

INTECUS GmbH

Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management



**Situationsanalyse und Maßnahmen zur
Klärschlamm Entsorgung im
Land Brandenburg**
Online, 25. August 2022

TOP 1: Begrüßung und Projektvorstellung

TOP 2: Vorstellung der Projektergebnisse

- 1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg**
- 2. Klärschlamm Mengenprognose und Szenarienbetrachtung**
- 3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur Phosphorrückgewinnung**
- 4. Rechtliche Anforderungen an Kooperationsmodelle zur Klärschlamm Entsorgung**

Pause

- 5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge**

TOP 3: Diskussion

Ausblick und Verabschiedung

TOP 1 Begrüßung und Einführung

Aufgaben und Ziele des Projektes

- Analyse der gegenwärtigen Situation von Klärschlammaufkommen und -entsorgung vor dem Hintergrund der künftigen Anforderungen
- Herausarbeitung räumlicher Cluster zum Aufbau von Entsorgungsstrukturen (regional und bundeslandübergreifend)
- Darstellung von möglichen Organisationsmodellen unter Berücksichtigung des EU-Vergaberechts
- Handlungsgrundlage für betroffene Akteure unter Berücksichtigung geplanter und bestehender Entsorgungsstrukturen (regional und bundeslandübergreifend)
- Ableitung von Maßnahmen- und Handlungsempfehlungen (inkl. Kostenschätzung für Umsetzungsmaßnahmen der Phosphorrückgewinnung) für alle relevanten Akteure der Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung im Land Brandenburg

TOP 2: Vorstellung der Projektergebnisse

1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg

1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg

Relevante Datenquellen:

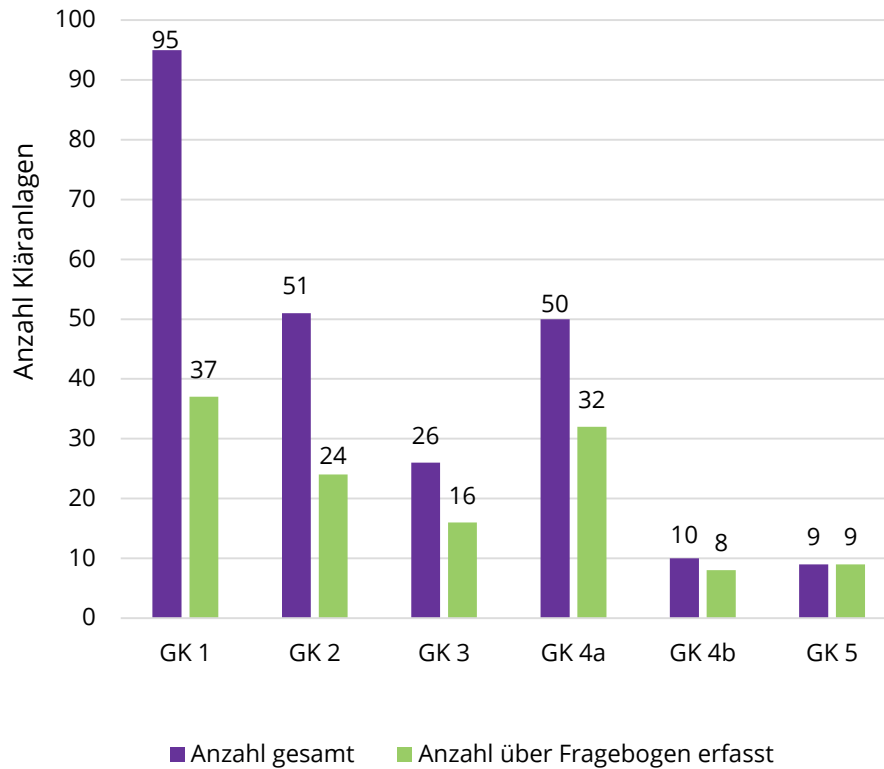
- Statistische Daten
- Behördendaten (wie zum Beispiel der Lagebericht des MLUK)
- Befragung der Betreiber einer Abwasserbehandlungsanlage im Land Brandenburg
- Gespräche mit Anlagenbetreibern und Entsorgungsunternehmen
- Sekundärliteratur

Befragung der Betreiber einer Abwasserbehandlungsanlage

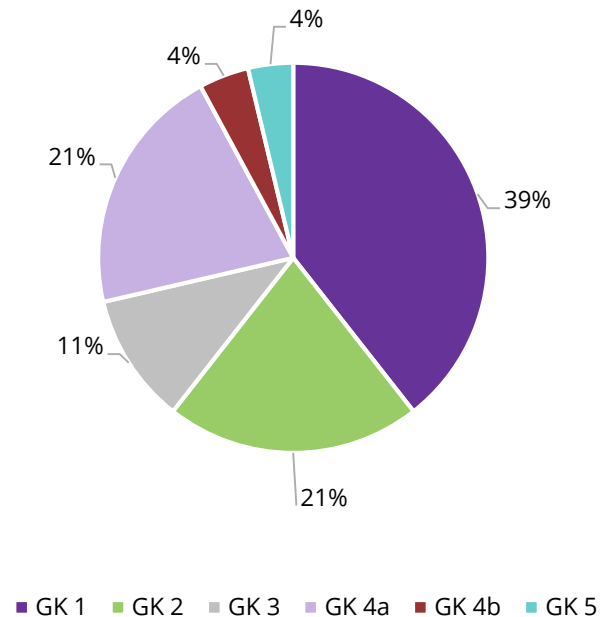
- 239 Fragebögen an 77 Betreiber einer Abwasserbehandlungsanlage
- 126 Fragebögen wurden ausgefüllt zurückgeschickt $\hat{=}$ Rücklaufquote von 52,7 %
- die Befragung erfasste 1,8 Mio. Einwohner $\hat{=}$ 80 % aller angeschlossenen Einwohner (2,2 Mio. im Jahr 2019)

1. Situationsanalyse der Klärschlammmentsorgung im Land Brandenburg

Rücklauf Befragung nach Größenklassen



Prozentuale Verteilung der Abwasserbehandlungsanlagen im Land Brandenburg auf die einzelnen Größenklassen



Quelle: Lagebricht + Befragung [INTECUS]

1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg

1.1 Struktur der Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg

- Aufgabenträger sind Städte, Gemeinden und Zweckverbände
- 241 Abwasserbehandlungsanlagen von 79 Betreibern
- Gesamtkapazität von 3,5 Mio. EW (Brandenburger Anteil)
- 2,6 Mio. EW für kommunale Abwasserbehandlung, restlicher Teil wird überwiegend für gewerbliches Abwasser vorgehalten
- im Jahr 2019 waren 2,2 Mio. Einwohner an 232 kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen $\hat{=}$ Anschlussgrad von etwa 89 %
- 8 % abflusslose Gruben, 3 % private vollbiologische Kleinkläranlagen
- im Jahr 2019 wurde eine Jahresabwassermenge von 227 Mio. Kubikmeter behandelt

Quelle: Lagebericht 2021 [MLUK]

1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg

1.2 Klärschlammaufkommen

- Welche Mengen fallen an?

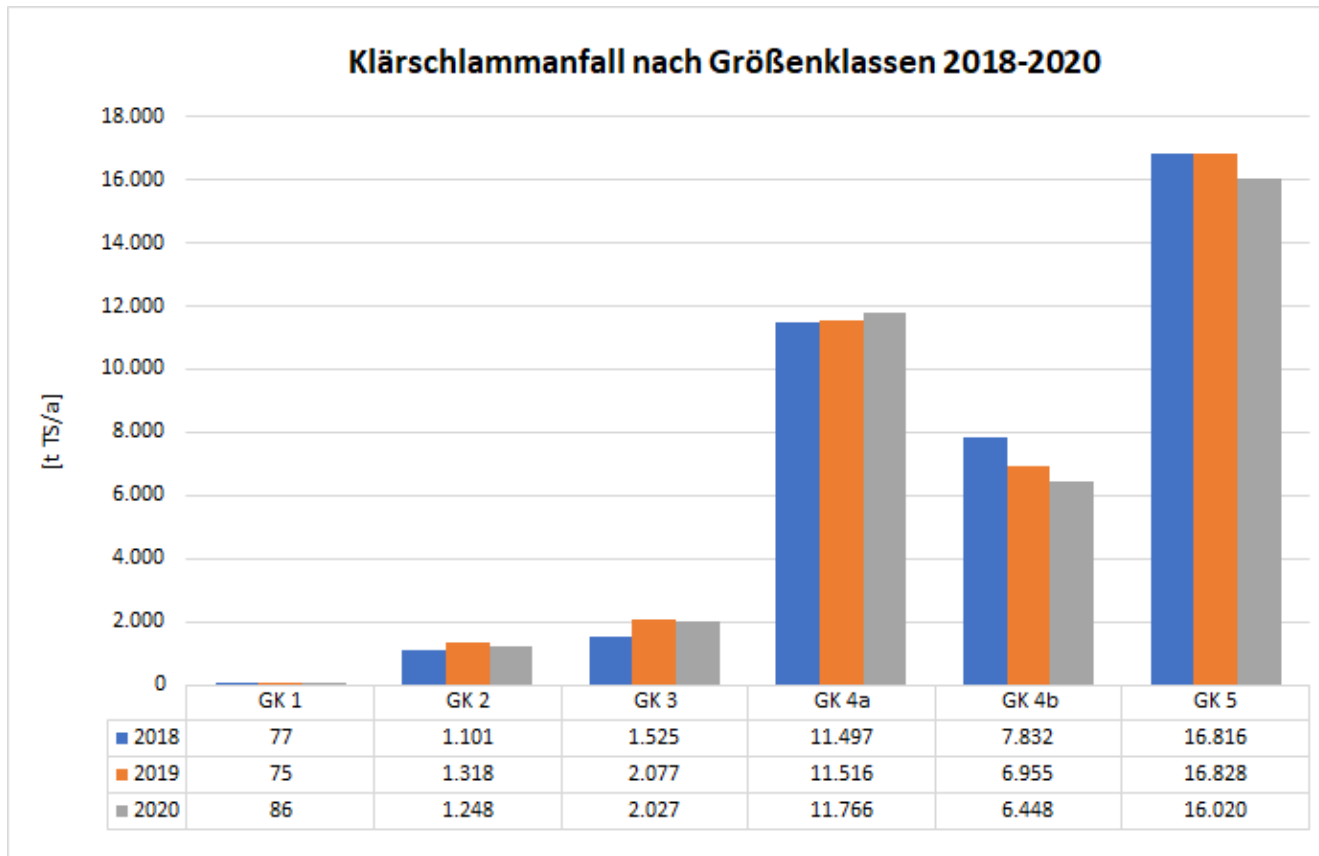
alle Angaben in t TS bezogen auf das Jahr 2020	Brandenburg	Berlin
Direkte Entsorgung nach Statistik	69.087	56.848
Abgabe an Abwasserbehandlungsanlagen in anderen BL	10.991	
Klärschlammfall (gesamt)	80.078	56.848
davon aus Brandenburg		10.942
nur KA Ruhleben		45.906
Klärschlammfall der fünf KA der BWB in Brandenburg (2020)	46.165	
davon Berliner Anteil nach EW		35.891
davon Brandenburger Anteil nach EW	10.274	
Klärschlammfall nach EW (2020)	44.187	81.797
Klärschlammfall mit Zuordnung BWB (2020)	33.913	92.071

