



Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in Nordrhein-Westfalen

Sachstandsbericht

LANUV-Fachbericht 129

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung / Vorbemerkung	5
2	Klärschlammaufkommen und Kläranlagen in NRW.....	7
3	Klärschlamm Entsorgung in NRW	9
3.1	Thermische Entsorgung	9
3.2	Stoffliche Verwertung	9
3.3	Innerdeutsche und grenzüberschreitende Verbringung von kommunalen Klärschlämmen	11
3.3.1	Verbringung in andere Bundesländer	11
3.3.2	Grenzüberschreitende Verbringung	11
3.4	Stoffströme kommunaler Klärschlämme in NRW.....	12
4	Organisation der Entsorgung: Wasserverbände und Kooperationen	13
4.1	Sondergesetzliche Wasserverbände	13
4.2	Kooperationen zur gemeinsamen Klärschlamm Entsorgung	13
5	Entsorgungsinfrastruktur für Klärschlämme in NRW.....	17
5.1	Verbrennungskapazitäten Monoverbrennung/Kohlekraftwerke.....	17
5.2	Planung neuer Infrastruktur zur Klärschlamm Trocknung und -verbrennung	18
5.3	Mitverbrennung in Kohlekraftwerken	23
5.4	Mitverbrennung in Zementwerken	23
5.5	Mitverbrennung in Hausmüllverbrennungsanlagen und sonstigen Abfallverbrennungsanlagen	23
5.6	Trocknungsanlagen.....	24
5.7	Zwischenlagerung und Langzeitlagerung	25
6	Für NRW bedeutende Verfahren zum P-Recycling / hergestellte P-Erzeugnisse.....	26
6.1	Potenzial der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in NRW	26
6.2	Anlagen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammverbrennungssasche.....	26
6.3	Phosphorrückgewinnung aus entwässertem Klärschlamm	27
6.4	Phosphorrückgewinnung aus Faulschlamm	27
6.5	Weitere Verfahren	27
7	Zusammenfassung	28
8	Glossar.....	29
9	Literaturverzeichnis.....	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ausbaugrößen von Kläranlagen in NRW.....	7
Abbildung 2:	Kläranlagen der GK 4b und 5	8
Abbildung 3:	Entwicklung der Entsorgungswege für Klärschlamm (Anteil in Prozent)	9
Abbildung 4:	Entsorgungswege für Klärschlamm in NRW	10
Abbildung 5:	Verbringung von Klärschlämmen aus NRW in andere Bundesländer	11
Abbildung 6:	Aus dem Ausland nach NRW verbrachte Klärschlämme mit Herkunft (Anteile der Menge bezogen auf OS)	12
Abbildung 7:	Mengenflussdiagramm Klärschlamm Entsorgung in NRW 2020 (Angaben in t Trockenmasse)	12
Abbildung 8:	Einzugsgebiete/Mitgliedschaften der Wasserverbände und Klärschlammkooperationen	16
Abbildung 9:	Standorte der vorhandenen Anlagen, in denen 2020 Klärschlamm verbrannt bzw. mitverbrannt wurde sowie Neuplanungen von Monoverbrennungsanlagen und Phosphorrecyclinganlagen	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anzahl der Kläranlagen in NRW nach Größenklasse	7
Tabelle 2:	Monoklärschlammverbrennungsanlagen in NRW (2020 in Betrieb)	17
Tabelle 3:	Neuplanung von Monoklärschlammverbrennungsanlagen	19
Tabelle 4:	Phosphorrecyclinganlagen und Forschungsanlagen zum Phosphorrecycling	20
Tabelle 5:	Bezeichnung der Verbrennungsanlagen aus Abbildung 9	22
Tabelle 6:	Kohlekraftwerke mit Klärschlammverbrennung	23
Tabelle 7:	Trocknungsanlagen für Klärschlamm (in Betrieb)	24
Tabelle 8:	Trocknungsanlagen für Klärschlamm (Planung)	24
Tabelle 9:	Klärschlammzwischenlager (Bestand)	25
Tabelle 10:	Klärschlammzwischenlager (geplant)	25
Tabelle 11:	Langzeitlager für Klärschlammverbrennungssasche (geplant)	25

1 Einleitung / Vorbemerkung

Klärschlamm fällt bei der Abwasserreinigung hauptsächlich in Kläranlagen an. Er dient als Schadstoffsenke, beinhaltet jedoch neben organischen und anorganischen Schadstoffen auch die für die Landwirtschaft wichtigen Nährstoffe Phosphor und Stickstoff.

In Nordrhein-Westfalen wurden im Jahr 2020 in 596 kommunalen Kläranlagen Abwässer behandelt. Diese Kläranlagen erzeugten 363.782 Tonnen Klärschlamm-Trockenmasse, damit hat Nordrhein-Westfalen als das bevölkerungsreichste Bundesland auch das höchste Klärschlammaufkommen. Über das LANUV-Online-Erhebungssystem ERIKA werden jährlich Daten über erzeugte und entsorgte Klärschlämme erfasst. Diese standortbezogenen Daten bilden die Basis für die in diesem Bericht zusammengefassten Mengenauswertungen. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Berücksichtigung der zukünftigen Verpflichtung zur Rückgewinnung des Rohstoffs Phosphor.

In diesem Bericht werden die aktuellen Klärschlamm-mengen mit der Datenbasis aus dem Jahr 2020, das Potenzial für die Phosphorrückgewinnung und aktuelle Planungen (mit Stand Ende 2021) hinsichtlich der betroffenen Entsorgungsinfrastruktur dargestellt. Dazu gehören insbesondere bestehende und geplante Standorte von Verbrennungsanlagen, Zwischenlagern, Trocknungsanlagen und Anlagen zur Phosphorrückgewinnung. Darüber hinaus werden bereits bekannt gewordene Pläne in Bezug auf gemeinsame Aktivitäten von Klärschlamm-erzeugern zur Mengenbündelung dargestellt.

Durch die im Jahr 2017 erfolgte Novellierung der Klärschlammverordnung wurde für den überwiegenden Teil der Klärschlämme eine Pflicht zum Phosphorrecycling gesetzlich verankert. Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen mit Ausbaugrößen von mehr als 100.000 Einwohnerwerten (EW) müssen ab dem Jahr 2029 Phosphor aus dem Klärschlamm zurückgewinnen, sofern dessen Phosphorgehalt 20 g/kg Trockenmasse überschreitet. Ab 2032 besteht diese Pflicht bereits ab einer Ausbaugröße von mehr als 50.000 EW. Gleichzeitig mit dem Inkrafttreten der Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor ist für diese Kläranlagenbetreiber eine bodenbezogene Verwertung des Klärschlammes unzulässig.

Die Pflicht zum Phosphorrecycling betrifft zwar nur rund 24 % der Kläranlagen in NRW, jedoch erzeugen diese großen Anlagen insgesamt ca. 77 % des Klärschlammaufkommens. Die im Jahr 2017 in Kraft getretenen Regelungen des Düngerechts haben die bodenbezogenen Verwertungsmöglichkeiten für Klärschlamm weiter eingeschränkt. Daher ist zu erwarten, dass auch kleinere Kläranlagen, die nicht zum Phosphorrecycling verpflichtet sind, zukünftig vermehrt Klärschlämme thermisch entsorgen werden.

In den nächsten Jahren werden in NRW mehrere neue Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen, teilweise auch als Ersatz für bestehende Altanlagen, geplant und in Betrieb genommen. Einige bestehende Verbrennungsanlagen werden durch Genehmigungserweiterung oder Anlagenoptimierung, zum Beispiel durch Ergänzung einer Klärschlamm-trocknung, auf höhere Verbrennungskapazitäten vorbereitet. Für die Phosphorrückgewinnung aus den Klärschlammverbrennungsaschen stehen mehrere Verfahrensalternativen zur Verfügung. Die Zwischenlagerung von Klärschlammverbrennungsaschen zur Überbrückung von Behandlungsengpässen ist an einigen Standorten denkbar und gemäß Klärschlammverordnung zulässig, zum Beispiel in Monobereichen von Deponien.

Die Pflicht zur Phosphorrückgewinnung aus der Asche betrifft auch die in NRW bedeutsame Mitverbrennung von Klärschlämmen in Braunkohlekraftwerken. Aufgrund des Kohlekompromisses werden die Braunkohlekraftwerke zukünftig sukzessive abgeschaltet. Bereits heute wird Klärschlamm in Anlagen zur Kohleveredelung gemeinsam mit ascheärmer Kohle verbrannt. Die Phosphorrückgewinnung aus den dabei anfallenden Aschen ist Gegenstand aktueller Forschung und Entwicklung. An einem großen Kraftwerksstandort der RWE Power AG ist die zusätzliche Errichtung einer Monoverbrennungsanlage für Klärschlamm geplant.

Mit dem Ziel, Klärschlamm-mengen zu bündeln und Entsorgungsstrategien gemeinsam zu entwickeln, haben sich viele Klärschlamm-erzeuger aus NRW zu Klärschlamm-Kooperationen zusammengeschlossen.

Einige der in NRW bestehenden sondergesetzlichen Wasserverbände haben ein gemeinsames Forschungsprojekt begonnen, in dem ein regionales Mengenmanagement für Klärschlamm und Klärschlammverbrennungsasche entwickelt und verfahrenstechnische Erkenntnisse in die konkrete Anlagenplanung einer Phosphorrückgewinnungsanlage einfließen sollen. Verschiedene dezentrale Verfahren zur Phosphorrückgewinnung, die bereits auf der Kläranlage stattfindet, werden in NRW untersucht. Welche Rolle diese Verfahren zukünftig spielen werden, ist noch nicht absehbar.

Im Auftrag des Umweltministeriums NRW wurde von 2018 bis 2020 das Projekt „Die Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen“ [1] durchgeführt. Auf Basis der aktuell vorhandenen Informationen zur Klärschlamm-entsorgung wurden unter Berücksichtigung regionaler Aspekte Entsorgungsszenarien entwickelt und relevante rechtliche und organisatorische Fragen in enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Anlagenbetreibern erarbeitet. Zudem wurden einige erfolgversprechenden Phosphor-Rückgewinnungsverfahren in Form von Steckbriefen detailliert beschrieben. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden Empfehlungen formuliert, die die betroffenen Akteure bei Entscheidungsprozessen unterstützen können.

2 Klärschlammaufkommen und Kläranlagen in NRW

Im Jahr 2020 betrug das Aufkommen an kommunalen Klärschlämmen in NRW 363.782 t TS. Die entsorgte Menge betrug 361.791 t. Die Differenz ergibt sich aus Bestandsveränderungen in Zwischenlagern.

Von den insgesamt 596 im Bezugsjahr betriebenen Kläranlagen in NRW fielen 145 in die Größenklassen 4b und 5 (siehe Tabelle 1). Für diese Kläranlagen gilt gemäß AbfKlärV ab 2029 bzw. 2032 die Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm, wenn der Phosphor-Gehalt im zur Entsorgung anstehenden Klärschlamm bei 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse liegt. Die 145 Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 erzeugten ca. 77 Prozent des gesamten Klärschlammaufkommens.

