert	3,3	3,1	0,8	0,7
Mittelwert _{gewichtet}	2,4	2,4	0,6	0,6
Median	2,6	2,5	0,6	0,5

Die ermittelten Werte korrespondieren mit dem bundesdeutschen Durchschnitt. Dieser beträgt bei einer Bevölkerungszahl von rund 80 Mio. und einer im Jahr 2011 in Abfallentsorgungsanlagen entsorgten Menge an Sieb- und Rechenrückständen von 151.800 t OS (StBA 2011) mit einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 30 % (DWA-M 369, Entwurf 2013) ca. 0,6 kg TM/(E·a).

5.2.2 Sandfangrückstände

Der Anfall an Sandfangrückständen wird insbesondere durch folgende Einflussgrößen bestimmt:

- geologische Verhältnisse im Einzugsgebiet
- Art und baulicher Zustand des Entwässerungssystems (Misch-/Trennsystem)
- vorgeschalteter Geröllfang, vorgeschaltetes Rechensystem
- Leistungsfähigkeit des Sandfanges
- Besiedlungsgrad des Einzugsgebietes
- Art und Länge sowie Zustand des Entwässerungsnetzes
- Witterungseinflüsse sowie winterbedingte Abflussverhältnisse (Streusand, Splitt)
- Einwohnerdichte/Siedlungsstruktur
- Umfang baulicher Aktivitäten im Einzugsgebiet (zeitlich begrenzter Einflussfaktor)

Auf Grundlage der erfassten Mengenangaben (PICON 2013a) und der Anzahl der an die Kläranlage angeschlossenen Einwohner lag der einwohnerspezifische Anfall an Sandfangrückständen zwischen durchschnittlich 0,9 kg TM/(E·a) und 3,5 kg TM/(E·a) (vgl. Tabelle 8). Der Median betrug 1,7 kg TM/(E·a).

Bezogen auf die in Deutschland in Entsorgungsanlagen behandelten Sandfangrückstände (131.100 t OS) und einer Einwohnerzahl von rund 80 Mio. betrug der durchschnittliche Anfall an Sandfangrückständen im Jahr 2010 ca. 1,6 kg OS/(E·a) bzw. bei einem durchschnittlichen TM-Gehalt von 59 % rund 1,0 kg TM/(E·a).

Tabelle 8: Einwohnerspezifische Sandfangrückstände (PICON 2013a)

	Einwohnerspezifischer Anfall an Sandfangrückständen			
	kg OS/(E·a)		kg TM/(E·a)	
	2011	2012	2011	2012
Anzahl n	76	77	42	41
25 % Quantil	1,5	1,5	0,9	1,1
75 % Quantil	5,5	4,7	3,5	3,6
Mittelwert	4,2	4,2	3,6	3,6
Mittelwert _{gewichtet}	3,1	3,0	2,2	2,2
Median	2,6	2,7	1,7	1,9

5.2.3 Abfälle aus der Kanalreinigung

Nach Auswertung der Umfrage (PICON 2013a) liegt der spezifische Anfall für Abfälle aus der Kanalreinigung zwischen 0,8 kg OS/E·a und 4,1 kg OS/E·a. Im Mittel lag er bei 1,7 kg OS/(E·a) (Median). Damit ähneln die Werte sehr stark den ermittelten spezifischen Werten für Sandfangrückstände.

In der Literatur (ATV-DVWK-M 369, 2003) wird eine Schwankungsbreite von 0,2 kg OS/E·a bis 9,6 kg OS/E·a und ein durchschnittlicher Anfall von 3,6 kg OS/(E·a) angegeben.

5.3 Gesamtanfall im Jahr 2011

Im Jahr 2011 sind ca. 9.500 t OS Sieb- und Rechenrückstände angefallen. Die Menge an Sandfangrückständen betrug ca. 11.600 t OS und die Menge an Abfällen aus der Kanalreinigung ca. 7.000 t OS (vgl. Abbildung 14). Aufgrund der spezifischen Literaturwerte, die teilweise zur Ermittlung des Gesamtanfalls herangezogen werden mussten, ist eine Schwankung des tatsächlichen Gesamtanfalls innerhalb der abgebildeten Fehlerindikatoren wahrscheinlich.

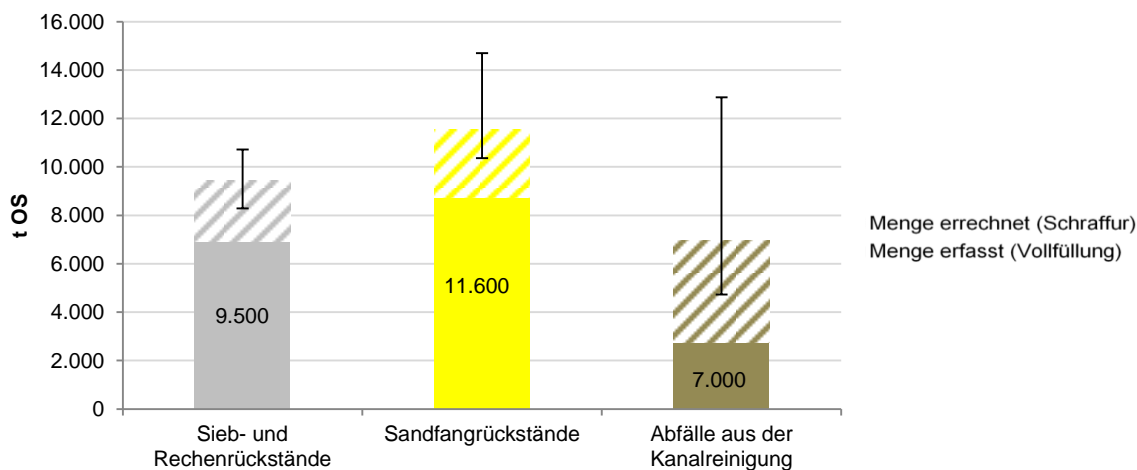


Abbildung 14: Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung im Freistaat Sachsen im Jahr 2011

Die Spannweite der Abfälle aus der Kanalreinigung ist erheblich größer als für Sieb- und Rechenrückstände sowie Sandfangrückstände. Das resultiert daraus, dass die Abfälle aus der Kanalreinigung kaum quantitativ erfasst werden und somit zur Abschätzung des Anfalls auf spezifische Werte aus der Literatur zurückgegriffen werden musste.

Die vergleichsweise schlechte Datenbasis für Abfälle aus der Kanalreinigung ist im Wesentlichen dadurch begründet, dass die Beräumung und Entsorgung dieser Abfälle in der Regel durch beauftragte Dritte erfolgt. Die Abrechnung dieser Leistung erfolgt häufig nicht über die entsorgten Mengen, sondern nach der Länge des beräumten Kanalnetzes. Eine quantitative Erfassung dieser Abfälle ist dadurch erschwert bzw. nicht möglich.

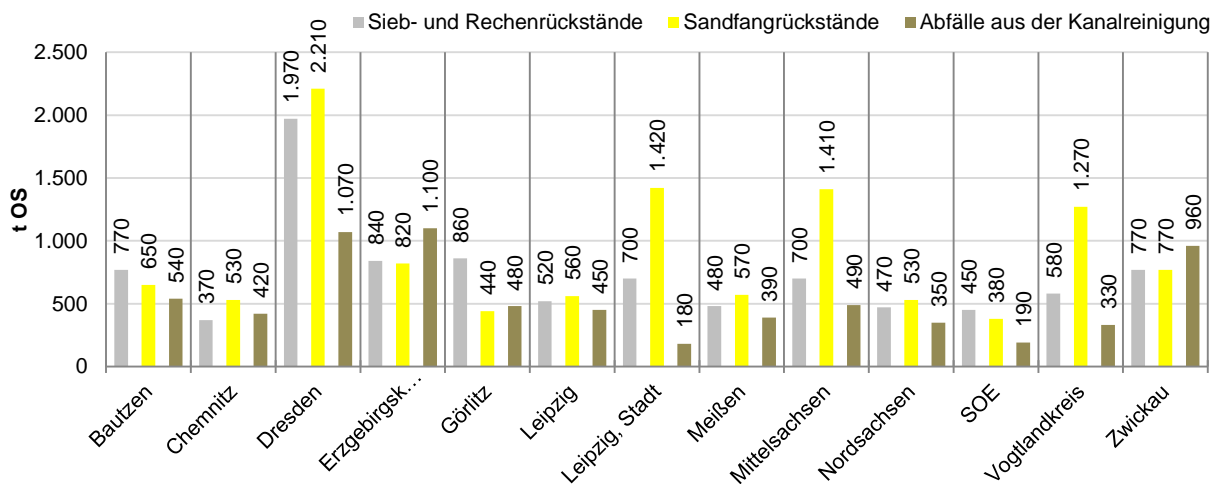


Abbildung 15: Mittlerer Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung in den Landkreisen und kreisfreien Städten im Jahr 2011

5.4 Entsorgung im Jahr 2011

Für rund 66 % der angefallenen Sieb- und Rechenrückstände wurde der Entsorgungsweg erfasst. Bezogen auf diese Mengen wurde 2011 reichlich mehr als die Hälfte (59 %) der Sieb- und Rechenrückstände thermisch entsorgt (vgl. Abbildung 16). 39 % der Sieb- und Rechenrückstände wurde kompostiert und anschließend landschaftsbaulich verwertet. Der Umfrage zufolge wurden 2 % in der Mechanisch-Biologischen Anlage (MBA) des Zweckverbandes Abfallwirtschaft Westsachsen (ZAW) in Großpösna entsorgt.

Die Erfassungsquote der Entsorgungswege für Sandfangrückstände lag bei 68 %. Die Entsorgung erfolgte zu 94 % durch Verwertung im Landschaftsbau (ohne und mit vorgeschalteter Kompostierung). Rund 5 % der erfassten Teilmengen wurden deponiert; 1 % wurde in der MBA des ZAW in Großpösna entsorgt.

Weil die Entsorgung von Abfällen aus der Kanalreinigung häufig über beauftragte Dritte realisiert wird, liegen den Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung selten Informationen über den konkreten Ort der Entsorgung vor. Dies zeigt auch die Erfassungsquote, die mit 33 % wesentlich geringer ausfiel als bei den anderen Abfällen. Die Entsorgungssituation ist ähnlich wie bei den Sandfangrückständen. Demnach wurden im Jahr 2011 92 % landschaftsbaulich verwertet. Die Entsorgung der restlichen 8 % erfolgte auf Deponien.

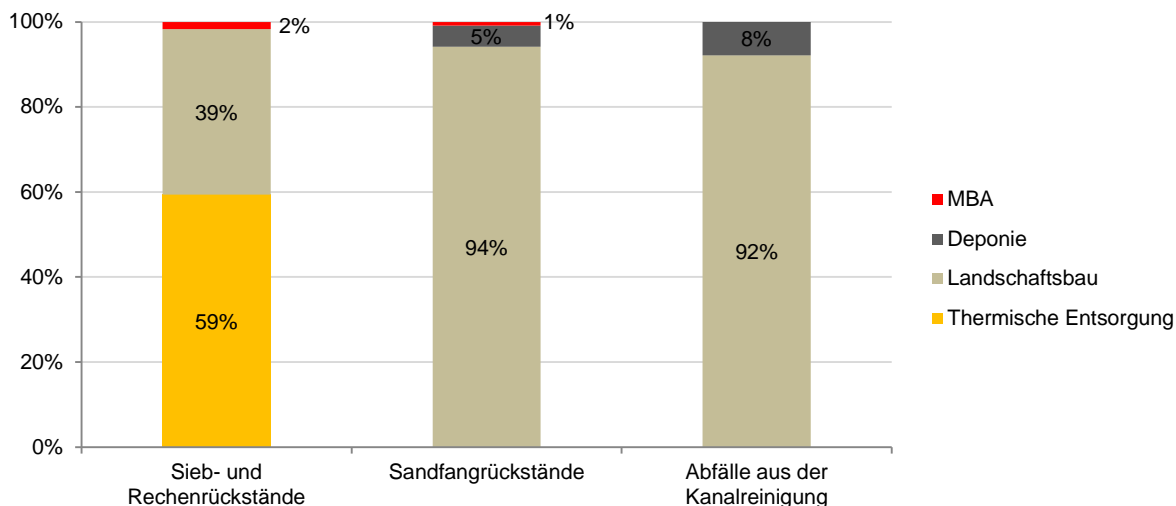


Abbildung 16: Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung im Jahr 2011

5.5 Prognose für die Jahre 2020 und 2025

Im Abschnitt 5.2 wurde bereits auf Parameter verwiesen, die den Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung wesentlich beeinflussen. Dazu zählen auch Faktoren, deren Entwicklung bzw. Umfang nicht abgeschätzt werden kann, wie beispielsweise die zukünftige Belastung durch Indirekteinleiter, Witterungsverhältnisse und baulichen Aktivitäten im Einzugsgebiet. Erschwerend für die Prognose kommt hinzu, dass bereits die Datenlage für das Jahr 2011 nur die Angabe eines Mengenkorridders zulässt (vgl. Abbildung 14). Aus diesem Grund und wegen der vorgenannten Unsicherheiten ist die Prognose zum Anfall der Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung auch nur als Mengenkorrridor möglich.

Als wesentliche Einflussgröße für die Prognose wird die Entwicklung der an Kläranlagen angeschlossenen Einwohner berücksichtigt. Diese ergibt sich aus der Bevölkerungsentwicklung und der Entwicklung des Anschlussgrades an Abwasserbehandlungsanlagen (Abschnitt 4.2.1). Die Überlagerung beider Faktoren ergibt bis zum Jahr 2020 einen Zuwachs der angeschlossenen Einwohnerzahl von 0,1 %. Bis zum Jahr 2025 ist ein Rückgang von 3 % zu erwarten (Tabelle 9).

Tabelle 9: Entwicklung der angeschlossenen Einwohnerzahl bis zum Jahr 2025

	Ist 2011	Prognose	
		2020	2025
Einwohnerzahl	4.054.182	3.909.210	3.777.511
Anschlussgrad	87 %	90 %	90 %
angeschlossene Einwohner	3.514.976	3.518.289	3.399.760
Veränderung der angeschlossenen Einwohner im Vergleich zum Jahr 2011 ("+" bedeutet Zunahme, "-" bedeutet Abnahme)	-	+ 0,1 %	- 3 %

Unter Berücksichtigung der Entwicklung der angeschlossenen Einwohner und des Mengenkorridors aus dem Jahr 2011 ergibt sich für das Jahr 2025 eine Schwankungsbreite im Anfall der Sieb- und Rechenrückstände von 8.000 t OS bis 10.400 t OS. Bei den Sandfangrückständen ist für das Jahr 2025 von einem Anfall zwischen 10.000 t OS und 15.100 t OS auszugehen. Der Anfall an Abfällen aus der Kanalreinigung wird im Jahr 2025 voraussichtlich zwischen 4.600 und 13.300 t OS liegen (Abbildung 17).

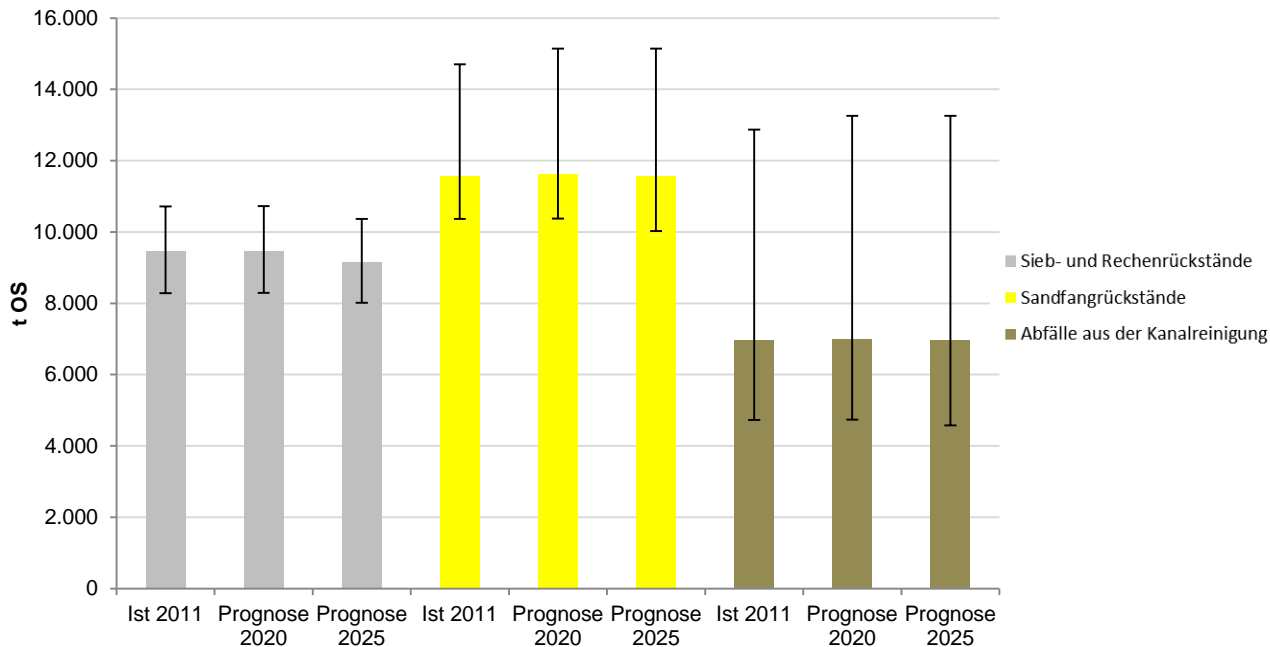


Abbildung 17: Anfall von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung 2011 und Prognose für die Jahre 2020 und 2025

6 Entsorgungsmöglichkeiten für Klärschlamm

6.1 Kompostierung als Zwischenschritt der Entsorgung

Die Kompostierung als Zwischenschritt der bodenbezogenen Verwertung gehört zu den klassischen Verfahren der biologischen Abfallbehandlung. Sie bezeichnet den Abbau biologisch abbaubarer organischer Bestandteile unter Sauerstoffzufuhr, d. h. unter aeroben bzw. aerob-thermophilen Prozessbedingungen. Voraussetzung dieses Prozesses ist die Stoffwechselfähigkeit vorhandener Mikroorganismen bei Prozesstemperaturen > 45 °C ohne zusätzliche Fremdenergie.

Entwässerter Klärschlamm mit einem Trockenmassegehalt von 25 % bis 35 % und einem C/N-Verhältnis von ca. 6 : 1 bis 10 : 1 bedarf der Zugabe von Strukturmaterialien, die dafür sorgen, dass das Material entsprechend belüftet wird, weil das Luftporenvolumen relativ klein und die Porenstruktur schwach ist.

Weil es sich bei Klärschlämmen um hygienisch bedenkliches Material handelt, muss die Klärschlammkompostierung im Rahmen einer gesteuerten Rotte erfolgen. Die gesteuerte Rotte erfordert zwangsläufig Geräte, in denen Klärschlamm mit dem Kohlenstoffträger gemeinsam kontinuierlich gemischt wird. Es muss sichergestellt sein, dass die entsprechenden Temperaturen zur Hygienisierung (70 °C) erreicht werden.

Die Verfahren unterscheiden sich in ihrer Bauweise (offen, eingehaust, geschlossen), der Art der Belüftung, in der Zeitdauer der Intensivrotte sowie der damit angestrebten Kompostreife. Die in Deutschland üblicherweise angewandten Kompostierungsverfahren lassen sich wie folgt kategorisieren:

- Mietenkompostierung (Dreiecks-, Trapez- oder Tafelmieten)
- Boxen-/Containerkompostierung
- Zeilen-/Tunnelkompostierung
- Brikollarekompostierung

Im Ergebnis der Kompostierung entsteht ein Frisch- oder Fertigkompost, der als Dünger einen organischen Pflanzennährstoff und Humuslieferant darstellt.

Die endgültige Verwertung der Klärschlammkomposte endet mit dem Auf- bzw. Einbringen auf bzw. in den Boden. Grundsätzlich ist der Einsatz sowohl im Landschaftsbau als auch in der Landwirtschaft möglich. Von den im Jahr 2012 in 14 sächsischen Klärschlammkompostierungsanlagen erzeugten 53.537 t Klärschlammkompost wurden ca. 53 % in Landschaftsgestaltung und -pflege bzw. bei der Rekultivierung, 38 % in der Land- und Forstwirtschaft und ca. 9 % durch private Haushalte verwertet (StLA 2014).

Bei der Art der Verwertung gibt es regionale Unterschiede. Während in Sachsen Klärschlammkomposte nahezu ausschließlich im Landschaftsbau eingesetzt werden, kommen diese außerhalb Sachsens im wesentlich größeren Umfang auch noch in der Landwirtschaft zum Einsatz (Abschnitt 3.3).

Hinsichtlich der zukünftig verfügbaren Kapazitäten für die Kompostierung von Klärschlamm ergaben Gespräche mit der Entsorgungswirtschaft, dass diese in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen.

Die zu berücksichtigenden gesetzlichen Anforderungen bei der Verwertung von Klärschlammkomposten und die aktuellen und zukünftig verfügbaren Kapazitäten für die Entsorgung von Klärschlammkomposten sind in Abhängigkeit vom Verwertungsweg unter Abschnitt 6.2 (Landwirtschaft) und Abschnitt 6.3 (Landschaftsbau) dargestellt.

6.2 Landwirtschaftliche Verwertung

Als landwirtschaftliche Klärschlammverwertung wird das Aufbringen von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzte Flächen bezeichnet. Klärschlamm wird in diesem Zusammenhang als Düngemittel eingesetzt, welches dazu bestimmt ist,

- Nutzpflanzen Nährstoffe zuzuführen, um ihr Wachstum zu fördern, ihren Ertrag zu erhöhen oder ihre Qualität zu verbessern und/oder
- die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten oder zu verbessern (§ 2 Nr. 1 DüngG).

Häufig wird anstelle der landwirtschaftlichen Verwertung auch die Bezeichnung landbauliche Verwertung verwendet. Um Verwechslungen zum Landschaftsbau zu vermeiden, wird jedoch auf jene Bezeichnung verzichtet.

6.2.1 Gesetzliche Anforderungen

Bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung sind sowohl abfallrechtliche als auch düngerechtliche Vorgaben zu beachten. Die AbfKlärV (1992) enthält Anforderungen an die Verwertung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden (Flächenbezug). Sie regelt die Behandlung, Untersuchung und Aufbringung von Klärschlamm. Sie enthält Schadstoffgrenzwerte für den aufzubringenden Klärschlamm und für die Aufbringungsflächen sowie Nachweispflichten. „Als Klärschlamm im Sinne dieser Verordnung gelten auch Klärschlammkomposte und Klärschlammgemische.“ (§ 2 Abs. 2 Satz 5 AbfKlärV)

Die DüMV regelt das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Zweckbestimmung). Sie enthält Festlegungen zu

- zulässigen Ausgangsstoffen/Hauptbestandteilen für Düngemittel,
- zulässigen Nebenbestandteilen in Düngemitteln (Aufbereitungshilfsmittel, Fremdbestandteile),
- Kennzeichnungsschwellen und Schadstoffgrenzwerte sowie
- Kennzeichnungspflichten.

Das Inverkehrbringen und der Einsatz von Klärschlamm zu Düngungszwecken ist u. a. nur zulässig, wenn folgende Anforderungen eingehalten werden (Anlage 2 Tabelle 7 Nr. 7.4.3 DüMV):

- Einsatz von Klärschlämmen gemäß AbfKlärV, die für eine Aufbringung nach AbfKlärV zulässig sind
- ab dem ersten Januar 2014 Einleitung von Stoffen aus Verarbeitungsbetrieben tierischer Nebenprodukte und von Schlachtabwässern aus Schlachthöfen nach den Artikeln 8, 9, 10 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 (EG-Verordnung 2009) in die Kläranlage nur, wenn ein Feststoffrückhaltesystem mit einer maximalen Maschenweite von 2 mm genutzt wird
- Zugabe von Kalk nur in einer Qualität, die zugelassenen Düngemitteln entspricht

- Zugabe von Bioabfällen nur im Rahmen der Aufbereitung (z. B. im Faultrum) und nur in einer Qualität, die der Bioabfallverordnung entspricht
- Aufbereitung der Ausgangsstoffe nur mit Stoffen, die der notwendigen Abwasser- und Schlammbehandlung einschließlich Hygienisierung oder sonstigen notwendigen Behandlung dienen (s. auch Tabelle 8.1)
- keine Rückführung von Rechengut, Sandfanggut sowie keine Rückführung von Flotaten oder Fettabscheiderinhalten aus fremden Klärwerken (jeweils auch nicht im Rahmen der Schlammaufbereitung)
- Angabe der bei der Aufbereitung zugegebenen Stoffe und des jeweiligen Zwecks der Zugabe (z.B. zur Konditionierung, Hygienisierung, Fällung), bei der Zugabe von Kalken Angabe des zugegebenen Anteils in Prozent.

Schadstoffgrenzwerte

Für den Einsatz von Klärschlamm in der Landwirtschaft gelten neben den Schadstoffgrenzwerten der AbfKlärV ab dem 01.01.2015 uneingeschränkt die Grenzwerte nach DüMV.

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Grenzwerte bei landwirtschaftlicher Klärschlammverwertung nach AbfKlärV und DüMV

Parameter	Einheit	AbfKlärV		DüMV	Grenzwerte für landwirtschaftliche KS-Verwertung ab 01.01.2015
		(§ 4 Abs. 10 bis 12)		(Anl. 1 Nr. 4.1.1, Anl. 2 Nr. 1.4 und 7.4.7)	
Arsen	mg/kg TM	-		40	40
Blei	mg/kg TM	900		150	150
Cadmium	mg/kg TM	10 bzw. 5*		1,5 bzw. 50 mg/kg P ₂ O ₅ **	1,5 bzw. 50 mg/kg P ₂ O ₅ **
Chrom gesamt	mg/kg TM	900		-	900
Chrom (Cr ^{VI})	mg/kg TM	-		2	2
Kupfer	mg/kg TM	800		900	800
Nickel	mg/kg TM	200		80	80
Quecksilber	mg/kg TM	8		1	1
Thallium	mg/kg TM	-		1	1
Zink	mg/kg TM	2.500 bzw. 2.000*		5.000	2.500 bzw. 2.000*
AOX	mg/kg TM	500		-	500
PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180)	mg/kg TM	0,2		-	0,2
PCDD/PCDF	ng TCDD-TEQ/kg TM	100		-	100
I-TE Dioxine und dl-PCB	ng WHO-TEQ/kg TM	-		30	30
PFT	mg/kg TM	-		0,1	0,1
Anwendung synthetischer Polymere		-		bis 31.12.2016***	bis 31.12.2016***

* bei leichten Böden, mit Tongehalt < 5 % und pH-Wert von mehr als 5 und weniger als 6

** für Düngemittel ab 5 % P₂O₅ (Feuchtmasse)

*** Einschränkungen ab 01.01.2017 gemäß Anlage 2 Tabelle 7 Nr. 7.4.7 DüMV (2012)

In Tabelle 10 sind neben den Grenzwerten der AbfKlärV und DüMV die einzuhaltenden Grenzwerte für eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ab 01.01.2015 dargestellt, die sich aus der Betrachtung beider Vorschriften ergeben. Besonders hohe Anforderungen werden an die Klärschlämme bei den Parameter Cadmium (Grenzwert 1,5 mg/kg TM) und Quecksilber (Grenzwert 1,0 mg/kg TM) gestellt.

Die Grenzwerte der AbfKlärV und DüMV sind sowohl für Klärschlamm als auch für Klärschlammkomposte oder Klärschlammgemische einzuhalten (§ 4 Abs. 13 AbfKlärV; § 3 Abs. 1 Nr. 3 DüMV).

Anwendungsbeschränkungen beim Einsatz synthetischer Polymere

Gemäß § 10 Abs. 4 DüMV ist eine Übergangsfrist für die Verwendung von synthetischen Polymeren als Ausgangsstoff (gemäß Anlage 2 Tab. 7.4.7) für Düngemittel bis 31.12.2016 festgelegt. Ab dem Jahr 2017 dürfen synthetische Polymere nur noch dann verwendet werden, wenn sich sämtliche Bestandteile und das Endprodukt um mindestens 20 % in zwei Jahren abbauen.

Der Freistaates Sachsen hatte im März/April 2015 eine Bundesratsinitiative zur Verlängerung dieser Übergangsfrist um vier Jahre bis zum 31.12.2020 gestartet. Damit sollte vermieden werden, dass der Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung mit einem Verlust des Rohstoffs Phosphor verbunden ist. Diese Initiative scheiterte jedoch in den beiden zuständigen Ausschüssen des Bundesrates Agrarpolitik und Verbraucherschutz sowie Umwelt (SMUL 2015).

In diesem Zusammenhang hat sich das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) dahingehend geäußert, dass die Bundesregierung nicht beabsichtige, die bewusst gewählte Übergangszeit für das Inkrafttreten der Anforderungen für synthetische Polymere zu verlängern. Das Ministerium habe den Wissenschaftlichen Beirat damit beauftragt, im Laufe des Jahres 2015/2016 auf Grund von derzeit noch nicht abgeschlossenen Forschungsvorhaben einen abschließenden Vorschlag zu einer vorsorgenden Regelung dieser Stoffgruppe zu unterbreiten. Um hier einen entsprechenden Handlungsdruck aufrechtzuerhalten, sei eine Verlängerung der Übergangsfrist nicht tragbar (SMUL 2015).

Untersuchungsergebnisse zum Grad der Abbaubarkeit synthetischer Polymere und eine Aussage dazu, ob unter definierten Bedingungen die geforderte Abbaubarkeit erfüllt werden kann, stehen noch aus. Sollte der Nachweis nicht bis Ende 2016 geführt werden können, ist der Einsatz von Klärschlamm, der unter Zugabe von Polymeren entwässert wurde, in Deutschland ab 01.01.2017 nicht mehr möglich.

Da die maschinelle Entwässerung mit Zugabe synthetischer Polymere in den Kläranlagen breite Anwendung findet, fallen unter diese Einsatzbeschränkung die Klärschlämme nahezu aller Kläranlagen in Sachsen. Dies gilt auch für kleine bzw. kleinere Kläranlagen der Größenklasse 1 bis 3, die über keine eigenen Möglichkeiten zur maschinellen Entwässerung verfügen und ihren Klärschlamm an größere Kläranlagen abgeben. Auch die Klärschlämme dieser Anlagen werden dort unter Zugabe synthetischer Polymere maschinell entwässert. Ausgenommen von dieser Einschränkung ist Klärschlamm kleiner Anlagen, der ohne Unterstützung synthetischer Polymere meist statisch eingedickt und als Nassschlamm mit 3 bis 6 % TM landwirtschaftlich verwertet wird.

Eine Alternative zum Einsatz polymerer Flockungsmittel ist die Verwendung natürlicher Flockungsmittel, die auf Basis der nachwachsenden Rohstoffe Chitin oder Stärke hergestellt werden. Für diese Alternativprodukte fehlt jedoch noch der großtechnische Nachweis, dass eine mit synthetischen Polymeren vergleichbare Wirksamkeit für die überwiegende Bandbreite der maschinellen Entwässerungstechnik erzielt werden kann. Wesentliche Probleme sind die nicht ausreichende Flockenstabilität sowie das schlechtere Preis-Leistungs-Verhältnis im Vergleich zu synthetischen Polymeren.

Anforderungen an die Hygiene

Klärschlämme dürfen als Düngemittel nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Tieren und Nutzpflanzen nicht schädigen sowie den Naturhaushalt nicht gefährden. Diese Vorgabe gilt bezüglich der Seuchenhygiene als eingehalten, wenn in 50 Gramm Probenmaterial keine Salmonellen nachgewiesen werden können (§ 5 Abs. 2 Nr. 1 DüMV). Abweichend davon gelten bei beruflicher Anwendung die seuchenhygienischen Anforderungen nach § 5 Abs. 3 Nr. 1 DüMV als eingehalten, bei

- sofortiger Einarbeitung in den Boden oder bei Ausbringung in Wintergetreide und Winterraps bis zum Schosserstadium (EC 30) mit bodennahe Ausbringungstechnik
- und
- die Abgabe nur zur Aufbringung auf Flächen erfolgt, die im Bereich der für den Vollzug der DüV zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde liegen (in Sachsen das LfULG) oder
 - der Abgeber Mitglied eines Trägers einer regelmäßigen Qualitätsüberwachung ist, welche die ordnungsgemäße Ausbringung sichert.

Qualitätssicherung

Die regelmäßige Qualitätsüberwachung für eine gütegesicherte Klärschlammverwertung erfolgt durch verschiedene Institutionen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Träger einer regelmäßigen Qualitätsüberwachung der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung

Institution zur Gütesicherung	Gütezeichen	Inhalte der Gütesicherung
VQSD – Verband zur Qualitätssicherung von Düngung und Substraten e. V.	RAL-Gütezeichen AS-Düngung (RAL-GZ 247) RAL-Gütezeichen AS-Humus (RAL-GZ 258)	Anforderungen an Ausgangsstoffe Bewertung der Produktionsanlagen Anforderungen an die Endproduktqualität Warendecklaration und Anwendungsempfehlungen
VDLUFA – QLA Gesellschaft für Qualitätssicherung Landbauliche Abfallverwertung mbH	QLA Klärschlamm – Qualitätssicherung	Anforderungen an Ausgangsstoffe Anforderungen an die Endproduktqualität Anforderungen an die Anwendung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich genutzten Flächen

Die Überwachung der düngerechtlichen Anforderungen an die Inverkehrbringung erfolgt im Freistaat Sachsen durch die amtliche Düngemittelverkehrskontrolle (LfULG, BfUL).

Wenn „[...] Klärschlämme mit der Zweckbestimmung als Düngemittel, Bodenhilfsstoff oder Kultursubstrat eingesetzt werden (egal ob in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau), müssen die Vorgaben der Düngemittelverordnung eingehalten werden“ (BfUL 2014).

Quantitative Beschränkungen

Die maximal zulässige Aufbringungsmenge für Klärschlamm beträgt fünf Tonnen Trockenmasse je Hektar innerhalb von drei Jahren (§ 6 AbfKlärV 1992).

Des Weiteren gelten alle düngerechtlichen Vorgaben nach DüV (Sperrzeit, bedarfsgerechte Düngung, Bodenzustand bei der Aufbringung usw.).

6.2.2 Kapazitäten

Seit 1991 sind die Phosphorbilanzsalden auf den sächsischen landwirtschaftlichen Nutzflächen negativ, es wird weniger Phosphor gedüngt als mit dem Erntegut abgefahren. Die Ackerflächen im Freistaat Sachsen befinden sich daher zu einem hohen und steigendem Anteil in den Phosphor-Gehaltsklassen A und B (sehr niedriger bzw. niedriger Gehalt). (LfULG 2013c)

Die Nutzung des im Abwasser und Klärschlamm enthaltenen Phosphorpotenzials (Abschnitt 7.4) könnte hier bei entsprechender Rückgewinnung zu eine Verbesserung der Versorgungssituation beitragen.