Quelle: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2021), Befragung (INTECUS, 2022)

- Fazit: Abzüglich der durch die BWB entsorgten Klärschlämme fallen im Land Brandenburg ca. 34.000 t TS an zu entsorgenden Klärschlämmen an.

1. Situationsanalyse der Klärschlammmentsorgung im Land Brandenburg

1.2 Klärschlammaufkommen



Quelle: Befragung [INTECUS] – es fehlen 20 % Rücklauf

1. Situationsanalyse der Klärschlammmentsorgung im Land Brandenburg

1.3 Klärschlammqualitäten im Jahr 2019/2020

- Grenzwerte bei bodenbezogen verwerteten Klärschlämmen deutlich unterschritten

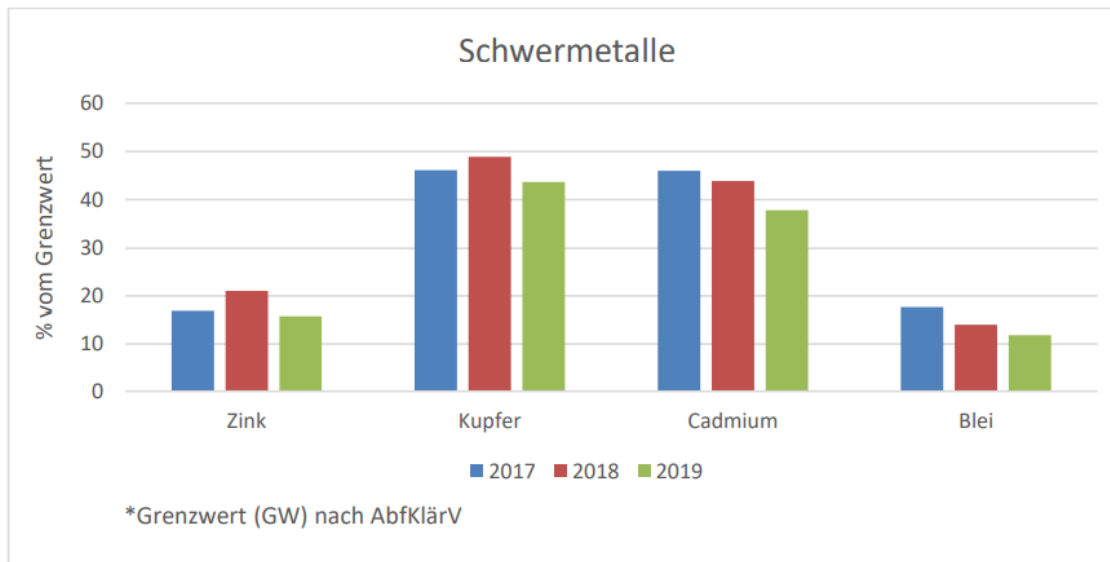


Abbildung 18: Prozentuale Grenzwertausschöpfung des Zink-, Blei-, Cadmium- und Kupfergehaltes bodenbezogen verwerteter Klärschlämme für den Zeitraum 2017 bis 2019

Quelle: Lagebericht 2021 [MLUK]

1. Situationsanalyse der Klärschlammmentsorgung im Land Brandenburg

1.3 Klärschlammqualitäten im Jahr 2019/2020

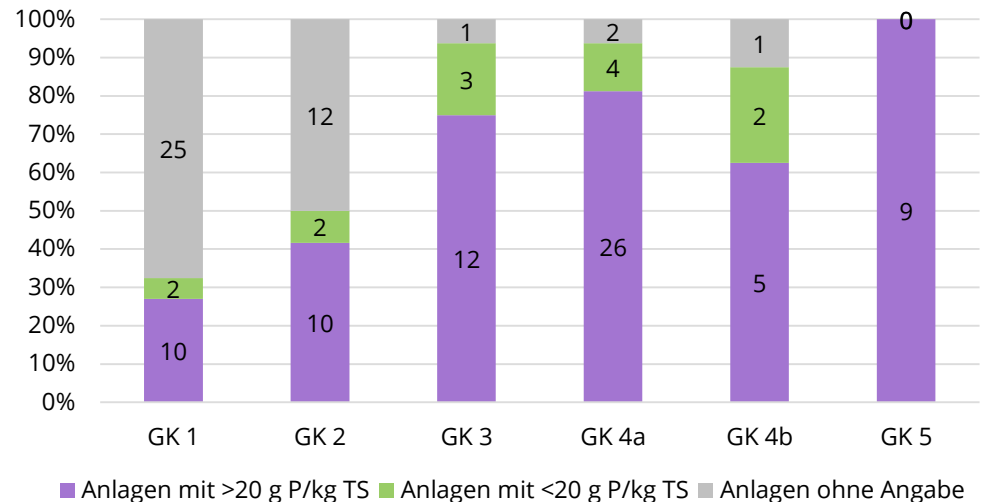
- Grenzwertüberschreitung für bodenbezogene Verwertung bei 24 Abwasserbehandlungsanlagen (Parameter: Cadmium, Quecksilber, AOK und Zink)
- 15 der 24 Anlagen gaben eine Überschreitung des Kupfergrenzwertes an (zusätzliche Angabe)
- 85 der 126 Abwasserbehandlungsanlagen konnten einen Phosphorgehalt (P-Gehalt) der angefallenen Klärschlämme angeben

	durchschnittlich angegebener Phosphorgehalt in g P / kg TS
GK 1	20,1
GK 2	19,9
GK 3	25,2
GK 4a	28,3
GK 4b	22,1
GK 5	37,9

Ø P-Gehalt = 30,9 g/kg TS

Quelle: Befragung [INTECUS], gewichtetes Mittel

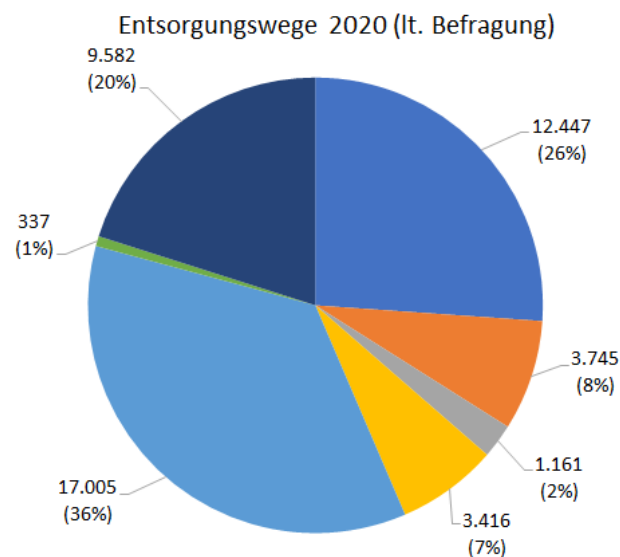
Verteilung der Abwasserbehandlungsanlagen in Abhängigkeit des P-Gehaltes (n=126)



1. Situationsanalyse der Klärschlammmentsorgung im Land Brandenburg

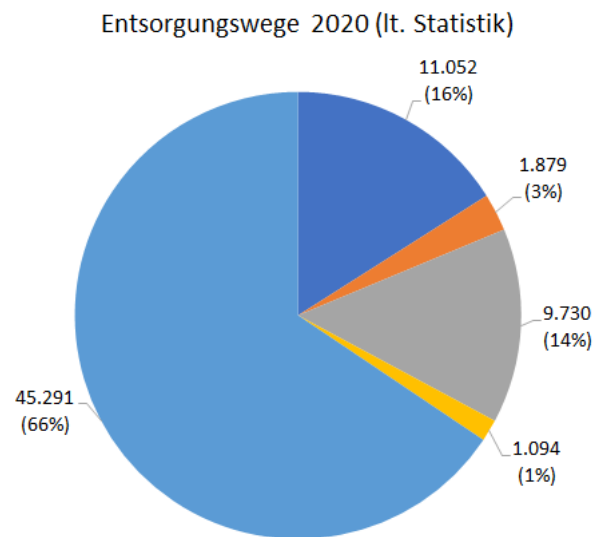
1.4 Klärschlammmentsorgungswege im Jahr 2020