Tabelle 1: Anzahl der Kläranlagen in NRW nach Größenklasse

Größenklasse (GK)	Kapazität in Einwohnerwerten	Anzahl in NRW	Umsetzung P-Recycling
1	< 1.000	55	
2	1.000 - 5.000	92	
3	5.001 - 10.000	69	
4a	10.001 - 50.000	235	
4b	50.001 - 100.000	74	Handlungsbedarf bis 2032
5	> 100.000	71	Handlungsbedarf bis 2029

Abbildung 1 zeigt die räumliche Lage aller Kläranlagen in NRW. In Abbildung 2 sind nur die Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 dargestellt.

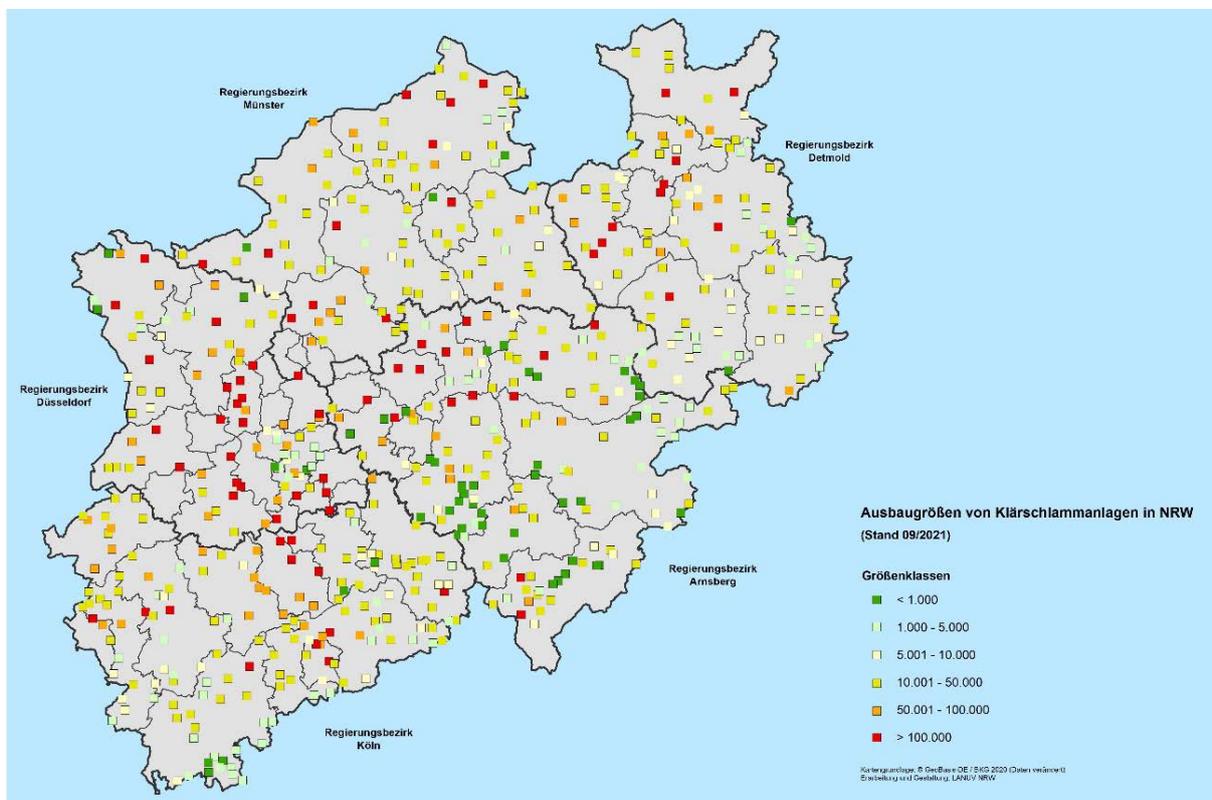


Abbildung 1: Ausbaugrößen von Kläranlagen in NRW

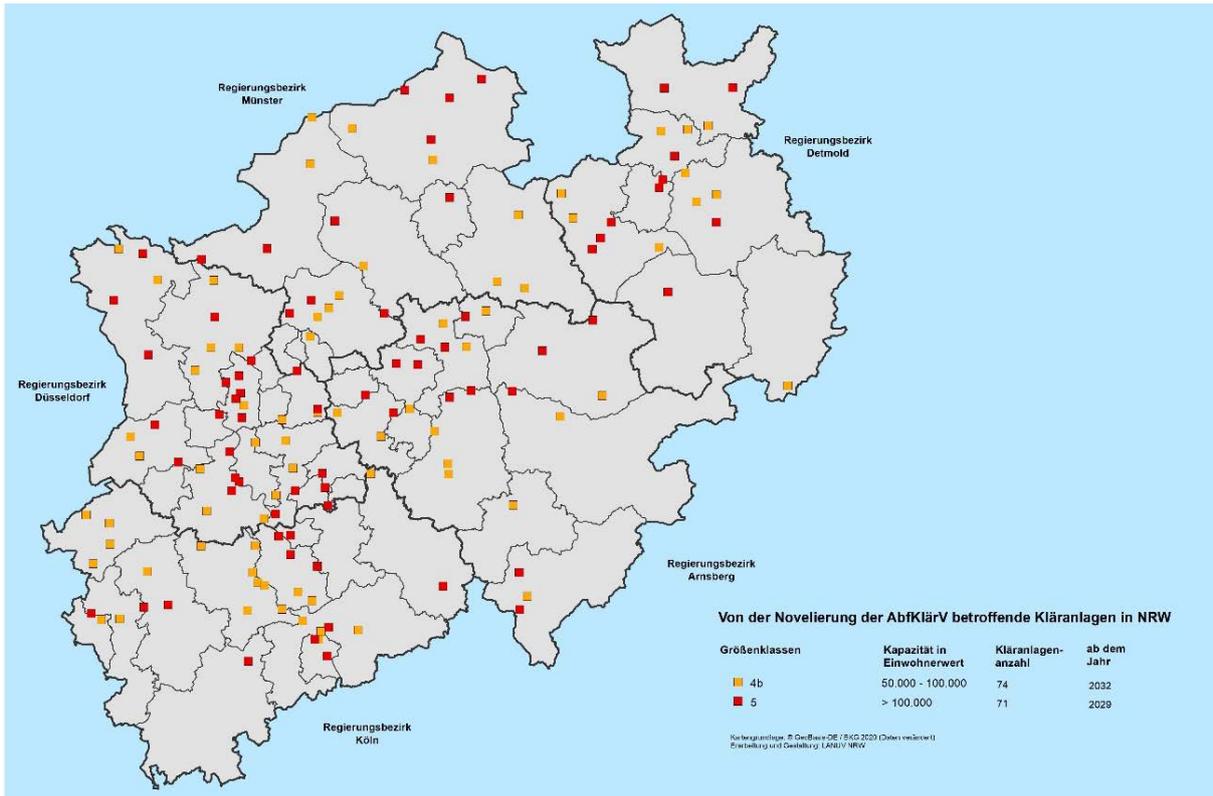


Abbildung 2: Kläranlagen der GK 4b und 5

3 Klärschlamm Entsorgung in NRW

3.1 Thermische Entsorgung

In 2020 wurden insgesamt 335.269 t TS Klärschlamm thermisch entsorgt, davon etwa 46 % durch Monoverbrennung und ca. 50 % durch Mitverbrennung. Ein Anteil von ca. 4 % wurde zur thermischen Entsorgung in die Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Bremen und Sachsen sowie ins Ausland abgegeben.

Seit 2020 ist der Trend erkennbar, dass bei der thermischen Entsorgung zunehmend Trocknungsanlagen vorgeschaltet werden. Zur Optimierung der Logistik werden Klärschlämme teilweise über Zwischenlager der Mitverbrennung zugeführt.

3.2 Stoffliche Verwertung

In 2020 wurden 25.905 t TS Klärschlamm stofflich verwertet, was einem Anteil von ca. 7 % an den insgesamt entsorgten Klärschlämmen entspricht. Der überwiegende Teil davon (20.876 t TS) wurde bodenbezogen, also als Dünger in der Landwirtschaft, verwertet. Das entspricht einem Anteil von ca. 6 % am insgesamt entsorgten Klärschlamm. Der Klärschlamm stammte dabei aus 61 verschiedenen Kläranlagen.

Knapp 60 % der bodenbezogenen Verwertung erfolgte im Jahr 2020 auf landwirtschaftlichen Flächen innerhalb von NRW (12.152 t TS) und gut 40% auf Flächen in anderen Bundesländern (8.724 t TS).

Die zeitliche Entwicklung der Entsorgungswege für Klärschlamm in den letzten zehn Jahren ist in Abbildung 3 dargestellt. Es ist festzustellen, dass die Verbrennung überwiegt, während der Anteil der bodenbezogenen Verwertung kontinuierlich abnimmt.

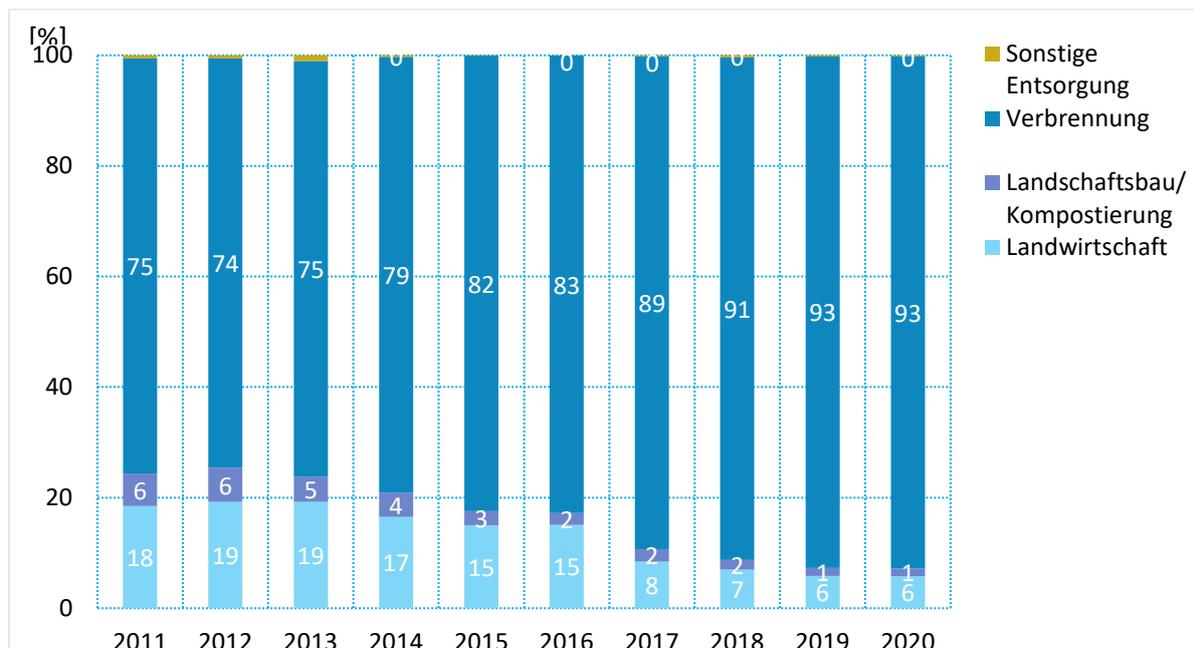


Abbildung 3: Entwicklung der Entsorgungswege für Klärschlamm (Anteil in Prozent)

Von den im Jahr 2020 in NRW entsorgten Klärschlämmen wurden ca. 93 % einem thermischen Entsorgungsweg zugeführt. Bei den beliebtesten Verbrennungsanlagen handelte es sich um Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen sowie in erheblichem Umfang um Mitverbrennungsanlagen. Unter „Mitverbrennung“ wird die thermische Entsorgung in Anlagen verstanden, die im Wesentlichen über andere Hauptbrennstoffe befeuert werden. Dabei kamen überwiegend Braunkohlekraftwerke, in geringerem Umfang aber auch Steinkohlekraftwerke, Hausmüllverbrennungsanlagen, sonstige Abfallverbrennungsanlagen und Zementwerke zum Einsatz. Die Aufteilung auf die unterschiedlichen Entsorgungswege ist in Abbildung 4 dargestellt.

