



## **Unterrichtung 19/280**

der Landesregierung

### **Abfallwirtschaftsplan Schleswig-Holstein, Teilplan Klärschlamm**

Die Landesregierung unterrichtet den Schleswig-Holsteinischen Landtag unter Beachtung des Art. 28 Abs. 1 der Verfassung des Landes Schleswig-Holstein.

Federführend ist das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung

Zuständiger Ausschuss: Umwelt- und Agrarausschuss



Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,  
Natur und Digitalisierung | Postfach 71 51 | 24171 Kiel

An den Präsidenten des Schleswig-Holsteini-  
schen Landtages  
Herrn Klaus Schlie

**Der Minister**

Ihr Zeichen:  
Ihre Nachricht vom: /  
Mein Zeichen: V 638 - 3667/2021  
Meine Nachricht vom: /

Düsternbrooker Weg 70  
24105 Kiel

21. Februar 2021

## Abfallwirtschaftsplan Schleswig-Holstein, Teilplan Klärschlamm

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,

hiermit möchte ich Ihnen den Abfallwirtschaftsplan Klärschlamm, dem das Kabinett am 12. Januar 2021 zugestimmt hat, zur Unterrichtung der Landtagsabgeordneten zur Kenntnis geben.

Der AWP Klärschlamm wurde erstmalig im Zuge der Neuausrichtung der Klärschlamm-entsorgung erarbeitet. Mit dem AWP Klärschlamm wird aufgezeigt, wie die zukünftige Klärschlamm-entsorgung im Land organisiert werden kann und welche Anforderungen hierbei zu berücksichtigen sind. Auf Basis der aktuellen und zukünftigen Entsorgungsalternativen werden im AWP verschiedene Handlungsoptionen und Strategien abgeleitet, um den Klärschlamm mittel- bis langfristig zu entsorgen.

Mit freundlichen Grüßen

  
Jan Philipp Albrecht

Anlage: Abfallwirtschaftsplan Klärschlamm

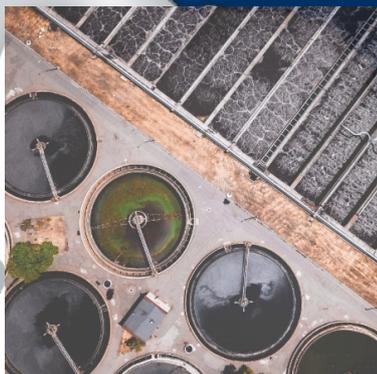


# Abfallwirtschaftsplan

## Teilplan Klärschlamm



Schleswig-Holstein  
Ministerium für Energiewende,  
Landwirtschaft, Umwelt, Natur  
und Digitalisierung



## **Impressum**

### **Herausgeber**

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung  
des Landes Schleswig-Holstein  
Mercatorstraße 3, 24106 Kiel

E-Mail: [poststelle@melund.landsh.de-mail.de](mailto:poststelle@melund.landsh.de-mail.de)

Webseite: [www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/A/abfallwirtschaft.html](http://www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/A/abfallwirtschaft.html)

**Stand:** Januar 2021

### **Bearbeitung**

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung  
des Landes Schleswig-Holstein  
Abteilung Energie und Klimaschutz, Technischer Umweltschutz  
Referat Stoff- und Abfallwirtschaft, Chemikaliensicherheit

geconomy, Kiel

Dr. Thomas Fels, Dr. Malte Kersten, Arne Rickmers

### **Titelbilder (vorbehaltlich der Genehmigung der Rechteinhaber):**

EEW

MVK Kiel

<https://www.the-pauly-group.de/>

<https://unsplash.com/photos/Ac97OqAWDvg> (© Ivan Bandura)

<https://www.schleswig-holstein.de/DE/Themen/L/landwirtschaft.html> (© M. Staudt / grafikfoto.de)

## Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>V</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>4</b>
1.1 Veranlassung .....	4
1.2 Rechtlicher Rahmen.....	4
1.3 Klärschlammzusammensetzung .....	5
1.4 Geltungsbereich .....	6
1.5 Strategische Umweltprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung.....	6
<b>2 Ziele der Abfallwirtschaft</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Planungsraum und Datengrundlage</b> .....	<b>8</b>
3.1 Planungsraum .....	8
3.2 Datengrundlage.....	9
<b>4 Klärschlammherzeugung</b> .....	<b>10</b>
4.1 Organisation der Abwasserbehandlung.....	10
4.2 Struktur der Kläranlagen .....	12
4.3 Entwässerung und Trocknung .....	14
4.4 Nähr- und Schadstoffe im Klärschlamm .....	16
<b>5 Klärschlammbehandlung</b> .....	<b>21</b>
5.1 Akteure und Zuständigkeiten der bodenbezogenen Klärschlammverwertung .....	22
5.2 Aufkommen und Entsorgung .....	23
5.3 Landwirtschaftliche Verwertung .....	27
5.4 Thermische Entsorgung .....	30
5.5 Vererdung .....	33
5.6 Zwischenlagerung .....	35
<b>6 Entwicklung der Klärschlammbehandlung</b> .....	<b>38</b>
6.1 Aufkommensprognose .....	38

6.2	Phosphorrückgewinnung.....	44
<b>7</b>	<b>Herausforderungen und Handlungsoptionen .....</b>	<b>47</b>
7.1	Entsorgungsstrategien .....	47
7.2	Zentralisierung und Kooperation.....	51
7.3	Entsorgungsstrategien bei Entsorgungsengpässen .....	54
7.4	Zentrale Handlungsempfehlungen und Ausblick .....	55
<b>8</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>57</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 3-1:	Planungsraum des AWP - Kreise und Ämter	8
Bild 4-1:	Verbandsgebiete in Schleswig-Holstein (Stand 2020)	11
Bild 4-2:	Organisationsgrad nach Größenklasse und Kreisen	12
Bild 4-3:	Regionale Verteilung der Kläranlagen	13
Bild 4-4:	Anlagenstruktur nach Größenklasse	14
Bild 4-5:	Trocknungsanlagen	15
Bild 4-6:	Nähr- und Schadstoffgehalt nach Kreisen	19
Bild 5-1:	Mögliche Verwertungswege des Klärschlamm	21
Bild 5-2:	Akteure und Zuständigkeiten der bodenbezogenen Klärschlammverwertung	22
Bild 5-3:	Klärschlammmentsorgung 2013-2018	24
Bild 5-4:	Entwicklung der Klärschlammmentsorgung in Schleswig-Holstein	25
Bild 5-5:	Bezug und Abgabe über die Landesgrenze	26
Bild 5-6:	Phosphor- und Nitratkulissen	28
Bild 5-7:	Zielgebiete und Transportdistanzen 2018	29
Bild 5-8:	Monoverbrennungsanlagen	31
Bild 5-9:	Mitverbrennungsoptionen	33
Bild 5-10:	Vererdungsanlagen	34
Bild 5-11:	Zwischenlager	35
Bild 5-12:	Beurteilung von Entsorgungsoptionen	37
Bild 6-1:	Bevölkerungsentwicklung / Kapazitäten der Kläranlagen (EW)	39
Bild 6-2:	Prognose der Klärschlammmentsorgung	42
Bild 6-3:	Entsorgungssicherheit ab 2032	44
Bild 6-4:	Phosphorrückgewinnungspflicht	46
Bild 7-1:	Strategien	47
Bild 7-2:	Fahrzeitenoptimierte Einzugsgebiete unter Berücksichtigung der Maximalkapazitäten	49
Bild 7-3:	Fahrzeitoptimierte Zuordnung der Kläranlagen (links) und des Gesamtaufkommens zu gleichen Mengenanteilen (rechts)	50
Bild 7-4:	Modellschema Zentralisierung des Klärschlamm	52
Bild 7-5:	Regionale Kooperationspotenziale der bisher nicht organisierten Kläranlagen	53

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 4-1:	Klärschlammwässerung	14
Tabelle 4-2:	Klärschlammqualitäten	17
Tabelle 6-1:	Verfahren zum P-Recycling	45
Tabelle 7-1:	Auswertung möglicher Kooperationspartner auf Kreisebene	54

## Abkürzungen

4. BImSchV	Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen)
AbfKlärV	Klärschlammverordnung
Abs.	Absatz
AWP	Abfallwirtschaftsplan
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CAL-Methode	Calciumacetatlösung-Methode
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
DL-Methode	Doppellactat-Methode
DüMV	Düngemittelverordnung
DüV	Düngeverordnung
EW	Einwohnerwert
g	Gramm
ha	Hektar
kg	Kilogramm
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KS	Klärschlamm
LFB	Landwirtschaftliche Fachbehörde
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (SH)
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
Mg	Megagramm, Tonne (Einheit)
mg	Milligramm
MHKW	Müllheizkraftwerk
mm	Millimeter
Mio	Million
N	Stickstoff
OS	Originalsubstanz
PFT	Perfluorierte Tenside