Befragung und Hochrechnung:	47.693 t
Statistik (inkl. BWB-Mengen):	69.087 t



Quelle: Befragung 2021/2022 (INTECUS)

- Landwirtschaft
- sonstige stoffliche Verwertung
- Mitverbrennung
- Unbekannt



Quelle: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2021/2022)

- Landschaftsbau
- Monoverbrennung
- Zwischenlager

1. Situationsanalyse der Klärschlamm Entsorgung im Land Brandenburg

1.5 Initiativen im Land Brandenburg

- Interessengemeinschaft Südost-Brandenburg
 - Errichtung einer KVA (Wirbelschicht) mit 80.000 t OS/a
 - Mitglieder: federführend LWG mbH & Co. KG (Cottbus), FWA GmbH (Frankfurt/Oder), TAZV Oderaue (Eisenhüttenstadt)

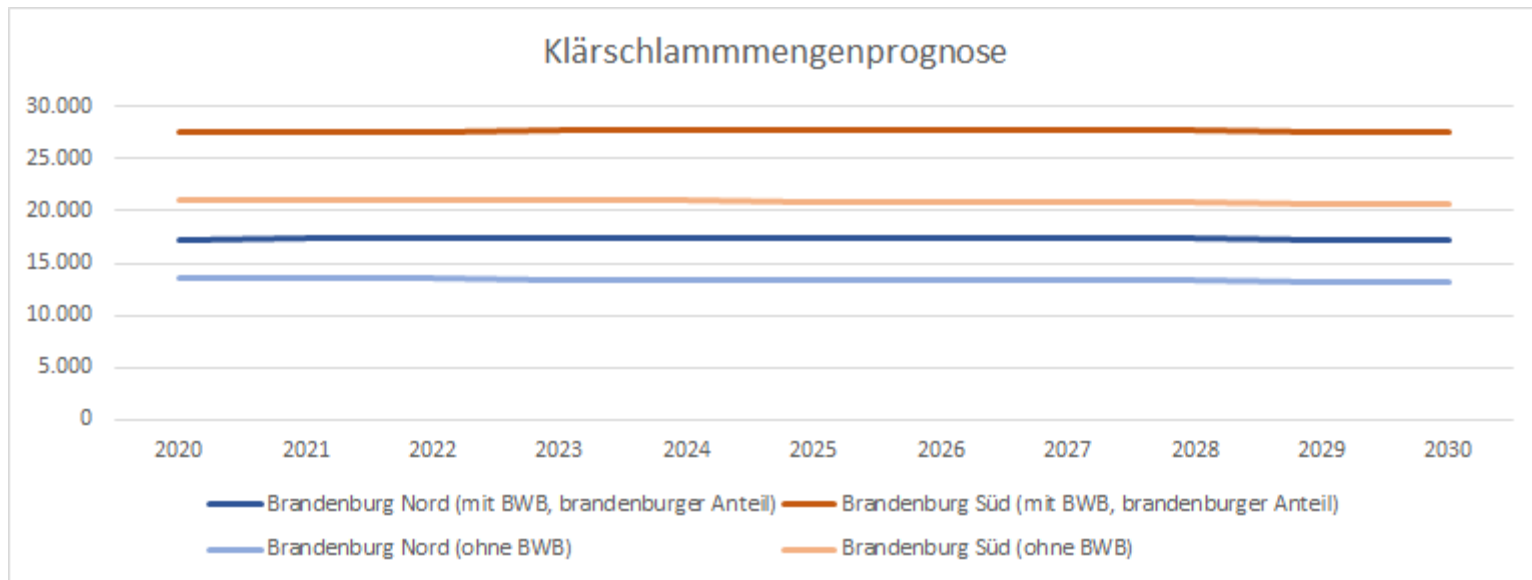
- Interessengemeinschaft ReTec
 - Entwicklung eines mobilen Fällungsverfahrens zur Behandlung von Überschuss- oder Faulschlamm für Kläranlagen < 50.000 EW unter Nutzung von chemisch-physikalischen Separationsmechanismen (Ziel: Abtrennung von Mikroplastik und organischen Schadstoffen, ohne polymere Fällungsmittel, MAP-Kristallisation, ggf. Gewinnung von H_3PO_4 mittels PARFORCE)
 - bislang Pilotmaßstab in Zinnowitz (Usedom)
 - Mitglieder: ZV Kremmen, TAV Liebenwalde, TAV Lindow-Gransee, Stadtwerke Neuruppin, WAV Dosse (Neustadt), WAV Wittstock, Stadtwerke Zehdenick

2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.1 Klärschlammprognose

- nahezu konstant, leichter Anstieg bis 2024, dann leichter Rückgang
- wesentlicher Einfluss durch Bevölkerungsentwicklung
- keine Modernisierungsmaßnahmen mit Einfluss auf die Klärschlammmenge in größeren Kläranlagen



2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.2 Mengenverschiebung Entsorgungswege

- Verbot der bodenbezogenen Verwertung von Klärschlämmen aus Abwasserbehandlungsanlagen der GK 4b und 5 ab 2029 bzw. 2032

	stoffliche Verwertung [t TS/a]	Anteil am Gesamtaufkommen der jeweiligen GK [%]	Anteil am Gesamtaufkommen in Brandenburg [%]
GK 4b	6.525	84%	18%
GK 5	1.673	13%	5%
gesamt	8.198		23%

- mindestens 8.198 t TS dürfen ab 2029 bzw. 2032 nicht mehr bodenbezogen verwertet und müssen thermisch behandelt werden
 - davon 5.582 t TS mit einem P-Gehalt > 20 g/kg
⇒ Pflicht zur Phosphorrückgewinnung

Quelle: Befragung [INTECUS]

2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.2 Mengenverschiebung Entsorgungswege

- mögliche Mengenverschiebung von der Mit- in die Monoverbrennung ab 2029 bzw. 2032 durch Überschreitung eines P-Gehaltes von 20 g/kg TS

	Monoverbrennung		Mitverbrennung	
	Klärschlammengen [t TS, Stand 2020]	Anzahl der Anlagen	Klärschlammengen [t TS, Stand 2020]	Anzahl der Anlagen
GK 1	0,4	1	0,0	0
GK 2	0,0	0	319,5	3
GK 3	0,0	0	452,4	6
GK 4a	0,0	0	3.180,8	8
GK 4b	870,0	1	715,8	3
GK 5	2.545,8	4	12.333,7	8
gesamt	3.416,2	6	17.002,2	28

- mindestens 20.000 t TS, welche in 2020 thermisch behandelt wurden, überschreiten den P-Gehalt von 20 g/kg TS → Phosphorrückgewinnungspflicht
 - davon über 10.000 t TS in Verantwortung der BWB

Quelle: Befragung [INTECUS]

2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.2 Mengenverschiebung Entsorgungswege

- 8.198 t/a müssen aufgrund der Vorgaben der AbfKlärV ab 2029/2032 zusätzlich thermisch behandelt werden → Anteil der thermisch behandelten Klärschlämme steigt dann von derzeit 20.421 auf 28.619 Tonnen pro Jahr (davon über 10.000 Tonnen durch BWB)
- je nach P-Gehalt Mono- und/oder Mitverbrennung möglich

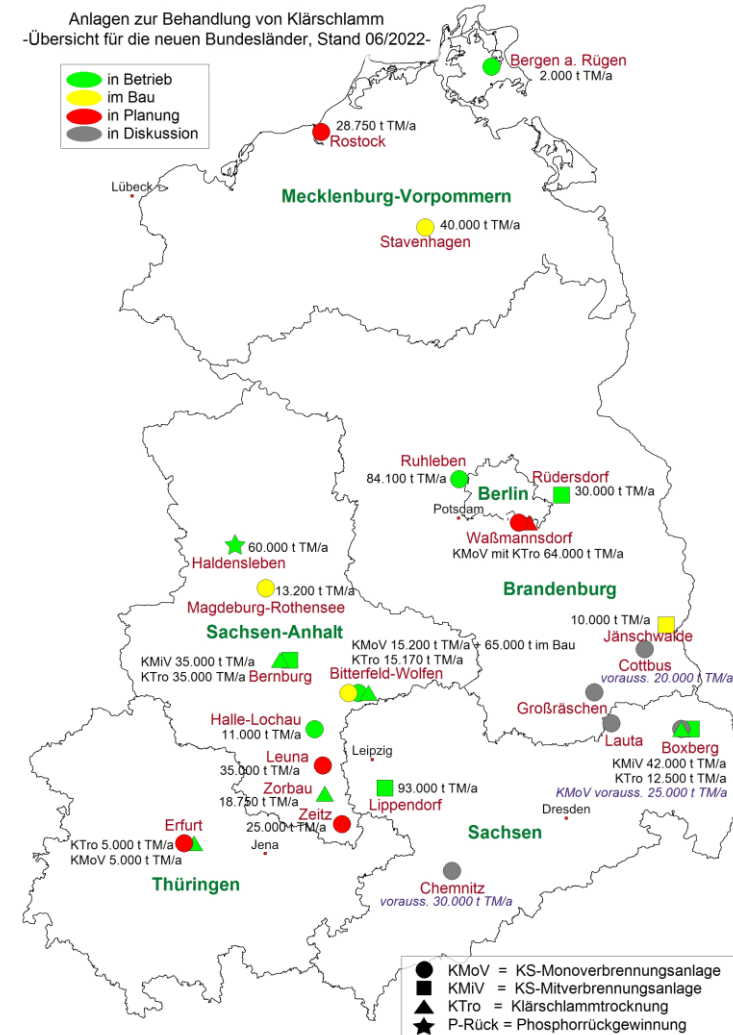
Phosphorrückgewinnungspflicht ab 2029 bzw. 2032