Eine wirtschaftlich sinnvolle Rückgewinnung von Phosphor aus der Verbrennungssasche ist derzeit nur für Aschen aus Monoverbrennungssaschen nachgewiesen. Die Rückgewinnung von Phosphor aus Mitverbrennungssasche unter Verwendung aschearmer Kohle ist Gegenstand aktueller Forschung. Die Mitverbrennung in Zementwerken oder Hausmüllverbrennungsanlagen kommt zukünftig nur für Klärschlämme in Frage, für die keine Pflicht zum Phosphorrecycling besteht. Daher ist bis 2029 mit einem Rückgang bei der Nutzung von Mitverbrennungskapazitäten zu rechnen.

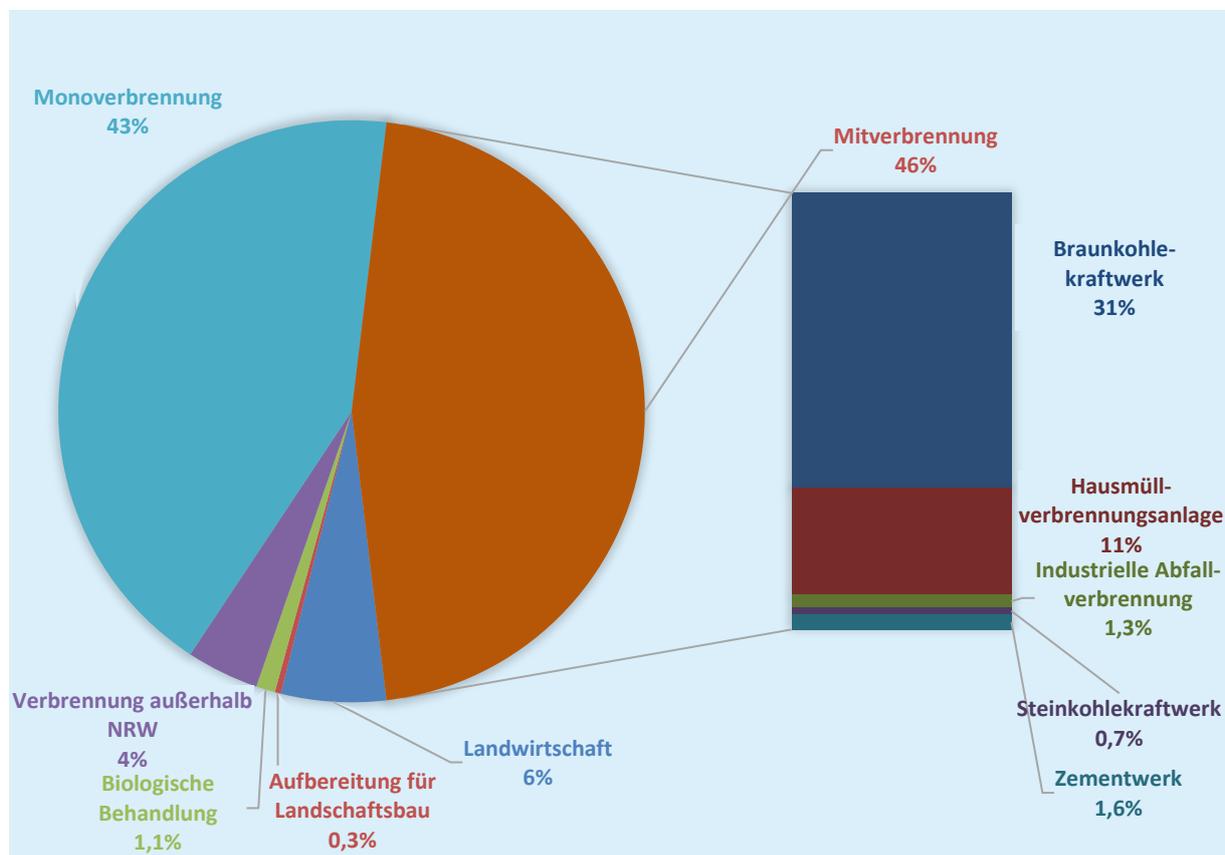


Abbildung 4: Entsorgungswege für Klärschlamm in NRW

3.3 Innerdeutsche und grenzüberschreitende Verbringung von kommunalen Klärschlämmen

3.3.1 Verbringung in andere Bundesländer

Im Berichtsjahr 2020 wurden 14.449 t der in NRW erzeugten Klärschlämme in anderen Bundesländern und im Ausland entsorgt. Die Verteilung auf verschiedene Bundesländer ist in Abbildung 5 dargestellt. Überwiegend wurden Verbrennungsanlagen in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt beliefert.

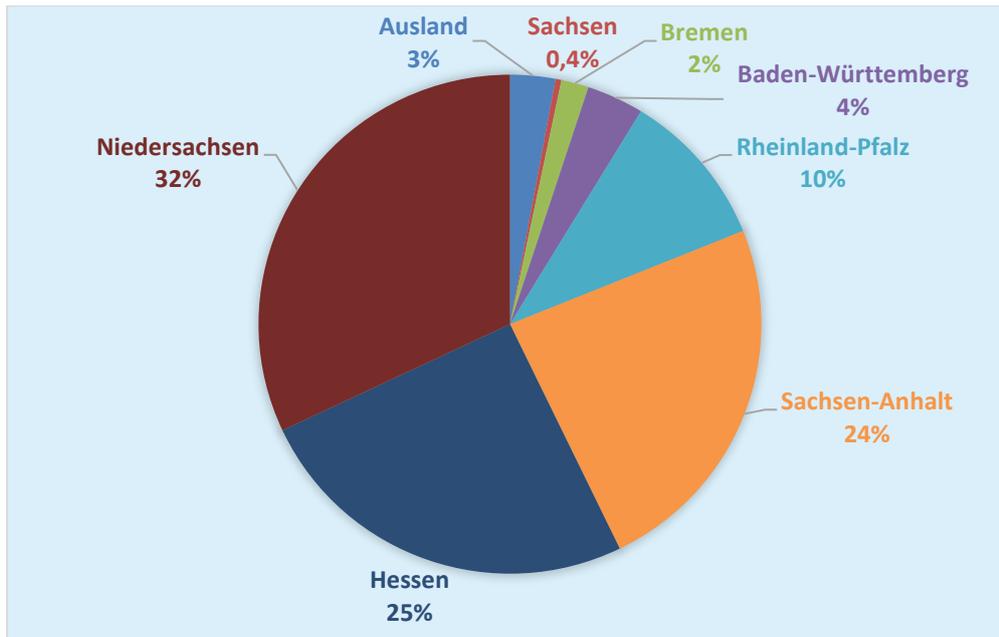


Abbildung 5: Verbringung von Klärschlämmen aus NRW in andere Bundesländer

3.3.2 Grenzüberschreitende Verbringung

Im Jahr 2020 wurden lediglich ca. 400 t kommunaler Klärschlämme (OS) aus NRW ins benachbarte Ausland entsorgt, was einem Anteil von ca. 3 % entspricht.

Aus dem Ausland wurden im Jahr 2020 insgesamt 116.568 t kommunale Klärschlämme (Originalsubstanz) nach NRW verbracht und entsorgt. Dabei handelte es sich teilweise um getrocknete Klärschlämme. Bezogen auf die Trockenmasse kann die importierte Menge nur abgeschätzt werden und betrug rund 54.000 Tonnen, die zum überwiegenden Anteil aus den Niederlanden stammten. Die prozentuale Herkunft der aus dem Ausland importierten Klärschlämme ist in Abbildung 6 dargestellt.

Die importierten Klärschlämme wurden fast ausschließlich in Mitverbrennungsanlagen entsorgt. Auch für aus dem Ausland eingeführte Klärschlämme sind zukünftig die Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung umzusetzen. Mitverbrennungsanlagen wie Kohlekraftwerke stehen folglich ab 2029 nicht mehr uneingeschränkt für die Entsorgung importierter Klärschlämme zur Verfügung. Darüber hinaus sind hier Auswirkungen des Stilllegungspfades für die Kohlekraftwerke als Folge des Kohlekompromisses zu erwarten (siehe 5.3).

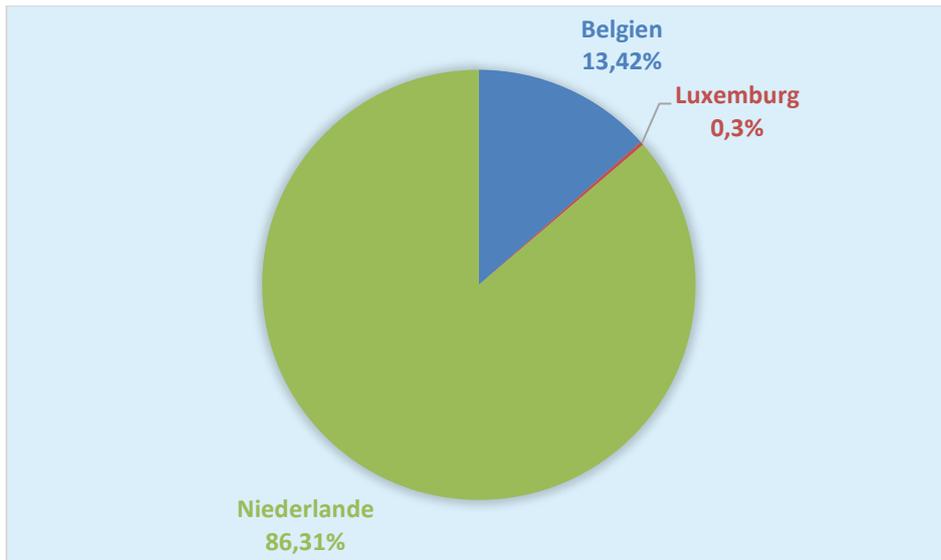


Abbildung 6: Aus dem Ausland nach NRW verbrachte Klärschlämme mit Herkunft (Anteile der Menge bezogen auf OS)

3.4 Stoffströme kommunaler Klärschlämme in NRW

Einen Überblick über die erzeugten, importieren und entsorgten Klärschlämme in NRW bezogen auf das Jahr 2020 gibt das Mengenflussdiagramm in Abbildung 7.