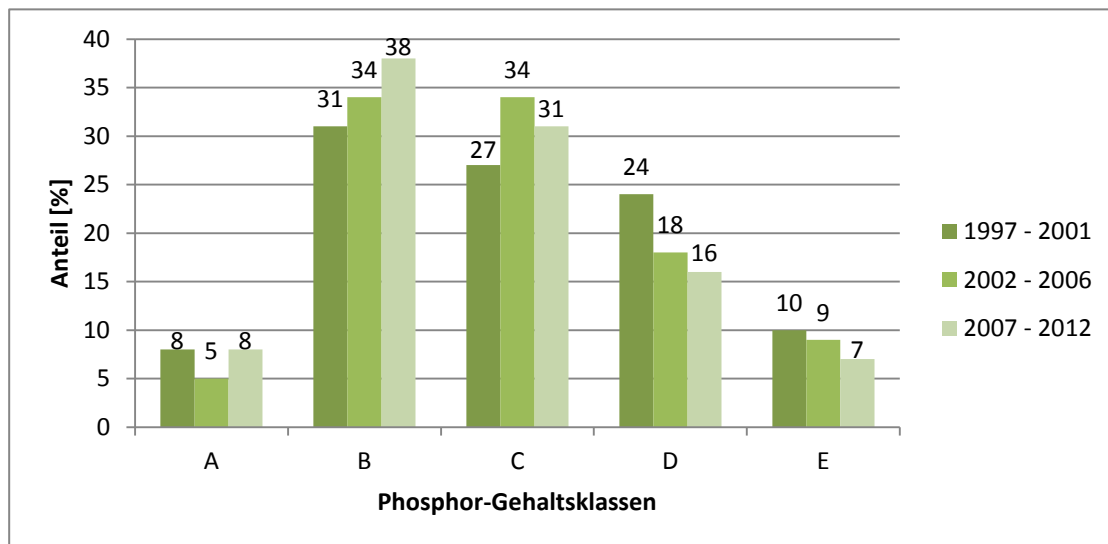


Abbildung 18: Entwicklung der P-Versorgung auf Ackerland in Sachsen (LfULG 2013c)

Aufgrund des verhältnismäßig geringen Viehbestandes im Freistaat Sachsen stehen rund 72 % (\cong 723.364 ha) der landwirtschaftlichen Fläche zur Nutzung als Ackerland zur Verfügung (StLA 2013). Die für die landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlammprodukten jährlich genutzte Fläche im Freistaat Sachsen betrug in den Jahren 2008 bis 2012 zwischen ca. 2.800 ha und 4.900 ha (Tabelle 12). Damit wurde für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ein Flächenanteil zwischen 0,4 % und 0,7 % der im Freistaat Sachsen verfügbaren Ackerlandflächen in Anspruch genommen. Hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit bestehen demnach keine Einschränkungen.

Tabelle 12: Aufbringungsmengen und -flächen für Klärschlammprodukte im Freistaat Sachsen in den Jahren 2008 bis 2012 (LfULG 2009, 2010, 2011, 2012a, 2013)

	2008	2009	2010	2011	2012
aufgebrachtes Klärschlammprodukt	12.112 t TM	16.243 t TM	17.226 t TM	17.810 t TM	16.456 t TM
für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in Anspruch genommene Ackerfläche	2.827 ha	4.157 ha	4.414 ha	4.897 ha	4.529 ha

6.3 Landschaftsbauliche Verwertung

Unter der landschaftsbaulichen Klärschlammverwertung werden die folgenden Maßnahmen zusammengefasst (nach LABO 2002):

- Begrünung technischer Bauwerke (z. B. Sichtschutz-, Lärmschutzwälle)
- Rekultivierung von Aufschüttungen und Halden, Einsatz als Deponieersatzbaustoff
- Rekultivierung von Steine-/Erden-Abbaustätten (bspw. Kiesgruben), Braunkohletagebauen und sonstigen Abgrabungen
- Maßnahmen des Garten- und Landschaftsbaus (z. B. Herstellung von Rasensportanlagen)
- Maßnahmen im Zusammenhang mit der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten (Industriebrachen)
- Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen sowie von Vegetationsflächen (DIN 18919, 2002)
- Maßnahmen des Garten- und Landschaftsbaus (z. B. Herstellung von Gärten, Grünflächen und Parkanlagen)

6.3.1 Gesetzliche Anforderungen

Aufgrund der Vielzahl an Verwertungsmöglichkeiten im Landschaftsbau muss im Einzelfall betrachtet werden, welche Anforderungen gelten. Je nach Anwendungsbereich sind Bundesbodenschutzrecht (BBodSchG, BBodSchV), Deponierecht (DepV) bzw. weitere Vorschriften zu berücksichtigen.

Grundsätzlich gilt nach § 12 Abs. 1 BBodSchV, dass zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht Klärschlämme in und auf Böden auf- und eingebracht werden dürfen, die den stofflichen Qualitätsanforderungen der AbfKlärV entsprechen. Zum Vollzug des § 12 BBodSchV hat das SMUL im Jahr 2003 Hinweise veröffentlicht (SMUL 2003), die im Anhang 4 Abgrenzungsgrundsätze zu den Anwendungsbereichen der BBodSchV hinsichtlich des Auf- und Einbringens von Material auf oder in den Boden von den diesbezüglichen abfallrechtlichen Vorschriften enthält.

Beim Auf- und Einbringen von Materialien in und auf den Boden ist die Nährstoffzufuhr nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf der Folgevegetation anzupassen, um insbesondere Nährstoffeinträge in Gewässer weitestgehend zu vermeiden (§ 12 Abs. 7 BBodSchV). In diesem Zusammenhang schreibt die BBodSchV die Beachtung der DIN 18919 (2002) (ehemals DIN 18919:09.90) vor, die Angaben zum Düngbedarf verschiedener Vegetationstypen im Landschaftsbau beinhaltet (Tabelle 13).

Tabelle 13: Nährstoffgrenzwerte für das Auf- und Einbringen von Material in und auf den Boden

BBodSchV mit Bezug auf DIN 18919:2002-08		
Gültigkeitsbereich	Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen sowie von Vegetationsflächen	
	für Pflanzflächen (kg/[ha*a])	für Rasenflächen (kg/[ha*a])
Stickstoff (N)	max. 100	max. 200
Phosphat (P ₂ O ₅)	max. 100	max. 80
Kaliumoxid (K ₂ O)	max. 160	max. 160
Schwefel (S)	-	-
Kupfer (Cu)	-	-
Zink (Zn)	-	-
Magnesiumoxid (MgO)	max. 20	-

6.3.2 Kapazitäten

Im Freistaat Sachsen werden im Bereich der Rekultivierung zur Gewährleistung einer gesicherten Nachnutzung der Rekultivierungsflächen Klärschlammprodukte sowohl seitens LMBV als auch MIBRAG schon seit langem nicht mehr eingesetzt. Dass eine Vielzahl von Deponien in Sachsen bereits abgeschlossen ist, hat für die Anwendung von Klärschlamm zur Deponieabdeckung Bedeutung. Der Einsatz von Klärschlamm zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen bietet demnach langfristig kein wesentliches Absatzpotenzial mehr. Weitere Einsatzgebiete, wie die Begrünung technischer Bauwerke, Maßnahmen des Garten- und Landschaftsbaus sowie solche im Zusammenhang mit der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten, ermöglichen nur im begrenzten Umfang den Einsatz von Klärschlammprodukten.

Auch durch die Praxis der Entsorger unabhängig von der Art ihrer stofflichen Verwertung nur Klärschlämme anzunehmen, die der DüMV entsprechen, wird sich der Anteil der landschaftsbaulich verwertbaren Klärschlämme weiter reduzieren.

Dies führt dazu, dass aufgrund der kurzen Laufzeiten solcher Verwertungsmaßnahmen (in der Regel weniger als einem Jahr) eine langfristige Absatzplanung nicht möglich ist. Dienstleister aus der Entsorgungsbranche, wie der LAV Markranstädt GmbH und der RETERRA Service GmbH, schätzen dennoch ein, dass mittelfristig ein gewisses Potenzial für den Einsatz von Klärschlamm zur landschaftsbaulichen Verwertung besteht. Insgesamt folgt daraus, dass zukünftig nur noch kleine Mengen an Klärschlammprodukten im Landschaftsbau in einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen eingesetzt wird.

Von den im Landschaftsbau eingesetzten Klärschlämmen werden derzeit ca. 50 % in anderen Bundesländern verwertet. Wie sich dieser Exportanteil entwickeln wird, hängt maßgeblich von den rechtlichen Rahmenbedingungen und dem Umfang zukünftiger Infrastrukturmaßnahmen ab.

6.4 Thermische Klärschlammmentsorgung

Unter der Bezeichnung „Thermische Klärschlammmentsorgung“ sind Monoverbrennung, Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Zementwerken und Mühlverbrennungsanlagen sowie alternative Formen der thermischen Behandlung (z. B. Vergasung) zusammengefasst. Die derzeit vorherrschenden Verfahren für die thermische Klärschlammmentsorgung sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Verfahren der thermischen Klärschlamm Entsorgung (LEHRMANN 2013)

Monoverbrennung	Mitverbrennung	Alternative Verfahren
Ohne Ascheschmelzen	Kohlekraftwerke	Vergasung
Wirbelschicht	Staubfeuerung	Wirbelschichtvergasung
Etagenofen	Wirbelschichtfeuerung	Festbettdruckvergasung
Etagenwirbler	Rostfeuerung	Flugstromvergasung
Rostfeuerung	Schmelzkammerfeuerung	Konversionsverfahren
Mit Ascheschmelzen	Müllverbrennungsanlagen	Pyrolyse
Schmelzzyklon	Rostfeuerung	Niedertemperaturkonvertierung
	Industrieanlagen	Nassoxidation
	Zementherstellung	oberirdische Verfahren
	Papierschlammverbrennung	unterirdische Verfahren

Monoverbrennung

Die Monoverbrennung als klassisches Verfahren zur thermischen Klärschlammbehandlung gewinnt im Hinblick auf das Phosphorrecycling (Abschnitt 7.4) zunehmend an Bedeutung. Grund hierfür ist, dass die anfallende Klärschlammmasche Phosphor in hohen Konzentrationen aufweist und damit eine vergleichsweise hohe Phosphor-Recyclingquote ermöglicht. Eingeschränkt wird dieser Vorteil dadurch, dass die Verfahren zum Phosphorrecycling aus Klärschlammaschen noch Forschungsgegenstand sind. Es wird erwartet, dass durch die Forschung noch wesentliche technologische Fortschritte erzielt werden, die auch die Wirtschaftlichkeit der Verfahren deutlich verbessern. Welche Zeiträume von der Forschung und Entwicklung noch benötigt werden und wann erwartete Verbesserungen gewährleisten, dass Recyclingprodukte zu vergleichbaren Preisen wie P-Mineraldünger aus Phosphorerzen erzeugt werden, kann zurzeit noch nicht abgeschätzt werden.

Bei der Wirtschaftlichkeitsdiskussion ist zu berücksichtigen, dass in den Preisen für die P-Mineraldünger aus Phosphorerzen regelmäßig die aus dem mit Erzabbau und -verarbeitung verbundenen Umweltkosten als externe Kosten nicht enthalten sind. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass sich der Bundesgesetzgeber aus grundsätzlichen ökologischen Gründen ebenso wie bei der Energiewende unabhängig von der Reichweite der entsprechenden Bodenschätze entscheidet, die notwendigen Kosten für das P-Recycling der Klärschlamm-entsorgung aufzuerlegen. Werden Grundsatzentscheidungen für eine Phosphorrückgewinnung über den Weg der Klärschlamm-Monoverbrennung getroffen, wird eine Zwischenlagerung der Klärschlammaschen notwendig werden. Zur Frage, wie diese Zwischenlagerung effizient realisiert werden kann, laufen aktuell verschiedene Forschungsprojekte (Abschnitt 7.2).

Die Monoverbrennung bietet eine hohe Entsorgungssicherheit bei gleichzeitig langfristig bekannten und kalkulierbaren Kosten. Die Verbrennungsanlagen können ortsnah errichtet werden, sodass bei entsprechender Rückkopplung mit der Kläranlage gute Synergieeffekte z. B. durch Nutzung von Abwärme für die KS-Trocknung bestehen.

Ein wesentlicher Nachteil der Monoverbrennung ist der kostenintensive anlagentechnische Aufwand. Dieser begründet auch die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vergleichsweise höchsten spezifischen Entsorgungskosten (Abschnitt 7.5).

Bei Monoverbrennungsanlagen ist die Wirbelschichtfeuerung die in Deutschland am weitesten verbreitete Technik. Weiterhin kommen Etagenöfen, Etagenwirbelöfen und Zykloidfeuerung zum Einsatz (UBA 2012). Anlagen zur Verbrennung von Klärschlamm müssen folgende Grundanforderungen erfüllen:

- Sicherstellung der vollständigen Verbrennung durch ausreichende Temperatur, Absicherung einer Mindestverweilzeit und effektive Vermischung mit Verbrennungsluft im Feuerraum
- effektive Abgasreinigung, abgestimmt auf die freisetzbaren Schadstoffen, zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben nach BImSchG

„Neue Verfahrensentwicklungen im Bereich der Abgasreinigungsverfahren könnten den Bau kleinerer Anlagen ermöglichen, für die in dünner besiedelten Regionen Bedarf besteht, wenn man zu große Transportentfernungen vermeiden möchte“ (LEHRMANN 2013). Ziel der Entwicklung ist es, dezentrale Anlagen für die Klärschlammverbrennung, die idealerweise direkt am Standort der Kläranlagen betrieben werden können, zu entwickeln.

Zu den Verfahren, von denen bereits erste Anlagen ausgeführt bzw. entsprechende Projekte bereits weit fortgeschritten sind, gehören

- Pyrobustor® (Zweikammer-Drehrohröfen) der Eisenmann AG,
- Sludge2Energy (Wirbelschicht) der Sludge2Energy GmbH by HUBER und WTE,
- KALOGEO (Stationäre Wirbelschicht) der KALOGEO Anlagenbau GmbH,
- AWINA (Rostfeuerung mit Schleuderrad) der AWINA Industrieanlagen GmbH (A),
- EcoDRY (Zyklonöfen) der Andritz AG.

Allen genannten Anlagenkonzepten ist gemein, dass ihnen eine Teil- oder Volltrocknung vorangestellt werden muss. Die Trocknung kann dabei verfahrensabhängig extern erfolgen bzw. wird sie als integrierter Anlagenbestandteil realisiert. Es sind Anlagengrößen ab 3.000 t TM/a möglich, wie es die nach dem Sludge2Energy-Verfahren gebaute Anlage in Straubing (Bayern) belegt.

Mitverbrennung in Kraftwerken

In Steinkohle- und Braunkohlekraftwerken können nach entsprechender anlagentechnischer Anpassung Klärschlamm in den vorhandenen Dampfkesselanlagen mitverbrannt werden. Die Mitverbrennung ist mit mechanisch entwässertem, teilgetrocknetem oder vollgetrocknetem Klärschlamm realisierbar. Dabei kommt überwiegend mechanisch entwässertes Klärschlamm mit Feststoffgehalten zwischen 20 % bis 35 % TR zum Einsatz. Wenn im Bereich der Kläranlage eine Klärschlammmentwässerung erfolgt, kann auf eine Trocknung verzichtet werden. Die Kraftwerke nehmen in der Regel nur ausgefaulten, mindestens jedoch stabilisierten Klärschlamm an, obwohl dieser einen geringeren Heizwert besitzt.

Der Klärschlamm wird bei Anlieferung zunächst in Bunker eingebracht und von dort in den Feuerraum transportiert. Die noch enthaltenen Wassermengen führen zu einer Verringerung des effektiven Heizwertes. Durch integrierte Trocknung in den vorhandenen Kohlemühlen erfolgt eine Angleichung an den Heizwert des Hauptbrennstoffs bei gleichzeitiger Durchmischung. Die bei der Verbrennung anfallende Asche und Schlacke wird deponiert.

Aufgrund des hohen Verdünnungsgrades ist eine Rückgewinnung der in der Asche enthaltenen Nährstoffe und damit auch des Phosphors nicht effektiv möglich. Bei der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken wird des-

halb ausschließlich das im Klärschlamm enthaltene Energiepotenzial genutzt. Im Hinblick auf eine zukünftig erforderliche Phosphorrückgewinnung stellt die Mitverbrennung als Entsorgungsweg langfristig nur noch eine Option für die Entsorgung phosphorarmer Klärschlämme dar. Ohne zusätzliche Maßnahmen zur Phosphorrückgewinnung im Bereich der Kläranlage und der damit möglichen Erzeugung phosphorarmer Klärschlamm ist das Mengenaufkommen für eine Mitverbrennung sehr gering. Wie unter Abschnitt 3.2 bereits aufgeführt, weisen nur ca. 14 % der durch Umfrage (PICON 2013) erfassten Klärschlammmenge Phosphorgehalte unter dem für eine Mitverbrennung zulässigen Wert von 20 g P/kg TM auf.

Auf die Möglichkeiten der Mitverbrennung von Klärschlamm in den sächsischen Kohlekraftwerken wird im Abschnitt 6.4.2 ausführlich eingegangen.

Mitverbrennung in Zementwerken

Klärschlamm wird in der Zementproduktion als Ersatzbrennstoff eingesetzt. Aus energetischen Gründen kommt dabei Klärschlamm mit einem Trocknungsgrad von über 90 % TR zum Einsatz, der zusammen mit herkömmlichen Brennstoffen in die zur Zementklinkerproduktion genutzten Drehöfen eingebracht wird. Die entstehende Asche wird in den Klinker integriert und damit in den Zement eingebunden. Weil durch den im Klärschlamm enthaltenen Phosphor die Qualität des Zements (Abbindeverhalten) beeinträchtigt wird, darf der Klärschlammascheanteil im Zement maximal 5 % betragen. Die mitverbrennbare Klärschlammmenge ist damit limitiert. Der erhöhte Quecksilbereintrag aus Klärschlamm kann zu Problemen bzw. höheren Anforderungen bei der Abgasreinigung führen. Periodisch erforderliche Revisionszeiten wirken sich auf die Verfügbarkeit der Anlagen und damit auf die Entsorgungssicherheit aus. Dafür sind Zwischenlagerkapazitäten bzw. Entsorgungsalternativen erforderlich.

Eine Phosphorrückgewinnung ist verfahrensbedingt nicht möglich. Die Mitverbrennung in Zementwerken stellt damit im Hinblick auf ein zukünftiges Phosphorrecycling nur mittelfristig eine uneingeschränkte Option zur Entsorgung von Klärschlamm dar. Langfristig ist die Mitverbrennung in Zementwerken nur noch für phosphatarmer Schlämme möglich oder für solche, bei denen das Phosphat bereits durch andere Verfahren abgetrennt ist.

Mitverbrennung in Abfallverbrennungsanlagen

Analog zur Mitverbrennung in Kohlekraftwerken ist der Einsatz von Klärschlamm in Abfallverbrennungsanlagen durch Zumischung zum Restabfall möglich. Die Stückigkeit muss dabei generell so beschaffen sein, dass es auf dem Rost zu einem vollkommenen Ausbrand kommt bzw. der getrocknete Klärschlamm nicht durch den Rost hindurchrieseln kann.

Die in Abfallverbrennungsanlagen entsorgte Klärschlammmenge hat in den letzten Jahren an Bedeutung verloren (UBA 2012). Dies resultiert u. a. aus verfahrenstechnischen Nachteilen, wie z. B. die Erhöhung der Rohgasmenge und des Staubanteils im Rauchgas. Außerdem wird bei Einsatz von entwässertem Klärschlamm die Wärmebilanz einer Abfallverbrennungsanlage durch die erforderliche Verdampfung des darin enthaltenen Wasseranteils maßgeblich beeinträchtigt.

Aus den anfallenden Aschen und Schlacken kann das im Klärschlamm enthaltene Phosphat nicht abgetrennt und wiedergewonnen werden. Die Mitverbrennung in Abfallverbrennungsanlagen ist damit hinsichtlich Phosphorrecycling ebenfalls als nachteilig gegenüber der Monoverbrennung zu bewerten. Auf langfristige Sicht kommt sie daher nur für phosphatarmer Klärschlamm oder solchen in Frage, bei dem das Phosphat bereits durch andere Verfahren abgetrennt ist.

6.4.1 Gesetzliche Anforderungen

Grundlage für die Anforderungen an Verbrennungsanlagen bildet die EU-Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (2010/75/EU). Sie regelt die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge industrieller Tätigkeiten und ist durch das Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BlmSchG 2013) in nationales Recht umgesetzt.

Die 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BlmSchV 2013) gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Verbrennungs- oder Mitverbrennungsanlagen, in denen Abfälle eingesetzt werden, soweit sie nach § 4 BlmSchG genehmigungsbedürftig sind und nach der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BlmSchV 2013) eine bestimmte Anlagengröße und Durchsatzmenge erreicht ist. Die Verordnung gilt entsprechend auch für Anlagen, die Klärschlamm (mit-)verbrennen.

6.4.2 Kapazitäten

Kapazitäten zur thermischen Entsorgung im Freistaat Sachsen

Im Freistaat Sachsen sind derzeit ausschließlich Mitverbrennungskapazitäten der Vattenfall GmbH in Boxberg und im Gemeinschaftskraftwerk von EnBW und Vattenfall in Lippendorf vorhanden (Stand 2014). In der Abfallverbrennungsanlage der Thermische Abfallbehandlung Lauta GmbH & Co. oHG in Lauta (T.A. Lauta) besteht die Option zur Mitverbrennung von Klärschlamm nach vorheriger Ertüchtigung. Monoverbrennungskapazitäten für Klärschlamm gibt es im Freistaat Sachsen noch keine (Sächsischer Landtag 2013). Die Darstellung der Kapazitäten in Tabelle 15 erfolgt auf Basis der Originalsubstanz (OS), weil die Daten von Vattenfall ausschließlich in dieser Form vorliegen.

Nach Aussage von Vattenfall können in den Kraftwerken Boxberg und Lippendorf kurzfristig bzw. nach entsprechender Vorbereitungszeit zusätzliche Mitverbrennungskapazitäten geschaffen werden (Mielke 2014). Möglich würde dies durch

- den Ausbau der Wochenendfahrweise (plus 20.000 t OS/a mit 25 – 35 % TR),
- Optimierung der Betriebsführung (plus 5.000 t OS/a mit 25 – 35 % TR) und
- Substitution von Tiermehl durch getrockneten Klärschlamm (30.000 t OS/a mit 85 – 90 % TR).

Tabelle 15: Kapazitäten für die thermische Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen

Anlagentyp	Kapazitäten/Auslastung (Stand 2013)
Monoverbrennung	keine Anlagen in Sachsen
Mitverbrennung	
<u>Braunkohlekraftwerke</u>	
Boxberg (Vattenfall GmbH)	160.000 t OS/a (bis 30 % TR), Auslastung 100.000 t OS/a
Lippendorf (Vattenfall GmbH und EnBW je 50 %)	385.000 t OS/a (25 % - 35 % TR), Auslastung 300.000 t OS/a
<u>Kraftwerke städtischer Unternehmen</u>	
Heizkraftwerk (eins energie in Sachsen & Co. KG)	Chemnitz-Nord aktuell und perspektivisch keine Mitverbrennung von Klärschlamm vorgesehen
<u>Abfallverbrennungsanlagen</u>	
Thermische Abfallbehandlung Lauta GmbH & Co. oHG	im laufenden Anlagenbetrieb noch nicht mit relevanten Mengen realisiert; Mitverbrennung bei Wassergehalt < 40 Gew.-% möglich, d. h. nur getrockneter Klärschlamm

Unter Berücksichtigung der aktuellen Auslastungsmengen von in Summe 400.000 t OS/a und den aufgeführten Entwicklungsmöglichkeiten bei der Auslastung um zusätzlich weitere 25.000 t OS entwässerten Klärschlamm bzw. 30.000 t OS für getrockneten Klärschlamm ergeben sich perspektivisch verfügbare Kapazitäten zur Mitverbrennung von in der Summe 425.000 t OS entwässerten Klärschlamm und 30.000 t OS getrockneten Klärschlamm. Bezogen auf die Trockenmasse entspricht dies unter Berücksichtigung der vorstehend aufgeführten Schwankungen beim Entwässerungsgrad einer Kapazität von ca. 132.000 t TM/a bis 175.750 t TM/a. Durch gezielte Steuerung des Vertragsmanagements wird durch Vattenfall eine Verbesserung der Verfügbarkeit der Entsorgungskapazitäten für die regionale Klärschlamm Entsorgung angestrebt. Damit sollen ca. 35.000 t OS/a mit 25 % bis 35 % TR für die regionale Klärschlamm Entsorgung verfügbar gemacht werden (MIELKE 2014).

Die Errichtung neuer Mitverbrennungskapazitäten am Standort Boxberg ist durch Einbindung von einem weiteren Kraftwerksblock zur Mitverbrennung von Klärschlamm technisch möglich, wodurch nach einer Umsetzungszeit von ca. drei Jahren 60.000 t OS pro Jahr zusätzlich mit verbrannt werden könnten. Aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus wird dieser Ansatz im Moment nicht weiter verfolgt (MIELKE 2014). Diese Mengen finden dementsprechend auch keine Berücksichtigung bei der Ermittlung der zukünftig im Freistaat Sachsen verfügbaren Kapazitäten zur Mitverbrennung.

Allerdings bestehen zum Thema der Mitverbrennung von Klärschlamm in Braunkohlekraftwerken von Vattenfall folgende, zu erheblicher Unsicherheit führende Faktoren:

- Der schwedische Staatskonzern Vattenfall hat Anfang 2015 seine Unternehmensstrategie geändert und in diesem Zusammenhang Braunkohle als Energieträger aus seinem unternehmerischen Portfolio gestrichen (Vattenfall 2015a). Die Braunkohle-Sparte von Vattenfall steht derzeit zum Verkauf. Für den Fall des Verkaufs ist durch Vattenfall vorgesehen, dass der neue Eigentümer die Klärschlammmitverbrennung fortführt. Dabei geht Vattenfall davon aus, dass sie an beiden Kraftwerksstandorten – Boxberg und Lippendorf – bis zum Jahr 2020 weiter betrieben wird. Darüber hinaus kann Vattenfall keine Aussage machen (Vattenfall 2015b).
- Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat am 27.03.2015 ein sog. Eckpunktepapier für den zukünftigen Strommarkt vorgestellt (BMWi 2015), in dem ein „Klimaschutzbeitrag“ bzw. „Klimabeitrag“ der mit fossilen Energieträgern arbeitenden Kraftwerke der wesentliche Baustein ist. Der „Klimabeitrag“ soll so ausgestaltet werden, dass Kraftwerken mit verhältnismäßig hohen CO₂- Emissionen erhebliche Zusatzkosten angelastet werden, so dass sie mangels Wirtschaftlichkeit vom Netz genommen werden. Das betrifft vor allem Braunkohlekraftwerke. Nach Presseberichten (MDR 2015) sei davon das Kraftwerk Lippendorf voraussichtlich nicht betroffen. Allerdings wäre voraussichtlich das Kraftwerk Boxberg mit seinen älteren Blöcken direkt betroffen. Inwieweit davon die Klärschlamm-Mitverbrennung im Kraftwerk Boxberg tangiert wäre, kann derzeit nicht eingeschätzt werden, ebenso wenig die Gesamtauswirkung auf die Klärschlamm-Mitverbrennung.

Die Mitverbrennung von getrocknetem Klärschlamm in der **T.A. Lauta** ist genehmigungsrechtlich und anlagentechnisch grundsätzlich möglich. Eine entscheidende Rolle für die Machbarkeit und Genehmigungsfähigkeit der Klärschlamm-Mitverbrennung spielt die genehmigungsrechtliche Grenzwertproblematik, insbesondere bei Schwefel. Im Vorfeld wären technologische Voruntersuchungen und eine Modifizierung der Anlage mit den dafür erforderlichen Investitionen (u. a. Schaffung eines Annahmebereiches mit Zuführung zur Verbrennung sowie ggf. Errichtung Trocknungsanlage) notwendig.

Unter Berücksichtigung der optional möglichen Aufweitung der vom Regionalen Abfallverband Oberlausitz-Niederschlesien (RAVON) vertraglich gebundenen Kapazität in der T.A. Lauta von 110.000 t/a auf 150.000 t/a könnten bei der aktuellen Auslastungssituation theoretisch ca. 70.000 t OS Klärschlamm mit 60 – 95 % TR einer thermischen Entsorgung zugeführt werden.

Der möglichen Mitverbrennung in der T.A. Lauta steht entgegen, dass es noch keine Erfahrungen zum Einsatz von Klärschlamm in der Anlage gibt. Die T.A. Lauta hat bisher Klärschlamm nur in einem sehr geringen Umfang mitverbrannt. Neben den verfahrenstechnischen Problemen stellen sich die wirtschaftlichen Fragen der Mitverbrennung von Klärschlamm in der T.A. Lauta als offen dar. Weil die Mitverbrennung nicht ohne zusätzliche Investitionen (zusätzlicher Annahmebereich, ggf. Trocknungsanlage) möglich sein dürfte, ist eine Refinanzierung dieser Investitionen im Hinblick auf die geplante gesetzliche Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung fraglich zu bewerten. Denn die geplante Phosphorrückgewinnung hat zur Folge, dass nach einer noch nicht genau spezifizierbaren Übergangsfrist eine Mitverbrennung nur noch für phosphorarme Schlämme zulässig ist. Das Mengenaufkommen für die Mitverbrennung von Klärschlamm wird sich dann dementsprechend reduzieren.

Vorstehende Aspekte führen zur Schlussfolgerung, dass die Mitverbrennung von Klärschlamm in der T.A. Lauta derzeit eine eher unsichere Entsorgungsoption für die strategische Ausrichtung der Klärschlammentsorgung im Freistaat Sachsen darstellt. Sie könnte aber an Bedeutung gewinnen, falls die derzeit preisgünstigen Mitverbrennungskapazitäten in Kraftwerken ausgelastet wären oder gar nicht mehr zur Verfügung stünden, jedoch weitere thermische Entsorgungskapazitäten für Klärschlämme aus Sachsen benötigt würden.

Kapazitäten zur thermischen Entsorgung in Deutschland

Die thermische Entsorgung sächsischer Klärschlämme außerhalb Sachsens ist grundsätzlich mit der bereits im Abschnitt 6.4.2 diskutierten Monoverbrennung und Mitverbrennung denkbar.

Abbildung 19 zeigt die in Deutschland arbeitenden Monoverbrennungsanlagen. Es ist ersichtlich, dass in einem Entfernungsbereich bis 300 Kilometer vom Freistaat Sachsen entfernt nur wenige Monoverbrennungsanlagen liegen. Durch die Bindung an Großkläranlagen, industrielle Mitnutzung bzw. Abwasserverbände mit zugehörigen Klärschlammaufkommen ist die überwiegende Zahl der Anlagen weitgehend ausgelastet (vgl. Tab. 22 in UBA 2012).

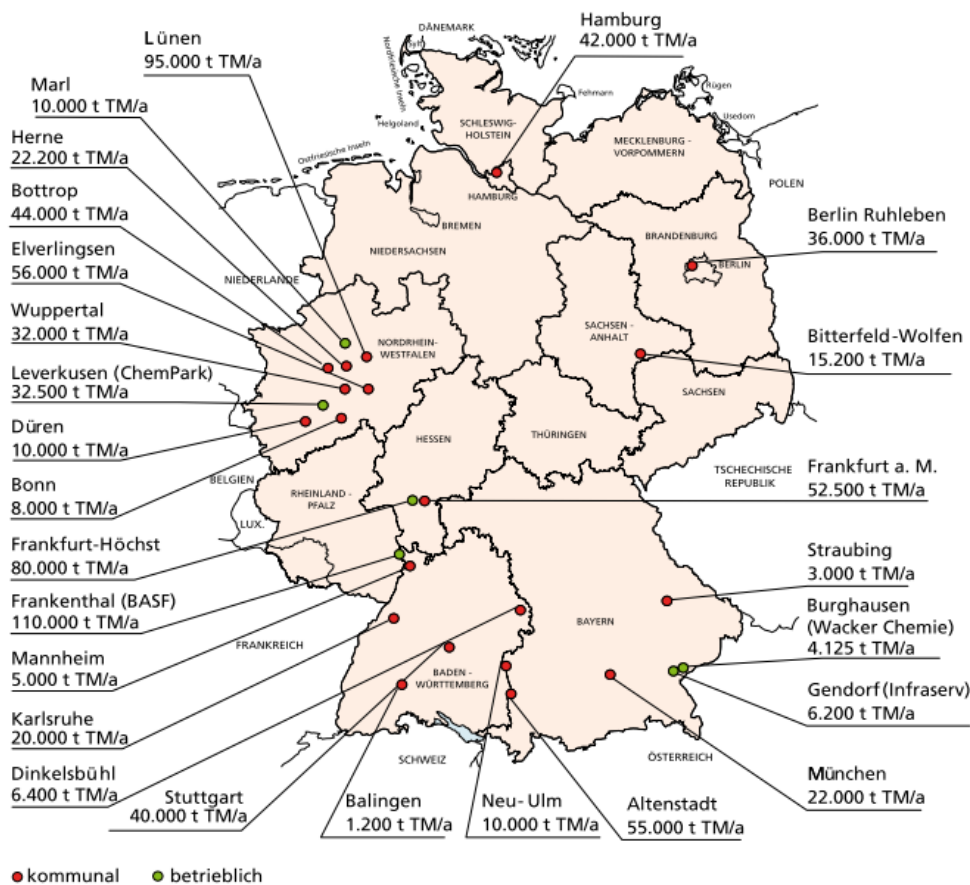


Abbildung 19: Standorte und Kapazitäten der Monoverbrennungsanlagen für Klärschlämme in Deutschland (ADAM & KRÜGER 2013)

Potenziell nutzbare Kapazitäten zur thermischen Entsorgung in mittlerer Entfernung zum Freistaat Sachsen sind in Tabelle 16 aufgelistet. Hierzu ist zu bemerken, dass in den Braunkohlekraftwerken der Vattenfall GmbH im Land Brandenburg der Einsatz von Sekundärbrennstoff-Klärschlamm-Gemischen (SBS-KS-Gemische) erfolgt. Dabei wird heizwertreichen Sekundärbrennstoffen (SBS) Klärschlamm in einem Maß zugemischt, dass das Gemisch einen Heizwert nahe dem der Braunkohle aufweist. Entsprechende Erfahrungen werden derzeit beim Einsatz von SBS-KS-Gemischen im Kraftwerk Schwarze Pumpe gesammelt. Nach Auswertung der Versuchsergebnisse soll auch im Kraftwerk Jänschwalde der Einsatz von SBS-KS-Gemischen erfolgen. Aus diesem Ansatz resultiert perspektivisch ein zusätzliches Potenzial zur Mitverbrennung von Klärschlamm in Höhe von ca. 60.000 t OS/a. Auf die o. g. erheblichen Unsicherheiten für die Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kraftwerken der Vattenfall GmbH insbesondere über den Zeitraum bis 2020 hinaus sei hingewiesen.