- 5.582 t TS (derzeit bodenbezogen verwertet) + 20.418 t TS (thermisch verwertet) mit $P > 20 \text{ g/kg}$ = 26.000 t TS pro Jahr
- Phosphorrückgewinnungspflicht für 26.000 t TS pro Jahr \triangleq $\approx 59 \%$ der im Jahr 2020 angefallenen Klärschlammmenge
- zu beachten ist, dass von etwa 10.000 t TS Klärschlamm der P-Gehalt unbekannt ist und dadurch das Potenzial ggf. höher sein kann

2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

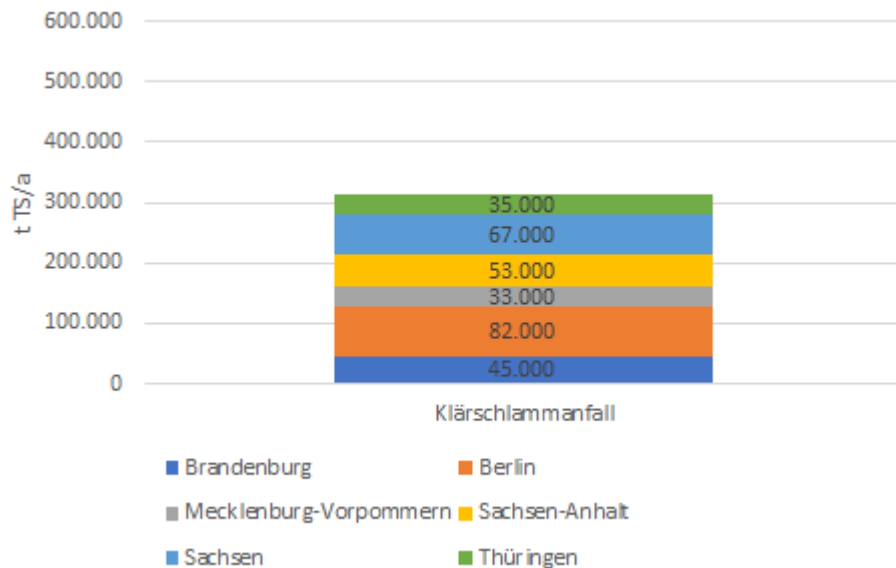
- Brandenburg: Mangel an Behandlungskapazitäten
- Berlin: Überkapazitäten (Mitbehandlung Brandenburger Klärschlämme)
- Mecklenburg-Vorpommern: Überkapazitäten möglich
- Sachsen-Anhalt: Überkapazitäten zu erwarten (inkl. P-Rückgewinnung)
- Sachsen: Mangel an Behandlungskapazitäten
- Thüringen: Mangel an Behandlungskapazitäten



2. Klärschlammmengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

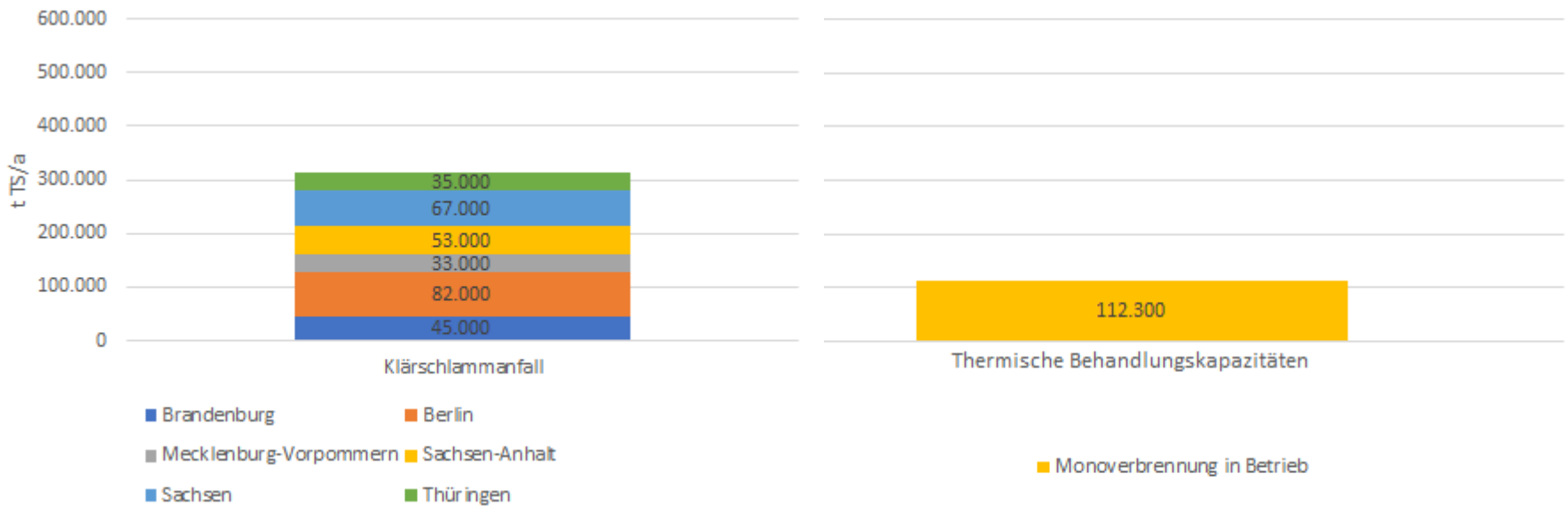
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer
(ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



2. Klärschlamm-mengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

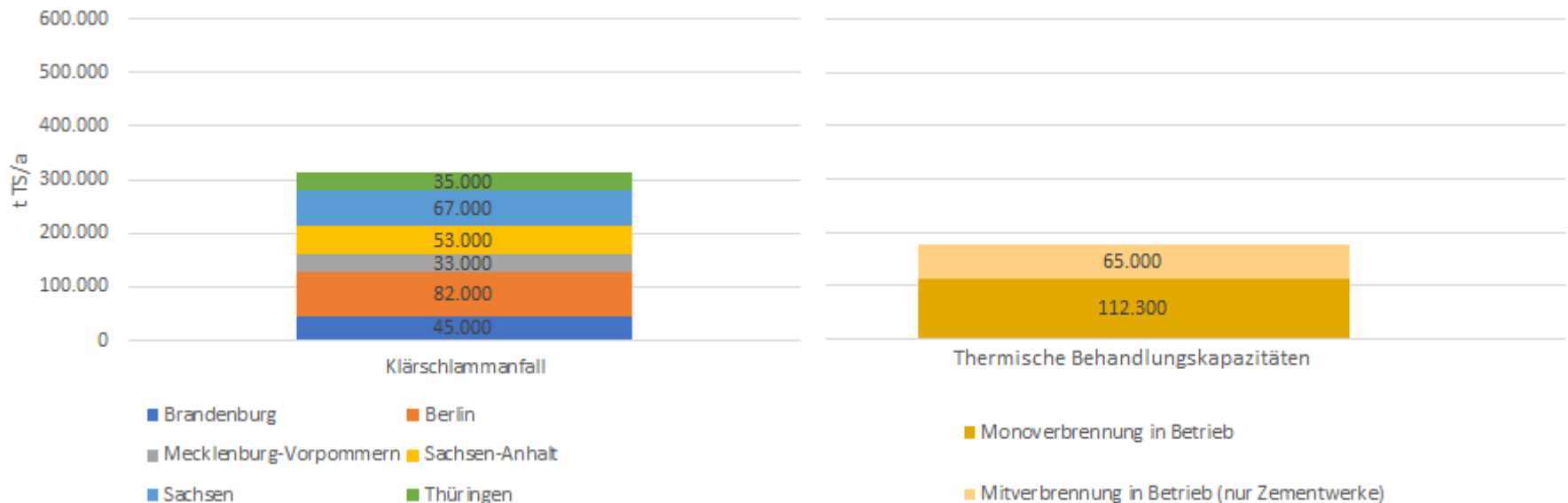
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer (ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