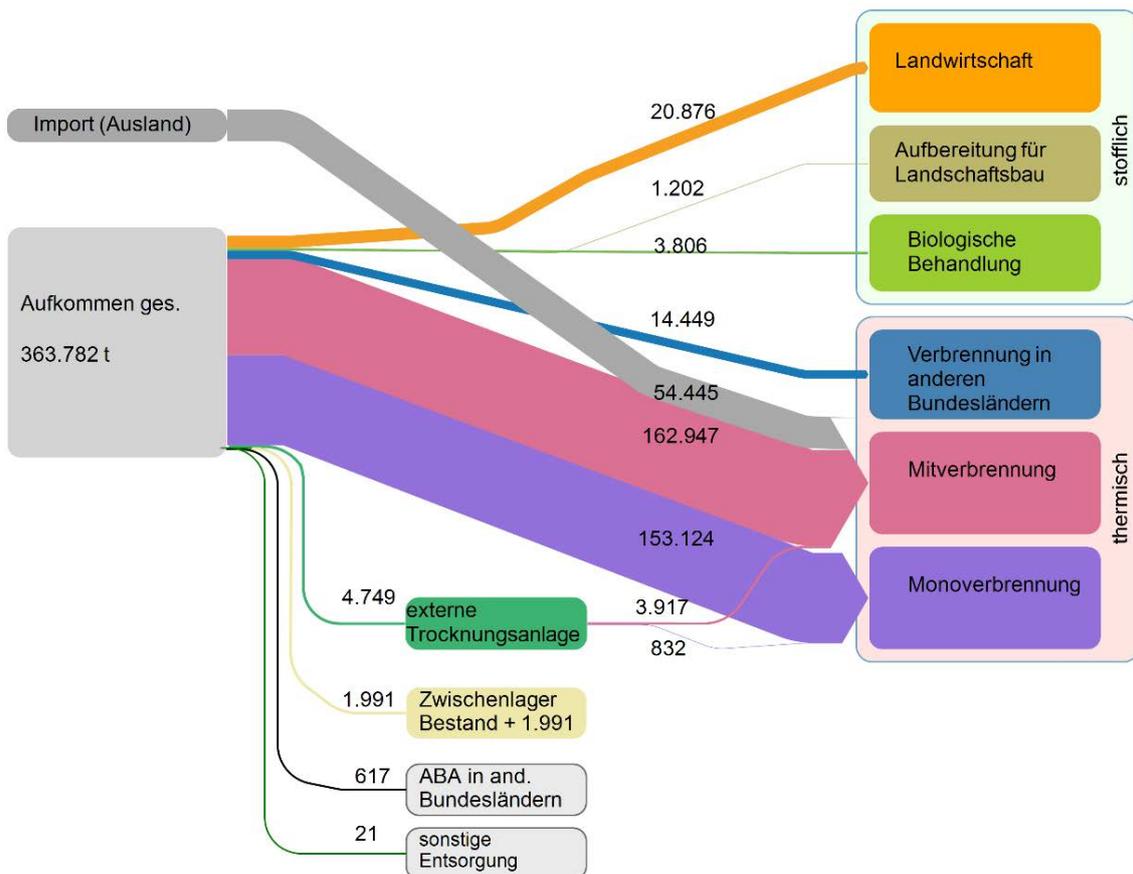


Abbildung 7: Mengenflussdiagramm Klärschlamm entsorgung in NRW 2020 (Angaben in t Trockenmasse)

4 Organisation der Entsorgung: Wasserverbände und Kooperationen

4.1 Sondergesetzliche Wasserverbände

In NRW ist die Abwasserentsorgung insbesondere in den dicht besiedelten Landesteilen über Verbände organisiert. Neun davon sind sondergesetzliche Wasserverbände, die gesetzlich übertragene, staatliche Aufgaben im Rahmen der Wasserwirtschaft, wie z. B. die Abwasserreinigung, wahrnehmen. Gemeinsam mit dem Bergisch-Rheinischen Wasserverband verfolgen diese zehn größten Wasserverbände bereits konkrete Planungen und Projekte zur Umsetzung der Phosphor-Rückgewinnung für die verbandsangehörigen Kläranlagen. Im Folgenden sind bedeutende aktuelle Vorhaben einiger Verbände dargestellt. Die Projekte werden teilweise unter Inanspruchnahme von öffentlichen Fördermitteln durchgeführt.

- **Ruhrverband**

Der Ruhrverband ist gemeinsam mit dem Energieversorger Mark-E Gesellschafter der Wirbelschichtverbrennungsanlage Elverlingsen GmbH (WFA E). Für einen überwiegenden Teil der beim Ruhrverband anfallenden Klärschlämme bestehen langfristige Abnahmeverträge mit der WFA E. Der Ruhrverband ist am Projekt AMPHORE beteiligt. In diesem Projekt wird eine Versuchsanlage zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsasche nach dem PARFORCE-Verfahren eingerichtet.

- **Emschergenossenschaft/Lippeverband (EGLV)**

Am Standort Bottrop wurde eine solarthermische Klärschlamm-trocknungsanlage mit rund 41.000 m² Trocknungsfläche in Betrieb genommen, um die Kapazität der Klärschlammverbrennungsanlage am gleichen Standort zu erhöhen. Die EGLV ist am AMPHORE-Projekt beteiligt, in dem Bottrop als Standort für die PARFORCE-Versuchsanlage zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsasche festgelegt wurde.

Die Bergisch-Rheinische Wasserverband sowie die weiteren sondergesetzlichen Wasserverbände, im Einzelnen Erftverband, Wasserverband Eifel-Rur, Niersverband, Wupperverband, Aggerverband und Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft haben sich, wie im folgenden Abschnitt dargestellt, untereinander oder mit Betreibern verbandsfreier Kläranlagen über gemeinsame Konzepte zur Klärschlamm-entsorgung verständigt.

4.2 Kooperationen zur gemeinsamen Klärschlamm-entsorgung

Als Folge der Neufassung der Klärschlammverordnung und der künftigen Pflicht zum Phosphorrecycling haben sich einige Wasserverbände und Betreiber verbandsfreier Kläranlagen zu Kooperationen zusammengeschlossen, um ein gemeinsames Entsorgungskonzept zu entwickeln. Die aktuell bekannten Kooperationen sind im Folgenden kurz dargestellt:

- **Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH (KVB)**

2019 wurde die KVB GmbH mit dem Ziel gegründet, am Standort Wuppertal-Buchenofen eine neue Klärschlammverbrennungsanlage als Ersatz für die bestehende Anlage zu planen und zu errichten. Gesellschafter sind die Wasserverbände Wupperverband, Bergisch-Rheinischer Wasserverband, Aggerverband sowie die Stadt Düsseldorf und die Stadt Münster.

Im Jahr 2021 sind die Stadtentwässerungsbetriebe der Städte Ahlen, Bergisch Gladbach, Oelde, der Abwasserbetrieb Warendorf sowie die Abwasserbetrieb TEO AöR als Gemeinschaftsunternehmen der Stadt Telgte und der Gemeinden Everswinkel, Ostbevern und Beelen der Kooperation beigetreten.

Die derzeitigen Planungen sehen vor, dass in der neuen Anlage ab 2028 rund 47.500 Tonnen Klärschlamm-Trockenmasse verbrannt werden sollen.

- **KLAR GmbH (KLAR)**

In der Region Rheinland haben sich Klärschlammherzeuger in der KKP (Klärschlammkooperation Pool GmbH) zusammengeschlossen. Diese Kooperation bündelt unter anderem die Klärschlamm-mengen aus Sankt Augustin, Bergisch-Gladbach, Brühl, Pulheim und Dormagen. Die KKP ist neben den Stadtentwässerungsbetrieben Köln, der Stadt Bonn und den Stadtwerken Köln Gesellschafter der KLAR GmbH (Klärschlammverwertung am Rhein).

Die KLAR GmbH (Klärschlammverwertung am Rhein) soll gemeinsam mit privaten und öffentlichen Partnern die Errichtung einer Klärschlammverbrennungsanlage am Standort Köln-Merkenich planen und umsetzen. Die Kapazität der Anlage wird mindestens 30.000 t TM pro Jahr betragen.

- **Klärschlammkooperation Rheinland GmbH (KKR)**

Im Jahr 2021 haben der Erftverband und der Wasserverband Eifel-Rur (WVER) die KKR gegründet. Beide Verbände verfügen insgesamt über 70 Kläranlagen in den Einzugsgebieten von Rur und Erft. Die KKR sucht über eine Ausschreibung einen strategischen Partner, der einen Standort für eine Monoverbrennungsanlage mit einer Kapazität von ca. 40.000 t TM/a sowie möglichst Erfahrungen bei der Schlammverbrennung einbringen soll. Ein gemeinsamer Anlagenbetrieb mit KKR ist möglich.

- **Klärschlammkooperation Ostwestfalen Lippe GmbH (OWL)**

Bereits im Oktober 2018 vereinbarten der Abfallwirtschaftsverband Lippe, die Gesellschaft zur Entsorgung von Abfällen Kreis Gütersloh mbH, die Herforder Abwasser GmbH, der Abfallentsorgungsbetrieb des Kreises Minden-Lübbecke, der Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld sowie die Stadt Gütersloh als Erstunterzeichner eine Vorvereinbarung zur interkommunalen Klärschlammkooperation in Ostwestfalen-Lippe (OWL). Derzeit gehören 78 Abwasserbeseitigungspflichtige zur Kooperation.

Das Ergebnis der europaweiten Ausschreibung zum Bau und Betrieb einer Klärschlammverbrennungsanlage ist noch nicht bekannt. Die Anlage soll mit einer Kapazität von 44.000 t TM/a die Schlämme der Kooperationspartner aufnehmen. Eine Festlegung auf eine Technologie zum Phosphorrecycling aus der Verbrennungssasche ist bisher nicht erfolgt.