Die in Deutschland insgesamt verfügbaren Verbrennungskapazitäten betragen ca. 1,2 Mio. t TM pro Jahr. In Kohlekraftwerken und in Monoverbrennungsanlagen können jährlich jeweils ca. 500.000 t TM mitverbrannt werden. Ergänzend dazu stehen in Zementwerken ca. 115.000 t TM/a und in Abfallverbrennungsanlagen ca. 100.000 t TM/a zur Verfügung (JASPER & KAPPA 2012).

6.5 Alternative thermische Entsorgung

6.5.1 Karbonisierung

Das Grundprinzip dieses Verfahrens ist die Umwandlung von Biomasse durch den technischen Prozess der Karbonisierung in ein kohleähnliches Produkt (Biokohle). Verfahrenstechnisch werden dafür hauptsächlich die hydrothermale Karbonisierung (HTC) oder die Pyrolyse genutzt. Als Reaktionsprodukte entstehen neben Biokohle flüssige bzw. gasförmige Produkte. Die Ziele der Biokohleerzeugung sind einerseits die Erzeugung eines CO₂-neutralen Brennstoffs, der direkt zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden kann, sowie die Herstellung von Vorprodukten für industrielle Anwendungen und andererseits, bei Einbringung in den Boden, die langfristige Bindung von Kohlenstoff, der damit der Biosphäre entzogen wird.

Beim Verfahren der hydrothermalen Karbonisierung (HTC-Verfahren) von Klärschlamm kann als Input sowohl entwässerter Rohschlamm als auch ausgefallter Klärschlamm verwendet werden. Die eigentliche Verkohlung findet unter hohem Druck (20 bis 35 bar) bei Temperaturen von 180 bis 250 °C statt. Als Folge wird die Organik aufgespalten und unter Wärmeabgabe Sauerstoff und Wasser abgetrennt. Selbst bei einem hohen organischen Anteil der zugeführten Biomasse reicht die beim HTC-Prozess frei werdende Wärme jedoch nicht aus, den HTC-Prozess energieautark zu betreiben. Es muss extern Wärme zugeführt werden. Bei Frischschlamm als Ausgangssubstrat entsteht Biokohle mit einem vergleichbaren Brennwert wie Braunkohle (18 bis 20 MJ/kg), während bei Faulschlamm Biokohle mit einem geringeren Brennwert zwischen 11 und 12 Megajoule pro Kilogramm erzeugt wird. Die im Klärschlamm enthaltenen Schwermetalle sowie der enthaltene Phosphor verbleiben größtenteils in der Biokohle (BÜCHLER 2012). Die erzeugte Biokohle ist als Ausgangsstoff sowohl zur Verbrennung als auch zur Vergasung geeignet und kann damit zur Energie- und Wärmeproduktion eingesetzt werden.

Alternativ lässt sich mit dem HTC-Verfahren auch ein humusähnliches Produkt erzeugen, das bei Einsatz schadstofffreier Ausgangsstoffe zur Bodenverbesserung und zur CO₂-Speicherung eingesetzt werden kann (NEUMANN 2014). Zur bodenverbessernden Wirkung von Biokohle bestehen derzeit jedoch noch erhebliche Wissensdefizite. Dies betrifft u. a. Fragen zur Beständigkeit bzw. Dauerhaftigkeit der Biokohle im Boden sowie - vor allem bei der Verwendung von Klärschlamm als Ausgangsmaterial für die Biokohle-Herstellung - zu der mit Biokohle zugeführten Schadstofffracht. Auch ist die rechtliche Einordnung als Abfall oder Produkt ungeklärt. Diese Einordnung ist jedoch für die Anwendbarkeit des Abfall- oder Produktrechts wesentlich. Sowohl aus landwirtschaftlicher Sicht als auch aus Sicht des Bodenschutzes bestehen beim derzeitigen Wissensstand und unter Berücksichtigung der rechtlichen Unklarheiten Bedenken gegen die Einbringung aus Klärschlamm hergestellter Biokohlen (Hydro- und Pyrokohlen) in Böden.

Das HTC-Verfahren besitzt eine Reihe von Vorteilen gegenüber der herkömmlichen Kombination aus Faulung und Trocknung. Zu nennen sind der hohe Entwässerungsgrad bis 75 % bei gleichzeitigem Erhalt des heizwertbestimmenden organischen Anteils und einer im Vergleich zur Trocknung besseren Energiebilanz. Hinzu kommen vorteilhafte mechanische Eigenschaften wie die Mahlbarkeit und Förderfähigkeit der HTC-Kohle, die den Transport und die Lagerung vereinfachen. Für die Behandlung des stark belasteten Filterabwassers gibt es Aufbereitungskonzepte, die eine Vorreinigung entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Kläranlage ermöglichen. Untersuchungen in der Schweiz (ZHWA 2013) zeigen, dass sowohl aerob als auch anaerob eine mittlere bis sehr gute biologische Abbaubarkeit der organischen Fracht des HTC-Prozesswassers und des HTC-Permeats besteht. Diesen Vorteilen steht gegenüber, dass bisher nur geringe Praxiserfahrungen mit dem HTC-Verfahren im großtechnischen Maßstab vorliegen.

Bei der Pyrolyse wird getrocknete Biomasse bei hohen Temperaturen unter Sauerstoffabschluss verkoht. Wichtig für die Effizienz der Pyrolyse von Klärschlamm ist, dass erstens bei Einsatz vorgetrockneten Klärschlamm die eigentliche Pyrolyse energetisch effizienter realisierbar ist. Und zweitens ist unter energetischem Aspekt der Einsatz von nicht ausgefaultem Klärschlamm vorteilhafter, da dieser einen höheren Energiegehalt als ausgefaulter Schlamm besitzt.

Hydrothermale Karbonisierung und Pyrolyse unterscheiden sich sowohl in den Prozessbedingungen als auch hinsichtlich der Anteile an festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen im Output. Beide Verfahren werden derzeit durch eine Reihe von Institutionen wissenschaftlich untersucht.

Zu den Kosten der Verfahren liegen noch keine belastbaren Erkenntnisse vor, sodass keine fundierten Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen werden können. Angaben der Verfahrensanbieter geben für das HTC-Verfahren (Bsp: AVA-CO₂) 45 bis 50 EUR/t OS frei Anlage und für die Pyrolyse (Bsp.: PYREG) ca. 41 EUR/t OS frei Anlage an, wobei diese Angaben Nettowerte für einen Klärschlamm mit 25 % TR darstellen.

Der Einsatz von Biokohle als Ausgangsstoff für die Herstellung von Kultursubstraten ist in der DüMV nicht vorgesehen (Anlage 2 Tabelle 7.1.10 DüMV). Dementsprechend ist der Einsatz als Bestandteil von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen oder Kultursubstraten derzeit nicht zulässig. Die Aufnahme als Ausgangsstoff im Rahmen einer Fortschreibung der DüMV ist jedoch nicht auszuschließen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die Verfahren der Karbonisierung noch in der Entwicklung befinden. Sie können jedoch zukünftige Alternativen zur konventionellen Kombination aus Faulung und Trocknung sein und sollten deshalb bei zukünftigen Konzeptionen der Klärschlammbehandlung als Alternativvariante zur herkömmlichen Kombination aus Faulung und Trocknung mit betrachtet werden.

Gegenüber getrocknetem Klärschlamm ist das Produkt Biokohle höher zu bewerten. Eine Reihe von Unternehmen, so AVA-CO₂ Schweiz AG und CS carbonSolutions Deutschland GmbH, bieten bereits Anlagen mit kleineren bis mittleren Durchsatzleistungen im industriellen Maßstab an. Die mit den Verfahren erzielbare Wirtschaftlichkeit bei der Klärschlammbehandlung wird darüber entscheiden, ob sich diese Verfahren zur thermischen Entsorgung von Klärschlamm etablieren können.

Durch die Umweltministerkonferenz wurde die weitere Förderung der Karbonisierung ausdrücklich empfohlen (UMK 2014)

6.5.2 Ersatzbrennstoffe (EBS)

Ersatzbrennstoffe, auch Sekundärbrennstoffe bezeichnet, sind Brennstoffe, die aus Abfällen hergestellt bzw. gewonnen werden und primäre Brennstoffe ersetzen.

In den letzten Jahren hat sich eine Reihe von Firmen darauf spezialisiert, Ersatzbrennstoffe zu erzeugen. Gleichzeitig hatten Produktionsbetriebe als auch Energiekonzerne etwa ab dem Jahr 2006 den Bau von EBS-Heizkraftwerken bzw. die Mitverbrennung von EBS vorangetrieben.

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens (Reg.-Nr.: IW061105) wurde zu diesem Thema die Erzeugung von definiertem Ersatzbrennstoff (EBS) aus der Shredderleichtfraktion (SLF) von gewerblichem Abfall unter Hinzugabe von Klärschlämmen aus der kommunalen Abwasserbehandlung bzw. anderen feuchten Reststoffen als Bindemittel untersucht (PÖRY 2008). Im Ergebnis des Forschungsvorhabens konnte u. a. festgestellt werden, dass es nie

einen „[...] universellen und standardisierten Ersatzbrennstoff, der in jeder Kraftwerksanlage einsetzbar ist, gibt. [...] Vielmehr muss eine EBS-Aufbereitungsanlage so konzipiert sein, dass verschiedene Reststofffraktionen angenommen und verwertet werden können, und dass schwerpunktmäßig ein, zwei Verwertungswege bedient werden, diese aber mit guter und gleichbleibender Qualität“. (PÖYRY 2008)

Auf dieser Basis haben sich Firmen u. a. im Freistaat Sachsen und im benachbarten Sachsen-Anhalt etabliert, die EBS mit Klärschlämmen herstellen und dafür auch Klärschlämme aus Sachsen generieren. Nach Information der eins energie in Sachsen (SCHULTHEIß 2014) und eigenen Recherchen sind dies u. a.

- EURECUM GmbH & Co. KG, Eisleben (Sachsen-Anhalt),
- Plambeck ContraCon Bau und Umwelttechnik GmbH, Böhlen (Sachsen-Anhalt),
- H & T Abfallhandel & Aufbereitungs-GmbH, Himmelpforten (Niedersachsen),
- LAV Markranstädt GmbH, Markranstädt (Sachsen),
- Veolia Umweltservice Ost, Schwarze Pumpe (Brandenburg).

Innerhalb Deutschlands ist der EBS-Markt unübersichtlich. Er wird geprägt von zunehmender Konkurrenz zwischen Müllverbrennung, stofflicher Verwertung, Monoverbrennung in EBS-Kraftwerken und Mitverbrennung (Kohlekraftwerke, Zementindustrie).

In welchem Umfang sächsische Klärschlämme zur Herstellung von EBS eingesetzt wurden und werden, ist nicht bekannt, sodass eine Kapazitätsabschätzung der zukünftig über diesen Weg thermisch verwerteten Klärschlammmenge nicht möglich ist.

Die Firma Vattenfall GmbH verwertet in ihrem Kraftwerken in Schwarze Pumpe EBS, dort als SBS bezeichnet, sowohl als reines SBS bzw. auch als SBS-KS-Gemisch. Dies ist bislang auch für das Kraftwerk Jänschwalde vorgesehen. Die Zumischung des Klärschlammes ist dabei anlagentechnisch bedingt und liegt zwischen ca. 35 und 45 %. Zu den möglichen Kapazitäten wird auf Abschnitt 6.4.2 verwiesen.

Unter umweltpolitischen Gesichtspunkten wird die Mitverbrennung von EBS kontrovers diskutiert, da die Verwertungsanlagen (Zementwerke, Kraftwerke, Feuerungsanlagen) in der Regel geringere Anforderungen bei der Abgasreinigung einhalten müssen als Abfallverbrennungsanlagen, in denen diese Abfälle sonst entsorgt werden. Ebenfalls kritisch zu bewerten ist, dass mit diesen Verfahren keine Phosphorrückgewinnung möglich ist.

7 Aspekte der Klärschlammmentsorgung

7.1 Einflüsse aus politischen Entwicklungen und aus Veränderungen gesetzlicher Rahmenbedingungen

7.1.1 Düngerecht

Novellierung der EU-Düngemittelverordnung

„Die europäische Kommission, ..., hat in 2010 ... eine Studie beauftragt, in der die Auswirkungen einer harmonisierten europäischen Düngemittelverordnung, einschließlich der technischen Durchführbarkeit und den umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen einer solchen Gesetzgebung untersucht wurden. Basierend auf diesen Ergebnissen soll nun die EU-Düngemittelverordnung (EG) 2003/2003 revidiert und ihr Anwendungsbereich auf organische Düngemittel ausgeweitet werden. Bislang sind in der EU-DüMV nur mineralische Düngemittel berücksichtigt, organische Dünge- und Bodenverbesserungsmittel wie Kompost oder Gärprodukte unterliegen der derzeit geltenden EG-Regelung nicht“. (H&K 2012)

Den vorläufigen Stand zu den Inhalten einer zukünftigen EU-DüMV zeigt Tabelle 17.

Tabelle 17: Vorläufiger Stand zu den Inhalten einer zukünftigen EU-DüMV (EMBERT 2013)

Produktgruppen (ähnlich dt. Recht)	Ausgangsstoffe (abweichend zu dt. Recht)	Stoffgehalte (teilweise wie in dt. Recht)
<ul style="list-style-type: none"> • Düngemittel • Bodenhilfsstoffe • Kultursubstrate • Pflanzenhilfsmittel entfallen • Biostimulatoren kommen hinzu • Kalke als neue eigene Hauptproduktgruppe • fallweise Untergruppen für organische, organisch-mineralische und mineralische Fraktionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Einbeziehung mineralischer Ausgangsstoffe unstrittig • Einbeziehung organischer. Ausgangsstoffe unstrittig, auch Klärschlamm und Bioabfall • Einbeziehung tierischer Nebenprodukte unstrittig; aber von in Verkehr gebrachten tierischen Fäkalien strittig • Einbeziehung von Hilfsstoffen unstrittig • Stofflisten zu Ausgangsstoffen werden abgelehnt, v. a. Positivlisten 	<ul style="list-style-type: none"> • Nährstoffe <ul style="list-style-type: none"> – einheitliche Mindestgehalte, typenübergreifend, tatsächliche Gehalte kennzeichnen – keine Kennzeichnungsschwellen für Begleitnährstoffe • Schadstoffe (Regeln für Schwermetalle, org. Schadstoffe, Hygiene): <ul style="list-style-type: none"> – Unterschiedliche Grenzen für Schwermetalle je nach Produktgruppe, teilweise höher als im deutschen Recht – wahrscheinliche Stofffracht für Grenzwerte einbezogen – aber: keine Kennzeichnung von Schadstoffen – • Kennzeichnung eingesetzter Stoffe offen

Bei Inkrafttreten einer neuen EU-DüMV mit den genannten Inhalten würden das Düngegesetz, die DüMV sowie die Düngemittel-Probenahme- und Analyseverordnung (DüngMProbV 2009) weitgehend überflüssig. Die Inhalte der DüV und der Wirtschaftsdüngerverordnung und abfallrechtliche Vorgaben wären zu prüfen und auf das neue EU-Recht abzustimmen (EMBERT 2013).

Novellierung der Düngeverordnung

Mit der Düngeverordnung werden die Anforderungen an die Anwendung von Düngemitteln nach guter fachlicher Praxis näher bestimmt.

Die vom früheren Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMELV) einberufene Bund-/ Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der DüV hat wesentliche Inhalte für deren Evaluierung und die Weiterentwicklung erarbeitet. Die Ergebnisse hierzu sind im Folgenden schwerpunktmäßig aufgeführt (OSWALD 2013):

■ Düngebedarfsermittlung

- verpflichtende Dokumentation der Düngeplanung für Stickstoff und Phosphor auf der Ebene der Bewirtschaftungseinheiten
- bundesweit einheitliche Gesamtsollwerte für Stickstoff, Anpassung in Abhängigkeit vom Ertragsniveau

■ Standort- und Bodenzustandsspezifische Restriktionen

- Abschwemmen gedüngter Nährstoffe in Oberflächengewässer und auf benachbarte Flächen verhindern
- Düngeverbot in einen Abstand von 1 Meter zu Oberflächengewässern

■ Ausbringtechnik/Einarbeitung - Anforderungen an die Verteilungs- und Dosiergenauigkeit der Ausbringtechnik

■ Ausbringungsobergrenzen - Anwendung der 170-kg-N-Obergrenze auf alle organischen Düngemittel

■ Sperrfristen, Lagerdauer, Ausbringung nach Ernte der Hauptkultur

- Verlängerung von Sperrfristen (angedacht: 01.10. – 31.01., aktuell: 01.11. – 31.01.) und Präzisierung von Ausbringungszeiten, damit werden höhere Lagerkapazitäten erforderlich

■ Nährstoffvergleich - Einführung einer plausibilisierten Feld-Stall-Bilanz

■ Novellierung der DüV für 2015 vorgesehen.

7.1.2 Novellierung der Klärschlammverordnung

Die AbfKlärV ist seit 1992 in Kraft. Zu ihrer Novellierung liegt ein Entwurf aus dem Jahr 2010 vor. Derzeit arbeitet die Bundesregierung auf Grundlage des Koalitionsvertrages vom 12. Dezember 2013 (KV 2013) an der Novellierung der AbfKlärV. Im Koalitionsvertrag wurde dazu festgelegt, dass die Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beendet und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewonnen werden sollen (KV 2013, S. 120).

Wesentliche Bestandteile der zukünftigen AbfKlärV sollen demzufolge der Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung sowie die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung sein. Welche Übergangszeiträume bis zur Umsetzung dieser Forderungen gewährt werden, ist noch in Diskussion. Der seitens des BMUB (BERGS 2014c) geplante Übergangszeitraum von zehn Jahren soll laut Beschluss der Umweltministerkonferenz (UMK 2014) deutlich verkürzt werden.

Bodenbezogene Verwertung

Die bodenbezogene Klärschlammverwertung soll nur noch befristet möglich sein. Gegebenenfalls wird es eine „Bagatellklausel“ geben, mit der Klärschlämme kleiner Kläranlagen vom bodenbezogenen Verwertungsverbot ausgenommen werden (BERGS 2014c). Gegenüber der bisherigen AbfKlärV sind in der Novelle folgende Änderungen zu erwarten:

- Aufweitung des Geltungsbereichs der AbfKlärV auf die gesamte bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm und Klärschlammgemischen
- Absenkung der Schwermetallgrenzwerte sowie Absenkung der Grenzwerte organischer Schadstoffe, Erweiterung des Untersuchungsspektrums um B(a)P und PFT (s. Tabelle 18)
- Anforderungen an Qualitätssicherungssysteme von der Entstehung der Klärschlämme bis zur sachgerechten Anwendung als Düngemittel
- Verkürzung der Untersuchungsrythmen (aller 250 bzw. 500 t TM)
- Vermischungs- und Verdünnungsverbot
- die Anforderungen an die Hygienisierung ergeben sich aus der § 5 Abs. 3 DüMV

Tabelle 18: Grenzwerte der Schwermetalle und organischen Schadstoffe der geltenden AbfKlärV und des Novellierungsentwurfs (2010)

		AbfKlärV	AbfKlärV (Entwurf 2010)
Blei (Pb)	mg/kg TM	900	120 (150)*
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	10	2,5 (3)*
Chrom (Cr)	mg/kg TM	900	100 (120)*
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	800	700 (850)*
Nickel (Ni)	mg/kg TM	200	80 (100)*
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	8	1,6 (2)*
Zink (Zn)	mg/kg TM	2.500	1.500 (1.800)*
AOX	mg/kg TM	500	400
B(a)P	mg/kg TM	-	1
PCB (28, 52, 101, 138, 153, 180)	mg/kg TM	0,2	0,1
PCDD/PCDF	ng TCDD-TEQ/kg TM	100	30
PFT	mg/kg TM	-	0,1

*Wert in Klammern für Schlämme > 5 % P₂O₅ i.d. TM,

Die Anforderungen der geplanten Novellierung der AbfKlärV an Schadstoffgehalte, Untersuchungsumfang, Nachweispflichten und Qualitätssicherungssysteme führen in Summe zu einer weiteren Reduzierung der Menge bodenbezogen verwertbarer Klärschlämme.

Darüber hinaus wird nach derzeitigem Stand die geplante Mantelverordnung (Arbeitsentwurf 2015) mit der darin enthaltenen Novelle der Bodenschutzverordnung ähnliche Anforderungen an die bodenbezogene Verwertung stellen, wie sie die heutige Regelungslage bereits umfasst. Demnach ist mit Blick auf die Prognosen und die konzeptionelle Planung der Klärschlamm Entsorgung derzeit von keinem erheblichen Einfluss durch die Mantelverordnung auszugehen.

Thermische Entsorgung und Phosphorrückgewinnung

Mit der beabsichtigten Übergangsfrist bis zum Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung wird die Nutzung des Phosphors durch landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nur noch zeitlich begrenzt

bzw. in weitaus geringerem Umfang möglich sein. Um zukünftig das Phosphorpotenzial aus Klärschlamm bzw. Abwasser (weiterhin) nutzen zu können, wurden durch Bergs (2014c) folgende Optionen benannt, die in der Novellierung der AbfKlärV Berücksichtigung finden sollen:

■ Option 1:

Die thermische Entsorgung der Klärschlämme erfolgt durch Mitverbrennung. Es besteht die Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen, die Phosphorgehalte größer gleich 20 g/kg TM aufweisen. Davon ausgeschlossen sind ggf. Kläranlagen der Größenklasse 1 und 2.

■ Option 2:

Die Entsorgung erfolgt in Monoverbrennungsanlagen. Es besteht eine Pflicht zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammasche, unabhängig vom Phosphorgehalt des verbrannten Klärschlammes. Die Phosphorrückgewinnung hat entweder sofort durch direkte landwirtschaftliche Verwertung der Aschen oder spätestens nach Beendigung der zulässigen Lagerungszeit zu erfolgen. Die Lagerung der Aschen bis zur Verwertung hat in Langzeitlagern nach § 23 DepV zu erfolgen.

Die Vorgabe eines konkreten Verfahrens zur Durchführung der Phosphorrückgewinnung ist nicht vorgesehen (BERGS 2014a).

7.1.3 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Ausgehend von den politischen Zielvorgaben der Bundesregierung ergibt sich durch den vorgesehenen Ausbau der erneuerbaren Energien, dass sich die Auslastung der konventionellen Kraftwerke tendenziell verändern wird. Es erfolgt zunehmend eine Verschiebung von der heutigen Funktion als Grundlastkraftwerke hin zu Kraftwerken, die kurzfristig Reservekapazitäten bereitstellen müssen, wenn die erneuerbaren Energien nicht in der Lage sind, den Bedarf abzudecken.

Das Institut für angewandte Ökologie (Öko-Institut 2014) prognostiziert, dass sich der Anteil der Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern in Abhängigkeit vom angestrebten Klimaschutzszenario bis zum Jahr 2030 auf ca. 25 % bis 40 % reduziert. Der Anteil der Energieerzeugung in Braunkohlekraftwerken, die für den Freistaat Sachsen zur thermischen Entsorgung von Klärschlamm durch Mitverbrennung von maßgeblicher Bedeutung sind, soll sich danach szenarienabhängig um ca. 55 % bis 65 % reduzieren.

Die Energiewende führt durch die Merit-Order dazu, dass die erneuerbaren Energien konventionelle Kraftwerke aus dem Markt drängen und diese damit Einsatzstunden verlieren (FÜRSCH et al. 2012). Weil die Braunkohlekraftwerke zu den preiswerter produzierenden Grundlastkraftwerken zählen, sind diese in der Reihenfolge der Abschaltung nachrangiger als z. B. Steinkohlekraftwerke. Dementsprechend ist hinsichtlich der Effekte aus dem EEG kurz- bis mittelfristig nur mit vernachlässigbaren Einschränkungen hinsichtlich der Kapazitäten zur Klärschlamm-Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken zu rechnen.

Bis zum Jahr 2050 sieht die Studie des Öko-Instituts eine Reduzierung der Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern bis auf einen Anteil von maximal 8 % vor, wobei die Braunkohle nur noch mit ca. 3 % beteiligt sein soll. Langfristig hätte diese Entwicklung den kompletten Ausstieg aus der thermischen Entsorgung von Klärschlamm durch Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken zur Folge. Die Errichtung entsprechender Klärschlamm-Monoverbrennungskapazitäten im Freistaat Sachsen ist auch deshalb langfristig für die Absicherung der thermischen Entsorgung zu planen und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, angepasst an das Mengenaufkommen umzusetzen.

Für die Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen bis 2025 hat demnach das EEG und der aus ihm resultierende Umbau bei den Energieträgern noch keine gravierenden Auswirkungen über die Mitverbrennungskapazitäten für Klärschlamm in sächsischen Braunkohlekraftwerken. Auf die erheblichen Unsicherheiten für die zukünftige Klärschlamm-Mitverbrennung (Abschnitt 6.4.2) wird jedoch hingewiesen.

7.2 Logistische Aspekte

Der Prozess der Klärschlamm Entsorgung umfasst auch die Maßnahmen, die dazu dienen, den Klärschlamm in eine verwertbare oder ablagerungsfähige Form zu überführen. Art, Umfang und Ergebnis der zur Klärschlamm Entsorgung erforderlichen Teilprozesse richten sich nach den spezifischen Anforderungen, die von dem angestrebten Entsorgungsweg an die Behandlung der Schlämme gestellt werden, sowie nach der jeweiligen Beschaffenheit des Rohschlammes.

Entwässerung, Trocknung

Die logistischen Eigenschaften von Klärschlamm, wie die Transport- und Lagerfähigkeit, werden maßgeblich durch seinen Wassergehalt bestimmt. Dementsprechend sind Entwässerung oder Trocknung wesentliche Behandlungsschritte zur Sicherung der Klärschlamm Entsorgung und gewinnen aus Gründen der Flexibilisierung der Klärschlamm Entsorgung zunehmend an Bedeutung.

Mit modernen maschinellen Entwässerungsmaschinen lassen sich Klärschlämme ohne zusätzliche Feststoffanreicherung bis auf 35 % Trockenmassegehalt entwässern. Zur Verbesserung der Effektivität der maschinellen Fest-Flüssig-Trennungen werden polymere Flockungsmittel zugegeben. Ohne den Zusatz von Polymeren wäre bei vielen Entwässerungsaggregaten die Funktions- und Leistungsfähigkeit stark eingeschränkt. Für die Entsorgung der Klärschlämme hat dies jedoch zur Folge, dass aufgrund der Forderungen der DüMV zur Abbaubarkeit der synthetischen Polymere ab 2017 eine landwirtschaftliche Verwertung ausgeschlossen ist (Abschnitt 6.2.1).

Ein Trockenmassegehalt von über 90 % ist durch thermische Trocknung nach vorheriger mechanischer Entwässerung erreichbar. Als ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative zur konventionellen Klärschlamm Trocknung bieten sich solarunterstützte Trocknungsverfahren an.

Welche Entwässerungs- und ggf. Trocknungsverfahren eingesetzt werden, ist im Einzelfall unter Beachtung der spezifischen Randbedingungen der Kläranlage und den angestrebten Entsorgungswegen zu entscheiden. Für den Transport zur Mitverbrennung in Kraftwerken und die Beschickung am Standort der Kraftwerke sind vorentwässerte Schlämme mit Feststoffgehalten von ca. 25 bis 35 % geeignet. Besonders die Beschickung von Kesselanlagen mit Dickstoffpumpen setzt Obergrenzen bei den Feststoffgehalten, damit die Klärschlämme noch gepumpt werden können.

Eine Klärschlamm Trocknung sollte grundsätzlich nur vorgesehen werden, wenn der Entsorgungsweg eine entsprechende Konsistenz bzw. Struktur des Klärschlammes bei gleichzeitig hohem Trockenrückstand erfordert. Ist die thermische Entsorgung geplant, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Trocknung am Standort der thermischen Behandlungsanlage möglich ist und wenn ja, ob sie günstiger zu realisieren ist als die Anlieferung getrockneten Klärschlammes. Bei der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung ist grundsätzlich davon auszugehen, dass eine Entwässerung die energetisch und wirtschaftlich günstigere Variante als die Trock-

nung darstellt, weil der Einsatz von Klärschlamm in der Landwirtschaft keinen getrockneten Klärschlamm erfordert.

Die Kläranlagen im Freistaat Sachsen sind umfassend mit Einrichtungen zur Schlammbehandlung ausgerüstet. So gibt es auf den meisten mittleren und allen großen Kläranlagen stationäre maschinelle Klärschlamm-entwässerungsanlagen. Auch die Möglichkeiten der mobilen Klärschlamm-entwässerung werden umfassend genutzt.

Die auf den Großkläranlagen Leipzig und Chemnitz vorhandenen Trocknungsanlagen sind aus wirtschaftlichen Gründen schon längerfristig nicht mehr in Betrieb.

Transport

Die Klärschlämme müssen zwischen dem Ort ihres Anfalls und den Entsorgungsorten transportiert werden. Um den Transport effizient organisieren und durchführen zu können, sind Einflussgrößen wie

- Art, Menge und zeitliche Verteilung des Klärschlammanfalls,
- An- und Abfahrtsmöglichkeiten zur Kläranlage,
- anlagenspezifische Gegebenheiten mit Einfluss auf die Wahl des Transportsystems,
- Stapel- und Lagermöglichkeiten auf den Kläranlagen bzw. bei den mit dem Transport und der Entsorgung beauftragten Unternehmen sowie
- Anlieferungsbedingungen am Entsorgungsort

zu berücksichtigen.

Für die Transportaufgaben steht unter Berücksichtigung des Entsorgungszieles, der Örtlichkeit und Zugänglichkeit der Kläranlagen sowie den anlagenspezifischen Schlammeigenschaften eine Reihe von Alternativen zur Verfügung. Zu unterscheiden ist grundsätzlich zwischen dem Transport von Nassschlamm und dem entwässerten bzw. getrockneten Schlämme. Während für den Nassschlammtransport Tanklastwagen eingesetzt werden, erfolgt der Transport entwässerten und getrockneter Schlämme in der Regel in Containern, mittels Sattelzug oder Silofahrzeugen.

Die Tendenz zur thermischen Klärschlamm-entsorgung führt grundsätzlich zu längeren Transportwegen und zu höheren Emissionen. Unter Kostengesichtspunkten ist hierfür der Transport mit Sattelzügen dem mit Containern vorzuziehen. Letzteres setzt voraus, dass eine Belademöglichkeit für Sattelzüge auf der Kläranlage vorhanden ist bzw. geschaffen werden kann. Technische Möglichkeiten hierfür sind z. B. unterfahrbare Hochsilos oder die Beladung mit Radladern.

Soweit Kläranlage und/oder Entsorgungsanlage Gleisanschlüsse haben, ist ein Transport per Schiene, ggf. mit Umladung zwischen Straße und Schiene, grundsätzlich möglich. Dies sollte bei Vorhandensein von Gleisanschlüssen immer unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten geprüft werden.

Die Vorteile des Bahntransportes liegen in der Entlastung des Straßennetzes mit Schwertransporten, der Erhöhung der Verkehrssicherheit und der relativen Witterungsunabhängigkeit. Aus ökologischer Sicht verringern sich die Umweltbelastung durch Abgase und Lärm und der spezifische Energieaufwand wird reduziert. Eine allgemeingültige Empfehlung für oder gegen Bahn oder Straße ist nicht möglich. Letztendlich ist die Wahl des

geeignetsten Transportmittels an den spezifischen Bedingungen auf der Kläranlage, den regionalen infrastrukturellen Gegebenheiten und an der aktuellen Kostensituation auszurichten.

Derzeit verfügt keine Kläranlage in Sachsen über einen eigenen Gleisanschluss. Auch die Umladung Straßenschiene wird nicht praktiziert, sodass Klärschlämme aus Sachsen derzeit in keinem Fall per Schiene transportiert werden.

Lagerung

Die Lagerung von Klärschlämmen hat vor allem bei ihrer landwirtschaftlicher Verwertung und thermischer Entsorgung Bedeutung.

Für die Anwendung von Klärschlamm zur Düngung stehen nur eng begrenzte Zeiträume zur Verfügung (Frühjahrsausbringung zu Mais und im Sommer/Herbst vor Winterfrüchten). Mit der vorgesehenen Novellierung der DüV sind für die Sommer-/Herbstaubringung nach Ernte der Hauptfrüchte weitergehende Restriktionen zu erwarten (z. B. Einsatz nur zu bestimmten Kulturen, Begrenzung der Höchstgaben Stickstoff). Damit werden sich die erforderlichen Lagerkapazitäten bei fortgesetzter landwirtschaftlicher Verwertung weiter erhöhen.

Die in ihrem Umfang kurz- bis mittelfristig zunehmende Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken bedingt ebenfalls erhöhte Lagerkapazitäten auf den Kläranlagen oder bei den Entsorgungsunternehmen. Gründe dafür sind die nur begrenzt verfügbaren Lagerkapazitäten in den Kraftwerken, Havarie- und Stillstandzeiten (Revisionen) der Kraftwerke sowie die Nutzung von Kapazitäten der Kraftwerke an Wochenenden. Schlammentwässerung, Klärschlammtransport sowie Lagermöglichkeiten sind auf die Anlieferungsbedingungen der Kraftwerke abzustimmen. Im Bedarfsfall müssen zusätzliche Lagerkapazitäten auf den Kläranlagen oder extern errichtet oder angemietet werden.

Welche Mengen an Klärschlamm letztendlich gelagert werden müssen, wird maßgeblich von der Vertragsgestaltung zwischen Kläranlagenbetreiber und Entsorger bestimmt. Unter wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten sollte der Aufwand für die Zwischenlagerung und den damit verbundenen Umschlagprozessen auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt bleiben, da alle zusätzlichen Logistikschritte weitere Kosten und Emissionen verursachen.