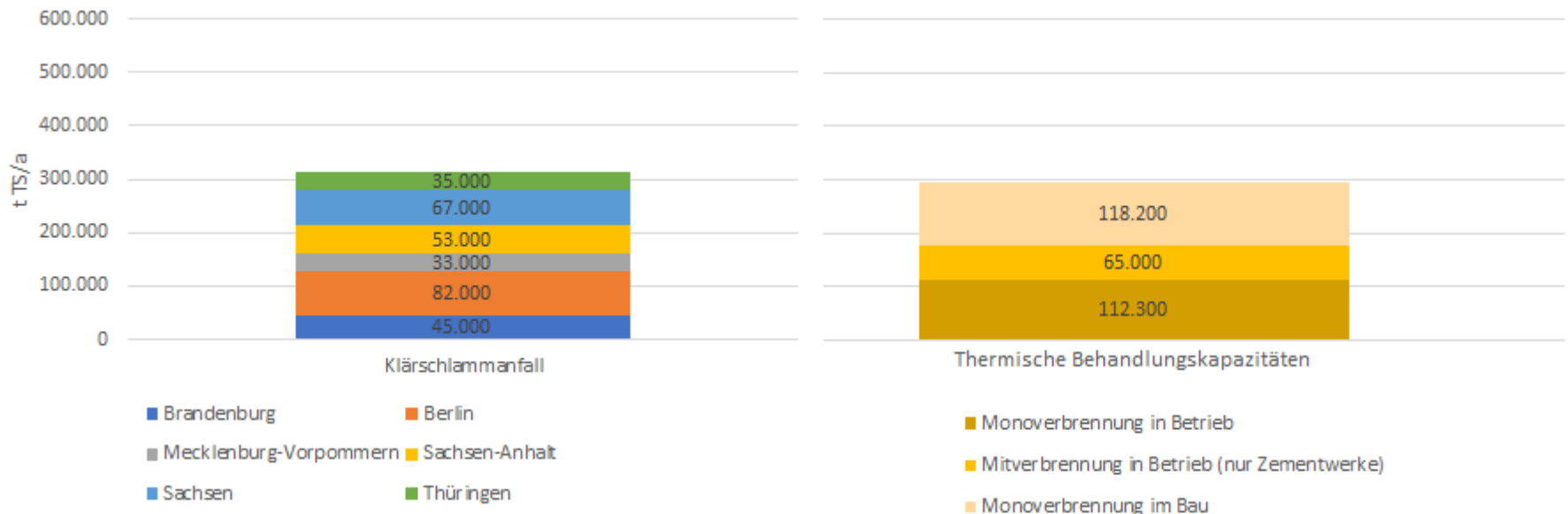
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer (ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

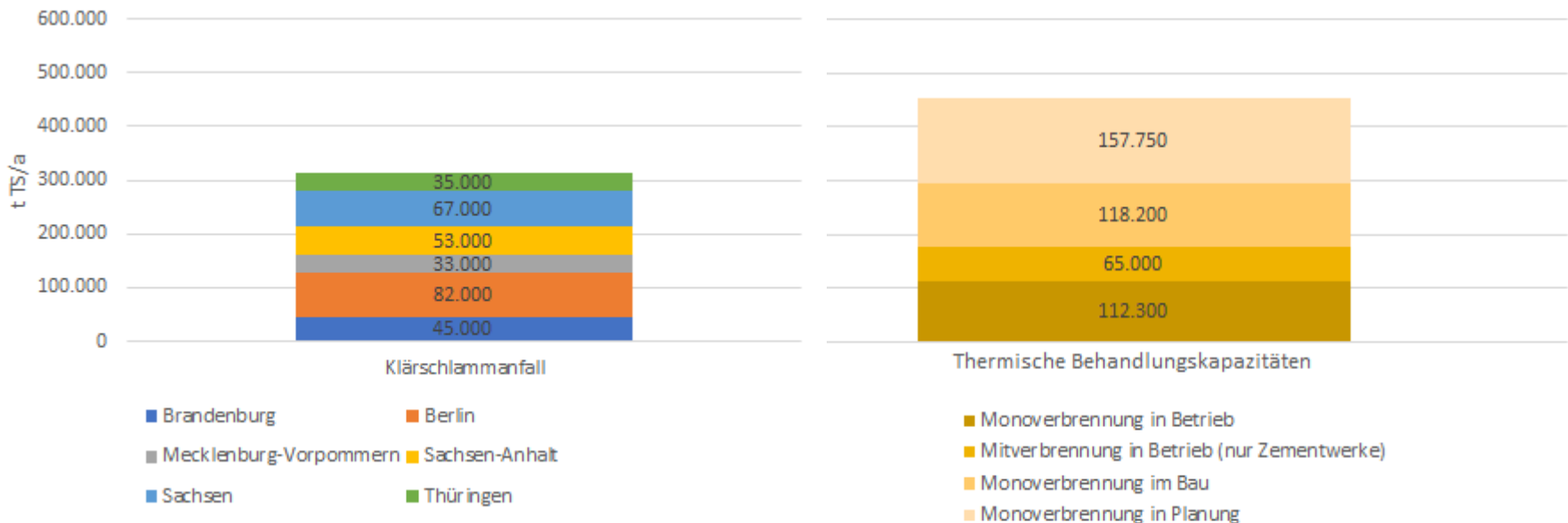
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer (ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

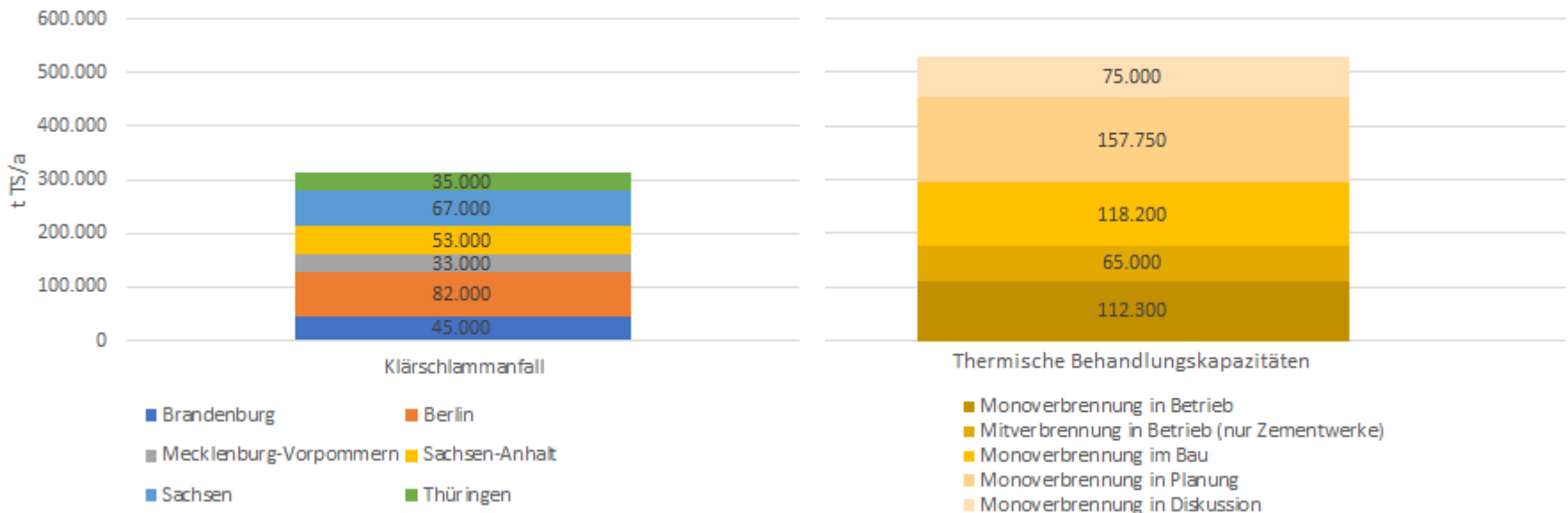
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer (ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



2. Klärschlammengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

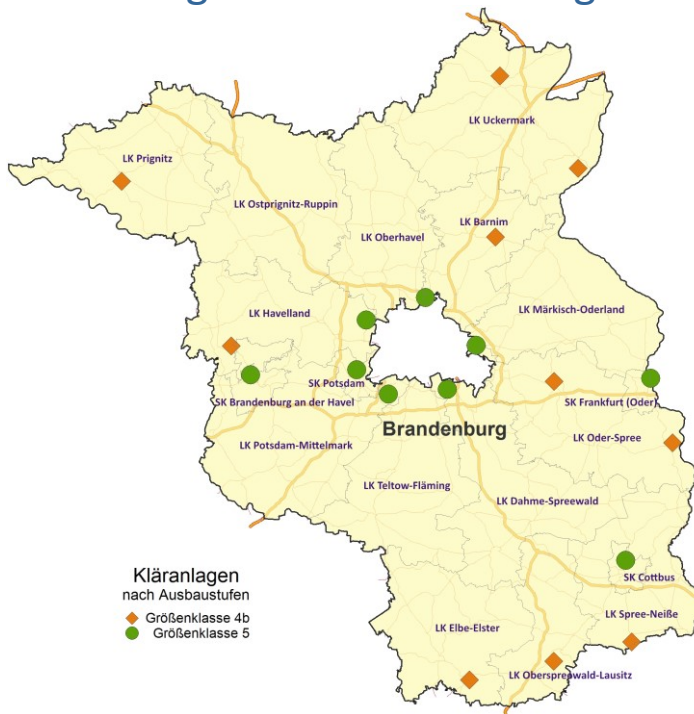
- Kapazitätsvergleich für die ostdeutschen Bundesländer (ohne Kohlekraftwerke, ohne Abzug bodenbezogen verwerteter Mengen)