- **Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG)**

Die Linksniederrheinischen Entwässerungs-Genossenschaft plant die Errichtung einer Klärschlamm-Monoverbrennung zur thermischen Entsorgung der Klärschlämme für vier LINEG-Kläranlagen sowie Mengen aus Anlagen des Niersverbandes und der Wirtschaftsbetriebe Duisburg. Die Inbetriebnahme der Anlage am Standort Asdonkshof mit einer Kapazität von ca. 25.000 t TM/a ist 2027 geplant. Die LINEG ist am Projekt AMPHORE beteiligt, in dem es auch um das Management von Klärschlammverbrennungssaschen geht.

- **Kreis Borken**

Im Kreis Borken war die Gründung einer kommunalen Arbeitsgemeinschaft zur Klärschlamm Entsorgung geplant. Diese sollte sich aus der EGW Entsorgungsgesellschaft Westmünsterland und den Kommunen Ahaus, Borken, Gescher, Gronau, Heek, Heiden, Isselburg, Legden, Schöppingen, Stadtlohn, Raesfeld, Velen und Vreden zusammensetzen. Die gemeinsame Klärschlamm Entsorgung bis 2024 einschließlich sollte über eine europaweite Ausschreibung vergeben werden. Pläne über diesen Zeitpunkt hinaus sind nicht bekannt.

- **Kreis Steinfurt**

Im Kreis Steinfurt wurde ebenfalls eine Bündelung der Klärschlamm Mengen aus dem Einzugsgebiet der Entsorgung GmbH Steinfurt angestrebt. Bisher haben die Gespräche aber noch zu keiner konkreten Kooperation geführt.

- **Altenkirchen (Rheinland-Pfalz)**

Einige Kommunen nahe der Landesgrenze zu Rheinland-Pfalz beabsichtigen, ihren Klärschlamm in einer Klärschlammverbrennungsanlage in Rheinland-Pfalz zu entsorgen. Die Anlage am Standort Betzdorf/Wallmenroth befindet sich im Planungsverfahren.

Es ist zu erkennen, dass sich der bestehende Trend fortsetzt und der überwiegende Teil der Klärschlämme in NRW zukünftig Verbrennungsanlagen zugeführt wird. Die dabei anfallende Klärschlamm asche muss dann spätestens ab dem im der Klärschlammverordnung benannten Stichtag einem Verfahren zur Phosphorrückgewinnung zugeführt werden. Die jeweils zur Anwendung kommenden Verfahren müssen eine Rückgewinnung von 80 % des Phosphoranteils gewährleisten.

Abbildung 8 veranschaulicht die regionalen Einzugsgebiete der oben genannten bisher bekannten oder beabsichtigten Zusammenschlüsse in NRW. Die Kooperationen sind als geschlossene Fläche dargestellt, die Wasserverbände mit großer Flächenausdehnung sind jeweils schraffiert unterlegt.

Einzelne Kläranlagenbetreiber haben sich jedoch für alternative Konzepte zur Phosphorrückgewinnung entschieden oder betreiben Versuchsanlagen, um daraus Erkenntnisse für eine langfristige Strategie abzuleiten. Einige dieser Projekte werden in den Abschnitten 6.3 und 6.4 erläutert.

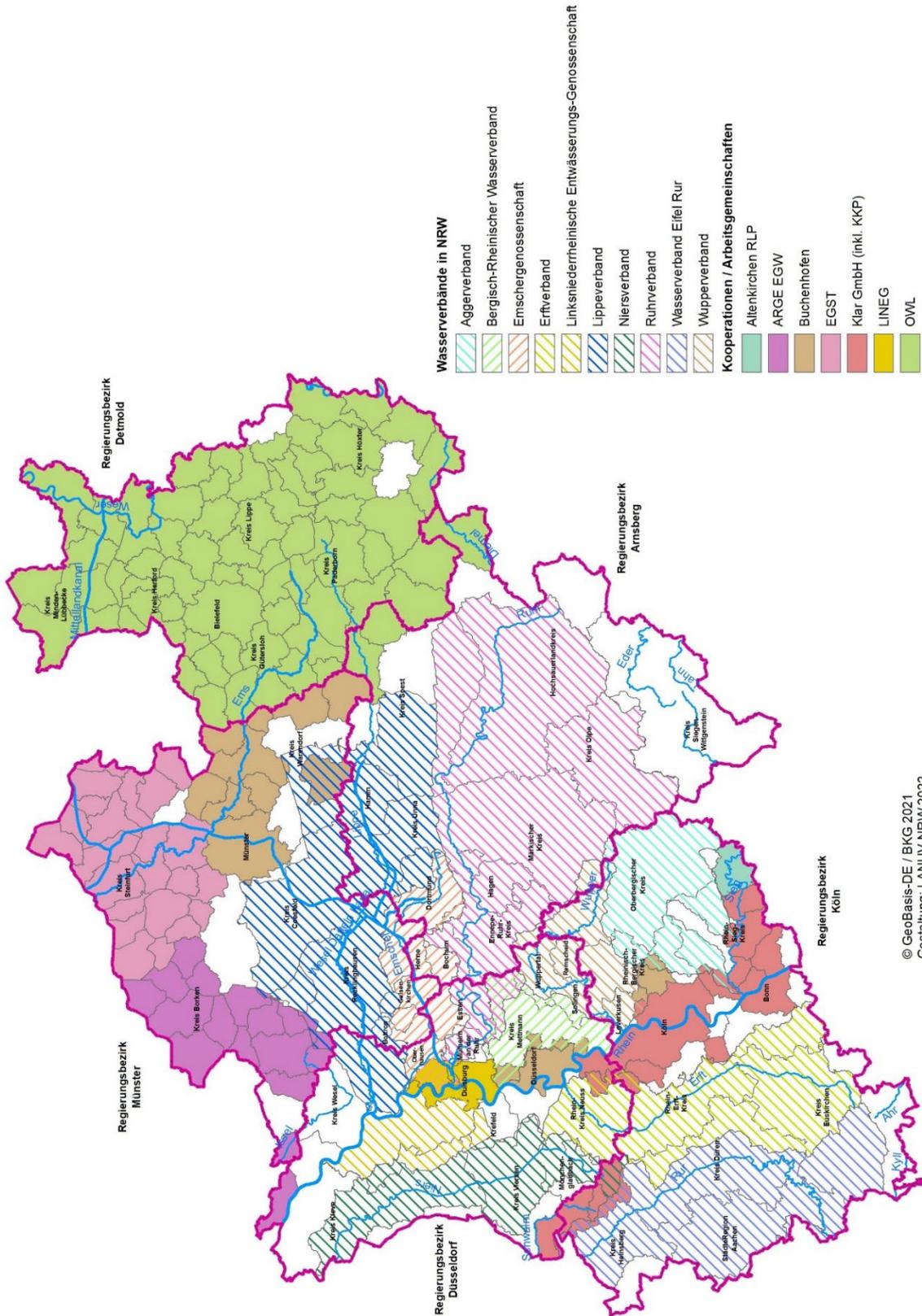


Abbildung 8: Einzugsgebiete/Mitgliedschaften der Wasserverbände und Klärschlammkooperationen

5 Entsorgungsinfrastruktur für Klärschlämme in NRW

5.1 Verbrennungskapazitäten Monoverbrennung/Kohlekraftwerke

In NRW wurden 2020 insgesamt 6 Klärschlammmonoverbrennungsanlagen betrieben. Die Kapazität der Anlagen lag in Summe bei ca. 250.000 t TM/a. (siehe Tabelle 2).

Am Standort Bottrop wurde die Kapazität der Anlage durch Installation einer solarthermischen Trocknungsanlage am gleichen Standort und vollständigen Verzicht auf Kohle zur Feuerung erhöht.

Die Innovatherm GmbH beabsichtigt, ebenfalls eine Trocknungsanlage zu errichten und die Kapazität der Wirbelschichtfeuerungsanlage am Standort Lünen vermehrt für die Verbrennung kommunaler Klärschlämme auszurichten.

Die Errichtung weiterer Monoverbrennungsanlagen als Ersatz für Bestandsanlagen oder als Neuanlage ist geplant. Eine Zusammenstellung der Planungen findet sich in Abschnitt 5.2.

Tabelle 2: Monoklärschlammverbrennungsanlagen in NRW (2020 in Betrieb)

Betreiber	Standort	Kapazität KS t TS/a	Bemerkung
Stadtwerke Bonn	Bonn	8.000	wird außer Betrieb genommen, Ersatz: Anlage KLAR GmbH, Köln Merkenich
Emschergenossenschaft	Bottrop	44.000	neue Trocknung als Vorschaltanlage in Betrieb
WVER	Düren	14.000	wird außer Betrieb genommen
WFA Elverlingsen GmbH	Werdohl-Elverlingsen	56.000	Kapazitätserweiterung geplant
INNOVATHERM GmbH	Lünen	95.000	Großer Anteil industrieller Schlämme, perspektivisch nur noch kommunale Schlämme, Errichtung von Trocknungsanlagen, dadurch Kapazitätserhöhung
Wupperverband	Wuppertal-Buchenhofen	32.000	Ersatz-Neubau geplant, Kapazitätserhöhung

An zwei Standorten der chemischen Industrie in NRW wurden ebenfalls kommunale Klärschlämme verbrannt. Die Currenta in Leverkusen betreibt eine Sonderabfall- und Klärschlammverbrennungsanlage. Dort wurden die Schlämme der Kläranlage Leverkusen-Bürrig verbrannt. In der Anlage fand eine gemeinsame Behandlung kommunaler und industrieller Schlämme statt. Am Standort der Evonik in Marl wurden ebenfalls neben industriellen Schlämmen auch geringe Mengen kommunaler Klärschlämme verbrannt.

5.2 Planung neuer Infrastruktur zur Klärschlamm-trocknung und -verbrennung

Monoklärschlammverbrennungsanlagen

- **Wupperverband (Wuppertal)**

Die bestehende Klärschlammverbrennungsanlage in Wuppertal-Buchenhofen ist seit mehr als 40 Jahren im Betrieb. Die Bestandsanlage wird durch eine neue Anlage ersetzt, die für die Mengen der Kooperation Klärschlammverwertung Buchenhofen ausgelegt ist.

- **Bundesstadt Bonn (Bonn)**

Die Klärschlammverbrennungsanlage in Bonn wird in den kommenden Jahren stillgelegt. Bisher wurden in der Anlage ausschließlich Klärschlämme der Stadtentwässerung Bonn entsorgt. Die zukünftige Entsorgung soll über die Mengenbündelung der KLAR GmbH in der am Standort Köln-Merkenich geplanten Anlage erfolgen.

- **Wasserverband Eifel-Rur (Düren)**

Der Wasserverband Eifel-Rur ist der KKR beigetreten, die derzeit einen neuen Anlagenstandort sucht. Die bestehende Anlage in Düren wird voraussichtlich außer Betrieb genommen, sobald die KKR entsprechende Entsorgungskapazitäten zur Verfügung stellen kann.

- **Emschergenossenschaft (Bottrop)**

Die bestehende Klärschlammverbrennungsanlage wird am Standort Bottrop weiterbetrieben. Durch die Inbetriebnahme der solarthermischen Klärschlamm-trocknungsanlage ist eine Erhöhung der Verbrennungskapazitäten möglich.