7.3 Ökologische Aspekte

Eine Bewertung, welchem Klärschlammbehandlungsverfahren bzw. Entsorgungsweg unter ökologischen Aspekten der Vorrang einzuräumen ist, erfordert die Erarbeitung von Ökobilanzen. Die Erstellung von Ökobilanzen basiert auf folgenden grundsätzlichen Betrachtungen (UBA 2013):

- medienübergreifend: sämtliche relevanten potenziellen Schadwirkungen auf die Umweltmedien Boden, Luft, Wasser sind zu berücksichtigen
- stoffstromintegriert: sämtliche Stoffströme, die mit dem betrachteten System verbunden sind (Rohstoffeinsätze und Emissionen aus Vor- und Entsorgungsprozessen, aus der Energieerzeugung, aus Transporten und anderen Prozessen) sind zu berücksichtigen

Ausführliche ökobilanzielle Betrachtungen von Entsorgungsoptionen für Klärschlamm wurden durch das IFEU-Institut (IFEU 2002) für das Land Schleswig-Holstein angestellt, die durch FEHRENBACH (2006) aktualisiert und erweitert wurden. In einer Planungshilfe des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU Bayern 2011) sind u. a.

am Beispiel von Kohlendioxid (CO₂), das in Bezug auf den Treibhauseffekt eine der wichtigsten Leitgrößen für die Umweltgefährdung darstellt, mit vereinfachten CO₂-Bilanzen die Klimabelastungen für verschiedene Verfahrensschritte der Klärschlammbehandlung- und Entsorgung aufgezeigt. Aus diesen Betrachtungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Vermeidung von Klärschlamm

■ Die Vermeidung von Klärschlamm ist ohne Verzicht auf eine funktionierende Abwasserreinigung nicht möglich. Durch Kreislaufführung, abfallarme Produktgestaltung und konsequente Indirekteinleiterkontrollen lassen sich jedoch die Schadstoffeinträge ins Abwasser und damit in den Klärschlamm im Sinne der Abfallvermeidung verringern. Im begrenzten Umfang lässt sich im Bereich der Kläranlage durch Einführung zusätzlicher Behandlungsstufen, z. B. der Klärschlammdeintegration, ein verbesserter Abbau bei gleichzeitiger Verringerung des Klärschlammmanfalls und verbesserter Gasausbeute erzielen.

Behandlung im Vorfeld der Entsorgung

■ „Entscheidend für günstige Emissionswerte ist es, mit geringem Energieeinsatz den Klärschlamm weitgehend zu entwässern, zu trocknen und den trockenen Klärschlamm so zu behandeln, dass die darin enthaltene Energie möglichst vollständig genutzt werden kann.“ (LfU Bayern 2011)

Landwirtschaftliche Verwertung

■ Vorteilhaft ist dieser Verwertungsweg durch die Schonung von Phosphaterzressourcen vor allem gegenüber den Verfahren, bei denen das im Klärschlamm enthaltene Phosphat nicht abgetrennt wird und damit nicht nutzbar erhalten bleibt.

■ Nachteilig ist der Eintrag der in der Abwasserreinigung angereicherten Schadstoffe in den Boden.

■ Gegenüber dem Mineraldüngereinsatz kann es zu höheren Stickstoffverlusten kommen (Emissionen in die Umwelt).

Landschaftsbau

■ Dieser Entsorgungsweg weist nur geringe ökologische Vorteile auf: dem Schadstoffeintrag in den Boden stehen nur eine marginale Nutzung der Nährstoffe und ein positiver Beitrag zur Humusbilanz entgegen.

Thermische Entsorgung

■ Die thermischen Behandlungsverfahren (Monoverbrennung, Mitverbrennung, alternative Verfahren) gewährleisten die sichere Zerstörung der organischen Schadstoffe im Klärschlamm und die vollständige Hygienisierung.

■ Hinsichtlich der toxischen Belastung ist die Verbrennung in Monoverbrennungs- oder Restabfallbehandlungsanlagen aufgrund der strengeren Grenzwerte nach 17. BImSchV günstiger als die Mitverbrennung in Kraft- oder Zementwerken; bei der Mitverbrennung in Kraft- oder Zementwerken sind insbesondere die Quecksilberemissionen hinsichtlich des Bodenschutzes kritisch zu bewerten.

■ Bei der Monoverbrennung sind sowohl die Energiebilanz als auch die CO₂-Bilanz einschließlich der feuerungstypischen Lachgasemissionen, die gegenüber der Mitverbrennung zu einem Manko beim Treibhauseffekt führen, ungünstiger als bei den Mitverbrennungsverfahren; allerdings ermöglicht nur die Monoverbrennung die Rückgewinnung von Phosphor ohne Vorbehandlung (s. a. Abschnitt 6.4).

■ Mitverbrennung in Kraft- und Zementwerken unterscheidet sich von Monoverbrennung durch einen höheren ökologischen Ertrag aus der Energiegutschrift; durch Substitution von Primärbrennstoffen und der daraus resultierenden CO₂-Gutschrift ergeben sich positive Auswirkungen auf den Treibhauseffekt; dies gilt insbesondere bei Vortrocknung ohne Eigenenergieverbrauch (z. B. über Solartrocknung, Abwärmenutzung); bei Mitverbrennungsverfahren ist die Phosphorrückgewinnung ohne Vorbehandlung nicht möglich bzw. nicht wirtschaftlich (s. a. Abschnitt 6.4).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass „... ein Entsorgungsweg umso ökologischer ist,

■ je mehr Schadstoffe aus der Biosphäre entfernt werden,

■ je energie günstiger und CO₂-ärmer sich der gesamte Verfahrensweg von der Kläranlage bis zur thermischen Behandlungsanlage darstellt und

■ je mehr Phosphat zurückgewonnen und pflanzenverfügbar dem Boden wieder zugeführt werden kann.“ (LfU Bayern 2011).

Erforderlich sind deshalb Entsorgungskonzepte der abwasserbeseitigungspflichtigen Körperschaften, die eine ressourcenschonende Rückgewinnung von Phosphor vorsehen und gleichzeitig das Einbringen von Schadstoffen in den Boden verhindert. Das kann nur durch Verfahrenskombinationen der Abwasser-, Schlammwasser und Klärschlammbehandlung geleistet werden, bei denen der Phosphor vor oder nach einer thermischen Behandlung aus dem Klärschlamm abgetrennt wird. Dem Hinweis der Umweltministerkonferenz folgend ist dabei zu berücksichtigen, „dass auch die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken ökologisch nicht sinnvoll ist und auf Dauer beendet werden muss“ (UMK 2014). Die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken kann deshalb nur eine Zwischenlösung darstellen und muss langfristig durch die Monoverbrennung bzw. andere geeignete alternative thermische Behandlungsverfahren abgelöst werden.

7.4 Ressourcenschonung durch Phosphorrückgewinnung

Veranlassung

Phosphor ist ein Schlüsselement für wichtige physiologische und biochemische Prozesse und stellt einen nicht substituierbaren Grundbaustoff für alle lebenden Organismen dar. Pflanzen beziehen Phosphor ausschließlich aus dem Boden. Der ständige Entzug durch pflanzliches Wachstum auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen muss durch Zufuhr von Phosphatdünger ausgeglichen werden. Haupteinsatzgebiet von Phosphor ist die Anwendung zu Dünge Zwecken für die landwirtschaftliche Produktion.

Dem wachsenden Phosphorverbrauch zur Absicherung der Ernährung der Weltbevölkerung steht ein begrenztes, zunehmend mit Schadstoffen belastetes Vorkommen an mineralischem Phosphor gegenüber. Die Reichweite der mineralischen Phosphaterzlagerstätten wird kontrovers diskutiert. Quellen gehen von etwa 90 Jahren (UBA 2012) für erschlossene Lagerstätten über „ausreichende Mengen für mehrere Generationen“ (EU-KOM 2013) bis hin zu 320 Jahren für die nachgewiesenen Lagerstätten (BGR 2013) aus. Davon unabhängig ist nach dem Vorsorgeprinzip für künftige Generationen ein schonender Umgang mit dem Nährstoff Phosphor geboten. Diesem Prinzip folgend gewinnt die Rückgewinnung von Phosphor zunehmend an Bedeutung.

Stoffströme zur Rückgewinnung von Phosphor

Im Rahmen der Abwasser- und Schlammbehandlung ergeben sich stoffstrombezogen verschiedene verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Phosphorrückgewinnung mit unterschiedlich hohem Rückgewinnungspotenzial. Eine Rückgewinnung von Phosphor ist aus folgenden Stoffströmen möglich (vgl. Abbildung 20):

1. Kläranlagenablauf
2. Schlammwasser
3. Faulschlamm
4. Klärschlammmasche

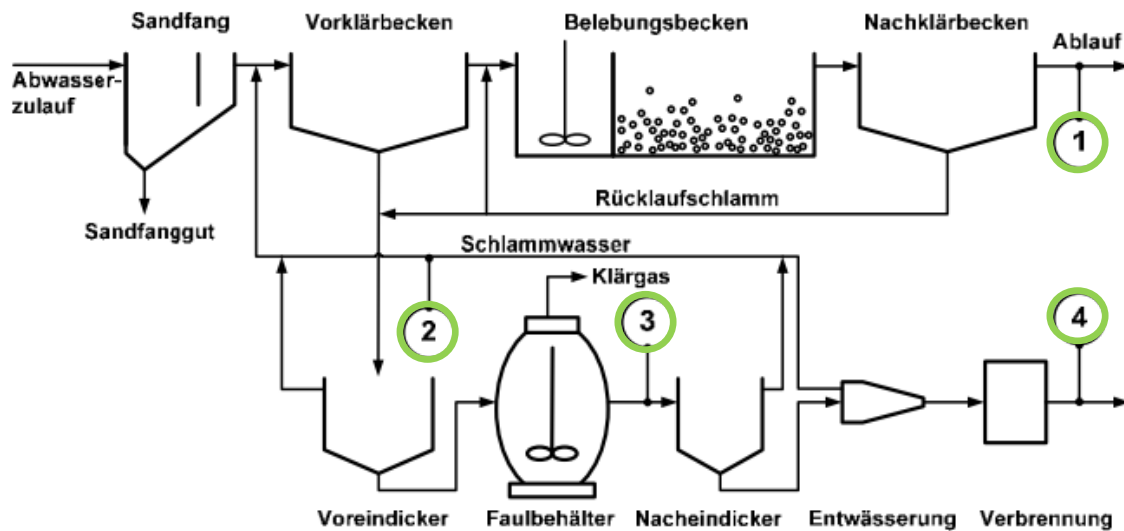


Abbildung 20: Stoffströme zur Phosphorrückgewinnung in kommunalen Anlagen (DWA 2013a)

In Abhängigkeit vom Stoffstrom, bei dem die Phosphorrückgewinnung erfolgt, unterscheiden sich die Verfahren nach Art, Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Die Möglichkeiten der Phosphorrückgewinnungen lassen sich nach folgenden Kriterien bewerten (PINNEKAMP 2006):

- Durchsatzmenge
- Volumenstrom
- Phosphorkonzentration
- Bindungsform des Phosphors
- Rückgewinnungspotenzial

Nach diesen Kriterien ist der Kläranlagenablauf für eine gezielte Rückgewinnung von Phosphor aufgrund der dort vorherrschenden Randbedingungen (hoher Volumenstrom und geringe Phosphorkonzentration) mit den derzeit verfügbaren Kristallisations- und Fällungsverfahren unwirtschaftlich (DWA 2013a). Somit sind in erster Linie die Stoffströme Schlammwasser, Faulschlamm und Klärschlammmasche für eine wirtschaftliche Phosphorrückgewinnung von Interesse. Ausgehend vom Phosphorgehalt und dem Anteil rückgewinnbaren Phosphors eignen sich besonders Aschen aus Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen für die Phosphorrückgewinnung.

Die tatsächlichen Rückgewinnungspotenziale können je nach eingesetzter Verfahrenstechnik auf der Kläranlage sowie abhängig von lokalen Randbedingungen, allen voran der Zusammensetzung des Abwassers, stark von den in Tabelle 19 angegebenen Werten abweichen (DWA 2013a).

Tabelle 19: Charakterisierung der Stoffströme zur Phosphorrückgewinnung in kommunalen Kläranlagen (DWA 2013a)

Einsatzstelle	Volumen-/ Massenstrom	Phosphor- konzentration	Bindungsform	Rückgewinnungspotenzial (bezogen auf die Zulauf- fracht der Kläranlage)
Kläranlagenablauf	200 l/(E·d)	< 5 mg/l	gelöst	max. 55 % ¹⁾
Schlammwasser	1 - 10 l/(E·d)	20 - 100 mg/l	gelöst	max. 50 % ²⁾
Faulschlamm	0,2 – 0,8 l/(E·d)	30 – 40 g/kg TR	gelöst sowie biologisch/chemisch gebunden	max. 90 %
Klärschlamm- asche	0,03 kg/(E·d)	60 – 80 g/kg TR	chemisch gebunden	max. 90 %

¹⁾ sofern keine gezielte P-Elimination stattfindet

²⁾ bei biologischer Phosphorelimination und Klärschlamm-
desintegration

Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Das Interesse an Techniken zur Rückgewinnung von Phosphor hat in den letzten Jahren zu intensiver Forschungstätigkeit und der Entwicklung einer Vielzahl von Verfahren geführt. Die Anwendungsreife der Verfahren ist allerdings sehr unterschiedlich und reicht von kleintechnischen Versuchen im Labormaßstab über halbtechnischen Betrieb bis zu großtechnischen Anwendungen.

Tabelle 20 enthält die großtechnisch eingesetzten Verfahren mit Beschreibungen wesentlicher Verfahrensmerkmale entsprechend DWA (2013a). Eine Reihe weiterer, nicht in Tabelle 20 aufgeführter Verfahren, befindet sich derzeit noch im Stadium der Forschung und ist derzeit noch von untergeordneter Bedeutung (z. B. Ionentauscher, Magnetseparation, Bio-Leaching, Elektrokinese).

Die Vielzahl der aufgeführten Verfahren zeigt, dass ein hoher Wissens- und Forschungsstand vorliegt, der durch weitere Forschungen zu vertiefen ist. Allerdings ist die praktische Umsetzung dieser Verfahrenskonzepte noch nicht in dem Maße erfolgt, dass aus den gewonnenen Erfahrungen und dem gesammelten Datenmaterial belastbare Erkenntnisse abgeleitet werden können. Die Etablierung der Verfahren wird im hohen Maße von der erreichbaren Wirtschaftlichkeit abhängen, wobei hierzu nur unzureichende Aussagen vorliegen.

Aufgrund der anlagen- und verfahrenstechnischen Gegebenheiten der einzelnen Kläranlagen muss im Hinblick auf die Vielfalt der Rückgewinnungsverfahren im Einzelfall entschieden werden, welche Verfahren für die vorliegenden Anlagenkonfiguration am besten geeignet sind. Als besonders aussichtsreich können derzeit sowohl nasschemische Verfahren mit dem Fällungsprodukt Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) als auch thermisch-metallurgische Verfahren eingeschätzt werden (UBA 2012).

Im Hinblick auf den Stand der Umsetzung von Anlagen zur Phosphorrückgewinnung in Deutschland wurden bis heute abwasserseitige Rückgewinnungsverfahren am häufigsten realisiert (ROSKOSCH et al. 2014).

In Sachsen wird durch die TU Bergakademie Freiberg an der Erzeugung eines Phosphordüngers aus Aschen der Monoverbrennung von Klärschlamm auf dem Weg des RecoPhos-Prozesses geforscht (WEIGAND et al.

2012). Durch die Firma ingitec in Leipzig wurde mit dem Mephrec-Verfahren ein Verfahren entwickelt, mit dem durch metallurgisches Phosphor-Recycling sowohl Phosphordünger erzeugt als auch das Energiepotenzial im Klärschlamm genutzt werden kann (SCHEIDIG et al. 2014). Der technische Stand der Verfahren kann Tabelle 20 entnommen werden.

Tabelle 20: Systematisierung von Phosphorrückgewinnungsverfahren (DWA 2013a)

Medium		Abwasser/Prozesswasser	Faulschlamm	
Verfahren		Kristallisations- und Fällungsverfahren	Adsorption/Fällung	Nasschemischer Aufschluss
Verfahrenstechnik	Einsatzstelle auf Kläranlage	Prozesswasserbehandlung nach Klärschlammwässerung	nach/während Faulung	i. d. R. nach Faulung (Nassschlamm)
	Wesentliche verfahrensschritte	ggf. pH-Wert-Einstellung (NaOH), Zugabe von Mg-Salzen bzw. Kristallisationskeimen (z. B. Sand, CSH) in den Kristallisations-/Fällungsreaktor, Recyclat-Abtrennung	a) pH-Wert-Einstellung nach Faulung durch Belüftung und/ oder Chemikaliengabe, Ausfällung von MAP im Faulschlamm, Recyclat-Abtrennung b) Zugabe von CSH in die Faulung, Abtrennung von beladenem CSH	Säureaufschluss des Faulschlammes, Fest-/Flüssigtrennung, Filtratbehandlung: Metallkomplexierung, pH-Wert-Einstellung, Zugabe von Mg-Salzen, Fällung des Recyclats, Recyclat-Abtrennung
Recyclat und Aufbereitung	Besonderheiten/ Interaktionen mit Kläranlage	Phosphatelimination im Teilstrom, Verminderung von Inkrustationen z. B. in Leitungen	Verminderung von Inkrustationen z. B. in Leitungen	Rückführung eines metall- und komplexbildnerhaltigen Stoffstroms zur Behandlung, Fällmittelrecycling
	Art	MAP, Magnesiumphosphat, Calciumphosphat	MAP, Magnesiumphosphat, Calciumphosphat	MAP, Magnesiumphosphat, Calciumphosphat
	Aufbereitung (nach Erfordernis)	Trocknung, ggf. Pelletierung	a) Trocknung, Pelletierung b) Trocknung	Trocknung; optional Reinigung und Pelletierung
Reststoffströme		keine	keine	Klärschlamm mit veränderter Beschaffenheit (u. U. schwefelhaltig, sauer, verminderter Metall- und Nährstoffgehalt)
Technischer Stand des Verfahrens		Großtechnik	a) Großtechnik b) Großtechnik	Großtechnik
Technologiebeispiele		P-Roc (Neuburg) DHV-Crystalactor (Geestmerambacht, NL) Ostara Pearl Process (z. B. Edmonton, CDN)	a) AirPrex, Berliner-Verfahren (Mönchengladbach-Neuwerk, Berlin-Waßmannsdorf) b) FixPhos (Hildesheim)	Gifhomer Verfahren (modif. Seaborne-Verfahren, Gifhorn), Stuttgarter Verfahren (Offenburg)
Weitere ähnliche Verfahren		Unitika, Nishihara, Kurita, Ebara, NuReBas, NuReSys, Fließbettreaktor Treviso, CSIR Wirbelschichtreaktor, REPHOS, Peco	PRISA	LOPROX mit NF, KREPRO, CAMBI (mit MAP)

Fortsetzung:

Tabelle 20: Systematisierung von Phosphorrückgewinnungsverfahren (DWA 2013a)

Medium		Verfahren	Klärschlamm/Asche	Asche	
			Metallurgie	Adsorption/Fällung	Nasschemischer Aufschluss
Verfahrenstechnik	Einsatzstelle auf Kläranlage		nach Trocknung/nach Klärschlamm-Monoverbrennung	nach Klärschlamm-Monoverbrennung	
	Wesentliche verfahrensschritte		Trocknung, Brikettierung des Klärschlamm, Zugabe von Koks, Einblasen von Sauerstoff, Schmelzvergasung bei T 1.000 - 2.000°C, Abtrennung von Phosphor über die Schlacke	Säure- oder Lauge-Aufschluss, Fest-/Flüssigtrennung, Filtratbehandlung: Metallabtrennung (Fällung, Flüssigflüssig Extraktion); Zugabe von Ca-/Mg-Salzen, Fällung des Recyclats, Recyclat-Abtrennung	a) Zugabe von Ca- bzw. Mg-Chloriden, T > 1.000°C im Drehrohfen, Überführung der Phosphate (Ca- bzw. Mg-Phosphate), Überführung der Metalle als Metallchloride in die Gasphase und Abtrennung über Rauchgasreinigung b) Zugabe von Koks in einen Reaktor, Reduzierung der Phosphate bei T > 1.300°C, Abtrennung Phosphor über Gasphase als weißen Phosphor
Besonderheiten/ Interaktionen mit Kläranlage			Brüdenkondensat; Erzeugung von Synthesegas (Schwachgas) zur Energiegewinnung, Quenchabwasser	Behandlung von Restwässern (Neutralisation)	a) Materialbeständigkeit für Rauchgasreinigung (hohe Cl-Konzentration) b) Synthesegas zur Energiegewinnung
Recyclat und Aufbereitung	Art		„Thomasphosphat“	Calciumphosphat; Magnesiumphosphat	a) Magnesiumphosphat, Calciumphosphat b) weißer Phosphor
	Aufbereitung (nach Erfordernis)		Auskühlen, mech. Aufbereitung	Trocknung, Pelletierung	a) Pelletierung b) Weiterverarbeitung des Produkts
Reststoffströme			Eisenabstich, Brüdenkondensate, Reststoffe Abgasreinigung, Quenchabwasser	ausgefällte Schwermetalle; gelaugte Asche, Abwasser	a) aus der Rauchgasreinigung b) Eisenlegierung, Schlacke
Technischer Stand des Verfahrens			Technikum	a) Großtechnik/ b) Technikum/ c) Labor	a) Technikum/Labor b) Technikum/Großtechnik
Technologiebeispiele			Mephrec ATZ-Eisenbadreaktor	a) LEACH-Phos (Bern, CH) b) PASCH c) SESAL-Phos	a) AshDec b) RecoPhos; Thermphos (Vlissingen)
Weitere ähnliche Verfahren				SEPHOS	

Qualität der Sekundärphosphate

Bei den im Fokus der Forschung und bereits im großtechnischen Einsatz befindlichen Verfahren der Phosphorrückgewinnung entstehen als Endprodukt vorrangig Calciumphosphat, Magnesiumphosphat, Aluminiumphosphat sowie Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) (Tabelle 20).

Die Phosphorgehalte liegen verfahrensabhängig zwischen ca. 40 g P/kg und 170 g P/kg. Sie erreichen bei einigen Verfahren annähernd den Phosphorgehalt von Referenzdüngern wie Rohphosphat und Tripelsuperphosphat, die ca. 180 g P/kg aufweisen (PhoBe 2011). Vergleiche von Produkten aus der Phosphorrückgewinnung mit Referenzdüngern zeigen, dass die Schwermetallgehalte der Phosphate aus der Phosphorrückgewinnung bis auf zwei verfahrensbedingte Ausnahmen im Vergleich zum Ausgangsprodukt deutlich reduziert und verglichen mit den handelsüblichen Düngern besser bzw. gleichwertig waren (DWA 2013b). Dies trifft auch auf die Urangehalte zu, die in den verschiedenen in Deutschland eingesetzten Phosphatdüngern zwi-

schen 9,9 mg/kg bis 106 mg/kg (UBA 2012) variieren. Beim MAP-Verfahren liegen sie unter 1 mg/kg TM im Recyclat (z. B. Kläranlage Offenburg: 0,36 mg/kg TM aus neun Chargen [MOHN 2013]).

Aus Sicht der Landwirtschaft ist für den Einsatz von Sekundärphosphaten wesentlich, dass die verwendeten Produkte bei direkter Verwendung bzw. nach Aufbereitung Phosphor in pflanzenverfügbarer Form enthalten müssen. Die bisher zur Düngewirksamkeit dieser Produkte durchgeführten Versuche haben gezeigt (DWA 2013b), dass

- die Ertragswirkung vergleichbar zu handelsüblichen Phosphatdüngern ist,
- die Verfügbarkeit etwas verlangsamt ist, d. h. Erstfrucherträge sind teilweise geringer, Nachfrucherträge dafür höher.

Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit der verschiedenen Recyclingprodukte im Vergleich zu marktgängigen Düngern ergaben, dass hohe Eisengehalte im Klärschlammdünger, die aus dem Einsatz von Eisensalzen als Fällmittel resultieren, die Pflanzenverfügbarkeit nachteilig beeinflussen. Demgegenüber haben sich Produkte aus Kläranlagen, die mit biologischer Phosphorelimination arbeiten, als sehr vorteilhaft herausgestellt. Im Vergleich verfügen die MAP-Produkte gegenüber den Ascheprodukten über eine höhere Pflanzenverfügbarkeit. Allerdings ist der verbleibende organische Anteil im MAP-Dünger verhältnismäßig hoch (UBA 2012).

Durch das LfULG, Abteilung Pflanzliche Erzeugung, wurde die P-Düngewirkung der beim Mephrec-Verfahren als Phosphorrecyclingprodukt anfallenden Schlacken in einjährigen Gefäßversuchen untersucht (LfULG 2013b). Die Versuche ergaben eine grundsätzliche Eignung der Schlacken als P-Dünger, wobei diese grundsätzlich gemahlen eingesetzt werden sollten. Eine weitere mehrjährige Prüfung sollte sich anschließen, um die Belastbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen.

Ökonomische Aspekte der Phosphorrückgewinnung

Im DWA-Bericht „Stand und Perspektiven der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm – Teil 2“ (DWA, 2013b) sind für die Stoffströme, bei denen die Phosphorrückgewinnung erfolgt, unterschiedliche spezifische Kosten nach erzeugtem Produkt und Verfahrensaufwand dargestellt (s. Tabelle 21). Die Kostangaben basieren auf den Ergebnissen von klein- und halbtechnischen Versuchen, auf Kostenkalkulationen aus Forschungsprojekten und in geringem Umfang auf Kosten großtechnischer Anlagen.

Tabelle 21: Kosten für die Phosphorrückgewinnung (DWA 2013b)

Stoffstrom	Anzahl Verfahren	produktspezifische Kosten	einwohnerspezifische Kosten	schmutzwasserspezifische Kosten ¹⁾
		[EUR/kg P]	[EUR/(E·a)]	[EUR/m ³]
Schlammwasser	3	9 – 15	1 – 3	0,02 – 0,07
Faulschlamm	4	2 - 25	0,5 – 18	0,01 – 0,40
Klärschlammmasche	3	2,6 – 7,5	1,6 - 3	0,04 – 0,07

1) Annahme 120 l(E-d)

Für einzelne Verfahren liegen konkrete Kosten vor: Für das Stuttgarter Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Faulschlamm werden von STEINMETZ et al. (2014) auf Basis von großtechnischen Erfahrungen in Abhängigkeit vom pH-Wert Kosten von 7,73 EUR/kg P bis 12,20 EUR/kg P angegeben. Durch HOFFMANN & LEICHT (2014) werden für die Phosphorrückgewinnung aus Filtrat der Klärschlammmentwässerung mit Hilfe von Ionen-

austausch und elektrochemischer Separation auf Basis von Laborversuchen Kosten von 1,60 EUR/kg P bis 6,20 EUR/kg P kalkuliert. Für das P-RoC-Verfahren, der Phosphorrückgewinnung aus Schlammwasser durch Kristallisation an Calcium-Silicat-Hydrat-Phasen, werden durch EHBRECHT et al. (2014) auf Basis von Langzeitversuchen im Pilotmaßstab Kosten von 0,60 EUR/(EW·a) bis 1,00 EUR/(EW·a) abgeschätzt.

Der Preis für marokkanisches Rohphosphat lag im Durchschnitt der Jahre 2009 bis 2013 bei ca. 153 US-Dollar/t, im Jahr 2014 nur bei ca. 110 US-Dollar/t (DERA 2015). Die Unterschiede verdeutlichen, dass die Preise in Abhängigkeit von der Nachfrage hohen Schwankungen unterliegen. Tendenziell könne bis zum Jahr 2025 mit einem Preis von ca. 1,50 EUR/kg P gerechnet werden (SARTORIUS 2011). Einige Prognosen sagen voraus, dass Phosphorrückgewinnungsverfahren, die zur Zeit ohne zusätzliche staatliche Eingriffe zur Internalisierung der externen Kosten (die bei der Gewinnung und Verarbeitung der Phosphaterze entstehen) der von P-Mineraldüngern aus Primärquellen zu höheren Preisen für P-Recyclingdünger führen, bei den heute prognostizierten Weltmarktpreisen und unter Annahme eines Beginns der systematischen Einführung der Phosphorrückgewinnung in ca. 5 bis 20 Jahren Preisgleichheit mit den Primärdüngern erreichen können (SARTORIUS 2011).

Lagerung von Klärschlammasche von Monoverbrennungsanlagen

Für den Einstieg in das Recycling von Phosphor aus Klärschlammaschen aus Monoverbrennungsanlagen ist eine Lagerung der anfallenden Aschen erforderlich. Die Einlagerung muss die Rückholbarkeit der Aschen und damit des Phosphors gewährleisten, denn nur so kann abhängig vom Bedarf und der Marktlage der Phosphor aus der Asche zurückgewonnen werden. Die Zulässigkeit einer Langzeitlagerung von Aschen aus der Klärschlamm-Monoverbrennung ist bisher zeitlich bis maximal 30. Juni 2023 begrenzt (DepV 2009).

Im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „³ Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien“ werden im Projekt „ZwiPhos - Entwicklung eines Zwischenlagerungskonzepts für Klärschlamm-Monoverbrennungsaschen für Deutschland mit dem Ziel einer späteren Phosphorrückgewinnung“ bis Anfang des Jahres 2016 technische Konzepte und Anforderungen für die Zwischenlagerung von Aschen aus Monoverbrennungsanlagen unter Einbeziehung der rechtlichen Optionen und gesetzlichen Bestimmungen erarbeitet.

Der Arbeitsstand des Forschungsprojektes wurden im November 2014 im Rahmen des 27. Aachener Kolloquiums für Abfall- und Ressourcenwirtschaft vorgestellt. Nach den bisherigen Ergebnissen ist davon auszugehen, dass ab 2025 70 % der thermisch zu verwertenden Schlämme monoverbrannt werden (MALMS et al 2014). Im Rahmen des Projektes gibt es Überlegungen, dass die Langzeitlagerung von Monoverbrennungsaschen entsprechend den Schwerpunkten des Anfalls deutschlandweit in Entsorgungsregionen organisiert wird. Danach sollte Sachsen eine Entsorgungsregion mit Thüringen und dem nördlichen Bayern bilden. Für die Ablagerung der Aschen wird empfohlen, bereits bestehende Deponien zu nutzen. Bezüglich der Kosten für die Lagerung von Klärschlammaschen werden in Abhängigkeit von Größe, Lagerungsklasse und Betriebszeit des Lagers Kosten von 19 EUR bis 42 EUR pro Tonne Asche angegeben.

Auswirkungen auf die Abwasserreinigung

Der Grad der Phosphorrückgewinnung wird maßgeblich beeinflusst vom Phosphorgehalt des Klärschlammes. Eine hohe Rückgewinnungsmenge erfordert Klärschlamm, in dem viel Phosphor eingebunden ist.

Die P-Elimination erfolgt bei der Abwasserreinigung in der Regel durch chemische Fällung des Phosphors mittels Zugabe von Metallsalzen. Bei einigen der in Tabelle 20 aufgeführten Verfahren ist der im Klärschlamm chemisch gebundene Phosphor hinderlich für den Prozess der Rückgewinnung.

Als Alternative zur chemischen P-Elimination bieten sich die Verfahren zur biologischen P-Elimination an. Dabei wird durch die am Abwasserreinigungsprozess beteiligten Mikroorganismen mehr Phosphor in die Zellen eingelagert, als diese für ihr Zellwachstum benötigen. Durch weitere Behandlungsschritte lassen sich im Rahmen der Klärschlammbehandlung die vermehrt eingelagerten Phosphate lösen und abtrennen.

Im Zusammenhang mit Maßnahmen zur Phosphorrückgewinnung sollte immer geprüft werden, ob und wie beim Prozess der Abwasserreinigung durch verfahrenstechnische Veränderungen bzw. Optimierungen bei der P-Elimination das Phosphor-Rückgewinnungspotenzial gesteigert werden kann. Der Arbeitskreis der LAGA empfiehlt dazu, „[...] dass vor Neu- oder Umbauten von Kläranlagen ein Konzept zur P-Rückgewinnung erarbeitet und eine Umsetzung geprüft werden sollte.“ (LAGA 2012)

Phosphorrückgewinnungspotenzial aus Abwasser im Freistaat Sachsen

Auf Basis der mittleren täglichen Phosphor-Zulaufkraft von ca. 1,8 g P/(EW·d) (ATV-DVWK-A 131, 2000) und 4.680.000 angeschlossener Einwohner im Jahr 2010 beträgt die jährliche Phosphorfracht im Abwasser im Freistaat Sachsen rund 3.100 t.

Das theoretische Rückgewinnungspotenzial, bezogen auf die Zulaufkraft der Kläranlage, beträgt maximal 90 % (vgl. Tabelle 19). Das entspricht einer Phosphormenge von rund 2.800 t pro Jahr.

Welche Bedeutung diese Menge hat, zeigt ein Vergleich mit dem aktuellen Phosphorverbrauch für Handelsdünger in Sachsen: Der Inlandsabsatz phosphathaltiger Düngemittel lag hier im Wirtschaftsjahr 2011/2012 bei 8.383 t Phosphat (StBA 2012), was einer Menge von 3.655 t Phosphor entspricht. Mit den theoretisch rückgewinnbaren Phosphormengen aus der Abwasserbehandlung könnten demzufolge drei Viertel des sächsischen Phosphorbedarfs für Handelsdünger abgedeckt werden.

Diese Betrachtung zeigt das enorme Potenzial zur Ressourcenschonung. Aufgrund mangelnder Technologien bzw. infolge von Verlusten, die sich zwangsläufig bei einer Aufbereitung ergeben, sind die tatsächlich nutzbaren sekundären Phosphormengen gegenwärtig allerdings noch deutlich geringer.

7.5 Entsorgungsverantwortung

Klärschlamm ist Abfall aus sonstigen Herkunftsbereichen im Sinne von § 17 Abs. 1 KrWG. Soweit Klärschlamm nicht verwertet werden kann, sondern beseitigt werden muss, ist er grundsätzlich dem zuständigen öRE zur Entsorgung zu überlassen. Von der Überlassungspflicht ausgenommen sind allerdings Klärschlämme, die in eigenen Anlagen beseitigt werden, sofern eine Überlassung an den öRE nicht aus überwiegendem öffentlichen Interesse erforderlich ist (§ 17 Abs. 1 Satz 3 KrWG). Außerdem ist der Klärschlamm nicht zu überlassen, wenn der zuständige öRE Klärschlamm von der Entsorgung ausgeschlossen hat.

Bisher haben die Regelungen in § 17 Abs. 1 KrWG in Bezug auf Klärschlamm weder für die öRE noch für die Klärschlammbesitzer eine praktische Bedeutung, weil das Gros der Klärschlämme stofflich verwertet werden konnte und damit keiner Überlassungspflicht unterlag. Unabhängig davon, ob die zuständigen öRE Klärschlamm von der Entsorgung ausgeschlossen haben, wurde ihnen in der Praxis kein Klärschlamm überlassen. Für öRE ist das Thema der Klärschlamm Entsorgung bisher praktisch ohne Bedeutung.