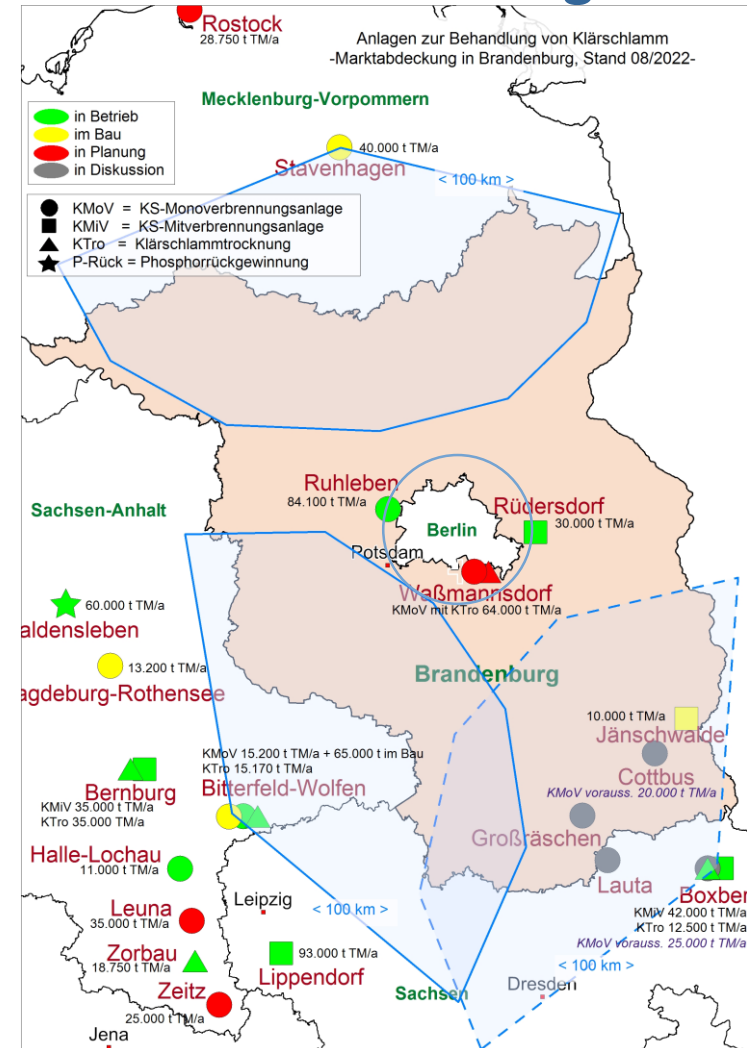
2. Klärschlamm-mengenprognose und Szenarienbetrachtung

2.3 Anlagen zur Behandlung von Klärschlamm

- Auswirkungen auf Brandenburg:



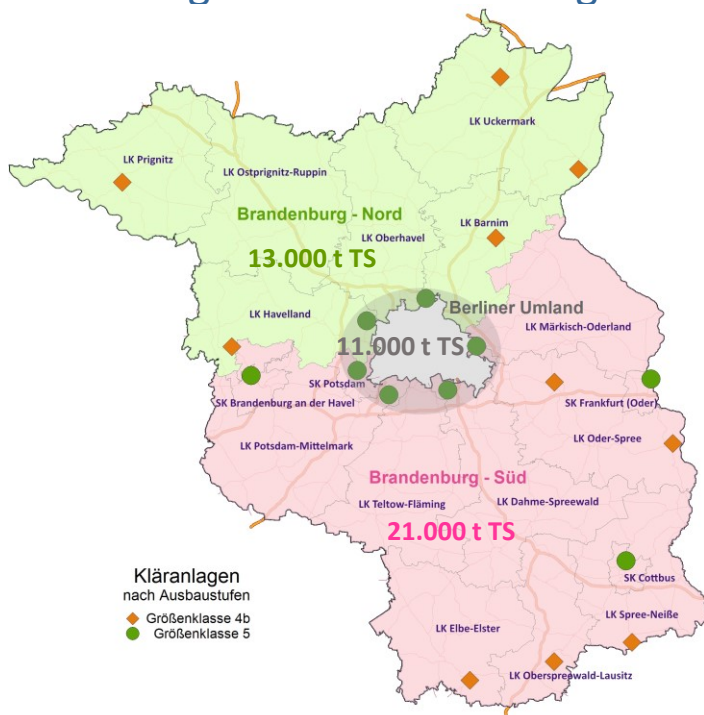
- alle KA der GK4b bzw. 5 liegen innerhalb oder nahe der 100 km-Radien



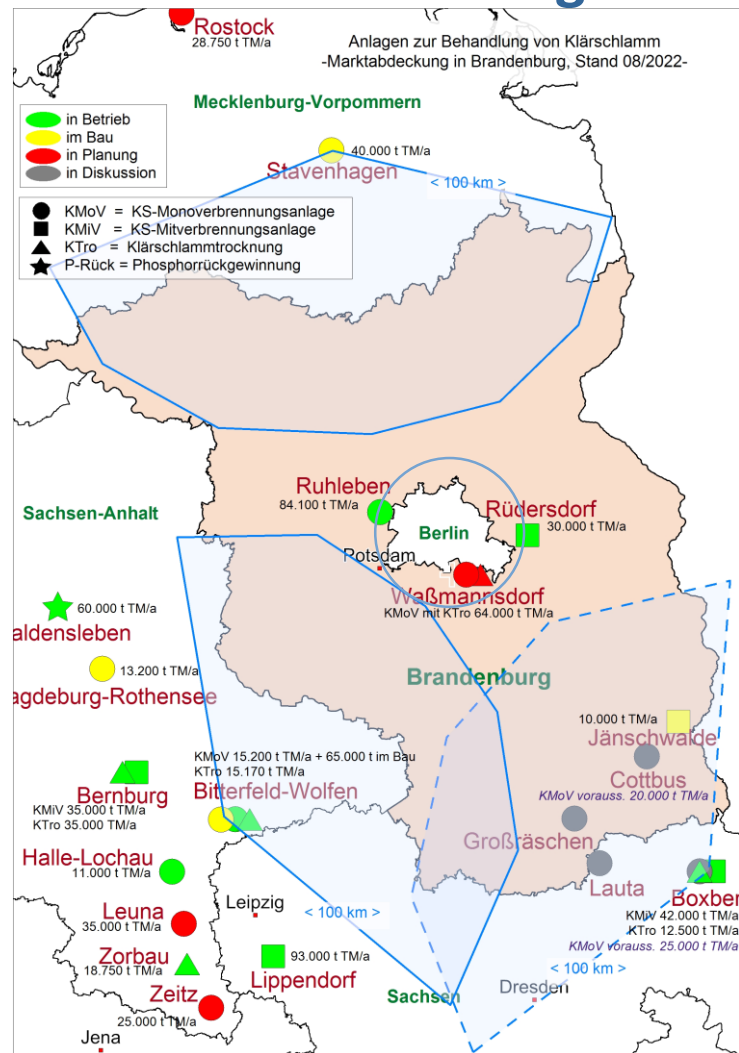
2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.4 Regionale Betrachtung

- Auswirkungen auf Brandenburg:



- 3 Regionen mit unterschiedlichen Szenarien



2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.4 Regionale Betrachtung

- **Brandenburg Nord:**

- Landkreise PR, OPR, OHV, HVL, UM, BAR
- befindet sich im bzw. nahe des 100 km-Radius der KMV Stavenhagen (im Bau)
- derzeitige KS-Verwertung:
 - GK 1-4a: insbesondere durch landwirtschaftliche Verwertung und Vererdung
 - GK 4b: landwirtschaftliche Verwertung und Mitverbrennung
- mögliche Strategien:
 - GK 4b:
 - Ausschreibung \Rightarrow KMV Stavenhagen (geringer Wettbewerb, Kapazitäten und Preise u.a. abhängig von Realisierung KMV Rostock)
 - dezentrale Lösungen (bspw. ReTech-Kooperation, Drehrohrtechnologie)
 - sonstige: Fortführung bestehender Entsorgungswege, ggf. MAP-Fällung

2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.4 Regionale Betrachtung

- **Brandenburg Süd:**

- Landkreise MOL, PM, TF, LOS, LDS, EE, OSL, SPN, Städte P, BRB, FF, CB
- Hauptgebiet der IG Südost zur Akquise von Klärschlämmen für eine kommunal betriebene KMV
- befindet sich im bzw. nahe des 100 km-Radius der KMV Bitterfeld-Wolfen (im Bau) sowie der KMV Boxberg (Ankündigung)
- derzeitige KS-Verwertung:
 - GK 1-4a: insbesondere durch Kompostierung und Mitverbrennung
 - GK 4b u. 5: vor allem Mitverbrennung u. bodenbezogene Verwertung (tlw. nach Kompostierung)
- mögliche Strategien:
 - GK 4b u. 5:
 - Beteiligung an kommunaler Kooperation der IG Südost-Brandenburg
 - Ausschreibung \Rightarrow KMV Bitterfeld-Wolfen oder Boxberg
 - sonstige: Fortführung bestehender Entsorgungswege, ggf. MAP-Fällung