- **WFA Elverlingsen (Werdohl)**

Die Kapazitäten der WFA Elverlingsen können ggf. durch verminderte Zufeuerung mit fossiler Energieträgern (insb. Kohle, Sekundärbrennstoffe) erhöht werden. Dazu wäre der vermehrte Einsatz getrockneter Klärschlämme bzw. die Errichtung einer Trocknungsanlage erforderlich.

- **Innovatherm (Lünen)**

Die Innovatherm in Lünen erweitert die Klärschlammverbrennung durch den Bau von Trocknungsanlagen. Dadurch soll ermöglicht werden, in Zukunft auf heizwertreiche Industrieschlämme/-abfälle zu verzichten und den Einsatz von kommunalen Klärschlämmen zu erhöhen. Nach der ersten Ausbaustufe wird mit einem Einsatz von ca. 240.000 t OS/a gerechnet. Eine zweite Ausbaustufe erhöht die Kapazität auf ca. 480.000 t OS/a.

- **LINEG (Asdonkshof)**

Die Linksniederrheinischen Entwässerungs-Genossenschaft plant die Errichtung einer Klärschlamm-Monoverbrennung am Standort AEZ Asdonkshof. Die Verbrennungskapazität ist auf die Mengen von vier LINEG-Kläranlagen, Kläranlagen des Niersverbandes sowie der Wirtschaftsbetriebe Duisburg abgestimmt. Die Inbetriebnahme der Monoverbrennungsanlage mit einer Kapazität von ca. 25.000 t TM/a ist für das Jahr 2027 geplant.

- **KLAR GmbH Merkenich**

Die KLAR GmbH plant die Errichtung einer Klärschlammverbrennungsanlage am Standort Köln-Merkenich. Die Kapazität der Anlage wird mindestens 30.000 t TM pro Jahr betragen.

- **KKR21 (Standort offen)**

Die KKR sucht über eine Ausschreibung einen strategischen Partner, der einen Standort für eine Monoverbrennungsanlage mit einer Kapazität von ca. 40.000 t TM/a einbringt.

- **KSVA Bielefeld-Herford**

MVA Bielefeld-Herford GmbH verfügt über eine Genehmigung für den Bau einer Klärschlammverbrennungsanlage mit einer Kapazität von 35.000 t TM/a (ca.140.000 t OS/a) am Standort der MVA. Aufgrund der Lage ist denkbar, dass dieser Standort bei der Ausschreibung der Klärschlammverwertung OWL GmbH berücksichtigt wird.

- **Remondis TetraPhos GmbH, Lünen**

Die Remondis TetraPhos GmbH plant am Standort Lünen den Bau einer KSVA mit einer Kapazität von 30.000 t TM/a sowie den Bau einer Phosphor-Rückgewinnungsanlage nach dem TetraPhos®-Verfahren für 12.000 t/a Klärschlammverbrennungsasche.

- **RWE Power AG, Hürth-Knapsack**

Die RWE Power AG plant die Errichtung von Monoverbrennungsanlagen für Klärschlamm an Standort Knapsacker Hügel (Hürth). Es sind in mehreren Ausbaustufen bis zu zwei Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen mit einer Kapazität von jeweils 180.000 t/a mechanisch entwässertem Klärschlamm sowie eine Trocknungsanlage geplant. Die Inbetriebnahme der ersten Anlage soll Anfang 2025 erfolgen.

Weitere Planungen für Klärschlammverbrennungsanlagen, wie z.B. in Heek, sind bisher unkonkret. Aktuell ist nicht absehbar, ob jedes dieser geplanten Vorhaben zur Umsetzung kommt. Die Kenndaten der neu geplanten Anlage (Standorte und ungefähre Kapazität) sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Neuplanung von Monoklärschlammverbrennungsanlagen

Betreiber	Standort	Kapazität KS t TS/a	Bemerkung
KLAR GmbH	Köln-Merkenich	> 30.000	
KKR 21	Standortsuche	40.000	Planung/Standortsuche
MVA Bielefeld-Herford GmbH	Bielefeld	35.000	1. Teilgenehmigung liegt vor seit 11/2019, 2. Teilgenehmigungsverfahren läuft
KSVB Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH	Wuppertal-Buchenhofen	47.500	ersetzt Altanlage, zusätzliche Kapazität
Klärschlammverwertung OWL GmbH	Ausschreibung läuft	44.000	Internationale Ausschreibung/ ggf. Rückgriff auf Bielefeld
LINEG	Asdonkshof	25.000	Beteiligung weiterer Gemeinden wird geprüft/Mengenbündelung
Remondis TetraPhos GmbH	Lünen	30.000	Neben BMK Lünen, Trocknung mit Abwärme BMK, kombiniert mit Tetraphos®-Anlage
RWE Power AG, Knapsacker Hügel Hürth	Hürth	1. Ausbaustufe 45.000, 2. Ausbaustufe 90.000	Veredelungsstandort Knapsacker Hügel
GEM Rinteln, Standort Heek	Heek	17.000	

Phosphorrückgewinnungsanlagen

Derzeit ist in NRW noch keine stationäre Anlage zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammverbrennungsaschen in Betrieb. Die aktuell geplanten Anlagen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Lediglich für die geplante Anlage der Remondis in Lünen läuft bereits ein Genehmigungsverfahren für die Errichtung einer Phosphor-Rückgewinnungsanlage nach dem TetraPhos[®]-Verfahren.

Die EmscherGenossenschaft plant am Standort Bottrop eine Versuchsanlage nach dem PARFORCE-Verfahren. Eine full-scale-Anlage wird ggf. nach erfolgreichem Abschluss der AMPHORE-Versuchsphase projektiert. Weitere Informationen zum AMPHORE-Projekt finden sich im Abschnitt 6.2.

Die RWE forscht in einem Verbundprojekt mit der MFC-Anlage an einem neuen Verfahren. Dabei soll in einer Vergasungsanlage ein Gemisch aus Klärschlamm, Klärschlammasche und Kohle behandelt werden, siehe auch Abschnitt 6.5.

Eine Festlegung für eine Technologie zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche ist demnach noch nicht bei allen geplanten Monoverbrennungsanlagen erfolgt.

Tabelle 4: Phosphorrecyclinganlagen und Forschungsanlagen zum Phosphorrecycling

Betreiber	Standort	Kapazität KSA t/a	Bemerkung
Remondis TetraPhos GmbH	Lünen	bis zu 18.300 t/a KS-Asche	Tetraphos [®] -Verfahren
PhosRec Phosphor-Recycling GmbH	Bottrop	Versuchsanlage	PARFORCE-Technologie
RWE Power AG	Niederaussem	Versuchsanlage	MFC Multi-Fuel-Conversion

Die räumliche Lage der bestehenden und geplanten Anlagenstandorte für Klärschlammmonoverbrennungsanlagen und P-Recyclinganlagen in NRW ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Darstellung enthält zusätzlich die Standorte der Kraftwerke, Hausmüllverbrennungsanlagen und Zementwerke, die im Jahr 2020 kommunale Klärschlämme eingesetzt haben.

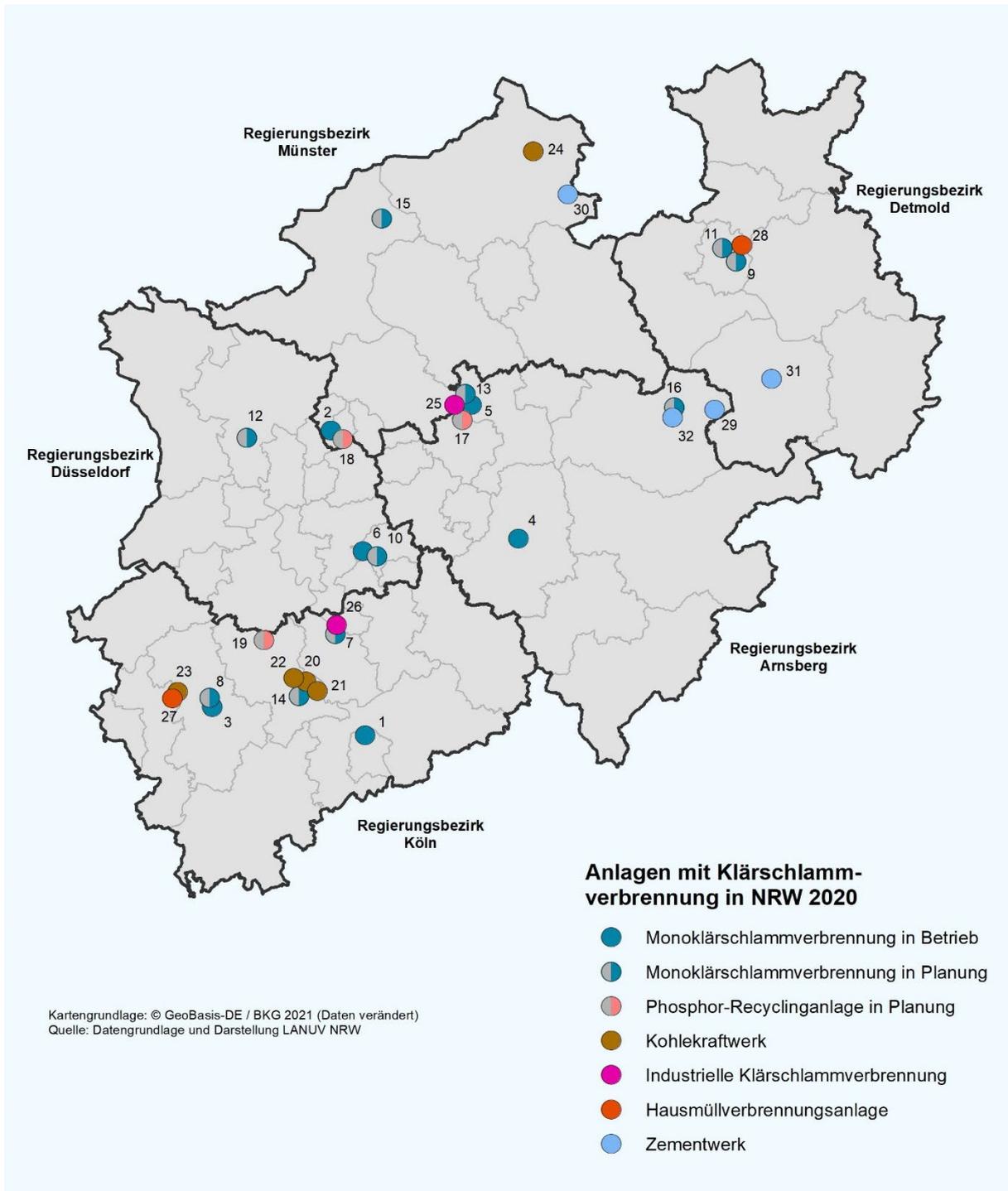


Abbildung 9: Standorte der vorhandenen Anlagen, in denen 2020 Klärschlamm verbrannt bzw. mitverbrannt wurde sowie Neuplanungen von Monoverbrennungsanlagen und Phosphorrecyclinganlagen