Das kann sich im Hinblick auf die deutlich veränderten Rahmenbedingungen der Klärschlamm Entsorgung jedoch ändern. Bekannt ist, dass sich der RAVON und der Vogtlandkreis mit dem Thema der Klärschlamm Entsorgung befasst haben. Beide öRE haben langfristig Zugriff auf eigene bzw. vertraglich gebundene Entsorgungskapazitäten, die für eine Mitentsorgung von Klärschlamm (zusammen mit Restabfall) nach entsprechender technischer Aufrüstung der Entsorgungsanlagen grundsätzlich geeignet sind. Der Vogtlandkreis hat mittlerweile seine Befassung mit dem Thema abgeschlossen, wobei er auch zukünftig keine Mitentsorgung von Klärschlamm beabsichtigt (BECK 2015). Auf die Möglichkeiten der Mitverbrennung von Klärschlamm in der T.A. Lauta wird in Abschnitt 6.4.2 näher eingegangen.

Falls sich öRE in Sachsen dazu entschließen würden Klärschlämme mit zu entsorgen, könnten sie sich die in ihrem Zuständigkeitsbereich anfallenden Klärschlämme überlassen lassen. Eine Überlassungspflicht bestünde jedoch nur, soweit der Klärschlamm weder stofflich oder energetisch verwertet noch in eigenen Anlagen beseitigt würde. Die Überlassungspflichtigen wären im Fall der Überlassung von der eigenen Entsorgungspflicht und -verantwortung befreit. Anstelle der Entsorgungspflicht der Kläranlageninhaber träte die Entsorgungspflicht und -verantwortung des öRE.

Falls der zuständige öRE in seiner Abfallwirtschaftssatzung Klärschlamm von der Entsorgung ausgeschlossen hat, besteht für ihn keine Entsorgungsverantwortung. Verantwortlich für die Klärschlamm Entsorgung ist dann die jeweilige abwasserbeseitigungspflichtige Körperschaft.

7.6 Entsorgungskosten

Die Kosten für die Klärschlamm Entsorgung setzen sich aus verschiedenen Kostenbestandteilen zusammen. Im Bereich der Kläranlage gehören dazu die Aufwendungen für die Entwässerung und ggf. Trocknung und außerhalb die Kosten für den Transport und die eigentliche Entsorgung.

In Tabelle 22 sind spezifische Kosten der Klärschlammbehandlung und -entsorgung aus dem Bundesgebiet den spezifischen Entsorgungskosten für sächsische Klärschlämme gegenübergestellt. Die Zahlen verdeutlichen, dass die im Freistaat Sachsen für die Entsorgung einschließlich Transport anfallenden Kosten nahezu identisch sind mit den Werten aus dem Bundesgebiet. In den Kosten für die bodenbezogene Verwertung sind die Kosten für den Zwischenschritt der Kompostierung enthalten.

Tabelle 22 zeigt auch, dass die bodenbezogene Verwertung von entwässertem Klärschlamm in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau die kostengünstigsten Entsorgungswege sind. In Sachsen ist jedoch der Kostenvorteil der bodenbezogenen Verwertung gegenüber der Mitverbrennung von Klärschlamm in Kraftwerken vergleichsweise gering. Grund dafür ist die räumlicher Nähe preisgünstig verfügbaren Kapazitäten zur Mitverbrennung in den Kraftwerken Boxberg und Lippendorf. Aufgrund des bundesweiten Trends hin zur thermischen Entsorgung von Klärschlamm ist mit einer verstärkten Nachfrage der in Sachsen vorhandenen Mitverbrennungskapazitäten zu rechnen, so dass die derzeit günstigen Preise der Klärschlamm-Mitverbrennung tendenziell ansteigen dürften.

Die Unsicherheiten der Klärschlamm-Mitverbrennung in den Kraftwerken der Vattenfall GmbH (Abschnitt 6.4.2) bedeuten auch Unsicherheiten bei der Preisentwicklung im Bereich der Klärschlamm Entsorgung. Denn falls im Worst Case Mitverbrennungskapazitäten ostsächsischer Braunkohlekraftwerken nicht mehr zur Verfü-

gung stünden, müsste auf Grund der dann stark eingeschränkten Angebots an preisgünstigen und räumlich nahen thermischen Entsorgungskapazitäten mit einem erheblichen Preisanstieg gerechnet werden.

Nach der Studie von FELS et al. (2005) würde sich bei einem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung der Abwasserpreis, auf den die Mehrkosten der Klärschlamm Entsorgung umgelegt werden müssten, um ca. 0,03 EUR/m³ erhöhen. Dieser Berechnung liegt der Ansatz zugrunde, dass nur ca. 3 % der Gesamtkosten der Abwasserableitung und -behandlung auf die Klärschlamm Entsorgung entfallen. Die überwiegenden Kosten werden durch die Anlagentechnik selbst, Kapitaldienst und Abschreibungen verursacht. Modellhaft wird in der Studie (FELS et al. 2005) errechnet, dass, ausgehend von einem durchschnittlichen Preis für die Abwasserbehandlung von ca. 2 EUR/m³, eine vierköpfige Familie jährliche Mehrkosten von ca. 6 EUR aufwenden müsste. Die Aussage und Übertragbarkeit dieser für das Land Schleswig-Holstein durchgeführten Modellrechnung ist aufgrund der örtlich differierenden Wasserverbräuche und Entsorgungskosten sicher eingeschränkt, tendenziell wird aber eine Größenordnung erkennbar.

Durch JACOBS (2013) wurde beispielhaft errechnet, dass der Anteil der Klärschlamm Entsorgung an den jährlichen Kosten der Abwasserentsorgung nur zwischen 2,80 EUR/EW für die kostengünstige Entsorgung, die landwirtschaftliche Verwertung, und 4,80 EUR/EW für die teuerste Entsorgung, die Monoverbrennung, beträgt. Bei jährlichen Kosten für die Abwasserentsorgung von ca. 120 EUR/EW entsprechen davon die Kosten der Klärschlamm Entsorgung ca. 2,3 % bis 4 %.

In den jährlichen Kosten für die Abwasserentsorgung noch nicht enthalten sind die zukünftig zu erwartenden Kosten für die Phosphorrückgewinnung (Abschnitt 7.4).

Tabelle 22: Spezifische Kosten der Klärschlamm Entsorgung bundesweit und im Freistaat Sachsen (nach DWA-M 387 2012 und PICON 2013a)

Entsorgungsweg		Deutschland				Sachsen
		Mechanische Entwässerung	Thermische Trocknung	Entsorgung inkl. Transport	Gesamtkosten	Entsorgung inkl. Transport 2011
		EUR/t TM von – bis	EUR/t TM von – bis	EUR/t TM von – bis	EUR/t TM von – bis	EUR/t TM von – bis
Landwirtschaft	flüssig ca. 4,5 % TR	0	0	110 – 420	110 – 420	-
	entwässert ca. 25 % TR	100 – 230	0	60 – 200	160 – 430	74 – 197
Rekultivierung, Landschaftsbau	entwässert ca. 25 % TR	100 – 230	0	80 – 250	180 – 480	87 – 263
	getrocknet > 90 % TR	100 – 230	170 - 430	40 – 70	310 – 730	-
Mitverbrennung MVA	entwässert ca. 25 % TR	100 – 230	0	180 – 330	280 – 560	-
	getrocknet > 90 % TR	100 – 230	170 - 430	60 – 110	330 – 770	-
Mitverbrennung Kraftwerk	entwässert ca. 25 % TR	100 – 230	0	120 – 300	220 – 530	141 – 232
	getrocknet > 90 % TR	100 – 230	170 - 430	30 – 90	300 – 750	-
Monoverbrennung	teilgetrocknet ca. 45 % TR	100 – 230	30 – 70	120 – 350	250 - 750	-
	getrocknet > 90 % TR	100 – 230	170 - 430	40 – 100	310 - 760	-

* „-“ bedeutet: keine Werte vorliegend

8 Entsorgungsmöglichkeiten für Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung

8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Wasserrecht

Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung unterfallen dem Wasserrecht, solange sie sich in der Abwasserbehandlungsanlage oder der Kanalisation befinden. Verlassen Sie diese Bereiche, unterfallen sie dem Abfallrecht. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, aus der Kanalisation oder der Abwasserbehandlung entnommene Stoffe zur weiteren Behandlung einer Abwasserbehandlungsanlage anzudienen, wo sie wieder den wasserrechtlichen Bestimmungen unterliegen. Voraussetzung für die Andienung ist jedoch, dass die Aufnahme dieser Stoffe im Genehmigungsbescheid, der nach WHG erteilt wird, für die annehmende Abwasserbehandlungsanlage geregelt ist.

Abfallrecht

Das Abfallrecht gilt für Abfälle aus der Abwasserreinigung, sobald diese Stoffe der Kanalisation bzw. der Abwasserbehandlungsanlage entnommen wurden.

Eine Vermeidung dieser Abfälle im Sinne der Hierarchie des KrWG ist sowohl in der Kanalisation als auch bei der Abwasserreinigung aus nutzungsspezifischen Gründen sowie aus technischen und betrieblichen Erfordernissen nicht möglich. Durch geeignete technische Verfahren ist dagegen eine Aufbereitung dieser Abfälle mit dem Ziel der Mengenreduzierung und der Verwertung einzelner Fraktionen möglich. Die bei der Entsorgung von Abfällen aus der Abwasserreinigung zu berücksichtigenden Vorschriften sind abhängig vom jeweiligen Einzelfall. Folgende Vorschriften kommen in Frage:

- Deponieverordnung (DepV, 2009): beim Einsatz entsprechend aufbereiteter Abfälle im Deponiebau
- Bioabfallverordnung (BioAbfV, 1998): bei Erzeugung verwertbarer Komposte
- Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (VersatzV, 2012): beim untertägigen Einsatz (für Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung i.d.R. von untergeordneter Bedeutung)
- LAGA-Merkblatt M20 (LAGA M20, 2003) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“: beim Einsatz von aufbereiteten Sanden im Straße-, Wege- und Landschaftsbau

Soweit Abfälle aus der Abwasserbeseitigung nicht verwertet oder in eigenen Anlagen (des Trägers der Anlage, in der die Abfälle anfallen) beseitigt werden und auch nicht gemäß der Abfallwirtschaftssatzung des öRE von der Entsorgung ausgeschlossen sind, sind sie nach § 17 Abs. 1 KrWG dem zuständigen öRE zu überlassen. Wer für welche Abfallart jeweils zuständiger öRE ist, muss ggf. im Einzelfall ermittelt werden. So sind beispielsweise die auf dem Gebiet der Landeshauptstadt Dresden anfallenden Sandfangrückstände, soweit sie nicht verwertet werden, der Landeshauptstadt, jedoch die nicht verwerteten Sieb- und Rechenrückstände dem Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (ZAOE) zu überlassen. Letztere Überlassungsregelung basiert auf einer Zweckvereinbarung zwischen der Landeshauptstadt und dem ZAOE. Andere Abfälle aus der Abwasserbeseitigung sind in der Landeshauptstadt Dresden von der Entsorgung ausgeschlossen. Soweit hier

betrachtete Abfälle dem zuständigen öRE zu überlassen sind, ist der Abwasserbeseitigungspflichtige von der Entsorgungsverantwortung für diese Abfälle befreit.

Bodenschutzrecht

Die Verwertung von Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung unterliegt dem Bodenschutzrecht, wenn der Einsatz für die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht oder die Auf- oder Einbringung in eine durchwurzelbare Bodenschicht gemäß § 12 Abs. 1 und 2 BBodSchV (1999) vorgesehen ist.

Es gilt das Prinzip der Vorsorge. „Nach § 7 Satz 1 BBodSchG hat der Grundstückseigentümer und derjenige, der Verrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen lässt, Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die auf dem Grundstück oder in dessen Einwirkungsbereich entstehen können.“ (DWA-M 369, Entwurf 2013) „Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen [...] ist in der Regel zu besorgen, wenn Schadstoffgehalte im Boden gemessen werden, die die Vorsorgewerte der [BBodSchV] Anhang 2 Nr. 4 überschreiten oder eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die auf Grund ihrer krebserzeugenden erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen.“ (§ 9 Abs. 1 Satz 1 BBodSchV 1999). Der genannte Anhang enthält in Abhängigkeit von der Bodenart (Ton, Lehm/Schluff oder Sand) und dem Humusgehalt des Bodens Vorsorgewerte für Böden für die Metalle Cadmium, Blei, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel und Zink sowie für die organischen Stoffe PCB6, B(a)P und PAK16.

8.2 Behandlung und Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen

8.2.1 Herkunft und Zusammensetzung

Im Abwasserzulauf von Kläranlagen zu findende grobe und sperrige Stoffe, Hygieneartikel, Papier, organische Stoffe (Fäkalien, Küchenabfälle), Spinnstoffe (vorwiegend Textilien) sind häufig die Ursache für Betriebsstörungen im Prozess der Abwasserbehandlung. Diese Störstoffe werden daher im ersten Verfahrensschritt der mechanischen Abwasserreinigung mit Hilfe von Rechen und Sieben abgetrennt. Die anfallenden Sieb- und Rechenrückstände weisen in Abhängigkeit von der eingesetzten Sieb- und Rechentechnik sowie der zur weiteren Behandlung genutzten Entwässerungstechnik Feststoffgehalte ab 8 % (ohne Entwässerung) bis maximal 54 % (mechanisch entwässert) und im Mittel 30 % auf (DWA-M 369, Entwurf 2013).

Sieb- und Rechenrückstände, die i. d. R. sehr heterogen zusammengesetzt sind, haben üblicherweise einen organischen Anteil von 90 % des Trockenrückstandes (TR). Die verbleibende anorganische Fraktion besteht zu ca. 70 % aus Sand und Ton. Ein geringer Anteil der Sieb- und Rechenrückstände ist Fett. In DWA-M 369 (Entwurf 2013) werden Fettanteile von i. d. R. 0,1 % bis 2 % des Trockenrückstandes aufgeführt, wobei in extremen Einzelfällen Werte bis 10 % festgestellt worden sind.

8.2.2 Behandlung

Im Hinblick auf die weitere Entsorgung der Sieb- und Rechenrückstände ist es sowohl unter betrieblichen als auch kostenmäßigen Gesichtspunkten wichtig, die bei der weiteren Abwasserbehandlung abbaubaren organischen Stoffe abzutrennen, in die Kläranlage zurück zu führen und dort zu nutzen sowie den Wasseranteil zu verringern. Für diese Zielstellungen stehen verschiedene Entwässerungsaggregate zur Verfügung (Schne-

cken-, Kolbenpressen) die, kombiniert mit einer Rechengutwäsche, entsprechend hohe Entwässerungsgrade (bis ca. 50 % TR) ermöglichen.

Weitere Möglichkeiten der Behandlung sind die Rechengutzerkleinerung und direkte Mitbehandlung in der Faulung oder die Intensivwäsche mit Rückführung des Waschwassers in die Faulung. Beide Behandlungsverfahren ermöglichen das in den Rechenrückständen enthaltene Kohlenstoffpotenzial und die damit verbundene Energie noch im Bereich der Kläranlage zu verwerten. Hinsichtlich Anwendung der Verfahren ist zu bemerken, dass die Rechengutzerkleinerung unter Abwägung der damit verbundenen Vor- und Nachteile nur bedingt zur Anwendung empfohlen wird bzw. für die Intensivwäsche noch keine detaillierten Ergebnisse vorliegen (DWA-M 369, Entwurf 2013).

8.2.3 Entsorgung

Die Wahl des Entsorgungsweges ist stark von der Anlagengröße (Kläranlage, Kanalnetz) und den verfügbaren anlagentechnischen Möglichkeiten abhängig. Folgende Entsorgungswege bieten sich an:

Kompostierung mit anschließender stofflicher Verwertung im Landschaftsbau

Die Kompostierung stellt ein einfaches Verfahren zur weitergehenden biologischen Behandlung von Sieb- und Rechenrückständen dar. Durch Kompostierung mit Strukturmaterial und anschließender Vermischung mit weiteren Einsatzstoffen werden Produkte erzeugt, die unter Berücksichtigung der Anforderungen der DepV im Deponiebau als Deponiersatzbaustoffe oder direkt als Deponiebaustoff eingesetzt bzw. die unter Berücksichtigung BBodSchG und BBodSchV bei der Rekultivierung stofflich verwertet werden können. Weitergehende Verwertungsmöglichkeiten, wie z. B. in der Land- und Forstwirtschaft oder im Gartenbau, die den Regelungen der Bioabfallverordnung unterliegen, sind nicht zulässig, da die zum Einsatz kommenden Abfälle nicht im Anhang 1 Nr. 2 BioAbfV gelistet sind.

Die beschränkten Einsatzmöglichkeiten der erzeugten Kompostprodukte und der Umstand, dass bei der Kompostierung auch weiterhin Reststoffen anfallen, die thermisch entsorgt oder abgelagert werden müssen, lassen den Schluss zu, dass die Kompostierung mit anschließender stofflicher Verwertung langfristig keinen gesicherten Entsorgungsweg darstellt.

Mechanisch-biologische Abfallbehandlung

Bei der mechanisch-biologischen Behandlung bzw. mechanisch-biologischen Stabilisierung werden die Abfälle aufgetrennt in eine heizwertreiche Fraktion, die zu Ersatzbrennstoffen weiter konfektioniert und einer thermischen Entsorgung zugeführt wird, und in die sonstigen verwertbaren und nichtverwertbaren Fraktionen. Der organische Anteil der nichtverwertbaren Fraktion wird durch biologische Behandlung soweit abgebaut und stabilisiert, dass eine Ablagerung entsprechend Deponieverordnung (DepV) gegeben ist.

Drei öRE in Sachsen (ZAW, Landeshauptstadt Dresden, Vogtlandkreis) betreiben mechanisch-biologische Behandlungsanlagen für Restabfälle an den Standorten Cröbern, Dresden und Oelsnitz/Vogtland. Dabei kann nach Anlagen mit Rotte (MBA des ZAW) bzw. mit biologischer Trocknung/Stabilisierung (MBS der Landeshauptstadt und des Vogtlandkreises) unterschieden werden. Außerdem betreibt der Abfallwirtschaftsverband Chemnitz (AWVC) am Standort Chemnitz eine Anlage mit mechanisch-physikalischer Stabilisierung (MPS) (SMUL 2010). Für alle genannten Anlagen ist die Annahme der Abfallart AVV 19 08 01 - Sieb- und Rechenrückstände genehmigt. Für die MPS Chemnitz gilt jedoch die Einschränkung „ohne biologisch abbaubare Abfälle ...“. Wegen des hohen Organikanteils der Sieb- und Rechenrückstände lässt sich dieses Annahmekriterium praktisch nicht erfüllen, sodass eine Entsorgung in der MPS Chemnitz ausscheidet.

Die Gesamtkapazität der Anlagen für eine Behandlung von Sieb- und Rechenrückständen beträgt ca. 470.000 t/a (SMUL, 2010, ohne MPS Chemnitz). Demgegenüber steht ein Anfall an Sieb- und Rechenrückständen von 7.000 t OS im Jahr 2011 gleichbedeutend mit ca. 1,5 % der potenziell verfügbaren Anlagenkapazität für diesen Entsorgungsweg.

Thermische Entsorgung

Im Freistaates Sachsen bietet nur die Thermische Abfallbehandlungsanlage (T.A.) Lauta die Möglichkeit zur thermischen Entsorgung mit Restabfall. Die Annahme erfolgt entsprechend Satzung jedoch nur mit Einschränkungen, u. a. wird ein Wasseranteil von maximal 40 Gew-% (RAVON 2004) gefordert. Dieser hohe Entwässerungsgrad ist ohne weitergehenden Wasserentzug, z. B. durch Trocknung, mit der aktuell verfügbaren Press- und Waschtechnik nicht erreichbar.

8.3 Behandlung und Entsorgung von Sandfangrückständen sowie Abfällen aus der Kanalreinigung

8.3.1 Herkunft und Zusammensetzung

Zum Schutz der Kläranlagen und zur Vermeidung von Betriebsstörungen im weiteren Prozess der Abwasser- und Schlammbehandlung erfolgt im mechanischen Teil der Abwasserreinigung die Entnahme von Sand und anderen mineralischen Bestandteilen. In Abhängigkeit vom vorgeschalteten Rechensystem und dessen Trennschärfe enthalten die im Sandfang abgetrennten Rückstände neben der mineralischen Komponente einen mehr oder weniger großen Anteil organischer Feststoffe. Das im Sandfang entnommen Sand-Wasser-Gemisch weist nach statischer Entwässerung einen Trockenrückstand von 40 % bis 70 % bei einem Glühverlust zwischen 10 % bis 50 % auf und hat systemabhängig einen Fettanteil von ca. 0,2 % bis 2,5 % (DWA-M 369, Entwurf 2013).

Die Abfälle aus der Kanalreinigung weisen ähnlich wie Sandfangrückstände neben der mineralischen Fraktion eine mehr oder minder starke Befrachtung mit organischem Material auf. Abhängig ist dieser Anteil von der verwendeten Kanalspültechnik und vom Grad der Wasseraufbereitung und den Möglichkeiten zum Sandrecycling in den Saug- und Spülfahrzeugen. Der Glühverlust von Kanalspülgut liegt bei ca. 2 % bis 5 % TR und bei Räumgut aus Pumpensämpfen bei ca. 10 % bis 18 % TR.

8.3.2 Behandlung

Bereits im Bereich der Kläranlage erfolgt in der Regel nach der Entnahme aus dem Sandfang eine weitere nass-mechanische Behandlung der Sandfangrückstände mit dem Ziel der weiteren Reduzierung des Organikanteils und der Verbesserung des Entwässerungsverhaltens.

Wenn die Anforderungen für eine direkte Verwertung nicht erfüllt sind, müssen die Abfälle aus der Kanalreinigung ebenfalls einer weitergehenden nass-mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Behandlung zu unterzogen werden. Zur nass-mechanischen Behandlung werden die Kanalfeststoffe häufig in den Zulauf von Kläranlage eingeleitet und dort mitbehandelt.

Zur Abtrennung des in den Sandfangrückständen enthaltenen Wassers und organischen Materials werden Sandklassierer bzw. vereinzelt noch einfachere Entwässerungseinrichtungen eingesetzt. Der Abscheidegrad dieser Anlagen hinsichtlich des organischen Anteils im Trockenrückstand ist im Regelfall nicht ausreichend, um die Deponiefähigkeit nach den Anforderungen der DeV zu erreichen (u. a. Glühverlust < 5 %) bzw. die Sandfraktion als Sekundärbaustoff nutzen zu können. Immer mehr Kläranlagen verfügen daher über Kombina-

tionsanlagen, bestehend aus Sandklassierer und Sandwäsche. Mit diesen Anlagen lassen sich die organischen Stoffe weitgehend abtrennen, sodass der organische Anteil auf Werte unter 5 % Glühverlust, bei guten Anlagen bis unter 3 % reduziert werden kann.

Die nass-mechanische Behandlung von Abfällen aus der Kanalreinigung ist wahlweise durch ihr Einbringen in den Abwasserstrom im Zulauf einer Kläranlage bzw. durch Anlieferung an eine spezielle Sandaufbereitungsanlage möglich. Das Einbringen in den Abwasserstrom erfolgt meist vor dem Rechen, sodass dort bereits gröbere Stoffe entfernt werden. Die im Abwasserstrom verbleibenden Sande und Kiese des Kanalspülgutes werden zum Sandfang der Kläranlage transportiert und dort als Sandfangrückstand entnommen.

In der Regel sind kleinere Kläranlagen auf reine Sandfanggutbehandlung ausgelegt, sodass dort die Mitbehandlung von Kanalspülgut nur eingeschränkt bzw. gar nicht möglich ist. Wegen der Stoßbelastung bei Anlieferung mit Saug- und Spülfahrzeugen und dem daraus resultierenden übermäßigen mechanischen Verschleiß der betroffenen Anlagenkomponenten sind kleinere Anlagen für die Einbringung in den Abwasserstrom ungeeignet. Für die Mitbehandlung von Kanalspülgut bietet sich größere Kläranlage oder externe, separate Anlagen an, die über komplexere technische Einrichtungen verfügen. Vorgeschaltete Lagerplätze und Annahmehunker, eine stufenweise Grob- und Störstoffabtrennung, die eigentliche Sandwäsche, eine nachgeschaltete Fraktionierung der Sande mit Entwässerung sowie die Zwischenlagerung der Fraktionen bis zu ihrer Verwertung sind Bestandteile geeigneter komplexer Anlagen. Aufgrund des Waschwasserbedarfs, der mit gereinigtem Abwasser günstig abgedeckt werden kann, und der erforderlichen Reinigung des Waschwassers nach Gebrauch, werden solche Anlagen bevorzugt am Standort größerer Kläranlagen errichtet.

Durch die weitergehende nass-mechanische Behandlung der Sandfangrückstände und der Abfälle aus der Kanalreinigung wird erreicht, dass bei entsprechender Anlagentechnik die Anforderungen nach LAGA M20 für einen eingeschränkten Einbau (Einbauklasse 2 mit Zuordnungswerten Z2) erfüllt werden. Damit wird eine Verwertung durch Einsatz für den Unterbau von Lärmschutzwällen und Straßendämmen, zur Wiederverfüllung im Straßenbau und Deponiebau bzw. den Einsatz zu Rekultivierungs- und Abdeckmaßnahmen möglich. Bei Nichteinhaltung der Z2-Werte ist die Deponierfähigkeit für die Deponieklasse I oder II erreichbar.

Die Kosten für Installation oder Nachrüstung einer Sandaufbereitungsanlage wird durch HITZLER (2002) in Abhängigkeit von der Anlagengröße bzw. dem Vorhandensein eines Gebäudes als grober Richtwert mit ca. 0,50 – 1,00 EUR/EW angegeben. SCHÜßLER (1995) gibt als Grenze für den wirtschaftlichen Betrieb einer Sandrecyclinganlage ca. 500 t/a Sandfanggut anfall, entsprechend einer Kläranlagengröße von ca. 65.000 EW an. Für kleinere Kläranlagen bzw. Anlagen eines Verbandes bietet sich die Errichtung bzw. Nutzung vorhandener zentraler Sandaufbereitungsanlagen am Standort größerer Kläranlagen an. Beispielhaft lassen sich hierfür die Sandaufbereitungsanlage des ZV Wasserwerke Westerzgebirge in der Kläranlage Schwarzenberg und die des Zweckverbandes Wasser und Abwasser Vogtland in der Kläranlage Plauen anführen.

8.3.3 Entsorgung

In Abhängigkeit von der für die Behandlung der Sandfangrückstände eingesetzten Technik und dem damit erzielten Behandlungsergebnis sind verschiedene, nachfolgend dargestellte Entsorgungswege möglich. Für Abfälle aus der Kanalreinigung bieten sich aufgrund der mit Sandfangrückständen vergleichbaren Eigenschaften nach entsprechender Behandlung die gleichen Entsorgungswege wie für die Sandfangrückstände an.

Stoffliche Verwertung im Straßen-, Wege- und Landschaftsbau

Nach entsprechender nass-mechanischer Behandlung können die abgetrennten und fraktionierten Kiese und Sande bei entsprechender technischer Eignung (u. a. Verdichtbarkeit, Korngrößenverteilung) im Straßen-,

Wege- und Landschaftsbau stofflich verwertet werden. Auch der Einsatz im Kanal- und Rohrleitungsbau zur Herstellung der Rohrbettung bzw. zur Grabenverfüllung ist möglich.

Kritisch zu bewerten ist bei der stofflichen Verwertung als Baustoff der Umstand, dass Sandfangrückstände auch nach Vorbehandlung als seuchenhygienisch bedenklich einzustufen ist. Sofern für die weitere Verwertung eine Hygienisierung gefordert wird, lässt sich dies für den gereinigten Sand nur durch eine thermische Behandlung ($> 70\text{ °C}$) mit Sicherheit erreichen. Eine thermische Hygienisierung ist jedoch insgesamt technisch aufwändig, damit teuer und angesichts ausreichend verfügbarer, kostengünstiger Sande aus natürlichen Lagerstätten keine realistische Option.

Weitere Einschränkungen können sich zukünftig aus der sich in Vorbereitung befindenden Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV 2015) ergeben, die Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke definiert. Im aktuellen Arbeitsentwurf ist der Einsatz von Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung als mineralische Ersatzbaustoffe nicht vorgesehen. Damit würde diese Möglichkeit der stofflichen Verwertung ggf. zukünftig entfallen.

Kompostierung mit anschließender stofflicher Verwertung im Landschaftsbau

Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung sind als mineralischer Zuschlagstoff mit strukturreicheren Kompostrohstoffen gut kompostierbar. Die Mitkompostierung von Sandfangrückständen ist möglich, soweit die Einhaltung der erforderlichen stofflichen, biologischen und kompostierungstechnischen Rottebedingungen gewährleistet bleibt. Für die Hygienisierung ist die Einhaltung der Temperaturen und Rottezeiten bei der Kompostierung wichtig. Wegen des Nährstoffgehaltes ist der organische Anteil der Sandfangrückstände eher erwünscht, sodass der Umfang der nass-mechanischen Behandlung im Bereich der Kläranlage z. B. durch Verzicht auf die Sandwäsche reduziert werden kann.

In Abhängigkeit vom späteren Verwendungszweck werden die Abfälle i. d. R. mit Boden und anderen Zuschlagsstoffen vermischt und wahlweise zunächst kompostiert oder direkt zu einem Bodensubstrat aufbereitet. Der Einsatz der erzeugten Kompostprodukte und Bodensubstrate im Deponiebau bzw. in der Rekultivierung erfordert regelmäßig eine Einzelfallprüfung für den konkreten Anwendungsfall.

Der Einsatz von Komposten, die Sandfangrückstände oder Abfälle aus der Kanalreinigung enthalten, ist in Anwendungsbereichen, die der Bioabfallverordnung unterliegen, nicht möglich. Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung sind im Anhang 1 der BioAbfV nicht als „zur Verwertung auf Flächen geeignete mineralische Stoffe“ gelistet.

Mechanisch-biologischen Abfallbehandlung

Die Verfahrenstechnik ist analog zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung für Sieb- und Rechenrückstände (Abschnitt 8.2.3). Einschränkend ist zu bemerken, dass in MBA vorzugsweise Abfälle mit höherem organischen Anteil behandelt werden, als dies bei Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung der Fall ist. In der MBA in Dresden ist die Annahme von Abfällen aus der Kanalreinigung (AVV-Nr. 20 03 06) nicht genehmigt. Der AWVC nimmt entsprechend Satzung weder Sandfangrückstände noch Abfälle aus der Kanalreinigung zur Behandlung in der MPS Chemnitz an.

Thermische Entsorgung

Die thermische Entsorgung zum Zweck der Beseitigung durch Mitverbrennung in thermischen Restabfallbehandlungsanlagen setzt voraus, dass die zur Nutzung vorgesehenen Anlagen über geeignete Beschickungs- und Verbrennungstechnik verfügen. Abfallbehandlungsanlagen mit Rostfeuerung sind für die Mitverbrennung

feinkörniger, sandiger Brennstoffe nicht geeignet, sodass über die Definition entsprechender Maximalwerte (z. B. T.A. Laut: Ascheanteil maximal 50 Gew-% [RAVON 2004]) diese Abfälle von der Annahme ausgeschlossen sind.

Die thermische Behandlung von Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung wird trotz der damit erreichbaren vollständigen Mineralisierung und Hygienisierung sowohl unter anlagentechnischen Gesichtspunkten als auch unter dem Aspekt der Kosten die Ausnahme bleiben.

8.4 Logistische Aspekte

Um die Transport- und Lagereigenschaften zu verbessern und die Transportmengen zu reduzieren, werden Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung im Bereich der Kläranlage bzw. in separaten Aufbereitungsanlagen vorbehandelt. Ziele sind die Reduzierung des Wassergehaltes und die Abtrennung organischen Materials. Art, Umfang und Ergebnis der Vorbehandlung richten sich nach dem vorgesehenen Entsorgungsweg. Möglichkeiten der Behandlung sind in den Abschnitten 8.2.2 und 8.3.2 aufgeführt.

Beim Transport der Abfälle ist auf eine optimale Organisation und effiziente Durchführung zu achten. Dabei sind zeitlicher Verlauf der anfallenden Mengen, die An- und Abfahrtsmöglichkeiten für den Entsorger, die Wahl geeigneter, auf den Anfall und die anlagenspezifischen Möglichkeiten optimal abgestimmter Transportsysteme und die Möglichkeiten zur Zwischenlagerung im Bereich der Kläranlage zu berücksichtigen. Die Transportbehältergröße wird i. d. R. durch die anlagen- und bautechnischen Gegebenheiten der jeweiligen Kläranlagen vorgegeben und lässt sich bei ungünstigen Verhältnissen nur mit entsprechendem Investitionsaufwand anpassen.

Die Lagerung der mineralischen Abfälle (Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung) ist im Bereich der Kläranlage unkritisch, insbesondere bei entsprechender Vorbehandlung durch Abtrennung der organischen Bestandteile. In erster Linie wird die Zwischenlagerung bestimmt von den Platzverhältnissen und den ggf. dafür vorhandenen Einrichtungen (Stapelplätze, Bunker etc.). Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen sollte der Aufwand für die Zwischenlagerung jedoch beschränkt bleiben.

Bei den Sieb- und Rechenrückständen, die überwiegend aus organischen Reststoffen bestehen, sind die Lagermöglichkeiten aus Gründen der Umweltverträglichkeit dagegen begrenzt. Bedingt durch die enthaltenen organischen Anteile kann es zu Fäulnisprozessen und damit verbundenen Beeinträchtigungen (Geruch, Ungeziefer) und Gasentwicklungen (Arbeitsschutz) kommen. Diese Abfälle sind deshalb kontinuierlich zu entsorgen.

8.5 Ökologische Aspekte

Ebenso wie für Klärschlamm sind auch für Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung zur ökologischen Bewertung der Behandlungsverfahren bzw. Entsorgungswege Ökobilanzen heranzuziehen (s. a. Abschnitt 7.3). Häufig erfolgt die Bilanzierung dafür jedoch im Komplex „mechanische Reinigung“ im Rahmen von Ökobilanzen von Kläranlagen, sodass detaillierte Aussagen ausschließlich zur Behandlung und Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen sowie Abfällen aus

der Kanalreinigung nicht vorliegen. Analog zu den ökologischen Betrachtungen zum Klärschlamm (Abschnitt 7.3) ist hinsichtlich der für den Klimaschutz maßgebenden CO₂-Emissionen entscheidend, die zu entsorgenden Mengen mit möglichst geringem Energieeinsatz zu entwässern, durch effiziente Abtrennung der organischen Anteile die Menge zu reduzieren und bei möglichst kurzen Transportwegen zu verwerten (Abfälle mit hohen mineralischen Anteilen) bzw. thermisch zu beseitigen (Abfälle mit hohen organischen Anteilen).