2. Klärschlammprognose und Szenarienbetrachtung

2.4 Regionale Betrachtung

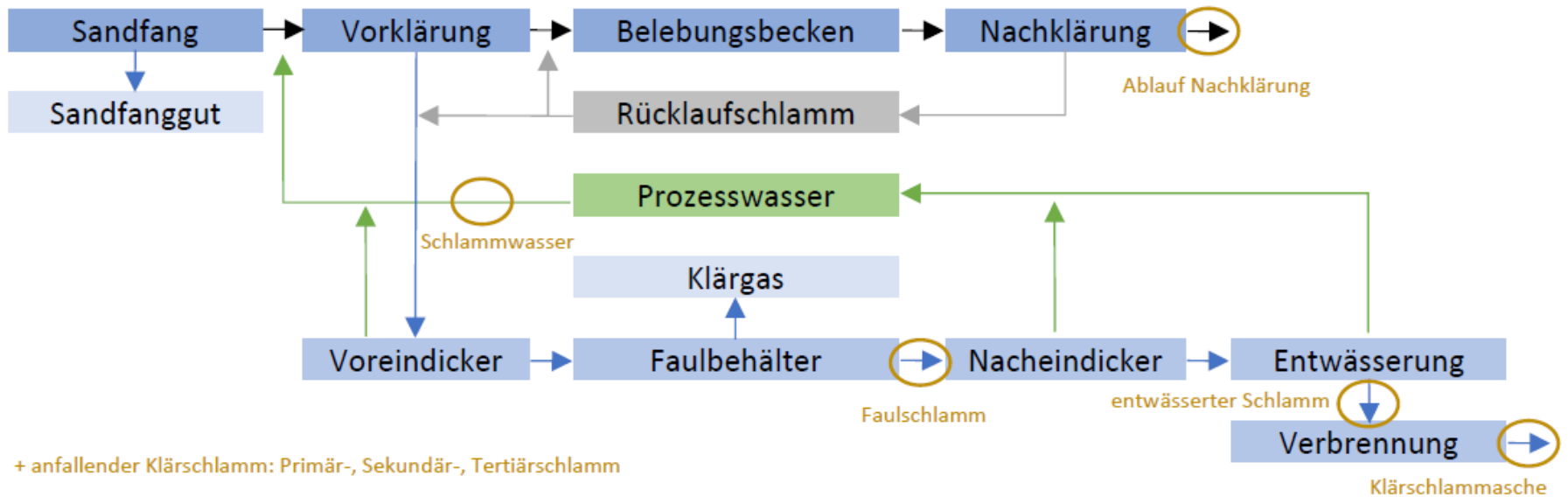
- **Berliner Umland:**

- Teile der Landkreise OHV, BAR, MOL, LOS, LDS, TF, PM, HVL, Stadt P
- mittelfristig Synergien mit BWB mgl., solange KMV Waßmannsdorf noch nicht zu 100 % durch auf Kläranlagen der BWB anfallende Klärschlämme ausgelastet ist - keine langfristige Option!
- derzeitige KS-Verwertung:
 - GK 5: Mono- und Mitverbrennung
- mögliche Strategien:
 - GK 5 (BWB): KMV Waßmannsdorf
 - GK 5 (Potsdam): KMV Waßmannsdorf (zumindest mittelfristig)
 - sonstige: Fortführung bestehender Entsorgungswege, ggf. MAP-Fällung

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.1 Ansätze zur P-Rückgewinnung



Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.2 Potenziale zur P-Rückgewinnung

Rückgewinnungsbereich	Volumen-/ Massenstrom	Phosphorkonzentration	Bindungsform	Rückgewinnungspotenzial
Ablauf Nachklärung	200 l/(E·d)	< 5 mg/l	gelöst	bis zu 55 % (wenn keine gezielte P-Elimination)
Schlammwasser	1 -10 l/(E·d)	20 - 100 mg/l	gelöst	bis zu 50 % (bei Bio-P + Klärschlamm-desintegration)
Faulschlamm	0,2 - 0,8 l/(E·d)	30 - 40 mg/l	gelöst, biologisch/chemisch gebunden	bis zu 90 %
Klärschlamm- asche	0,03 kg/(E·d)	60 - 80 g/kg	chemisch gebunden	bis zu 90 %

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.3 Verfahren der P-Rückgewinnung

- Fällungs- und Kristallisationsverfahren

- Voraussetzung: Bio-P (Vorhandensein von Orthophosphat)
- Produkte: MAP, CAP
⇒ als Düngemittel nutzbar
- Vorteile: gut integrierbar, energieeffizient, Erfüllung der Vorgaben der DüMV, bei Rückgewinnung aus Abwasser Reduktion von Rohrleitungsablagerungen, ausgereifte Verfahren
- Nachteil: geringe P-Rückgewinnungsquote, vor allem bei Fällungsverfahren: geringe Schadstoffreduktion und hohe Zugabe anorganischer Säuren
- unterliegt bei Einsatz im Abwasserreinigungsprozess dem Wasser und nicht dem Abfallrecht: zur Reduktion der P-Konzentration unter 20 g P/kg TS geeignet

Fällungs- und Kristallisationsverfahren	
Flüssige Phase	Klärschlamm
<ul style="list-style-type: none"> - DHV Crystalcator® der Firma Royal Haskoning DHV - PEARL®-Verfahren der Firma Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc. - Phosnix®-Verfahrens der Firma Unitika Ltd. - NuReSys®-Verfahren der Firma Nutrients Recovery Systems - MAP Kristallisation - Sydney Waterboard Reaktor - Nishihara Environment Technology Inc. - Festbettreaktor der Firma Kurita Water - P-RoC-Verfahren vom Karlsruher Institut für Technologie - CSIR-Wirbelschichtreaktor-Verfahren des Council for Scientific and Industrial Research 	<ul style="list-style-type: none"> - Seaborne-Verfahren der Seaborne EPM AG – Engineering & Projectmanagement und der Seaborne ERL GmbH – Environmental Research Laboratory - Air-Prex Verfahren der NP – Technology Water and Biosolids GmbH - Phostrip-Verfahren - PECO -Verfahren der TU-Braunschweig - ExtraPhos® (Budenheimer-Verfahren) von der Chemischen Fabrik Budenheim KG, der Ingenieurgesellschaft Steinburg mbH und der Rotaria Energie- und Umwelttechnisch GmbH - Stuttgarter-Verfahren von der Ingenieurberatung GmbH und der MSE GmbH - PRISA-Verfahren des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen - PhosForce-Verfahren der Veolia Wasser Deutschland GmbH

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.3 Verfahren der P-Rückgewinnung

- Thermochemische Verfahren

- Voraussetzung ist thermische Behandlung in Wirbelschicht oder Drehrohr (seltener Rostfeuerung o.a.), Pyrolyse
- Rückgewinnung des in der Asche vorhandenen Phosphats, Schwermetallreduktion möglich
- Produkte: mineralisches Phosphat \Rightarrow als Düngemittel nutzbar (aufgrund geringer P-Verfügbarkeit meist Aufbereitung erforderlich), Einsatz zur Düngemittelherstellung (hohe Fe- oder Al-Gehalte störend); Karbonisat nach DüMV nicht als Düngemittel zugelassen (Aufbereitung aufwändig)
- Vorteile: Zerstörung organischer Schadstoffe, Verbrennung (vor allem Wirbelschicht als BVT anerkannt, bietet Entsorgungssicherheit)
- Nachteil: hohe Investitionskosten, wenig großtechnisch umgesetzte P-Rückgewinnungsverfahren, Pyrolyseverfahren aufgrund Aufkonzentration nur für schwermetallarme Klärschlämme geeignet

Thermochemische Verfahren	
Klärschlamm	Klärschlammasche
<ul style="list-style-type: none"> - PYREG Verfahren der PYREG GmbH - EuPhoRe® Verfahren der EuPhoRe® GmbH - TerraNova® Ultra-Verfahren der TerraNova Energy GmbH - KREPRO®-Verfahren der Firma KEMIRA OY, Alpha Laval und einer Kläranlage in Helsingborg Östersundverket - KRN Mephrec-Verfahren der ingitec Engineering GmbH - P-XTRACT® der WEHRLE AG, dem ZSW Baden-Württemberg und der Uni Freiburg - ATZ-Eisenbadreaktor Verfahren vom ATZ Entwicklungszentrum 	<ul style="list-style-type: none"> - SeraPlant (ehemals RecoPhos®) der SeraPlant GmbH, der Materialforschungs- und Prüfstelle der Bauhaus-Universität Weimar und der Glatt Ingenieurtechnik GmbH (beruht auf Phos4green-Verfahren – genaue Beschreibung in Abschnitt 7.2) - ASH DEC/ BAM Verfahren der ASH DEC Umwelt AG

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.3 Verfahren der P-Rückgewinnung

- Nasschemische Verfahren

- Anwendung bei Klärschlämmen und Klärschlammaschen
- Kombination aus Lösung (durch Zugabe von Säuren) und Fällung
- Produkte: Aluminium-, Calcium- oder Eisenphosphat
- Vorteile: kostengünstig, leicht nachzurüsten, hohe Pflanzenverfügbarkeit, auch für Kläranlagen mit chemischer P-Eliminierung anwendbar
- Nachteil: geringe Energieeffizienz, wenig großtechnisch umgesetzte P-Rückgewinnungsverfahren, geringe P-Rückgewinnungsquote, hoher Reststoffanfall (80 %) bei Rückgewinnung aus Klärschlammasche (Zusatzkosten für Reststoffentsorgung)

Nasschemische Verfahren	
Klärschlamm	Klärschlammasche
<ul style="list-style-type: none"> - Aqua Reci Verfahren von Feralco AB und Chematur Engineering AB 	<ul style="list-style-type: none"> - TetraPhos®-Verfahren der Hamburger Phosphorrecyclinggesellschaft mbH (Remondis) - Ecophos® der Ecophos SA (Belgien) - Substitution in der Düngemittelherstellung - PARFORCE-Verfahren der PARFORCE Engineering & Consulting GmbH - Phos4Life Verfahren der Técnicas Reunidas SA (TR) (Entwicklung in Zusammenarbeit mit der Stiftung Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung) - Ash2Phos® der EasyMining Sweden AB - PASCH-Verfahren der RWTH - SEPHOS-Verfahren der TU Darmstadt, dem Ruhrverein und dem westfälischen Ministerium für Umwelt und Naturschutz

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.4 Verfahren der P-Rückgewinnung