Tabelle 5: Bezeichnung der Verbrennungsanlagen aus Abbildung 9

Nr.	Anlagenart	Betreiber	Standort
1	KVA Bestand	Stadtwerke Bonn	Bonn
2	KVA Bestand	Emschergenossenschaft	Bottrop
3	KVA Bestand	WVER	Düren
4	KVA Bestand	WFA Elverlingsen GmbH	Werdohl-Elverlingsen
5	KVA Bestand	INNOVATHERM GmbH	Lünen
6	KVA Bestand	Wupperverband	Wuppertal
7	KVA Planung	KLAR GmbH	Köln-Merkenich
8	KVA Planung	KKR 21	Standortsuche
9	KVA Planung	MVA Bielefeld-Herford GmbH	Bielefeld
10	KVA Planung	KSVB Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH	Wuppertal-Buchenhofen
11	KVA Planung	Klärschlammverwertung OWL GmbH	Bielefeld
12	KVA Planung	LINEG	Asdonkshof
13	KVA Planung	Remondis TetraPhos GmbH	Lünen
14	KVA Planung	RWE Power AG, Knapsacker Hügel Hürth	Knapsacker Hügel, Hürth
15	KVA Planung	GEM Rinteln, Standort Heek	Heek
16	KVA Planung	N.N., Umsetzung unwahrscheinlich	Erwitte
17	Phosphorrecycling-Anlage	Remondis TetraPhos GmbH (Full-scale)	Lünen
18	Phosphorrecycling-Anlage	PhosRec Phosphor-Recycling GmbH (Versuchsanlage)	Bottrop
19	Phosphorrecycling-Anlage	RWE Power AG (Versuchsanlage)	Niederaussem
20	Kohlekraftwerk	RWE Kraftwerk Berrenrath	Berrenrath
21	Kohlekraftwerk	RWE Kraftwerk Goldenberg	Goldenberg
22	Kohlekraftwerk	RWE Kraftwerk Frechen-Wachtberg	Frechen
23	Kohlekraftwerk	RWE Kraftwerk Weisweiler	Eschweiler
24	Kohlekraftwerk	RWE Kraftwerk Ibbenbüren	Ibbenbüren
25	Industrielle KVA	Lippewerk-Kraftwerk	Lünen
26	Industrielle KVA	SAV/KSV CURRENTA	Leverkusen
27	HMVA	MVA Weisweiler GmbH & Co. KG	Eschweiler
28	HMVA	MVA Müllverbrennungsanlage GmbH	Bielefeld
29	Zementwerk	HeidelbergCement AG	Geseke
30	Zementwerk	Dyckerhoff GmbH	Lengerich
31	Zementwerk	HeidelbergCement AG	Paderborn
32	Zementwerk	thomas zement GmbH & Co. KG	Erwitte

5.3 Mitverbrennung in Kohlekraftwerken

RWE als einziger Betreiber von Braunkohlekraftwerken in NRW entsorgt derzeit Klärschlämme sowohl in Kohlekraftwerken, die der Stromerzeugung dienen, als auch in Anlagen zur Kohleveredelung. Da sie als Veredelungsanlagen nicht zur Stromerzeugung dienen, sind die folgenden drei Kraftwerke zunächst nicht direkt vom Stilllegungsfahrplan betroffen:

- KW Goldenberg und
- KW Berrenrath, beide am Veredelungsstandort Knapsacker Hügel, Hürth (Prozessdampf für Kohletrocknung, Veredelung und Chemiapark, Fernwärmeerzeugung)
- KW Frechen-Wachtberg (Kohleveredelung)

Steinkohlekraftwerke spielen bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen nur eine untergeordnete Rolle. Tabelle 6 zeigt die Kohlekraftwerke, in denen 2020 in relevanter Menge Klärschlamm aus NRW, anderen Bundesländern und dem Ausland mitverbrannt wurde sowie die daraus abgeschätzten Kapazitäten für die Klärschlammmitverbrennung in Tonnen pro Jahr bezogen auf die Originalsubstanz.

Tabelle 6: Kohlekraftwerke mit Klärschlammverbrennung

Betreiber	Standort	abgeschätzte Mitverbrennungskapazität in Tonnen OS/a	Bemerkung
RWE Kraftwerk Berrenrath	Berrenrath	250.000	Braunkohle, Veredelung
RWE Kraftwerk Goldenberg	Goldenberg	200.000	Braunkohle, Veredelung
RWE Kraftwerk Frechen-Wachtberg	Frechen	250.000	Braunkohle, Veredelung
RWE Kraftwerk Weisweiler	Eschweiler	100.000	Braunkohle, Stromerzeugung, Stilllegung Block F lt. Plan 01/2025
RWE Kraftwerk Ibbenbüren	Ibbenbüren	30.000	Steinkohle-Kraftwerk

5.4 Mitverbrennung in Zementwerken

In NRW wurden 2020 lediglich 5.741 Tonnen TS in insgesamt vier Zementwerken mitverbrannt.

Die Firma HeidelbergCement AG plant am Standort des Zementwerks Geseke die Errichtung einer Trocknungsanlage für Klärschlamm mit Abwärmenutzung. Bis zu 80.000 Tonnen entwässerter Klärschlamm pro Jahr sollen auf einen Trockensubstanzgehalt von 90 Prozent getrocknet und anschließend im Drehrohrofen als Sekundärbrennstoff eingesetzt werden. Für die übrigen Zementwerke sind keine Änderungen hinsichtlich des Klärschlammeinsatzes bekannt.

Die Mitverbrennung in Zementwerken ist nur für Klärschlämme geeignet, die nicht der Phosphorrecyclingpflicht unterfallen. Das kann z.B. durch eine vorgeschaltete Phosphorelimination bereits auf der Kläranlage erreicht werden.

5.5 Mitverbrennung in Hausmüllverbrennungsanlagen und sonstigen Abfallverbrennungsanlagen

In Hausmüllverbrennungsanlagen wurden ca. 41.000 t kommunaler Klärschlamm mitverbrannt, weitere rund 5.000 t wurden in sonstigen Abfallverbrennungsanlagen (z.B. Verbrennungsanlagen für industrielle Abwasserschlämme) mitverbrannt. Perspektivisch kommt dieser Entsorgungsweg nur für Klärschlämme in Frage, die keiner Phosphorrecyclingpflicht unterfallen.

5.6 Trocknungsanlagen

Klärschlamm kann auf den Kläranlagen in der Regel auf einen durchschnittlichen TS-Gehalt von 25 Masse-% entwässert werden. Durch weitere Trocknung kann die zu transportierende Masse verringert werden und der Heizwert erhöht sich je nach Trocknungsgrad auf bis zu ca. 11 MJ/kg. Eine Übersicht der in NRW betriebenen Trocknungsanlagen für Klärschlamm ist in Tabelle 7 dargestellt. Weitere Trocknungsanlagen befinden sich in Planung (siehe Tabelle 8).

Tabelle 7: Trocknungsanlagen für Klärschlamm (in Betrieb)

Betreiber	Standort	Kapazität/Größe	Bemerkung
Emschergenossenschaft	Bottrop	41.000 m ²	solarthermisch
Biosolid	Ladbergen	18.000 t/a OS, Erhöhung auf 50.000 t/a OS geplant	
KVM Klärschlamm-Verwertungsgesellschaft Münsterland mbH	Heek	50 t/Tag	
Stadtwerke Krefeld / KA	Krefeld	k.A.	anschließend Verbrennung am gleichen Standort
Augustdorf	Augustdorf	900 t/a OS	solarthermisch
Warburg	Warburg	k.A.	solarthermisch
Stadtentwässerung Lippstadt	Lippstadt	17 t/Tag OS	
Stadtwerke Düsseldorf/ KA Düsseldorf-Süd	Düsseldorf	k.A.	
Siegener Entsorgungsbetriebe (esi)	Siegen	14.000 t/a OS	
Bürger GmbH & Co.KG	Anröchte	50 t/Tag OS	Abwärmenutzung Biogasanlage

Tabelle 8: Trocknungsanlagen für Klärschlamm (Planung)

Betreiber	Standort	Kapazität KS t OS/a	Bemerkung
Innovatherm GmbH	Lünen	240.000 t/a mit ca. 30 % TS (Endausbau: 2-fache Leistung)	Genehmigung erteilt 06/2020
HeidelbergCement AG	Geseke	70-80.000 t/a OS	auf 90% TS trocknen, anschließend Einsatz als Brennstoff im Zementwerk, Genehmigungsverfahren läuft
AWG Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf mbH	Ennigerloh	30.000 t/a OS	Containertrocknungsanlage, Genehmigung erteilt
Kockmann	Ochtrup	17.500 t/a OS	Trocknung, Genehmigung erteilt 02/2021
Asdonkshof	Asdonkshof	unbekannt	Planung
B+T	Horn-Bad Meinberg	260 t/Tag OS	Genehmigungsverfahren 07/2020

5.7 Zwischenlagerung und Langzeitlagerung

Die Zwischenlagerung von Klärschlämmen dient häufig dazu, ein verbessertes Mengenmanagement an Kläranlagenstandorten zu ermöglichen. Große Zwischenlager-Standorte sind zudem für die bedarfsorientierte Versorgung der Verbrennungsanlagen erforderlich.

In NRW werden Klärschlämme auf Kläranlagen, aber auch dezentral in Zwischenlagern der Abwasserverbände, in Verbindung mit Trocknungsanlagen oder in räumlicher Nähe zu Verbrennungsanlagen betrieben. Eine Übersicht der Standorte bestehender Zwischenlager enthält Tabelle 9. Planungen über den Neubau von Zwischenlager-Standorten sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 9: Klärschlammzwischenlager (Bestand)

Betreiber	Standort	Bemerkung
Lippeverband	Bönen	
Emschergenossenschaft	Bottrop	
Lippeverband	Dorsten	
Lippeverband	Dülmen	
Lippeverband	Dattelner Mühlenbach	
Lippeverband	Kamen	
Lippeverband	Bottrop-LV Box	
Lippeverband	Soest	
RWE AG	Goldenberg	
Remondis (TRIWO-Halle)	Hürth	
Remineral	Duisburg	
Reterra	Erfstadt	

Tabelle 10: Klärschlammzwischenlager (geplant)

Betreiber	Standort	Bemerkung
KA Hagen Fley	Hagen-Fley	Lagerplatz
KA Hattingen	Hattingen	Lagerplatz
KA Witten-Herbede	Witten	Lagerplatz

Die Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsaschen ist in der AbfKlärV ausdrücklich vorgesehen und kann dazu dienen, Zeiträume bis zur Verfügbarkeit von P-Recyclinganlagen zu überbrücken. Die Pflicht zur Zuführung in eine Anlage zum Phosphor-Recycling entfällt durch die Langzeitlagerung nicht. Für die Langzeitlagerung ergeben sich konkrete Anforderungen an die Getrennthaltung und Sicherung der Aschequalität aus Art. 5 § 3b Abs. 3 AbfKlärV. Pläne zur Einrichtung eines Langzeitlagers für Klärschlammaschen sind derzeit nur an einem Standort des Ruhrverbands bekannt (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Langzeitlager für Klärschlammverbrennungsasche (geplant)

Betreiber	Standort	Kapazität KS t OS/a	Bemerkung
Ruhrverband	Mülheim-Raffelberg	650.000 m ³	Planung

6 Für NRW bedeutende Verfahren zum P-Recycling / hergestellte P-Erzeugnisse

6.1 Potenzial der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm in NRW

Der Phosphorgehalt der in NRW anfallenden Klärschlämme aus den Kläranlagen der Größenklasse 4b und 5 beträgt durchschnittlich ca. 3 % bezogen auf die Trockenmasse. Bei einem Anfall von 280.000 t TM/a in diesen Kläranlagen ergibt sich eine Phosphormenge von rund 8.500 Tonnen pro Jahr. Bei einer Rückgewinnungsquote von 80 % könnten so rund 6.700 t/a Phosphor dem Wertstoffkreislauf wieder zugeführt werden.