Bei der Verwertung des gewaschenen Sandes im Baubereich ist die Frage der Hygienisierung zu beachten. Diese ist nur durch thermische Behandlung (Erhitzung auf größer 70 °C) des Sandes möglich. Kann dies nicht mit regenerativer Wärme oder (überschüssiger) Abwärme erfolgen, wird die Sandhygienisierung aufwändig, teuer und wegen dem zusätzlichen Energieeinsatz ökologisch bedenklich, zumal aus natürlichen Ressourcen ausreichend Sand zu günstigen Preisen verfügbar ist.

8.6 Entsorgungskosten

Im Rahmen der Umfrage (PICON 2013a) wurden für die im Freistaat Sachsen genutzten Entsorgungswege für Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung die in Tabelle 23 aufgeführten Entsorgungskosten erhoben. Die angegebenen spezifischen Kosten beziehen sich auf die Entsorgung ab Bereitstellung auf der Kläranlage, ohne vorherige Behandlungskosten für Wäsche, Entwässerung etc.

Die Umfrage richtete sich an die Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5. Es ist davon auszugehen, dass bei kleineren Anlagen die spezifischen Entsorgungskosten höher liegen. In einigen Abwasserverbänden (z. B. ZWA Vogtland, ZV Wasserwerke Westergebirge) werden die anfallenden Sandfangrückstände größeren Kläranlagen zur Mitbehandlung angedient bzw. zentral gesammelt und gemeinsam entsorgt. In diesen Fällen ist der Anteil der Transportkosten zwischen den Kläranlagen noch hinzu zu rechnen.

Tabelle 23: Spezifische Kosten für die Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung (Stand 2013)

Entsorgungsweg		Sieb- u. Rechenrückstände			Sandfangrückstände			Abfälle aus Kanalreinigung		
		Transport	Annahme	Gesamt	Transport	Annahme	Gesamt	Transport	Annahme	Gesamt
		EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis	EUR/t von – bis
Landschaftsbau	Mittelwert von - bis Anzahl*	-	-	-	-	24 15 – 42 (6)	50 15 – 109 (10)			
Kompostierung/ Landschaftsbau	Mittelwert von - bis Anzahl*	-	95 95 (1)	88 42 – 120 (14)	-	-	54 28 – 90 (11)	26 26 (2)	30 30 (2)	58 25 – 71 (7)
Thermische Entsorgung	Mittelwert von - bis Anzahl*	22 3 – 33 (6)	146 59 – 248 (8)	179 92 – 281 (14)	-	-	-	-	-	-
Deponierung	Mittelwert von - bis Anzahl*				-	90 90 (1)	45 45 (1)			20 20 (1)

* - Anzahl der Werte, die in der jeweiligen Rubrik aus den Fragebögen der Umfrage (PICON 2013a) entnommen werden konnte

Für die Entsorgung von Kläranlagenintern aufbereiteten Sandfang- und Kanalspülrückständen ist aufgrund der Vermischung während bzw. nach der Aufbereitung und damit Nutzung gleicher Entsorgungswege mit denselben Entsorgungskosten zu rechnen.

8.7 Empfehlungen

Zuständigkeit für die Entsorgung

Soweit die hier betrachteten Abfälle verwertet werden, ist grundsätzlich der Eigentümer bzw. Nutzungsberechtigte der Anlagen und damit die Abfalleigentümer für deren Verwertung zuständig. Dagegen sind Abfälle zur Beseitigung dem zuständigen öRE zu überlassen, soweit sie nicht in eigenen Anlagen beseitigt oder/und von der Entsorgung durch den öRE ausgeschlossen sind. Die Abfalleigentümer müssen deshalb bei geplanten Änderungen der Entsorgungsart jeweils prüfen, ob es sich um eine Abfallbeseitigung handelt und ob für diesen Fall Überlassungspflichten gegenüber einem öRE (Landkreis, kreisfreie Stadt, Abfallverband) bestehen. Es wird außerdem angeraten, hinsichtlich möglicher Änderungen bei den Überlassungspflichten mit dem zuständigen öRE in Verbindung zu bleiben.

Sieb- und Rechenrückstände

Weil Sieb- und Rechenrückstände die Zuordnungswerte für eine Deponierung nicht einhalten, können sie ohne entsprechende Vorbehandlung nicht abgelagert werden. Mögliche Entsorgungswege sind die thermische Entsorgung oder die mechanisch-biologische Behandlung. Beide Entsorgungswege weisen eine hohe Entsorgungssicherheit auf und sind damit die langfristig anzustrebenden Entsorgungslösungen. In Sachsen ist aufgrund der verfügbaren Anlagenkapazität in MBAs die Entsorgung für das vergleichsweise geringe Mengenaufkommen der Sieb- und Rechenrückstände über den Weg der mechanisch-biologische Behandlung langfristig gesichert.

Sandfangrückstände und der Abfälle aus der Kanalreinigung

Vor der abschließenden Entsorgung sollte im Sinne einer Aufwands- und Kostenreduzierung die Menge der anfallenden Sandfangrückstände und der Abfälle aus der Kanalreinigung durch nass-mechanische Vorbehandlung im Bereich der Kläranlagen bzw. in separaten Sandrecyclinganlagen so weit wie möglich reduziert werden. Das lässt sich im Kläranlagenbereich vorzugsweise durch den Einsatz von Sandwaschanlagen realisieren, mit denen sich der organische Anteil der Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung deutlich verringern lässt. Die dafür erforderliche Anlagentechnik ist am Markt verfügbar. Die so behandelten Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung sollten vorrangig als Sekundärrohstoffe im Straßen-, Wege- und Landschaftsbau bzw. bei der Herstellung von Bodensubstraten genutzt werden. Für kleine Anlagen mit geringem Anfall an Sandfangrückständen bietet sich die Mitbehandlung in Sandwaschanlagen größerer Kläranlagen und in zentralen Sandrecyclinganlagen an.

9 Konzeptionelle Planung der Klärschlammmentsorgung im Freistaat Sachsen

9.1 Klärschlammmentsorgung bis zum Jahr 2025

Aufgrund der Unsicherheiten bei der Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen erfolgen die prognostischen Betrachtungen für die mittel- bis langfristige Klärschlammmentsorgung in Form von Szenarien, wobei als Betrachtungshorizonte das Jahr 2020 (mittelfristig) und das Jahr 2025 (langfristig) vorgegeben sind. Wegen der ab 01.01.2017 aus den Regelungen der DüMV für die landwirtschaftliche Verwertung resultierenden Einschränkungen (Polymereinsatz, s. Abschnitt 6.2.1) wird die Prognosebetrachtung um dieses Jahr ergänzt.

Den Szenarien vorangestellt ist zunächst eine Betrachtung für das Jahr 2015, die aus den Einflüssen der ab dem 01.01.2015 gültigen Grenzwerte der DüMV resultiert.

9.1.1 Betrachtung für das Jahr 2015

Die ab dem 01.01.2015 nunmehr auch für Klärschlamm uneingeschränkt geltenden Schadstoffgrenzwerte der DüMV führen zur Einschränkung der Menge landwirtschaftlich verwertbarer Klärschlämme. Im Aufbringungsplan (LfULG 2013a) wird hierzu festgestellt, dass wegen Grenzwertüberschreitungen bei den Schwermetallen Cadmium, Blei und Quecksilber ca. 31 % der im Jahr 2012 in Sachsen auf landwirtschaftlichen Flächen eingesetzten Klärschlammdünger die ab dem Jahr 2015 verbindlichen Grenzwertanforderungen der DüMV nicht erfüllen.

Bestätigt wird diese Feststellung durch die im Rahmen der Bearbeitung für das Jahr 2011 erfassten Klärschlammqualitäten (PICON 2013a). Die Auswertung zeigt, dass ca. 32 % der im Jahr 2011 angefallenen Klärschlämme die ab dem Jahr 2015 geforderten Grenzwerte der DüMV überschreiten (Abschnitt 3.2). Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen KAPPA & JASPER (2012) auf bundesweiter Ebene.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wird eingeschätzt, dass für ein Drittel der zur Entsorgung anstehenden sächsischen Klärschlämme ab dem 01.01.2015 keine landwirtschaftliche Verwertung mehr möglich ist. Der Anteil der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme könnte sich im Ergebnis dieser Einschätzung von 18 % im Jahr 2011 auf ca. 12 % im Jahr 2015 reduzieren.

Die eintretende Gültigkeit der Schadstoffgrenzwerte nach DüMV hat zur Folge, dass sich auch der Anteil landschaftsbaulich verwerteter Klärschlämme reduzieren wird, weil

- die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung ihre Klärschlämme im Sinne einer gesicherten Entsorgung - bei Nichteinhalten der Grenzwerte der DüMV - häufig direkt zur thermischen Entsorgung vergeben und
- große Entsorgungsdienstleister ab dem 01.01.2015 auch für die landschaftsbauliche Verwertung nur noch Klärschlämme annehmen, die der DüMV entsprechen. Hintergrund ist, dass für den Fall fehlender Kapazitäten im Landschaftsbau alternativ eine Verwertung in der Landwirtschaft möglich sein sollte, um die Entsorgung der angenommenen Klärschlämme dennoch gewährleisten zu können.

Für die nachfolgenden Betrachtungen wird angenommen, dass sich die landschaftsbaulichen und die sonstigen stofflichen Verwertungsquoten aufgrund dieser Tatsachen – analog zur landwirtschaftlichen Verwertung –

um ein Drittel bis zum Jahr 2015 reduzieren. Im Jahr 2015 werden demzufolge noch 41 % der sächsischen Klärschlämme im Landschaftsbau und 2 % anderweitig stofflich verwertet.

Aus der Entwicklung der bodenbezogenen Verwertungsmöglichkeiten resultiert, dass im Jahr 2015 45 % der Klärschlämme thermisch entsorgt werden müssen. Das entspricht mehr als einer Verdopplung der thermisch entsorgten Mengen gegenüber dem Jahr 2011. Mangels einer gesetzlichen Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung ist die thermische Entsorgung durch Klärschlamm-Mitverbrennung im Jahr 2015 uneingeschränkt möglich.

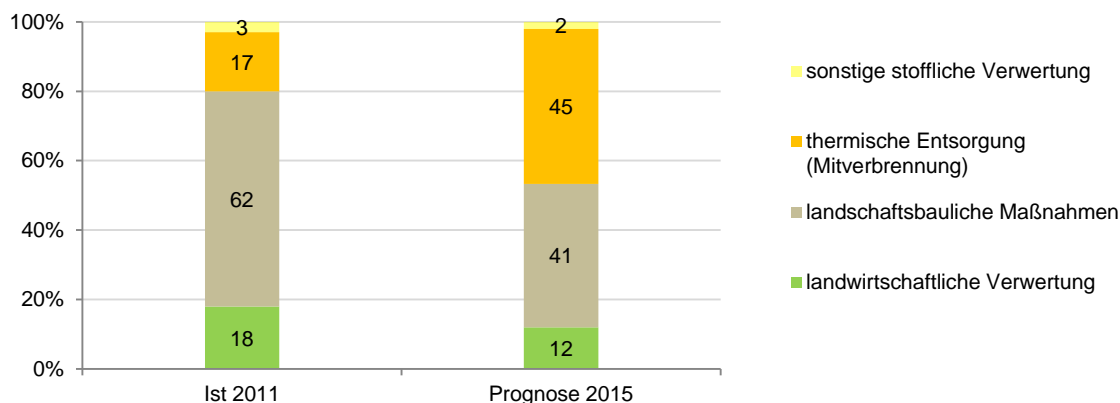


Abbildung 21: Darstellung der Entsorgungswege im Jahr 2011 und 2015

9.1.2 Szenario 1

Dem Szenario 1 sind folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Materiell-inhaltliche Ablösung der DüMV durch Novellierung der EU-DüMV bis spätestens Ende des Jahres 2016; die novellierte EU-DüMV enthält u. a. folgende Inhalte:
 - keine Beschränkungen zum Einsatz synthetischer Polymere
 - Grenzwerte entsprechen der DüMV
- Novellierung der AbfKlärV bis spätestens Ende des Jahres 2016; die novellierte AbfKlärV enthält u. a. Anforderungen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammaschen mit folgenden Inhalten:
 - zehnjährige Übergangsfrist bis zum Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung
 - „Bagatellklausel“ für kleine Kläranlagen (Größenklasse 1 und 2), die damit vom Verbot der bodenbezogenen Klärschlammverwertung ausgenommen werden
 - Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ab dem Jahr 2025

In diesem Szenario ist die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung mittelfristig möglich, weil es keine Einsatzbeschränkungen gibt, die aus der Anwendung synthetischer Polymere resultieren. Ausgehend von den geplanten Inhalten der künftigen EU-DüMV, die keine Verschärfung gegenüber den Grenzwerten der DüMV darstellen, wird sich der Anteil landwirtschaftlich verwertbarer Klärschlämme gegenüber dem Jahr 2015 nicht weiter reduzieren. Er liegt folglich bis zum Jahr 2020 weiterhin bei ca. 12 %.

Die Verwertungsquote im Landschaftsbau ist sowohl deutschlandweit als auch in Sachsen tendenziell rückläufig (Abbildung 22). Im Zeitraum von 2006 bis 2012 hat sich die Verwertung bei landschaftsbaulichen Maß-

nahmen auf Bundesebene um reichlich ein Drittel und in Sachsen um knapp ein Drittel verringert. Dabei betrug der jährliche Rückgang in den vergangenen sieben Jahren im Mittel rund 7 % in der Bundesrepublik sowie rund 5 % im Freistaat Sachsen.

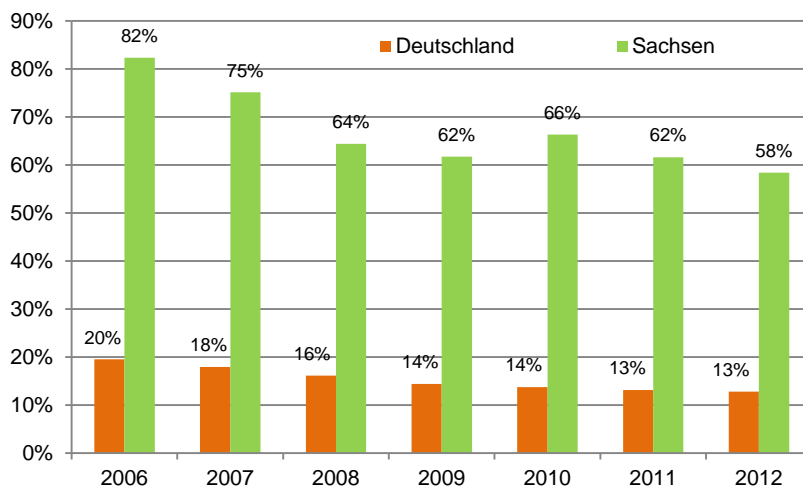


Abbildung 22: Anteil der landschaftsbaulich verwerteten Klärschlämme an der entsorgten Klärschlammmenge für die Bundesrepublik Deutschland und den Freistaat Sachsen (StBA 2014)

Auf der Basis des sächsischen Trends wird unterstellt, dass sich die im Landschaftsbau verwertete Klärschlammmenge ab dem Jahr 2015 jährlich um weitere 5 % gegenüber dem Vorjahr reduziert. Demzufolge beträgt der Anteil der landschaftsbaulichen Verwertung in diesem Szenario im Jahr 2020 noch ca. 32 %.

Aufgrund der Anforderungen der novellierten AbfKlärV, insbesondere hinsichtlich der Phosphorrückgewinnung, wird die bodenbezogene Klärschlammverwertung ab dem Jahr 2025 nicht mehr möglich sein. Eine Ausnahme bilden Klärschlämme von Kläranlagen der Größenklasse 1 und 2. Im Ergebnis der Erhebung durch PICON (2013a) machen diese einen Anteil von 8 % am Gesamtklärschlammfall aus. Dies entspricht folglich den Mengen, die über das Jahr 2025 weiterhin bodenbezogen verwertet werden können. Im Sinne einer regionalen Verwertung dieser Schlämme sowie einer direkten Nutzung des Phosphors im Klärschlamm wird davon ausgegangen, dass sich der Einsatz dabei maßgeblich auf die landwirtschaftliche Verwertung beschränkt. Die verbleibenden 92 % der Klärschlämme sind thermisch zu entsorgen. In Abhängigkeit des Phosphorgehaltes im Klärschlamm kann dies wahlweise in Mono- oder Mitverbrennungsanlagen erfolgen (Abschnitt 7.1.2). Auf Grund der Unsicherheiten der Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken (Abschnitt 6.4.2) sollte dabei der Monoverbrennung und einer anderweitigen Mitverbrennung als in Braunkohlekraftwerken der Vorrang eingeräumt werden.

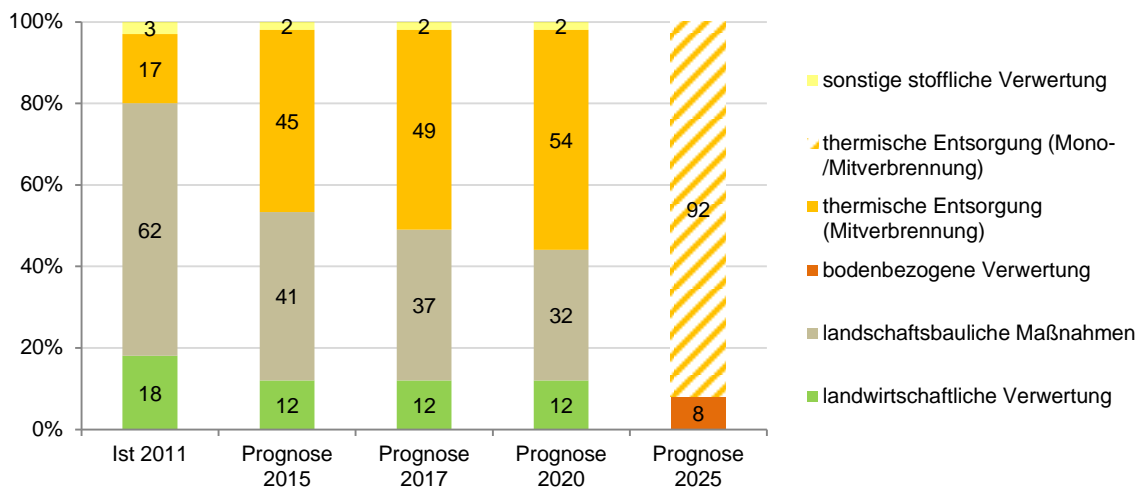


Abbildung 23: Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege – Szenario 1

9.1.3 Szenario 2

Dem Szenario 2 liegen folgende Annahmen für den Prognosezeitraum 2017 bis 2025 zugrunde:

- es gilt weiterhin die DüMV (keine Novellierung der EU-DüMV)
- die Anforderungen der DüMV wirken sich ausschließlich auf den landwirtschaftlichen Verwertungsweg - und nicht auf den landschaftsbaulichen Einsatz zur Herstellung durchwurzelbarer Bodenschichten nach § 12 BBodSchV - aus
- Novellierung der AbfKlärV bis spätestens Ende des Jahres 2016; die novellierte AbfKlärV enthält u.a. Anforderungen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm und Klärschlammaschen mit folgenden Inhalten:
 - zehnjährige Übergangsfrist bis zum Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung
 - „Bagatellklausel“ für kleine Kläranlagen (Größenklasse 1 und 2), die damit vom Verbot der bodenbezogenen Klärschlammverwertung ausgenommen werden
 - Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ab dem Jahr 2025.

In diesem Szenario ist aufgrund der Anforderungen der DüMV bezüglich des Einsatzes synthetischer Polymere eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ab dem 01.01.2017 nicht mehr möglich. Die Anforderungen an den Einsatz von Polymeren wirken sich auch auf den Anteil landschaftsbaulich verwerteter Klärschlämme aus. Es wird eine Reduzierung um 50 % im Jahr 2017 unterstellt. In den darauffolgenden Jahren reduziert sich der Anteil entsprechend dem sächsischen Trend analog zu Szenario 1 um jährlich 5 % (bezogen auf das Vorjahr) auf 18 % im Jahr 2020.

Durch den Wegfall landwirtschaftlicher Verwertungsmöglichkeiten und durch die rückläufige Verwertung im Landschaftsbau ist davon auszugehen, dass sich die Kläranlagenbetreiber technologisch sowie logistisch auf den Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung vorbereiten. Eine bodenbezogene Klärschlammverwertung ist ab dem Jahr 2025 nicht mehr zulässig und wird aufgrund der vorgenannten Entwicklung auch für Klärschlämme kleinerer Kläranlagen, die unter die „Bagatellklausel“ fallen, nicht mehr praktiziert. Demzufolge werden die Klärschlämme ab dem Jahr 2025 zu 100 % thermisch entsorgt. Die Art der thermischen Entsorgung (Mono- oder Mitverbrennung) richtet sich dabei analog zu Szenario 1 nach dem Phosphorgehalt im Klärschlamm unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken.

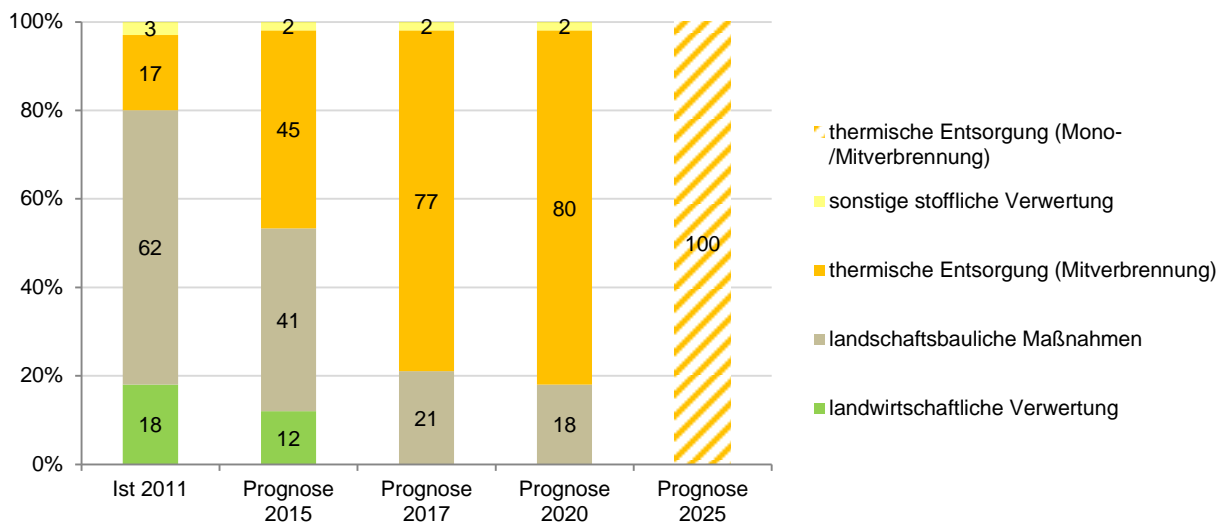


Abbildung 24: Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege – Szenario 2

9.1.4 Szenario 3

Es sind die folgenden Annahmen für Szenario 3 zugrunde gelegt:

- es erfolgt keine Novellierung der EU-DüMV; damit bleibt das nationale Düngemittelrecht bestehen und es gelten die Einschränkungen der deutschen DüMV bezüglich der Schadstoffgrenzwerte und der synthetischen Polymere
- die Inhalte des Koalitionsvertrages zur Klärschlamm Entsorgung werden bis zum Jahr 2017 in deutsches Recht umgesetzt
- die AbfKlärV wird spätestens Ende des Jahres 2016 novelliert; sie enthält u. a. folgende Inhalte:
 - „Bagatellklausel“ für kleine Kläranlagen (Größenklasse 1 und 2), die damit vom Verbot der bodenbezogenen Klärschlammverwertung ausgenommen werden
 - Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ab dem Jahr 2025.

Es wird unterstellt, dass sich die Anforderungen an den Einsatz synthetischer Polymere zu 100 % auf die bodenbezogene Klärschlammverwertung auswirken. Es wird angenommen, dass sowohl der Verwertungsweg Landwirtschaft als auch der des Landschaftsbaus vom Ausstieg aus der Klärschlammverwertung betroffen sind. Im Ergebnis dieser angenommenen Entwicklungen ist ab dem 01.01.2017 - mit Ausnahme von Klärschlämmen kleiner Kläranlagen - keine bodenbezogene Klärschlammverwertung mehr zulässig.

Ab dem Jahr 2017 erfolgt die Klärschlammverwertung zu 92 % durch Mitverbrennung. Diese ist aufgrund der Übergangsfrist der AbfKlärV zur Phosphorrückgewinnung bis zum Jahr 2024 zwar uneingeschränkt rechtlich zulässig, jedoch mit erheblichen Unsicherheiten hinsichtlich der Verfügbarkeit in Braunkohlekraftwerken behaftet. Ab dem Jahr 2025 besteht die rechtliche Möglichkeit zur Mitverbrennung nur unter der Bedingung weiter, dass zuvor eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm (bei Phosphorgehalten von größer gleich 20 g/kg TM) erfolgt ist und überhaupt noch Kapazitäten verfügbar sind. Anderenfalls sind die Klärschlämme in Monoverbrennungsanlagen zu entsorgen. Die Phosphorrückgewinnung hat dann aus der Klärschlammasche zu erfolgen.

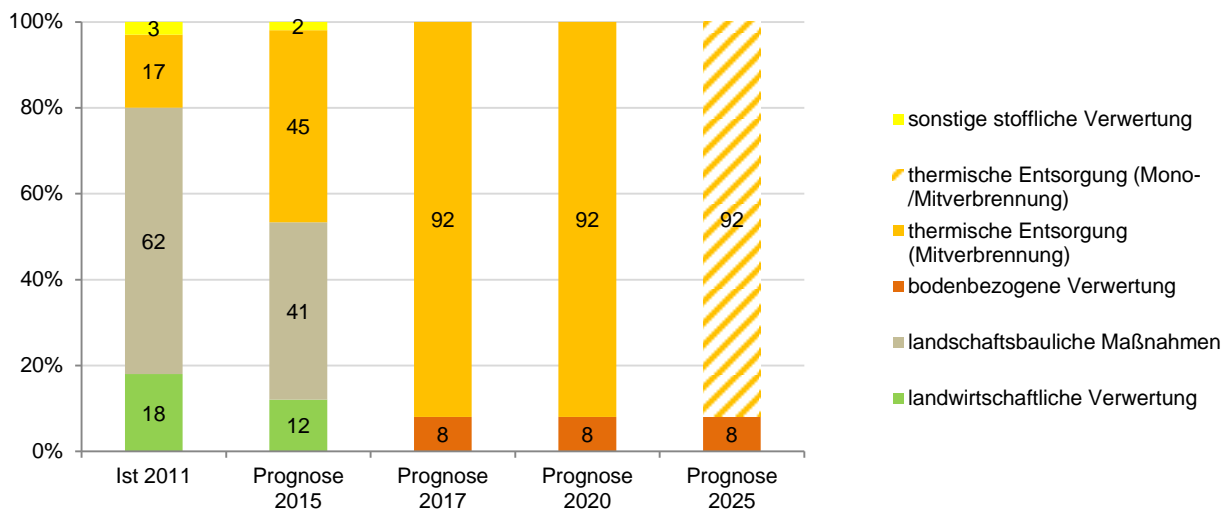


Abbildung 25: Zukünftige Entwicklung der Entsorgungswege – Szenario 3

9.2 Auswirkungen auf die Entsorgungssicherheit

In Abschnitt 9.1 sind in Abhängigkeit von zukünftigen politischen und rechtlichen Einflüssen Szenarien entwickelt worden, auf deren Basis sich die erforderlichen Kapazitäten in den einzelnen Entsorgungswegen für die Jahre 2020 bzw. 2025 abschätzen lassen. Diese Abschätzung enthält Tabelle 24.

Tabelle 24: Gegenüberstellung vorhandener und erforderlicher Kapazitäten (in t TM/a)

Art der Entsorgung		Kapazitäten im Freistaat Sachsen	Erforderliche Kapazitäten				
			2015 (t TM/a)	Szenario	2017	2020	2025
					(t TM/a)		
bodenbezogene Verwertung	Landwirtschaft	keine flächenbezogene Kapazitätseinschränkung, da ausreichend Ackerflächen verfügbar	9.800	1	9.700	9.600	6.200
				2	0	0	0
				3	6.500	6.400	6.200
	Landschaftsbau	Nach Angaben der Entsorgungswirtschaft nicht kalkulierbar	33.900	1	30.000	25.500	0
				2	17.000	14.300	0
				3	0	0	0
	sonstige stoffliche Verwertung	k. A.	1.600	1	1.600	1.600	0
				2	1.600	1.600	0
				3	0	0	0
thermische Entsorgung	Mitverbrennung	132.000 bis 175.750 t TM/a mit erheblichen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer zukünftigen Verfügbarkeit behaftet	36.600	1	39.700	43.000	71.500
				2	62.400	63.800	77.700
				3	74.500	73.300	71.500
	Monoverbrennung	0 t TM/a	0	1	0	0	71.500
				2	0	0	77.700
				3	0	0	71.500
Klärschlammmenge zur Entsorgung			82.000		81.000	79.700	77.700

Landwirtschaft

Trotz ausreichender Verfügbarkeit wird sich die ohnehin geringe Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen (bisher 0,7 % der sächsischen Ackerflächen) zukünftig aufgrund der weiteren Erhöhung der Qualitätsanforderungen an den Klärschlamm bzw. an Klärschlammkomposte noch weiter verringern. Damit kann die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung in Zukunft nur noch einen unwesentlichen Beitrag (Szenarien 1 und 3) bzw. keinerlei Beitrag (Szenario 2) zur Entsorgungssicherheit leisten.

Landschaftsbau

Nach Einschätzung der Entsorgungswirtschaft stünde zwar mittelfristig ausreichend Potenzial für den Einsatz von Klärschlamm im Landschaftsbau zur Verfügung (Abschnitt 6.3.2), Mengen- bzw. zeitmäßige Angaben konnten jedoch nicht gemacht werden. Quantitativ und zeitlich nicht untersetzte Potenzialaussagen können nicht zur Einschätzung einer zukünftigen Entsorgungssicherheit herangezogen werden. Aufgrund des in allen Szenarien rückläufigen Verwertungsanteils der landschaftsbaulichen Verwertung, wird diese mittelfristig nur noch einen untergeordneten bzw. langfristig keinen maßgeblichen Beitrag mehr zur Entsorgungssicherheit leisten.

Thermische Entsorgung bis zum Jahr 2024

Die vorhandenen Mitverbrennungskapazitäten in den Kraftwerken Boxberg und Lippendorf liegen mit rund 150.000 t TM/a deutlich über der im Freistaat Sachsen zur Entsorgung anstehenden Klärschlammmenge (Prognose für 2025: 77.700 t TM).

Allerdings lässt sich daraus noch keine Entsorgungssicherheit für sächsische Klärschlämme in diesem Entsorgungsweg ableiten, da sie einerseits europaweit angeboten werden andererseits mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind (Abschnitt 6.4.2). Dies gilt insbesondere für den Zeitraum nach 2020, für den Vattenfall keine Aussage zur Mitverbrennung machen kann. Diese Unsicherheiten lassen sich derzeit auch nicht beseitigen.

Da die Mitverbrennungskapazitäten europaweit angeboten werden, ist eine Betrachtung auf Bundesebene erforderlich, wobei die nachfolgende Betrachtung die Unsicherheiten der Mitverbrennung in den Braunkohlekraftwerken außer Acht lässt:

Wie unter Abschnitt 6.4.2 dargestellt, waren in Deutschland bislang Überkapazitäten in Höhe von 1,2 Mio. t TM für die thermische Entsorgung von Klärschlämmen zu verzeichnen. JASPER & KAPPA (2012) gehen davon aus, dass die Kapazitäten auch mittelfristig ausreichen um die thermische Entsorgung kommunaler Klärschlämme abzusichern. Sollte es allerdings - wie in Szenario 3 angenommen - zu einem Wegfall der bodenbezogenen Verwertung kommen, was stark zu vermuten ist, ist eine Entsorgungssicherheit – bundesweit gesehen - durch thermische Entsorgung nicht mehr gewährleistet. Denn bei einer bundesweit zu entsorgenden Klärschlammmenge von ca. 1,9 Mio. t TM sind die auf Bundesebene verfügbaren Verbrennungskapazitäten (1,2 Mio. t TM) nicht ausreichend. Selbst durch Optimierung der Anlagenauslastung auf 100 % (etwa 1,5 Mio. t TM Kapazität) und durch eine weitere Reduzierung der Klärschlammengen auf rund 1,8 Mio. t TM wäre kurz- bis mittelfristig bundesweit keine Entsorgungssicherheit für alle deutschen Klärschlämme mehr gegeben.

Dies bedeutet jedoch nicht automatisch, dass für die sächsischen Klärschlämme dann auch keine Entsorgungssicherheit mehr bestünde, denn in den Kraftwerken Boxberg und Lippendorf sind etwa doppelt so viele thermische Entsorgungskapazitäten vorhanden, wie für die sächsischen Klärschlämme benötigt würden. Es kommt für die Kläranlagenbetreiber bei einer Entwicklung, wie sie im Szenario 3 beschrieben ist, vielmehr

darauf an, thermische Entsorgungskapazitäten in diesen Kraftwerken rechtzeitig und möglichst langfristig vertraglich zu binden. Da Vattenfall seine Mitverbrennungskapazitäten über die privatwirtschaftliche Entsorgungswirtschaft bereitstellt, sind durch die Kläranlagenbetreiber diesbezüglich Entsorgungsverträge mit der Entsorgungswirtschaft auszuschreiben.

In dieser Beziehung besteht auch deshalb erheblicher Handlungsbedarf, weil im Hinblick auf das Ende der Übergangsfrist 31.12.2016 von steigenden Preisen ausgegangen werden muss.

Im Hinblick auf die o. g. Unsicherheiten der zukünftigen Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken könnte der Mitverbrennung in der einzigen MVA in Sachsen, der T.A. Lauta, eine verstärkte Bedeutung zukommen. Die Mitverbrennung in der T. A. Lauta könnte bei fortgesetzter Unsicherheit der Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken zu einem Bestandteil der Entsorgungssicherheit für Klärschlamme aus Sachsen entwickeln.