- detaillierte Darstellung in Datenblättern im Anhang des Gutachtens

Rückgewinnung aus Abwasser oder Prozesswasser I				
Kristallisations- und Fällungsverfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate ¹	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
DHV Crystalactor®	44 %	Calciumphosphat, MAP (Struvit)	Bio-P	bis 35 g P/kg KS TM
Ostara PEARL®	33 - 50 %	MAP (Struvit)	Bio-P	bis 29 g P/kg KS TM
Unitika Phosnix®	50 %	MAP (Struvit)	Bio-P	
NuReSys®	29 %	MAP (Struvit)	Bio-P	bis 28 g P/kg KS TM
MAP Kristallisation Treviso	keine Angabe	MAP (Struvit), Hydroxylapatit	Bio-P	
Sydney Waterboard Reaktor	45 %	Calciumphosphat	Bio-P	
Nishihara	35 %	MAP (Struvit)	Bio-P	
Kurita Festbettreaktor	45 %	Hydroxylapatit	Bio-P	
P-RoC	30 %	MAP (Struvit) Calciumphosphat	Bio-P	
CSIR Wirbelschichtreaktor	45 %	MAP (Struvit)	Bio-P	
Ionenaustauschverfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate ¹	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
REM NUT®	50 %	MAP (Struvit)		
PHOSIEDI	keine Angabe	Phosphorsäure		
Elektrochemisches Verfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate ¹	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
ePhos®	80 %	MAP (Struvit)		
Kombinations- und Sonderverfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate ¹	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
Magnetseparator	keine Angabe	keine Angabe		
RECYPHOS	45 %	Calciumphosphat	Bio-P	

Großtechnische Umsetzung	Pilotanlage	Technikum	Labormaßstab
--------------------------	-------------	-----------	--------------

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.4 Verfahren der P-Rückgewinnung

Rückgewinnung aus Klärschlamm				
Kristallisationsverfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
Gifhorner/Seaborne	70 % ²	MAP (Struvit)		
AirPrex®	24 % ³	MAP (Struvit)	Bio-P	bis 25 g P/kg KS TM
PECO-Verfahren	35 % ²	MAP (Struvit)	Bio-P	
ExtraPhos® Budenheimer Verfahren	45 % ²	Calciumphosphat		
Stuttgarter Verfahren	43 % ²	MAP (Struvit)		
PRISA-Verfahren	45 % ²	MAP (Struvit)	Bio-P	
PhosForce	50 % ²	MAP (Struvit) oder Brushit		
Nasschemisches Verfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
Aqua Reci	85 % ²	Hydroxylapatit		
Thermochemisches Verfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
PYREG®	90 % ³	phosphathaltiges Karbonisat		düngerechtliche Zulassung ungeklärt
EuPhoRe®	98 % ³	phosphathaltige Asche		
TerraNova®Ultra	60 - 80 % ³	phosphatbeladene Calcium-Silikat-Hydrat- Partikel		
Kemira KREPRO®	68 % ²	Eisenphosphat		kein landwirtschaftlich verwertbares Produkt
MePhrec®	60 % ²	P-Schlacke und Calciumsilikatphosphat		Umsetzung fragwürdig
P-XTRACT®	80 % ³	phosphathaltige Asche		
ATZ- Eisenbadreaktor	90 % ²	phosphathaltige Schlacke		



Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.4 Verfahren der P-Rückgewinnung

Thermochemische Verfahren II				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
MePhrec®	60% ⁶	P-Schlacke und Calciumsilikatphosphat	Monoverbrennung	Umsetzung fragwürdig
ATZ-Eisenbadreaktor	90 % ⁶	phosphathaltige Schlacke	Monoverbrennung	
Bioleaching				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
Inocre P-bac	80 % ⁷	Eisenaluminiumphosphat	Monoverbrennung	

Großtechnische Umsetzung	Pilotanlage	Technikum	Labormaßstab
--------------------------	-------------	-----------	--------------

Eigene Darstellung (INTECUS, Petzold)

Rückgewinnung aus Klärschlammasche I				
Nasschemische Verfahren I				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
TetraPhos®	86 % ⁴	Phosphorsäure	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
Ecophos®	75 – 90 % ⁴	DCP, Phosphorsäure	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
Substitution in der Düngemittelherstellung	90 % ⁵	phosphathaltiges Düngemittel	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
SeraPlant®	100 % ⁴	aufgeschlossene phosphathaltige Klärschlammasche	Monoverbrennung	Keine Schwermetallentfernung
PARFORCE®	80 % ⁴	Phosphorsäure	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
Phos4Life	95 % ⁴	Phosphorsäure	Monoverbrennung	
Ash2®Phos	90 – 95 % ⁴	Calciumphosphate, Ammoniumphosphate, Phosphorsäure	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
RÜPA-/PASCH-Verfahren	70 – 80 % ⁵	Calciumphosphat	Monoverbrennung	
SEPHOS-Verfahren	90 % ⁵	Aluminiumphosphat bzw. Hydroxylapatit	Monoverbrennung	
Ionenaustauschverfahren				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
BioCon	90 % ⁵	Phosphorsäure, Kaliumhydrogensulfat	Monoverbrennung	Produkt unterliegt nicht Vorgaben DüMV
Thermochemische Verfahren I				
Verfahren	Rückgewinnungsrate	Produkt	Voraussetzungen	Bemerkungen
AshDec®	85 % ⁵	aufgeschlossene phosphathaltige Klärschlammasche mit Calcium-Alkali-Phosphaten	Monoverbrennung	

3. Stand der Entwicklung von Verfahren zur P-Rückgewinnung

3.5 Fazit

- wenig Angaben zu konkreten Kosten der P-Rückgewinnung (bislang nur wenige großtechnische Umsetzungen)
- nach wie vor zahlreiche Entwicklungen (bspw. Förderung von Pilotmaßstab-Verfahren (ViviMag, Pontes Pabuli) durch potente Entsorgungsunternehmen
- Kristallisations- bzw. Fällungsverfahren im Abwasserstrom können bei vorhandenem Bio-P wirtschaftlich sein \Rightarrow Einzelfallprüfung! (entspricht allerdings nicht dem politischen Ziel einer umfassenden P-Rückgewinnung)
- P-Rückgewinnung aus Klärschlamm im Einzelfall prüfen (geringe Rückgewinnungsraten, Verantwortung bleibt beim Kläranlagenbetreiber)
- P-Rückgewinnung aus Klärschlammmasche wird üblicher Verfahrensweg (Verantwortung für P-Rückgewinnung wird an Betreiber der thermischen Behandlungsanlage abgegeben)
 - verschiedene Optionen im Hinblick auf Technologie und Anlagengröße (dezentral und zentral \Rightarrow Wirbelschicht- vs. Drehrohrtechnologie)

4. Rechtliche Anforderungen an Kooperationsmodelle zur Klärschlamm Entsorgung

5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge

5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge

Szenarienbewertung aus Sicht der Kläranlagenbetreiber:

	Boden- bezogene Verwertung	Dezentrale P- Abreicherung, Mitverbrennung	Dezentrale Verbrennung	Zentrale Verbrennung (kommunale Anlage)	Zentrale Verbrennung (Ausschreibung)
P-Rückgewinnungsquote	100 %	< 40 %	> 90 %	> 90 %	> 90 %
Pflanzenverfügbarkeit	mittel	hoch	hoch	hoch bis sehr hoch	hoch bis sehr hoch
Genehmigungsaufwand	-	mittel	hoch	sehr hoch	-
Ausfallrisiko bzgl. P- Recycling	-	gering	mittel	mittel	-
Rechtlicher Rahmen	Abfallrecht	Wasserrecht, Düngemittelrecht	Abfallrecht, Düngemittelrecht	Abfallrecht, Düngemittelrecht	Abfallrecht
Investitionsaufwand	-	gering	hoch	sehr hoch	-
Behandlungskosten	mittel	sehr hoch	hoch	hoch	hoch
Vertriebswege nötig	nein	ja	ja	ja	nein
Regionalität	ja	ja	ja	nein	nein

5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge

Region Nord:

- Nutzung von Kapazitäten der KVA Stavenhagen
- individuelle Prüfung dezentraler Verfahren
 - Kooperation zur Entwicklung der ReTech-Technologie (bislang Pilot-Maßstab)
 - dezentrale Trocknung und Verbrennung im Drehrohr und Nutzung der Asche zur Düngemittelherstellung
 - mobile oder stationäre P-Abreicherung und Mitverbrennung des abgereicherten Klärschlammes in der Zementindustrie (wenn Bio-P)
- kleine Anlagen:
 - Fortführung der bodenbezogenen Verwertung im regionalen Kontext

5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge

Region Süd:

- zügige Umsetzung der geplanten kommunalen Kooperation; Anpassung der geplanten Kapazität an verfügbares Potenzial (< 20.000 t TS/a)
 - Beobachtung der angekündigten Aktivitäten in Boxberg (ggf. ergibt sich bei dessen Realisierung ein Risiko für die Wirtschaftlichkeit der kommunalen Kooperation aufgrund mglw. mangelnder Auslastung)
 - sollte die kommunale Kooperation nicht zustande kommen (z.B. aufgrund sich verschärfenden Wettbewerbsdrucks) sind dezentrale Lösungen vermutlich ebenfalls kaum wirtschaftlich
- ⇒ Nutzung des dann vorhandenen Wettbewerbs mittels Ausschreibung mit langen Vertragslaufzeiten
- kleine Anlagen:
 - Fortführung der bodenbezogenen Verwertung im regionalen Kontext

5. Handlungsempfehlungen und Maßnahmenvorschläge

Berliner Umland:

- Prüfung von Synergien mit BWB in den KVA Ruhleben und Waßmannsdorf
- ansonsten: siehe Empfehlungen für Brandenburg Nord bzw. Süd

TOP 3: Diskussion

Ausblick und Verabschiedung

- Einarbeitung der Erkenntnisse und Rückläufe aus dem Workshop
- Diskussion der Handlungsempfehlungen mit dem MLUK
- Vorlage der Endfassung des Gutachtens bis Ende November 2022



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Jörg Wagner

INTECUS GmbH

Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management

Pohlandstr. 17

D-01309 Dresden

Telefon: +49 (351) 318230

Fax: +49 (351) 3182333

E-Mail: intecus.dresden@intecus.de

Internet: www.intecus.de