6.2 Anlagen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsasche

AMPHORE-Demonstrationsanlage Bottrop

Ruhrverband, Emschergenossenschaft und Lippeverband, Wupperverband und die Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (LINEG) werden im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)“ ein gemeinsames Klärschlammaschen-Management mit Phosphor-Recycling konzipieren und ein Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlammaschen großtechnisch umsetzen (Projekt AMPHORE). Ziel des Projektes ist es, eine verbandsübergreifende Lösung zu entwickeln, mit der sowohl schwach- als auch hoch mit Schadstoffen belastete Klärschlämme spezifisch geeigneten Verwertungspfaden zugeführt werden. Neben den Nutzungsmöglichkeiten der in einer Demonstrationsanlage erzeugten Phosphorsäure sollen auch die Qualitäten und die weitere Verwendung der Nebenprodukte und Reststoffe betrachtet werden.

PhosRec Phosphor-Recycling GmbH (Tochtergesellschaft der AMPHORE-Mitgliedsverbände) plant die Errichtung einer Demonstrationsanlage am Standort Bottrop nach dem PARFORCE-Verfahren. Beim PARFORCE-Verfahren wird Phosphor als Phosphorsäure ausgeschleust und steht als Grundstoff für verschiedene Prozesse, z.B. der Düngemittelherstellung sowie der chemischen und metallverarbeitenden Industrie, zur Verfügung.

Ein Programm zur Bewertung von Analysen der Klärschlämme und Klärschlammverbrennungsaschen wurde Ende 2020 gestartet. Ziel ist der Aufbau einer Mengen- und Analysen-Datenbank sowie eines Klärschlamm- und Aschemanagements.

TetraPhos-Anlage Lünen

Das TetraPhos®-Verfahren wurde von Remondis entwickelt und ist ein Verfahren, in dem Phosphorhaltige Abfälle wie Klärschlammverbrennungsasche durch Säureaufschluss und Fällungsreaktionen so aufbereitet werden, dass Gips, Phosphorsäure und ein im Wesentlichen mineralischer Rückstand anfallen. Das Verfahren wird derzeit in NRW noch nicht angewandt, eine erste Anlagengenehmigung ist am Standort Lünen beantragt worden.

6.3 Phosphorrückgewinnung aus entwässertem Klärschlamm

EUPHORE

Im Rahmen des Phos4You-Projekts wurde am Standort Dinslaken auf einer Kläranlage der EGLV ein Versuchsbetrieb einer EUPHORE-Anlage durchgeführt. Es handelt sich um ein mehrstufiges thermochemisches Verfahren zur Behandlung von entwässertem Klärschlamm. Die Anlage hatte eine Durchsatzleistung von maximal ca. 100 kg Klärschlamm-TM pro Stunde. Die Ergebnisse der Versuchsphase haben bestätigt, dass das hergestellte Material als Vorprodukt für die Düngemittelherstellung geeignet ist. Die Phosphorrückgewinnungsquote wird mit 95 % angegeben. Ob und in welchem Umfang diese Technologie in NRW zukünftig Anwendung finden wird, ist derzeit noch nicht bekannt.

Terranova-Verfahren Duisburg-Kaßlerfeld

Auf der Kläranlage Duisburg Kaßlerfeld wird eine Demonstrationsanlage der TNE (Terranova Energy) zur hydrothermalen Klärschlamm-Karbonisierung in Kombination mit Phosphorrückgewinnung (CarBio-Phos) betrieben. Zum Versuchsverlauf und der Qualität des beim Prozess anfallenden Sekundärphosphor-Produkts liegt noch kein abschließender Ergebnisbericht vor.

Pyreg-Anlage Kleve-Salmorth

Auf der Kläranlage Kleve-Salmorth wird eine Anlage nach dem Pyreg-Verfahren errichtet. Das Projekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert. Es handelt sich um eine Thermokompaktanlage, in der entwässertes Klärschlamm zu einem kohlenstoffhaltigen Rückstand verarbeitet wird. Die Anerkennung solcher Rückstände als Düngemittel steht noch aus.

Vererdungsanlage Emsdetten

Die Stadt Emsdetten hat im Jahr 2020 eine Vererdungsanlage in Betrieb genommen. Das Projekt wird extern begleitet, um z.B. Daten zum Verbleib von Schadstoffen zu ermitteln. Ein Konzept zur Phosphornutzung muss entwickelt werden.

6.4 Phosphorrückgewinnung aus Faulschlamm

AirPrex-Anlage Mönchengladbach-Neuwerk

In Mönchengladbach-Neuwerk (Niersverband) wird die installierte AirPrex-Anlage weiter betrieben. In diesem Verfahren wird der Faulschlamm in einem kombinierten Prozess durch Strippung und Fällung unterzogen. Das dabei gebildete Struvit (Magnesiumammoniumphosphat) ist als Düngemittel geeignet.

6.5 Weitere Verfahren

Multi-Fuel-Conversion-Anlage (MFC)

RWE Power und ihre Forschungspartner Ruhr-Universität Bochum (RUB) und Fraunhofer UMSICHT entwickeln am Innovationszentrum Niederaußem ein Verfahren zur Behandlung von Gemischen aus Klärschlamm, Klärschlamm-Asche und Braunkohle. In der Multi-Fuel-Conversion-Anlage (MFC) soll Phosphor aus dem Klärschlamm zurückgewonnen werden und gleichzeitig das Stoffgemisch in Synthesegas umwandelt werden. Das Vorhaben findet im Rahmen des ITZ-CC-Projekts statt und wird durch das Wirtschaftsministerium NRW gefördert.

7 Zusammenfassung

Die zukünftige Pflicht zur Phosphorrückgewinnung führt in NRW dazu, dass sich eine Zunahme der thermischen Behandlungskapazitäten für Klärschlamm bis zum Jahr 2029 abzeichnet. Dabei werden Monoverbrennungsanlagen mit Wirbelschichtfeuerung als bevorzugte Technologie eingesetzt. Auf Basis der bisher bekannt gewordenen Planungen ist ein Überangebot an Verbrennungskapazitäten wahrscheinlicher als ein Mangel.

Aufgrund dieser Entwicklung ist auch bei den Phosphorrückgewinnungsverfahren festzustellen, dass Verfahren zum Phosphor-Recycling aus Klärschlammverbrennungsasche favorisiert werden. Da aktuell erst wenige konkrete Anlagenplanungen bekannt sind, werden in den nächsten Jahren weitere Genehmigungsverfahren und Anlagenplanungen erforderlich sein. Die Kapazitäten der Rückgewinnungsanlagen sind dabei auf den Ascheanfall abzustimmen.

Verfahren zur Phosphorrückgewinnung auf der Kläranlage, z.B. aus der Schlammphase, finden nur vereinzelt Anwendung und werden voraussichtlich bezogen auf die Gesamtmenge in NRW nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Klärschlamm-trocknung als vorbereitendes Verfahren für die thermische Behandlung gewinnt hingegen an Bedeutung. Mehrere Klärschlamm-Trocknungsanlagen sind bereits geplant bzw. im Bau. Hier ist festzustellen, dass die räumliche Nähe zu Verbrennungsanlagen bevorzugt wird, da sich Vorteile in Bezug auf Wärmenutzung und Transportoptimierung darstellen lassen.

Die Zementindustrie unterliegt einem starken Druck, die CO₂-Bilanz der Produktionsverfahren zu verbessern. Der Einsatz getrockneter Klärschlämme, soweit sie keiner Phosphor-Recycling-Pflicht unterliegen, ist dabei eine interessante Option. Aufgrund der möglichen Wärmenutzung ist die Errichtung von Klärschlamm-Trocknungsanlagen an Zementwerks-Standorten wirtschaftlich attraktiv.

Die zukünftige Entwicklung der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken ist vom Stilllegungspfad (Kohleausstieg) abhängig. Jedoch stehen die Kapazitäten bestimmter Braunkohle-Veredelungsanlagen noch einige Jahre zur Verfügung. Ob auch aus Mitverbrennungsaschen eine wirtschaftlich darstellbare Phosphorrückgewinnung möglich ist, bleibt abzuwarten.

Die Langzeitlagerung von Klärschlammverbrennungsasche ist als Übergangslösung zwar gesetzlich zulässig, wird aber derzeit nicht ausdrücklich als Planungsoption der großen Klärschlamm-erzeuger benannt. Welche Relevanz die Langzeitlagerung zukünftig erlangen kann, ist noch nicht abschätzbar.

8 Glossar

AbfKlärV	Klärschlammverordnung
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes
DüngG	Düngegesetz
DüV	Düngeverordnung
DüMV	Düngemittelverordnung
GK	Kläranlagen-Größenklasse
EW	Einwohnerwert
FS	Faulschlamm
GK	Größenklasse (einer Kläranlage)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HMVA	Hausmüllverbrennungsanlage
KKR	Klärschlammkooperation Rheinland
KKW	Kohlekraftwerk
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KS	Klärschlamm
KSA	Klärschlammasche
KSVA	Klärschlammverbrennungsanlage
KSVB	Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH
NRW	Nordrhein-Westfalen
OS	Originalsubstanz
P	Phosphor
t	Tonnen
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz

9 Literaturverzeichnis

"Umsetzung der Anforderungen der Klärschlamm-Verordnung zur Phosphorrückgewinnung in Nordrhein-Westfalen", Abschlussbericht (zuletzt geöffnet 27.07.2022) https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/Ressourcenschutz/umsetzung_der_anforderung_der_klaerschlammvo.pdf

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Bearbeitung	Claudia Lodwig (LANUV)
Stand	August 2022
Bildnachweis	AdobeStock / Thomas Leiss
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachbericht
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de