Thermische Entsorgung ab 2025

Im Hinblick auf die Einführung der Phosphorrückgewinnung ab dem Jahr 2025 kann Entsorgungssicherheit nur dadurch gewährleistet werden, dass ausreichende Entsorgungskapazitäten geschaffen werden, die den zukünftigen Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung entsprechen. Dazu bedarf es in Summe entsprechender Kapazitäten der Monoverbrennung und Kapazitäten der Mitverbrennung von Klärschlämmen mit niedrigen Phosphorgehalten, ggf. nach einer Behandlung. Derzeit sind in Sachsen weder Planungen für Monoverbrennungsanlagen noch solche für alternative Verfahren zur Phosphorrückgewinnung bekannt. **Aus heutiger Sicht besteht damit auch hier Handlungsbedarf, um ab dem Jahr 2025 in Sachsen die notwendigen Maßnahmen zur Phosphorrückgewinnung umsetzen zu können.**

9.3 Informationsdefizite

Bei der Bearbeitung der Konzeption zeigte sich, dass bei den statistischen Daten zu den Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung Informationsdefizite vorlagen bzw. erforderliche Daten nicht verfügbar waren. Als Anregung für die zukünftige Datenerfassung sind die Informationsdefizite nachfolgend zusammengefasst und Maßnahmen zur Verbesserung der Situation aufgezeigt.

Quantitative und qualitative Erfassung von Abfällen aus der kommunalen Abwasserbehandlung

- Menge und Qualität von Abfällen bestimmen maßgeblich die Möglichkeiten der Entsorgung. Für die Erstellung von Entsorgungskonzepten stellen diese Informationen folglich eine wichtige Grundlage dar.
- Die statistische Erfassung des Klärschlammanfalls erfolgt bereits kontinuierlich sowohl auf Länder- als auch auf Bundesebene. Zu den Mengen der weiteren Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung gibt es in diesem Rahmen jedoch keine statistische Erfassung. Dies gilt auch für die Qualität der bei der kommunalen Abwasserbehandlung anfallenden Abfälle. Hier liegen weder für Klärschlämme (außer den Angaben nach AbfKlärV) noch für die weiteren Abfälle wie Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung zentral erfasste Analysenwerte vor.

Entsorgung von Klärschlammkomposten

- Klärschlammkomposte können sowohl landschaftsbaulich als auch landwirtschaftlich verwertet werden. Das führt bei der statistischen Erfassung zu Unklarheiten bei der Zuordnung der Entsorgungswege und damit zu Ungenauigkeit in der Statistik. Weil die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung die Kompos-

tierung teilweise als abschließenden Entsorgungsweg angeben, fehlt häufig die Information über die tatsächlich abschließende Entsorgung der Klärschlammkomposte.

9.4 Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Die veränderten rechtlichen Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Verwertung, der politisch gewollte Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung sowie das Bestreben zur Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser und Klärschlamm stellen die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung, die Entsorgungswirtschaft und die beratenden Ingenieurunternehmen vor erhebliche Herausforderungen. Sowohl die Weiternutzung noch bestehender Entsorgungswege als auch die Einführung neuer Verfahrens- und Anlagentechnik zur Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung bedürfen der weiteren Forschung und Entwicklung. Dabei sind sowohl technische als auch wirtschaftliche Aspekte von Belang. Folgende Schwerpunkte bedürfen weiterer Forschung und Entwicklung:

Synthetische Polymere

- Fortführung der Untersuchungen zur Abbaubarkeit synthetischer Polymere
- Entwicklung biologisch abbaubarer Polymere auf Basis natürlicher, nachwachsender Rohstoffe, durch deren Einsatz vergleichbare Entwässerungsleistungen wie die synthetischer Polymere erzielt werden

Phosphorrückgewinnung

- Entwicklung von Verfahren zur Erzeugung pflanzenverfügbarer Phosphorrecyclingprodukte bzw. Klärschlammaschen
- gezielte Förderung von Pilotvorhaben zur Entwicklung bzw. Einführung großtechnischer und wirtschaftlicher Verfahren zum Recycling von Phosphor aus kommunalem Abwasser und Klärschlamm bzw. aus Klärschlammaschen
- Untersuchungen zur Düngewirksamkeit der durch Phosphorrückgewinnung erzeugten Produkte gegenüber konventionellen Düngemitteln
- Entwicklung von Verfahren, die es ermöglichen Klärschlammaschen separat und leicht rückholbar zu lagern
- Prüfung von Möglichkeiten der Verwendung von zurückgewonnenen Phosphor für die Herstellung hochwertiger Phosphat-Dünger
- Untersuchung von Möglichkeiten und Auswirkungen der verfahrenstechnischen Anpassung von Kläranlagen, um diese auf die Anforderungen der Phosphorrückgewinnung auszurichten, wobei die Prozesse der Abwasserreinigung nicht nachteilig beeinträchtigt werden dürfen

Monoverbrennung

- Entwicklung wirtschaftlicherer Verbrennungsanlagen
- Berücksichtigung kleiner Verbrennungsanlagen für ökologische, dezentrale Lösungen

Alternative Klärschlammbehandlungsverfahren

- Entwicklung alternativer Klärschlammbehandlungsverfahren mit dem Ziel der Verbesserung der Klärschlammqualität und damit Aufwertung des Klärschlammes für die anschließende Entsorgung (Herstellung

alternativer Brennstoffe bzw. von Grundstoffen für die industrielle Nutzung und Erzeugung hochwertiger Bodenhilfsstoffe und Dünger)

- Forschungen zur Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors im erzeugten Produkt
- Entwicklung von Verfahren, die den Schadstoffgehalt im jeweiligen Produkt gegenüber dem Ausgangsstoff reduzieren.

■ Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Verfahren und der geplanten Anwendung der Produkte sind Fragen zur rechtlichen Einordnung und zur Einhaltung bestehender rechtlicher Vorschriften zu klären.

9.5 Klärschlammensorgungsstrategie des Freistaates Sachsen

Die Klärschlammensorgung befindet sich bundesweit im Umbruch, weg von der landwirtschaftlichen und landschaftsbaulichen Verwertung, hin zur thermischen Entsorgung und gezielter Nutzung der im Klärschlamm enthaltenen Ressource Phosphor. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden rechtlichen Entwicklungen ist deshalb eine Entsorgungsstrategie erforderlich, die kurzfristig den Übergang zur thermischen Entsorgung zum Ziel hat und sich mittelfristig der Phosphorrückgewinnung widmet.

Die Klärschlammensorgungsstrategie des Freistaates Sachsen geht von der kommunalen Zuständigkeit und Verantwortung für die Abwasserbeseitigung als Teil der kommunalen Daseinsvorsorge aus, die auch die Entsorgung der dabei anfallenden Abfälle – hier des Klärschlammes – umfasst. Soweit diese Abfälle zukünftig beseitigt werden müssten, können bestimmte öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger eine Mitverantwortung übernehmen.

Daher ist diese Klärschlammstrategie eine der Grundlagen der Abfallwirtschaftsplanung des Freistaates Sachsen gemäß § 30 KrWG.

Phosphorrückgewinnung

Voraussichtlich ab dem Jahr 2025 wird Phosphorrückgewinnung verpflichtend sein. Diese Rückgewinnung aus den jeweiligen Stoffströmen ist mit einem zusätzlichen verfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Aufwand verbunden. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit einer effektiven Phosphorrückgewinnung aus den Aschen der Monoverbrennung von Klärschlamm, den Schlämmen der Abwasserbehandlung bzw. der wässrigen Phase der Schlamm- bzw. Prozesswässer (Abschnitt 7.4). Die Verfahren sind hinsichtlich praktischer Umsetzung und Wirtschaftlichkeit noch nicht ausreichend erforscht; es besteht weiterhin umfassendes Potenzial zur Verfahrens- und Kostenoptimierung.

Die Kosten für aus Klärschlamm erzeugte Phosphorprodukte sind derzeit noch höher als die Preise konventionellen Mineraldüngers aus Phosphatgestein. Eine Phosphorrückgewinnung ist – weil die Umweltkosten für die Herstellung von P-Primärdüngern in den Preisen für diese Dünger noch nicht einbezogen sind – allein unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten derzeit noch nicht darstellbar. Die Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung zu bestehenden bzw. neuen Verfahren werden jedoch sukzessive zur Verringerung der Kosten beitragen. Ein weiterer Preisanstieg beim Mineraldünger würde ebenfalls die Wirtschaftlichkeit der Phosphatrückgewinnung erhöhen.

In welchem Umfang die einzelnen Verfahrensansätze zukünftig im großtechnischen Maßstab umsetzbar sind und wie sich die Wirtschaftlichkeit und die Qualität bzw. Anwendbarkeit der erzeugten Phosphorprodukte entwickeln wird, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt nicht beurteilen. Unter technischen Gesichtspunkten ist die Phosphorrückgewinnung aus der wässrigen Phase (nasschemische Verfahren wie z. B. MAP-Verfahren) einsetztauglich. Sie kann bei entsprechenden Rahmenbedingungen in Verbindung mit einer abschließenden thermischen Entsorgung des phosphorarmen Klärschlammes zur Anwendung kommen. Im Gegensatz zu anderen, anwendungstechnisch noch nicht so ausgereiften Verfahren ist das Rückgewinnungspotenzial mit maximal 50 % jedoch vergleichsweise gering.

Da es in Sachsen keine Anlagen zur Monoverbrennung gibt, ist eine Umsetzung von Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen für Sachsen kurz- bis mittelfristig nicht relevant. Langfristig ist jedoch in Sachsen mit der Errichtung von Anlagen zur Monoverbrennung zu rechnen, sodass diese Verfahren zukünftig an Bedeutung gewinnen werden.

Landwirtschaftliche Verwertung

Bis zum Zeitpunkt, für den der Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung gesetzlich festgeschrieben wird, kann die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung für qualitativ hochwertige Klärschlämme oder Klärschlammkomposte fortgeführt werden unter Beachtung der Einschränkungen, die sich aus den düngerechtlichen Anforderungen ergeben (z. B. Polymereinsatz).

Landschaftsbauliche Verwertung

Bis zum Zeitpunkt, für den der Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung gesetzlich festgeschrieben wird, kann auch die landschaftsbauliche Verwertung von Klärschlämmen fortgeführt werden.

Thermische Entsorgung durch Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken

Klärschlämme, die nicht bodenbezogen verwertet werden können, sind thermisch zu entsorgen. In zwei Braunkohlekraftwerken im Freistaat Sachsen sind Kapazitäten zur Mitverbrennung von Klärschlamm vorhanden. Die installierten Technologien ermöglichen die Annahme sowohl von Klärschlamm in entwässelter (bis ca. 35 % TM) als auch in begrenztem Umfang in getrockneter Form (85 % bis 95 % TM).

Es ist nicht auszuschließen, dass diese Kapazitäten im Hinblick auf eine Beendigung der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung mit Beginn des Jahres 2017 auf Grund der Regelungen der DüMV auf Grund einer bundesweiten Nachfrage alsbald ausgelastet sind. Außerdem bestehen Unsicherheiten wegen des Verkaufs der Braunkohlesparte von Vattenfall insbesondere für den Zeitraum nach 2020.

Zu berücksichtigen ist auch, dass die vorgesehenen gesetzlichen Anforderungen zur Phosphorrückgewinnung bei entsprechender Umsetzung eine Mitverbrennung nur noch für phosphatarmer Klärschlämme ermöglichen.

Thermische Entsorgung durch Mitverbrennung in thermischen Abfallbehandlungsanlagen

Die T.A. Lauta ist die derzeit einzige Abfallverbrennungsanlage für Siedlungsabfälle im Freistaat Sachsen. Die Mitverbrennung von getrocknetem Klärschlamm ist in definierter Qualität und Quantität anlagentechnisch möglich. Ob eine Mitverbrennung in Lauta realisiert wird, hängt maßgeblich davon ab, welcher bautechnische und technologische Aufwand für die Mitverbrennung von Klärschlamm erforderlich wird und ob sie sich wirtschaftlich darstellen lässt. Maßgeblich ist, wie hoch der Annahmepreis im Wettbewerb im Vergleich zu anderen Entsorgungswegen, wie z. B. zur Mitverbrennung in den Kohlekraftwerken in Sachsen sein wird.

Thermische Entsorgung durch Monoverbrennung und Langzeitlagerung der Aschen

Im Freistaat Sachsen existieren weder Kapazitäten zur Monoverbrennung noch bestehen Langzeitlager für die Lagerung der Klärschlammaschen, die eine spätere Phosphorrückgewinnung ermöglichen. Die dafür erforderlichen Anlagen sind rechtzeitig konzeptionell vorzubereiten, zu planen und zu errichten. Im Hinblick auf mögliche Widerstände im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens und der Umweltverträglichkeitsprüfung bzgl. der Standortsuche oder dem jeweiligen Bau der Verbrennungsanlagen oder Monodeponien sind dafür entsprechend lange Zeiträume einzuplanen.

9.6 Handlungsempfehlungen

Die Aufgabe der Abwasserbeseitigung einschließlich der Entsorgung von Abfällen aus der Abwasserbeseitigung ist eine weisungsfreie Pflichtaufgabe der Gemeinden und/oder Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Weder mit dieser Konzeption insgesamt noch mit nachfolgenden Handlungsempfehlungen an kommunale Körperschaften werden staatliche Vorgaben gemacht, auf welche Weise die Entsorgung der Abfälle aus der Abwasserbeseitigung konkret zu gestalten wäre. Diese ergeben sich ausschließlich aus den Entscheidungen der zuständigen kommunalen Gremien auf Grundlage der Gesetze und dem untergesetzlichen Regelwerk. Die Verantwortung für die konkrete Gestaltung der Entsorgung der Abfälle aus der Abwasserbeseitigung liegt nach wie vor bei den kommunalen Aufgabenträgern.

Es werden nachfolgend Handlungsempfehlungen gegeben. Diese richten sich an

- die zuständigen Stellen des Freistaates Sachsen,
- die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung,
- die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger,
- die Entsorgungswirtschaft.

9.6.1 Freistaat Sachsen

- Der Freistaat Sachsen (SMUL, LfULG) sollte die Entwicklung der Technologien zur Phosphorrückgewinnung aufmerksam beobachten sowie Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Phosphorrückgewinnung in Sachsen unterstützen.
- Damit die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung trotz der Unsicherheiten bei der Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen rechtzeitig die erforderlichen Schritte zur Modifizierung/ Neuorientierung ihrer Klärschlamm Entsorgung zur Absicherung der Entsorgungssicherheit beschreiten, sollte der Freistaat Sachsen diesen die Erarbeitung und Fortschreibung von Klärschlamm Entsorgungskonzepten empfehlen.
- Falls sich kommunale Aufgabenträger entschließen sollten, eine (ggf. gemeinsame) Monoverbrennungsanlage als Pilotanlage zu planen und zu errichten, sollte ein solches Projekt vom Freistaat unterstützt und begleitet werden.
- Um die Datengrundlage für die kommunalen Klärschlamm Entsorgungskonzepte und das Klärschlamm Entsorgungskonzept des Freistaates zu verbessern, wäre es sinnvoll, zukünftig die Mengen und Qualitäten aller Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung statistisch zu erfassen. Dies betrifft insbesondere zusätzlich die Bestimmung der Klärschlammqualitäten nach jeweils geltendem Recht sowie die Erfassung der Mengen und Qualitäten der Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanal-

reinigung. Wichtig wäre außerdem die statistische Erfassung des Entsorgungsweges von Klärschlammkomposten bis in den Stoffkreislauf. Bislang fehlen hierfür allerdings die gesetzlichen Grundlagen. Es ist deshalb notwendig, entsprechende Änderungen als Antrag auf Erweiterung des Merkmalskatalogs im UStatG auf den Weg zu bringen (StLA).

- Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten bei der Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie im Hinblick auf mögliche Entwicklungen zum Stand der Technik der Klärschlammbehandlung und Phosphorrückgewinnung sollte der Freistaat in den nächsten Jahren jährlich prüfen, ob diese Klärschlammkonzeption vorfristig gegenüber dem regulären Turnus von sechs Jahren fortgeschrieben werden sollte. Dies wäre bei unerwarteten Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen bzw. unerwarteter Entwicklung des Standes der Technik zu erwägen, um die Aufgabenträger bei der Fortschreibung ihrer Entsorgungskonzepte rahmengebend zu unterstützen (SMUL, LfULG).
- Die Kommunikation zwischen dem Freistaat Sachsen (SMUL, LDS) und den Aufgabenträgern der öffentlichen Abwasserbeseitigung sollte intensiv fortgeführt werden. Insbesondere sollte der Freistaat die Aufgabenträger weiterhin über bedeutsame Entwicklungen aktuell informieren.

9.6.2 Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung

Die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung haben auch weiterhin unter sich ändernden Rahmenbedingungen Entsorgungssicherheit zu gewährleisten. Dazu müssen sie sich folgenden Schwerpunkten widmen:

- Bilanz bisheriger und Prognose zukünftiger Klärschlammengen und -qualitäten
- konzeptionelle Planung allgemeiner Maßnahmen, wie
 - Reduzierung zu entsorgender Klärschlammengen durch
 - anaerobe Stabilisierung
 - Optimierung der Entwässerung zur Steigerung des Entwässerungsgrades sowie
 - Mitbehandlung von Klärschlämmen kleinerer Kläranlagen in Kläranlagen mit besseren Möglichkeiten zur Stabilisierung und Entwässerung
 - Feststellung der Klärschlammqualität, abgestimmt auf den geplanten Entsorgungsweg
 - Verbesserung der Klärschlammqualität durch
 - Schadstoffentfrachtung der Abwässer durch
 1. konsequente Überwachung der Indirekteinleiter
 2. fachliche Beratung und Kontrolle zur Umsetzung der Indirekteinleiterbestimmungen
 - Qualitätssicherung durch Einführung bzw. Ausbau von Qualitätssicherungssystemen in Abhängigkeit von möglichen Entsorgungswegen
- konzeptionelle Planung der kurz-, mittel- und langfristigen Klärschlamm Entsorgung, unterteilt in
 - kurzfristigen Entsorgungszeitraum (bis 2017)
 - Fortsetzung der bodenbezogenen Verwertung nur für gesichert qualitativ hochwertige Klärschlämme
 - im Fall einer geplanten bodenbezogenen Verwertung, Verdichtung der Analytik bei Schlämmen mit temporärer Grenzwertüberschreitung

- bei bodenbezogener Verwertung von Klärschlämmen und Klärschlammkomposten Nachweis über endgültige und ordnungsgemäß abgeschlossene Verwertung (abfallrechtliche Verantwortlichkeit der Abfallerzeuger nach § 22 KrWG)
- ansonsten Mitverbrennung in Kraftwerken vorsehen
- mittelfristigen Entsorgungszeitraum (2018 bis 2024)
 - grundsätzlich thermische Entsorgung vorsehen außer in noch zulässigen Ausnahmefällen
 - rechtzeitige Vertragsbindung mit ausreichender Vertragsdauer anstreben, um Entsorgungssicherheit zu gewährleisten
- langfristigen Entsorgungszeitraum (ab 2025)
 - konzeptionelle Klärung der Phosphorrückgewinnung mit folgenden Optionen:
 - Prüfung und ggf. Planung einer Monoverbrennungsanlage sowie eines Langzeitlagers sowie Klärung der Organisationsform
 - alternativ: Ausschreibung der Klärschlamm Entsorgung über Monoverbrennung und anschließende Zwischenlagerung
 - alternativ: Verfahrensumstellung auf der Kläranlage, mit dem Ziel der Abtrennung pflanzenverfügbarer Phosphorprodukte und damit Erzeugung phosphatarmer Klärschlämme, die im Rahmen der Mitverbrennung entsorgt werden können
- Nachweis der Wirtschaftlichkeit sowie der Entsorgungssicherheit für alle Entsorgungszeiträume.

Es empfiehlt sich, vorstehende Punkte im Rahmen von Klärschlamm Entsorgungskonzepten zu entwickeln. Unabhängig davon, ob ein Klärschlamm Entsorgungskonzept erarbeitet wird bzw. vorliegt, müssen durch die Aufgabenträger die jeweils erforderlichen Schritte rechtzeitig gegangen werden, um die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten.

9.6.3 Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger

Nach § 17 Abs. 1 KrWG sind den öRE Abfälle zur Beseitigung aus sonstigen Bereichen außer Haushaltungen zu überlassen, soweit diese nicht in eigenen Anlagen beseitigt werden oder von der Entsorgung durch den öRE ausgeschlossen sind. Das trifft auch auf Klärschlamm zu, spielte bisher praktisch aber keine Rolle, weil das Gros der Klärschlämme verwertet wird und somit nicht zu überlassen ist. Dies könnte sich mit dem Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung ändern, soweit Klärschlämme dann wegen fehlender Verwertungsmöglichkeiten zu beseitigen wären. Dann unterliegen sie grundsätzlich der abfallrechtlichen Überlassungspflicht gegenüber dem öRE.

Die öRE in Sachsen sollten daher prüfen, ob ihre Ausschlussregelungen ihren Entsorgungsmöglichkeiten für Klärschlämme entsprechen. Ggf. sind Anpassungen vorzunehmen.

Diejenigen öRE, denen in eigenen bzw. vertraglich gebundenen Entsorgungsanlagen eine Mitentsorgung von Klärschlamm technisch möglich wäre, sollten zeitnah prüfen, ob eine Mitentsorgung auch im Hinblick auf die Einführung der Phosphorrückgewinnung ab 2025 wirtschaftlich darstellbar und für die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung auch im Vergleich zu anderen Entsorgungsmöglichkeiten zumutbar (bezahlbar) wäre. Eine Abstimmung dieser öRE mit den Aufgabenträgern der öffentlichen Abwasserbeseitigung in ihrem Zuständigkeitsbereich wird dabei als selbstverständlich erachtet. Auf der Grundlage der Prüfung sollte

zügig entschieden werden, um anstehende konzeptionelle Planungen der Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung nicht zu beeinträchtigen. Diese Entscheidungen sollten auf Grund ihrer Bedeutung in den Abfallwirtschaftskonzepten der öRE dokumentiert werden.

9.6.4 Entsorgungswirtschaft

Die Verringerung bzw. der mögliche Wegfall der landwirtschaftlichen Verwertung ab dem Jahr 2017 sowie der langfristig zu erwartende vollständige Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung erfordern eine Umstellung der Klärschlamm Entsorgung hin zur thermischen Entsorgung.

Für einen Teil der Entsorgungswirtschaft, speziell für Mitverbrenner, bedeutet das eine deutliche Ausweitung des Geschäftes mit kommunalen Klärschlämmen, die jedoch im Hinblick auf die Einführung der Phosphorrückgewinnung temporärer Natur sein dürfte, wenn sich die Kläranlagenbetreiber entscheiden längerfristig zur Monoverbrennung zu wechseln. Sollte allerdings in größerem Umfang die P-Rückgewinnung auf der Kläranlage erfolgen, könnten entsprechend abgereicherte Klärschlämme weiter mitverbrannt werden. Dem wesentlichen Akteur der Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken in Sachsen (Vattenfall bzw. Erwerber der Kraftwerke) wird empfohlen, die von Vattenfall angekündigten Maßnahmen zum Kapazitätsausbau (Abschnitt 6.4.2) jeweils bedarfsgerecht durchzuführen.

Für den Teil der Entsorgungswirtschaft, der sich bisher im größeren Umfang der bodenbezogenen Klärschlammverwertung gewidmet hat, bedeuten Wegfall der landwirtschaftlichen Verwertung und vollständiger Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung erhebliche Veränderungen in ihrem Dienstleistungsangebot für die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Dabei werden Potenziale darin gesehen, die Dienstleistungen der Entsorgung des anfallenden Klärschlammes wahlfrei als komplexe oder Teil-Entsorgungsleistung anzubieten. Folgende Leistungen könnten dabei angeboten werden:

- logistische Leistungen wie z. B. Trocknungs-, Lagerungs- und Transportleistungen
- Makeln von Mitverbrennungskapazitäten
- Bereitstellung von Monoverbrennungskapazitäten
- Bereitstellung alternativer Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Es ist vorstellbar, dass die Entsorgungswirtschaft wie bei der Einführung der Restabfallbehandlung rein privatwirtschaftliche Monoverbrennungskapazitäten sowie Anlagen alternativer Verfahren zur Phosphorrückgewinnung errichten und diese am Markt anbieten. Diese Kapazitäten wären vor allem für die kleineren und mittleren Kläranlagen interessant, für die die Frage einer eigenen Monoverbrennungsanlage nicht steht.

10 Zusammenfassung

Im Vorfeld der anstehenden Fortschreibung des Abfallwirtschaftsplanes des Freistaates Sachsen war die Fortschreibung der Klärschlammkonzeption aus dem Jahr 2006 erforderlich. Gegenstand der Konzeption sind die Abfälle aus der Abwasserbehandlung, d. h. Klärschlamm, Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung.

Anfall und Stand der Entsorgung im Bezugsjahr 2011

Im Jahr 2011 lag der Klärschlammanfall im Freistaat Sachsen bei 89.513 t Trockenmasse. Damit setzt sich der seit mehreren Jahren anhaltende rückläufige Trend beim Klärschlammanfall fort und bestätigt eine Entwicklung, die auch auf Bundesebene zu verzeichnen ist.

Die Entsorgung des Klärschlammes erfolgte im Jahr 2011 zu ca. 62 % (52.671 t TM) im Landschaftsbau, zu 18 % (15.679 t TM) in der Landwirtschaft, zu 17 % (14.560 t TM) durch thermische Entsorgung und zu 3 % (2.539 t TM) durch sonstige stoffliche Verwertung. 34 % des Klärschlammes wurde zur Entsorgung in andere Bundesländer exportiert. Der Vergleich mit den Vorjahren verdeutlicht, dass der Anteil der bodenbezogenen Verwertung (Landwirtschaft und Landschaftsbau) seit 2008 relativ konstant zwischen 78 % bis 80 % liegt und der Anteil der thermischen Entsorgung zwischen 17 % bis 20 % schwankt. Dieser Trend setzte sich auch 2012 fort.

Der Anfall bei den Sieb- und Rechenrückständen lag im Jahr 2011 bei ca. 9.500 t OS. Die Menge an Sandfangrückständen betrug ca. 11.600 t OS und die Menge an Abfällen aus der Kanalreinigung ca. 7.000 t OS.

Von den Sieb- und Rechenrückständen wurden im Jahr 2011 59 % thermisch entsorgt, 39 % kompostiert sowie anschließend landschaftsbaulich verwertet und 2 % in einer MBA behandelt. Die Entsorgung der Sandfangrückstände sowie der Abfälle aus der Kanalreinigung erfolgte nahezu vollständig durch Verwertung im Landschaftsbau.

Prognose bis zum Jahr 2025

Ausgehend vom zukünftigen Ausbau der Kläranlagen wurde über den Ansatz spezifischer Anfallmengen Prognosen zu den in den Jahren 2020 und 2025 in Sachsen anfallenden Mengen an Klärschlamm, Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung erstellt. Aus den Prognosen ergeben sich die in nachfolgender Tabelle 25 aufgeführten Mengen. Wegen mangelnder Genauigkeit der Basisdaten und erheblicher Schwankungsbreiten des spezifischen Anfalls sind für die Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung mittlere Prognosewerte angegeben.

Tabelle 25: Prognose des Klärschlammanfalls (in t TM), der Sieb- und Rechenrückstände, der Sandfangrückstände und der Abfälle aus der Kanalreinigung (in t OS) im Freistaat Sachsen bis 2025 (Mittelwerte)

Prognosejahr	Klärschlamm t TM/a	Sieb- und Rechen- rückstände t OS/a	Sandfangrückstände t OS/a	Abfälle aus der Kanalreinigung t OS/a
2020	79.700	9.460	11.610	6.980
2025	77.000	9.140	11.560	6.950

Aspekte der Klärschlamm Entsorgung

- Die bodenbezogene Verwertung, die in Sachsen noch den überwiegenden Anteil der Entsorgung ausmacht, wird sich aus unterschiedlichen Gründen deutlich reduzieren. Wesentliche Einschränkungen für die direkte landwirtschaftliche Verwertung ergeben sich aus den Anforderungen des Düngerechts und den damit verbundenen Vorgaben zu Schadstoffgehalten im Klärschlamm sowie den Anwendungsbeschränkungen für polymere Flockungsmittel. Die Novellierung der AbfKlärV mit den darin definierten Anforderungen an Schadstoffgehalte, Untersuchungsumfang, Nachweispflichten und Qualitätssicherungssysteme wird kurz- bis mittelfristig zu einer weiteren Reduzierung der bodenbezogenen Verwertung führen.
- Entsprechend den Zielstellungen der Bundesregierung gemäß Koalitionsvertrag (KV 2013) sowie aus der 83. UMK (2014) ist von einer Beendigung der landwirtschaftlichen Verwertung und einer Beschränkung des Übergangszeitraums für die bodenbezogene Klärschlammverwertung auszugehen. Dies führt kurz bis mittelfristig zu einer Verschiebung hin zur thermischen Entsorgung von Klärschlämmen. Unter dem Aspekt der Ressourcenschonung ist vorgesehen, zukünftig Phosphor aus dem Klärschlamm zurückzugewinnen. Welche Zeiträume für die Umsetzung dieser signifikanten Veränderungen gewährt werden sollen, befindet sich noch in der Diskussion. In dieser Konzeption wird von einer Pflicht ab dem Jahr 2025 ausgegangen.
- Die Forderung zur Phosphorrückgewinnung wird zukünftig die Mitverbrennung von Klärschlämmen nur noch ermöglichen, wenn definierte Phosphorgehalte im Klärschlamm unterschritten werden. Anderenfalls ist der Klärschlamm in Monoverbrennungsanlagen zu entsorgen und Phosphor aus der Klärschlammasche zurückzugewinnen.

Konzeptionelle Planung der Klärschlamm Entsorgung

- Aufgrund der Unsicherheiten bei der Entwicklung des rechtlichen Rahmens wird die zukünftige Klärschlamm Entsorgung in dieser Konzeption in Form von Szenarien für die Jahre 2017, 2020 und 2025 betrachtet. Aufbauend darauf und unter Berücksichtigung zukünftig verfügbarer Entsorgungskapazitäten werden Aussagen zur Entsorgungssicherheit abgeleitet.
- Es zeigt sich, dass die Anforderungen aus dem Düngerecht zukünftig zu erheblichen Einschränkungen der bodenbezogen verwertbaren Klärschlamm mengen führen werden. Das Potenzial für den Einsatz von Klärschlamm im Landschaftsbau wird von der Entsorgungswirtschaft zwar mittelfristig als stabil eingeschätzt, durch Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen wird es jedoch zu einem Rückgang der landschaftsbaulich verwertbaren Mengen kommen.
- Der rückläufige Trend bei der bodenbezogenen Verwertung bedingt einen deutlichen Anstieg der thermisch zu entsorgenden Klärschlamm mengen. Kurz- bis mittelfristig können hierfür die Mitverbrennungskapazitäten der in Sachsen bestehenden Braunkohlekraftwerke genutzt werden. Allerdings führen die Verkaufsabsichten von Vattenfall hinsichtlich ihrer Braunkohlesparte sowie die vom BMWi geplante Klimaabgabe zu Verunsicherungen zur Zukunft der Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken. Selbst ohne diese Verunsicherungen ließe sich keine Entsorgungssicherheit für die Klärschlämme aus Sachsen ableiten, da die Mitverbrennungskapazitäten der betreffenden Braunkohlekraftwerke bundesweit angeboten werden. Falls es aufgrund rechtlicher Beschränkungen kurz- bis mittelfristig zu einem Wegfall bodenbezogener Verwertungsmöglichkeiten kommt, ist bundesweit ein Engpass bei den thermischen Entsorgungskapazitäten zu erwarten. Die Frage der Entsorgungssicherheit für die Klärschlämme aus Sachsen insgesamt hängt wesentlich davon ab, ob durch die Aufgabenträger Mitverbrennungskapazitäten dann rechtzeitig vertraglich gebunden haben. Falls dies nicht erfolgt ist, wäre Entsorgungssicherheit nicht mehr gegeben. Gleiches gilt, falls die Klärschlamm mitverbrennung über den aus Sicht von Vattenfall sicheren Zeitraum bis 2020 nicht mehr fortgeführt würde.

- Eine Möglichkeit der Mitverbrennung von maximal 70.000 t OS Klärschlamm bestünde auch in der T.A. Lauta im Rahmen der dort vom RAVON gebundenen Kapazitäten nach entsprechender technischer Aufrüstung. Ob sich eine solche Mitverbrennung auch im Hinblick der Einführung der Phosphorrückgewinnung als wirtschaftlich erweisen würde, ist offen. Im Hinblick auf die Unsicherheiten der Mitverbrennung in den Braunkohlekraftwerken bzw. zu erwartenden Engpässe bei Wegfall bodenbezogener Verwertungsmöglichkeiten erscheint die Mitverbrennung in der T.A. Lauta jedoch nicht uninteressant.

Klärschlammstrategie des Freistaates Sachsen

- Bis zum Zeitpunkt, für den der Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung gesetzlich festgeschrieben wird, kann die bodenbezogene Klärschlammverwertung für qualitativ hochwertige Klärschlämme oder Klärschlammkomposte fortgeführt werden.
- Klärschlämme, die nicht bodenbezogen verwertet werden können, sind thermisch zu entsorgen. Kapazitäten zur Mitverbrennung von Klärschlamm bieten zwei Braunkohlekraftwerke im Freistaat Sachsen. Da die Kapazitäten zukünftig mit Unsicherheiten verbunden sind, ist eine rechtzeitige, langfristige Vertragsbindung unter Einschaltung der Entsorgungswirtschaft dringend zu empfehlen.
- Die Mitverbrennung von getrocknetem Klärschlamm in der T.A. Lauta ist anlagentechnisch möglich. Ob eine Mitverbrennung vom RAVON realisiert wird, ist derzeit nicht absehbar und hängt maßgeblich davon ab, ob sie sich wirtschaftlich darstellen lässt.
- Im Freistaat Sachsen existieren derzeit weder Kapazitäten zur Monoverbrennung noch Langzeitlager für die Lagerung der Klärschlammaschen, um eine spätere Phosphorrückgewinnung zu ermöglichen. Die dafür erforderlichen Anlagen sind konzeptionell vorzubereiten, zu planen und zu errichten. Dazu müssen durch die abwasserbeseitigungspflichtigen Körperschaften rechtzeitig Entscheidungen getroffen werden.
- Da es in Sachsen derzeit noch keine Anlagen zur Monoverbrennung gibt, ist eine Umsetzung von Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen für Sachsen kurz- bis mittelfristig nicht relevant. Langfristig ist jedoch in Sachsen mit der Errichtung von Anlagen zur Monoverbrennung zu rechnen, sodass diese Verfahren zukünftig an Bedeutung gewinnen werden.
- Aus der Klärschlammstrategie des Freistaates Sachsen ergeben sich eine Reihe von Handlungsempfehlungen an Behörden des Freistaates Sachsen, an die Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung, die öRE sowie die Entsorgungswirtschaft (Abschnitt 9.6).

Entsorgung von Sieb- und Rechenrückständen, Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung

- Soweit Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung nicht verwertet werden, sind mögliche Überlassungspflichten gegenüber dem zuständigen öRE zu beachten.
- Sieb- und Rechenrückstände müssen vorbehandelt werden, damit sie deponiert werden können. Dafür eignen sich MBA. Ausreichende Kapazitäten sind in Sachsen vorhanden.
- Sandfangrückstände und Abfälle aus der Kanalreinigung sollten vorrangig aufbereitet und als Sekundärbau- stoffe oder zur Herstellung von Bodensubstraten genutzt werden. Können die gesetzlichen Anforderungen einer solchen Verwertung nicht eingehalten werden, sind die Abfälle durch nass-mechanische Behandlung bzw. mechanisch-biologische Behandlung vor der Deponierung zu behandeln.
- Die thermische Entsorgung von Sandfangrückständen und Abfällen aus der Kanalreinigung (z. B. durch Mitverbrennung in Abfallbehandlungsanlagen) ist theoretisch möglich, allerdings unter energetischen und anlagentechnischen sowie unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll.

Glossar

Abfälle sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die verwertet werden; Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung. (§ 3 Abs. 1 KrWG, 2012)

Abfälle aus der Kanalreinigung (AVV-Nr.: 20 03 06) sind feste Rückstände, die bei der Reinigung von Abwasserkanälen anfallen. (ATV-DVWK-M, 369)

Abfälle aus der kommunalen Abwasserbehandlung sind Klärschlämme, Sieb- und Rechenrückstände, Sandfangrückstände sowie Abfälle aus der Kanalreinigung.

Aufgabenträger der öffentlichen Abwasserbeseitigung sind abwasserbeseitigungspflichtige Zweckverbände, Teilzweckverbände sowie Gemeinden.

Ausbaugröße gibt die Kapazität für maximale Zuflüsse und Frachten an, für die eine Kläranlage bemessen ist, um den festgelegten Einleitungsbedingungen zu entsprechen. (DIN EN 1085:2007)

Auslastungsgrad ist der Quotient aus der tatsächlichen Belastung und der Ausbaugröße oder der Behandlungskapazität einer Kläranlage. (DIN EN 1085:2007)

Belastung ist die in Einwohnerwerten (EW) ausgedrückte Verschmutzung des Abwassers im Zulauf zur Kläranlage.

Beseitigung ist jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden. (§ 3 Abs. 26 KrWG, 2012)

Bodenbezogene Verwertung umfasst die landwirtschaftliche und landschaftsbauliche Verwertung.

Durchwurzelbare Bodenschicht ist eine Bodenschicht, die von den Pflanzenwurzeln in Abhängigkeit von den natürlichen Standortbedingungen durchdrungen werden kann. (§ 2 Nr. 11 BBodSchV, 1999)

Einwohnergleichwert (EGW) ist der Vergleichswert zur Umrechnung von Verschmutzung aus nicht häuslichen Abwasser entsprechend einem Wert von 60 g/d als BSB₅ nach EG-Richtlinie. (DIN EN 1085:2007)

Einwohnerwert (EW) ist die Summe aus Einwohnerzahl und Einwohnergleichwert. (DIN EN 1085:2007)

Einwohnerzahl (E) ist die Anzahl der Einwohner. (DIN EN 1085:2007)

Entsorgung sind Verwertungs- und Beseitigungsverfahren, einschließlich der Vorbereitung vor der Verwertung oder Beseitigung. (§ 3 Abs. 22 KrWG, 2012)

Erzeuger von Abfällen ist jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen (Ersterzeuger) oder die Vorbehandlungen, Mischungen oder sonstige Behandlungen vornimmt, die eine Veränderung der Beschaffenheit oder der Zusammensetzung dieser Abfälle bewirken (Zweiterzeuger). (§ 3 Abs. 8 KrWG, 2012)

Fäkalien sind Schlämme aus abflusslosen Abwassersammelgruben. (DWA-A 280, 2006)

Fäkalschlamm (AVV-Nr.: 20 03 04) ist Schlamm aus Kleinkläranlagen sowie aus werkmäßig gefertigten Faulgruben. Inhalte aus abflusslosen Gruben, Trockentoiletten und Chemietoiletten fallen nicht unter den Begriff „Fäkalschlamm“. (DWA-A 280, 2006)

Größenklassen gemäß Anhang 1 AbwV (1997):

Größenklasse 1:	< 60 kg/d BSB ₅	(< 1.000 EW)
Größenklasse 2:	60 - 300 kg/d BSB ₅	(1.000 – 5.000 EW)
Größenklasse 3:	> 300 - 600 kg/d BSB ₅	(> 5.000 – 10.000 EW)
Größenklasse 4:	> 600 – 6.000 kg/d BSB ₅	(> 10.000 – 100.000 EW)
Größenklasse 5:	> 6.000 kg/d BSB ₅	(> 100.000 EW)

Klärschlammanfall bezeichnet die Summe der direkten Entsorgungswege plus Abgabe an andere Abwasserbehandlungsanlagen plus/minus Bestandsveränderung der Zwischenlagerung.

Klärschlammaufkommen bezeichnet die Summe der in Sachsen genutzten direkten Entsorgungswege plus Zwischenlagerbestand im Freistaat Sachsen plus Export außerhalb Sachsens.

Klärschlämme sind Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser (AVV-Nummer: 19 08 05) sowie Fäkalschlamm (AVV-Nummer: 20 03 04).

Klärschlammprodukt ist die Summe aus Klärschlamm und Klärschlammkompost.

Klärschlammqualität umfasst die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften von Klärschlamm.

Kleine Kläranlagen sind Kläranlagen mit einer Ausbaugröße zwischen > 50 und kleiner gleich 1.000 EW.

Kleinkläranlagen sind Anlagen zur Behandlung des im Trennverfahren erfassten häuslichen Schmutzwassers mit einem täglichen Abwasseranfall bis zu 50 Einwohnerwerten. (DWA-A 222, 2011)

Kommunales Abwasser ist Abwasser aus Siedlungen, das vorwiegend aus häuslichem Schmutzwasser besteht und zusätzlich Niederschlagswasser, Fremdwasser und gewerbliches oder industrielles Abwasser enthalten kann.

Merit-Order bezeichnet die Einsatzreihenfolge der Stromerzeuger bzw. Kraftwerke, die wiederum aus den Grenzkosten, die die einzelnen Stromerzeuger aufrufen, resultiert. Beginnend beim Stromerzeuger mit den niedrigsten Grenzkosten werden solange Stromerzeuger/Kraftwerke mit höheren Grenzkosten zugeschaltet, bis eine Nachfragedeckung erreicht ist (Grenzkosten sind die Kosten, die durch die Produktion einer zusätzlichen Einheit entstehen).

Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger im Sinne von § 17 Abs. 1 Satz 1 KrWG sind die Landkreise und kreisfreien Städte sowie die nach § 4 Abs. 1 SächsABG gebildeten Abfallverbände jeweils im Rahmen ihrer Aufgaben. (§ 3 Abs. 1 SächsABG, 1999)

Originalsubstanz (OS) bezeichnet die Gesamtmasse des Abfalls mit Wasseranteil. Verwendung i. d. R. zur Mengenangabe für Klärschlamm nach Entwässerung oder Trocknung.

Phosphor-Gehaltsklassen definieren in abgestuften Wertebereichen den Anteil von leichtlöslichen (pflanzenverfügbaren) Phosphor im Boden, die LUFA der Bundesrepublik Deutschland nutzen zur Einstufung des Rahmenschema nach Standpunkt der VDLUFA von 1997

Rohschlamm ist Schlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen unbehandelt entnommen wird. Die Entwässerung von Rohschlamm gilt nicht als Behandlung von Klärschlamm. (§ 2 Abs. 2 AbfklärV, 1992)

Sandfangrückstände (AVV-Nr.: 19 08 02) sind feste Stoffe, die im Sandfang aus dem Abwasser abgeschieden werden. (ATV-DVWK-M 369, 2003)

Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser (AVV-Nr.: 19 08 05) sind Schlämme von kommunalen Kläranlagen.

Sieb- und Rechenrückstände (AVV-Nr.: 19 08 01) sind mittels Rechen oder Sieben zurückgehaltene (und aus dem Abwasser entnommene) Stoffe (DIN EN 1085:2007)

Trockenmasse (TM) ist die Masse nach Trocknung des Abfalls (Feststoffanteil). (DIN 4045:2003)

Trockenrückstand (TR) bezeichnet den Anteil der Trockenmasse an der gesamten Masse eines Schlammes in Prozent. (DIN EN 1085:2007, DIN 4045:2003)

Verwertung ist 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. (§ 3 Abs. 23 KrWG, 2012)

Literaturverzeichnis

- 2008/98/EG: Richtlinie 2008/98/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (ABl. L 312 vom 22.11.2008, S. 3), zuletzt berichtigt durch Amtsblatt Nr. L 127 vom 26.5.2009, S. 24 (2008/98/EG).
- 2010/75/EU: Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung), veröffentlicht in: ABl. EG L 334, S. 17–119, 17.12.2010.
- AbfKlärV (1992): Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 12 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- AbwV (1997): Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973) geändert worden ist.
- ADAM, C. & KRÜGER, O. (2013): Wertstoffpotential in deutschen Klärschlammaschen, in: Energie aus Abfall – Band 10; TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Neuruppin 2013.
- ATV-DVWK-A 131 (2000): Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, DWA, Mai 2000.
- ATV-DVWK-M 369 (2003): Infrastrukturabfälle: Abfälle aus der Reinigung von Kanälen, Sinkkästen und Regenbecken - Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (Rechen- und Sandfanggut), DWA, Mai 2003.
- AVV (2001): Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 22 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- BECK, L. (2015): Aussagen im Rahmen des Treffens der sächsischen Abfallverbände und verbandsfreien öRE, Laut, 05.03.2015
- BERGS, C. G. (2013): „Neufassung der AbfKlärV und ihr Beitrag zur Sicherung der Versorgung mit Phosphat“, Vortrag zu den 8. Klärschlammtagen, Fulda 4. Juni 2013.
- BERGS, C. G. (2014a): Phosphorrückgewinnungsverordnung und Betrachtungen zum Abfallende, Berlin, BAM-Veranstaltung, 28. Januar 2014.
- BERGS, C. G. (2014b): „Aktueller Stand zur Gesetzeslage, AbfKlärV, BioAbfV und Phosphorverwertungsverordnung“, Bremen, DWA-Veranstaltung Perspektiven der Klärschlammverwertung, 08. Juli 2014.
- BERGS, C. G. (2014c): „Aktueller Sachstand und Entwicklungstendenzen der AbfKlärV und BioAbfV nach den Konzepten der neuen Bundesregierung“, Magdeburg, DWA-Veranstaltung Stoffliche Verwertung von Klärschlämmen und Bioabfällen, 28.10.2014.
- BfUL (2014): AW: Inverkehrbringen von Düngemitteln (speziell Klärschlamm), E-Mail v. 16.07.2014, Fr. Dr. B. Dittrich, Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft.
- BGR (2013): „Phosphat: Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit“, Herausgeber: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, Stand: Oktober 2013, Internet: www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Politikberatung_SV_MER
- BImSchG (2013): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist.

- BlmSchV 13 (2013): Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen - 13. BlmSchV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S.1021, 1023, 3754).
- BlmSchV 17 (2013): Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BlmSchV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1044, 3754).
- BlmSchV 4 (2013): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BlmSchV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973).
- BioAbfV (1998): Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – Bioabfallverordnung vom 21.09.1998, in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. April 2013 (BGBl. I S. 658), die zuletzt durch Artikel 5 der Verordnung vom 5. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4043) geändert worden ist.
- BMU (2012a): Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material – Ersatzbaustoffverordnung (Entwurf), 31.10.2012.
- BMU (2012b): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen – Beschluss des Bundeskabinetts vom 29.02.2012, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Stand: 14.05.2012.
- BMWi (2015): Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) - Bundesminister Gabriel stellt Eckpunktetpapier Strommarkt vor - Konzeptvorschläge zur Weiterentwicklung des Strommarkts, "Klimaschutzbeitrag" und zur zukünftigen Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung <http://www.bmwi.de/DE/Themen/energie,did=698532.html>, zuletzt abgerufen am 14.04.2015.
- BRANNER, W.: (2013): Rohrechengutanfall und Rechengutentsorgungswege in Deutschland, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 60. Jahrgang, 4/2013.
- BÜCHLER, B. (2012): HTC-Verfahren – die Vor- und Nachteile, in: Umwelt Perspektiven, 01/2012.
- BWB (2013): Internetpräsenz der Berliner Wasserbetriebe, <http://www.bwb.de/content/language1/html/4951.php>
- DepV (2009): Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die durch Artikel 7 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973) geändert worden ist.
- DepVereinV (2009): Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900).
- DIN 4045 (2003): Abwassertechnik – Grundbegriffe; DIN 4045:2003-08.
- DIN 18919 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen; DIN 18919:2002-08.
- DIN EN 1085 (2007): Abwasserbehandlung – Wörterbuch; Dreisprachige Fassung EN 1085:2007-05.
- DIN EN ISO 14040 (2009): DIN EN ISO 14040:2009-11: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006), Beuth-Verlag GmbH.
- DERA (2015): Rohstoffpreismonitor - Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), (zuletzt abgerufen: 23.01.2015, http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/Preisliste/cpl_14_12.pdf?__blob=publicationFile).
- DOCKHORN (2012): Phosphor-Recycling in Deutschland: Forschung, Technologie & ökonomische Aspekte, Vortrag beim Round Table Phosphor-Recycling, Wien 17.10.2012.
- DüMV (2012): Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482).
- DüngG (2009): Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. März 2012 (BGBl. I S. 481) geändert worden ist.
- DüngProbV (2009): Düngemittel-Probenahme- und Analyseverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Juli 2006 (BGBl. I S. 1822), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 6. Februar 2009 (BGBl. I S. 153) geändert worden ist

- DüV (2006): Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 36 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- DWA (2010): DWA-Positionen - Positionen zur Klärschlamm Entsorgung, http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_WaBo/DWA-Positionen-Klaerschlammentsorgung.pdf
- DWA (2013a): Stand und Perspektiven der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm – Teil 1, Zweiter Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 „Wertstoffrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm“, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 60. Jahrgang, 10/2013.
- DWA (2013b): Stand und Perspektiven der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm – Teil 2, Zweiter Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 „Wertstoffrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm“, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 60. Jahrgang, 11/2013.
- DWA-A 222 (2011): Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe bis 1.000 Einwohnerwerte, Arbeitsblatt, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 05/2011.
- DWA-A 280 (2006): Behandlung von Schlamm aus Kleinkläranlagen in kommunalen Kläranlagen, Arbeitsblatt, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 10/2006.
- DWA-M 369 (Entwurf 2013): Abfälle aus kommunalen Abwasseranlagen – Rechen- und Sandfanggut, Kanal- und Sinkkastengut. Merkblatt, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 06/2013.
- DWA-M 387 (2012): Thermische Behandlung von Klärschlamm – Mitverbrennung in Kraftwerken, Merkblatt, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, 05/2012.
- EG-Düngemittelverordnung (2003): Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel, veröffentlicht in: ABl. L 304 v. 21.11.2003, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 137/2011 der Kommission vom 16. Februar 2011.
- EG-Kommission (2002): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, „Hin zu einer spezifischen Bodenschutzstrategie“ (KOM(2002) 179), 16.04.2002.
- EG-Kommission (2006): Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, „Thematische Strategie für den Bodenschutz“ (KOM(2006)231), 22.09.2006.
- EHBRECHT, A., SCHÖNAUER, S., FUDERER, T., SCHUHMAN, R. (2014): Phosphorrückgewinnung durch Kristallisation an Calcium-Silicat-Hydrat-Phasen, Vortrag zu Workshop "Abwasser-Phosphor-Dünger", Berlin, 28.-29. Januar 2014.
- EMBERT, G (2013): Die neue deutsche Düngemittelverordnung und der aktuelle Stand einer neuen EG-Düngemittelverordnung, BMELV, Bonn, Vortrag zu den 8. Klärschlammtagen, Fulda 04.06.2013.
- EU-KOM (2013): Mitteilung der der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, „Konsultative Mitteilung zur nachhaltigen Verwendung von Phosphor“ (COM (2013) 517), 08.07.2013.
- EUWID (2014): EUWID Recycling und Entsorgung, Ausgabe 49/2014.
- ErsatzbaustoffV: (2015): Ersatzbaustoffverordnung - Artikel 2 der Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 3. Arbeitsentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stand 23. Juli 2015
- FEHRENBACH, H. (2006): Ökologische Bewertung der Klärschlamm Entsorgung - Aktualisierung und Erweiterung bisheriger Studien, Vortragsmanuskript zu: Symposium zur Klärschlamm Entsorgung, Aachen, 27.-28. April 2006.

- FELS, T., HEID, M., KERSTEN, M. (2005): „Ermittlung der Kosten, die mit einem Ausstieg/Teilausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung verbunden wären“, Studie für das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein, Kiel, Februar 2005.
- FRANKE, B., HÖPER, G. (1995): "Ökobilanz zur Klärschlamm Entsorgung in Bremen: Landwirtschaft, Mitverbrennung, Flugstromvergasung" in: Korrespondenz Abwasser, 42. Jg., 9/95.
- FÜRSCH, M., MALISCHEK, R., LINDENBERGER, D. (2012): Der Merit-Order-Effekt der erneuerbaren Energien - Analyse der kurzen und langen Frist, Working Paper 12/14 des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität zu Köln, September 2012 (zuletzt abgerufen: 14.01.2015, <http://www.ewi.uni-koeln.de/publikationen/working-papers/#c768>).
- HITZLER, A. (2002): Beurteilung und Optimierung von Sandwaschanlagen auf Kläranlagen, Schriftenreihe des ISWW, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe; Band 109.
- HOFFMANN, E., LEICHT, M.: (2014): Ionenaustauscher und Elektrodialyse zur P-Rückgewinnung aus Abwässern – PHOSEIDI-Verfahren, Vortrag zu „Abwasser – Phosphor – Dünger – Workshop zum UFOPLAN-Projekt Klärschlammasschemonitoring (FKZ 3711 33 321)“, Berlin 28./29.01.2014.
- HÖPER, G. (1997): "Klärschlamm Entsorgung in der Stadt Bremen" in: Thome-Kozmiensky, K. J., Abfallwirtschaft am Wendepunkt, TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, Neuruppin 1997.
- H&K (2010): H&K aktuell 11/2010; S.3-5; Dr. Bertram Kehres (BGK e.V.).
- H&K (2012): H&K aktuell 03/2012 (BGK e.V.).
- IFEU (2002): Ökobilanzielle Betrachtung von Entsorgungsoptionen für Klärschlamm im Land Schleswig-Holstein, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, April 2002.
- IMHOFF, K.; IMHOFF, K.R. (2006): Taschenbuch der Stadtentwässerung, 30. Auflage 2006, Oldenbourg Verlag München Wien.
- ISA (2014): MALMS, S., MONTAG, D., PINNEKAMP, J.: „Lagerung von Klärschlammaschen – Projekt ZwiPhos“, Vortrag zur IFAT 2014 in München, Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen, 06.Mai 2014.
- JACOBS, U.: (2013): Klärschlamm Trocknung in Europa – Entwicklung und Tendenzen, Vortrag zu 8. DWA-Klärschlamm Tage, Fulda, 04.-06- Juni 2013.
- JASPER, M. & KAPPA, S (2012): Sind Kapazitätsengpässe bei der Mitverbrennung durch gesetzliche Änderungen zu erwarten?, in Korrespondenz Abwasser, Abfall, 59. Jahrgang, 10/2012.
- KEHRES; B. (2011): „Biokohle“ - Perspektiven werden überschätzt; in H&K aktuell 11/2011, S. 4-6.
- KrWG (2012): Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. April 2013 (BGBl. I S. 734) geändert worden ist.
- KUHN, M. & GREGOR, H. (2013): Rechengutanfall und -qualität, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 60. Jahrgang, 1/2013.
- KV (2013): Deutschlands Zukunft gestalten - Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 18. Legislaturperiode, Dezember 2013.
- LABO (2002): Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV, Vollzugshilfe zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung), 11.09.2002.
- LABO/LAGA (1995): LABO/LAGA-AG Abfallverwertung auf devastierten Flächen, „Anforderungen an den Einsatz von Biokompost und Klärschlamm bei der Rekultivierung von langjährig devastierten Flächen der Braunkohletagebaue in den neuen Bundesländern“, LABO Heft 5, März 1995 (zuletzt abgerufen: 17.06.2014, https://www.labo-deutschland.de/documents/heft5_089.pdf).
- LAGA (2012): Bericht des Ad-hoc-Arbeitskreises „Bewertung von Handlungsoptionen zur nachhaltigen Nutzung sekundärer Phosphorreserven“, Hrsg.: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall unter Vorsitz des Landes Baden-Württemberg, Stand 30. Januar 2012.

- LAGA M20 (2003): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln, Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 5. erweiterte Auflage, Stand: 06.11.2003, Erich Schmidt Verlag, Berlin) auf der Internetseite der LAGA (Stand: 05.06.2012); download: http://www.laga-online.de/servlet/is/23874/M20_TR_Mineral-Abfaelle_AllgTeil-I.pdf?command=downloadContent&filename=M20_TR_Mineral-Abfaelle_AllgTeil-I.pdf, zuletzt abgerufen: 10.03.2014
- LEHRMANN, F. (2013): Überblick über die thermische Klärschlammbehandlung - Trocknung, Monoverbrennung und Mitverbrennung; in: Energie aus Abfall – Band 10; TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Neuruppin 2013.
- LfU Bayern (2011): Klärschlamm Entsorgung in Bayern – Planungshilfe für Kommunen, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Mai 2011.
- LfUG (2006): Klärschlammkonzeption - Langfriststrategie zur Klärschlamm Entsorgung aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen im Freistaat Sachsen – Aktualisierung 2005-2015, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2006.
- LfULG (2009): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen - Aufbringungsplan 2008, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 7 Pflanzliche Erzeugung, September 2009.
- LfULG (2010): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen - Aufbringungsplan 2009, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 7 Pflanzliche Erzeugung, September 2010.
- LfULG (2011): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen - Aufbringungsplan 2010, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 7 Pflanzliche Erzeugung, Oktober 2011.
- LfULG (2012a): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen - Aufbringungsplan 2011, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 7 Pflanzliche Erzeugung, September 2012.
- LfULG (2012b): Datenbanken des LfULG, Kläranlagen_neu.xls und KSKonzeption_KA_IST.xls
- LfULG (2013a): Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft im Freistaat Sachsen - Aufbringungsplan 2012, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung 7 Pflanzliche Erzeugung, Juli 2013.
- LfULG (2013b): Verbesserung der P-Effizienz im Pflanzenbau, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Schriftenreihe, Heft 9/2013
- LfULG (2013c): Phosphor- und Kaliumversorgung sächsischer Ackerböden, LfULG, Dr. Grunert, E., 06.02.2013; download: http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/DuF_PK_2013_02_21_freigegeben_FIN.pdf
- LfULG (2015): Düngemittelverkehrskontrolle, LfULG (zuletzt abgerufen: 12.01.2015, <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/1790.htm>).
- LfU Bayern (2011): Klärschlamm Entsorgung in Bayern, Planungshilfe für Kommunen, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Mai 2011.
- LUBW (2012): Handlungshilfe Neue Deponieverordnung, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, April 2012.
- Mantelverordnung (Entwurf 2015): Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzbaustoffen und zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 3. Arbeitsentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stand 23. Juli 2015.

- MDR (2015): Energiewirtschaft, Klimaschutzpapier versetzt Lausitz in Alarmstimmung, Rico Herkner, download: http://www.mdr.de/nachrichten/vattenfall-klimaschutzpapier100_zc-e9a9d57e_zs-6c4417e7.html, zuletzt abgerufen: 20.04.2015
- MOHN, R.-E. (2013): MAP-Recycling auf der Kläranlage Offenburg – Das Stuttgarter Verfahren, Vortrag zur BMU-Informationsveranstaltung „Phosphorrückgewinnung - Aktueller Stand von Technologien Einsatzmöglichkeiten und Kosten“, Bonn 09.10.2013
- MONTAG (2013): Phosphorstrategie für Deutschland, Vorschläge der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 „Wertstoffrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm“, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Vortrag zu den 8. Klärschlammtagen.
- MIELKE, F. (2014): Perspektiven der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kohlekraftwerken der Vattenfall Europe Generation AG, Vortrag zu LAV-Symposium „Planung und Visionen Klärschlammverwertung ab 2015“, Markranstädt, 15. Mai 2014.
- MIELKE, F. (2015): Aussage im Telefonat mit Stefan Zinkler (LfULG), 12. Februar 2015.
- MÖNICKE, R. (2005): Klärschlamm – ein dringend benötigter preisgünstiger Ergänzungsdünger, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 52. Jg., 10/05.
- NEUMANN, S. (2014): Hydrothermale Carbonisierung (HTC) – AVA-CO₂, Vortrag zu LAV Fachtagung „Planung und Vision – Klärschlammverwertung ab 2015“, Leipzig, 15.05.2014.
- Öko-Institut (2014): „Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende - Klimaschutzpotenziale auch unter geänderten Rahmenbedingungen optimal nutzen“, Studie des Öko-Institut e.V. im Auftrag des BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V., Berlin, 15. Januar 2014.
- QLA (2013): Qualitäts- und Prüfbestimmungen für Klärschlämme.
- Oswald, P. (2013): BMELV, Zur Weiterentwicklung der Düngeverordnung, Vortrag zu den 8. Klärschlammtagen, Fulda 04.06.2013.
- PICON (2013a): Auswertung der Fragebögen zu Anfall und Zusammensetzung von Klärschlamm sowie Abfällen aus der Kanalreinigung, Rechen- bzw. Sieb- und Sandfangrückständen von insgesamt 55 Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 im Freistaat Sachsen.
- PICON (2013b): Auswertung der Fragebögen zu Möglichkeiten zur Entsorgung von Abfällen aus der Abwasserreinigung bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern.
- PINNEKAMP, J. (2006): Phosphorrückgewinnung - Der Königsweg aus dem Dilemma?; in: Pinnekamp, J.; Friedrich, H. (Hrsg.): Klärschlamm Entsorgung - Eine Bestandsaufnahme, FiW-Verlag, Aachen, 2006, S. 403-414.
- PhoBe (2011): PINNEKAMP, J. et al: Abschlussbericht zum BMBF-Verbundvorhaben: „Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland“ (PhoBe), Januar 2011, FKZ: 02WA0805 – 02WA0808.
- PÖYRY (2008): Ergebnisbericht zum FuE-Vorhaben „Definierte Ersatzbrennstoffe aus SLF und Schlämmen“, 12/2008, INNO-WATT-Forschungsvorhaben des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Reg.-Nr.: IW061105.
- RAVON (2004): Satzung des Regionalen Abfallzweckverbandes Oberlausitz-Niederschlesien RAVON über die Abfallbeseitigung im Verbandsgebiet sowie die Benutzung von Abfallbeseitigungsanlagen (Benutzungssatzung); vom 29.09.2004 (SächsABl. Nr. 43/2004, S. 375), zuletzt geändert durch 2. Änderungssatzung vom 20.04.2009 (SächsABl. Nr. 20/2009, S. 179).
- ROSKOSCH, A., LAUX, D., KNEISEL, M., PLUTA, H.-J. (2014): Phosphor-Rückgewinnung – Aktuelle technische und politische Entwicklungen, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, 61. Jahrgang, 05/2014
- Sächs. Landtag (2013): Kleine Anfrage zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, Drucksache 5/11333, 25.02.2013.

- SächsABG (1999): Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz, rechtsbereinigt mit Stand vom 22. Juli 2013
- SARTORIUS, C. (2011): „Technologievorausschau und Zukunftschancen durch die Entwicklung von Phosphor-recycling-technologien in Deutschland“; in: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 228, ISBN: 978-3-938996-34-8, Hrsg.: Ges. zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH, Aachen, 2011.
- SCHEIDIG, K., MALLON, J., SCHAAF, M. (2014): Metallurgisches Phosphor-Recycling mit dem Mephrec-Verfahren, Vortrag Workshop von BAM und UBA „Abwasser – Phosphor – Dünger“, Berlin 28./29. Januar 2014
- SCHULTHEIß, A. (2014): Mailmitteilung zu „Produkt aus Klärschlamm und EBS“, 03.04.2013.
- SCHÜßLER, H. (1995): „Rechengut und Sandfangrückstände - Abfall oder Wirtschaftsgut“, in: Korrespondenz Abwasser, 42. Jahrgang, 2/1995.
- SMUL (2003): Hinweise zum Vollzug von § 12 BBodSchV, SMUL, Abt. 6; vom 09.05.2003, download: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/boden/smul_hinweise12_akt.pdf, Zugriff am: 22.07.2013
- SMUL (2010): Abfallwirtschaftsplan für Freistaat Sachsen, Fortschreibung 2009, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 20. Januar 2010, www.abfall.sachsen.de
- SMUL (2013): Lagebericht 2012 zur kommunalen Abwasserbeseitigung und zur Klärschlamm Entsorgung im Freistaat Sachsen, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.), 08. April 2013.
- SMUL (2015): Mitteilung SMUL vom 24.04.2015
- StBA (2011): Umwelt - Abfallentsorgung 2011, Fachserie 19 Reihe 1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013.
- StBA (2012): Statistischer Bericht, Produzierendes Gewerbe – Düngemittelversorgung, Wirtschaftsjahr 2011/2012, Fachserie 4 Reihe 8.2, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2012.
- StBA (2013a): Ergebnisbericht: Abwasserbehandlung – Klärschlamm 2010, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013.
- StBA (2013b): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung 2010, Statistisches Bundesamt, 2013.
- StBA (2014): Zahlen und Fakten – Wasserwirtschaft: Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung, Tabellen zu den Jahren 2007 – 2012, Statistisches Bundesamt, 2014, download: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammverwertungsart.html>, Zugriff am: 16.06.2014.
- STEINMETZ, H., PREYL, V., MEYER, C (2014): Saures Leaching aus Klärschlamm - Stuttgarter Verfahren zur Phosphorrückgewinnung, Vortrag zum BAM Workshop Abwasser – Phosphor – Dünger, Berlin 28./29.01.2014.
- StLA (2010): Bevölkerung des Freistaates Sachsen am 31.12.2010, download: http://www.statistik.sachsen.de/download/010_GB-Bev/Bev_Kreis_1210.pdf, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Zugriff am: 07.11.2013.
- StLA (2011b): Statistischer Bericht – Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen 2010, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen.
- StLA (2012): Statistischer Bericht – Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserentsorgung im Freistaat Sachsen 2010 – Wassereigenversorgung und -entsorgung privater Haushalte, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen.
- StLA (2012a): Statistischer Bericht – Entsorgung von Klärschlamm aus öffentlichen biologischen Abwasserbehandlungsanlagen im Freistaat Sachsen 2011, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen.
- StLA (2012b): Bevölkerung des Freistaates Sachsen jeweils am 31. Dezember 2012 bis 2025 nach Kreisfreien Städten und Landkreisen (in 1 000). Gebietsstand 1. Januar 2012, download: http://www.statistik.sachsen.de/bevprog/documents/Einwohnerzahl_Prognose_Landkreise.xls, Zugriff am: 06.11.2013.

- StLA (2013): Statistischer Bericht – Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Freistaat Sachsen 2012, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Mai 2013.
- StLA (2014): Statistischer Bericht – Behandlung und Beseitigung von Abfällen in Abfallentsorgungsanlagen im Freistaat Sachsen 2012, Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen.
- TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes–Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 24. Juli 2002, in: Gemeinsames Ministerialblatt 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605.
- uAB (2011): Erhebung der öffentlichen Abwasserentsorgung 2011 - Klärschlamm - (7KS) des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen, übergeben durch die Unteren Abfallbehörden.
- UBA (2007): Rückgewinnung eines schadstofffreien, mineralischen Kombinationsdüngers „Magnesiumammoniumphosphat – MAP“ aus Abwasser und Klärschlamm, Umweltbundesamt (Hrsg.), Forschungsbericht 202 33 308.
- UBA (2010): Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz, Umweltbundesamt – UBA (Hrsg.), Dessau-Roßlau, August 2010.
- UBA (2012): Klärschlammbehandlung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt – UBA (Hrsg.), Dessau-Roßlau, Stand 01.06.2012.
- UBA (2013): Ökobilanz, Umweltbundesamt – UBA (Hrsg.), <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekobilanz>, zuletzt abgerufen am 11.06.2014.
- UMK (2014) : Ergebnisprotokoll zur 83. Umweltministerkonferenz, Heidelberg, 24.10.2014.
- Vattenfall (2015a): Unsere zehn Schwerpunktbereiche – Vattenfall (Hrsg.), download: <http://corporate.vattenfall.de/nachhaltigkeit/unsere-zehn-schwerpunktbereiche/>, zuletzt abgerufen am 14.04.2015.
- Vattenfall (2015b): 2. Workshop – Ergebnispräsentation zur Klärschlammkonzeption Freistaat Sachsen – Diskussionsbeitrag Vertreter Vattenfall, Dresden, 02.07.2015
- VersatzV (2012): Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung) vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2833), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 25 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- WBA (2013): Wissenschaftliche Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) sowie Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) Kurzstellungnahme Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen August, 2013.
- WEIGAND; BERTAU, M., HÜBNER, W. (2012): P-Düngerproduktion aus Klärschlammmasche, in: Müll und Abfall, 44. Jahrgang, 05/2012
- WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 8. April 2013 (BGBl. I S. 734) geändert worden ist.
- ZHAW (2013): Weiterentwicklung der hydrothermalen Karbonisierung zur CO₂-sparenden und kosteneffizienten Trocknung von Klärschlamm im industriellen Maßstab sowie der Rückgewinnung von Phosphor, Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften/Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Schlussbericht zur Studie des Schweizerische Bundesamt für Umwelt (BAFU), Oktober 2013.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: + 49 351 2612-0

Telefax: + 49 351 2612-1099

E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de

<http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Autoren:

Christel Pfefferkorn, Frank Wustmann, Gerlind Scholich

PICON GmbH

Glashütter Str. 101, 01277 Dresden

Telefon: + 49 351 21185-0

Telefax: + 49 351 21185-10

E-Mail: info@picon-ingenieur.de

Redaktion:

Stefan Zinkler, Dr. Astrid Arthen

LfULG, Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft

Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden

Telefon: + 49 351 8928-4103 ...-4100

Telefax: + 49 351 8928-4199

E-Mail: astrid.arthen@smul.sachsen.de; stefan.zinkler@smul.sachsen.de

Fotos:

PICON GmbH, Frank Wustmann

Redaktionsschluss:

31.08.2015

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.