P	Phosphor
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphorpentoxid
SH	Schleswig-Holstein
SUP	Strategische Umweltprüfung
SüVO	Landesverordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen und Abwassereinleitungen (Selbstüberwachungsverordnung)
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
UAB	Untere Abfallbehörden
UBA	Umweltbundesamt
UVPG	Umweltverträglichkeitsprüfung
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

## Zusammenfassung

Der Abfallwirtschaftsplan für Klärschlamm analysiert die aktuelle Situation der Klärschlammentsorgung in Schleswig-Holstein und stellt eine landesweite Planungsgrundlage für Maßnahmen dar, damit die Klärschlämme auch weiterhin vorrangig stofflich verwertet und sicher entsorgt werden können. Die rechtliche Grundlage der Entsorgung bildet die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammentsorgung, die am 3. Oktober 2017 in Kraft getreten ist. Die Neuordnung stellt dabei die Rückgewinnung von Phosphor in den Mittelpunkt und schränkt die bodenbezogene Verwertung deutlich ein. So darf ab dem Jahr 2032 nur noch Klärschlamm von Anlagen bis zu 50.000 Einwohnerwerten bodenbezogen verwertet werden. Klärschlamm der größeren Anlagen muss verbrannt und der enthaltene Phosphor zuvor oder nach der Verbrennung zurückgewonnen werden. Mit der Neuausrichtung der Klärschlammentsorgung wurde 2018 der Klärschlammbeirat durch das MELUND gegründet. Gemeinsam mit den kommunalen Landesverbänden, der Landwirtschaft und der Entsorgungswirtschaft hat er eine gemeinsame Strategie für die Neuausrichtung entworfen, welche in diesen Abfallwirtschaftsplan eingeflossen ist.

In Schleswig-Holstein gibt es 782 Kläranlagen, bei denen ca. 72.000 Mg (TM) Klärschlamm anfallen (Stand 2018). Dabei produzieren die 68 großen Anlagen ab 10.000 Einwohnerwerte 93 % des gesamten Klärschlamms. Bezogen auf die Klärschlammmenge ist die Abwasserbehandlung zentral, bezogen auf die Kläranlagenanzahl dezentral ausgerichtet. Dabei wird die Abwasserbehandlung und Klärschlammentsorgung durch Kommunen in Eigenregie durchgeführt, oder sie ist einer anderen Kommune, einem Zweckverband oder einer Betreibergesellschaft übertragen. 40 % der Kläranlagen erfüllen die Aufgaben in Eigenregie, darunter sind 269 kleine Kläranlagen. Im Mittel wird der Klärschlamm technisch bis auf 22 % Trockensubstanzgehalt entwässert, geringe Mengen werden anschließend noch getrocknet. Die Klärschlammqualität ist gut, Grenzwerte werden nur zu einem geringen Anteil ausgeschöpft. Insbesondere Spurenstoffe, wie Arzneimittelrückstände oder Keime sowie Mikroplastik, sind in der letzten Zeit verstärkt Gegenstand gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Diskussion. Spurenstoffe werden größtenteils biologisch abgebaut, Teile gelangen jedoch über den Ablauf in Gewässer. Mikroplastik wird fast komplett im Klärschlamm akkumuliert.

Mit 63 % wird der Großteil des Schlamms landwirtschaftlich verwertet. 35 % werden verbrannt, hauptsächlich außerhalb des Landes, da zurzeit nicht genügend Verbrennungskapazitäten im Land bestehen. Geringe Mengen werden anderweitig entsorgt oder zwischengelagert. Es stellt sich die Frage, welche Optionen zukünftig geeignet sind, den Klärschlamm in Schleswig-Holstein sicher zu entsorgen. Bei der landwirtschaftlichen Verwertung ist es trotz Einschränkungen durch die Düngeverordnung bisher nicht zu einem größeren Rückgang gekommen. Es gibt genügend Landwirte, die Klärschlamm einsetzen. Auch verfügt Schleswig-Holstein über ein großes Potenzial an Ackerland, welches bisher zu einem minimalen Anteil für die Klärschlammdüngung genutzt wird. Trotz des großen Verwertungspotenzials liegen die Kosten für eine landwirtschaftliche Verwertung hoch, was an einem steigenden Aufwand der Entsorger liegt, aber auch an dem hohen Preisniveau der Alternativen. Der Klärschlamm, insbesondere der großen Anlagen, wird nicht kläranlagennah ausgebracht, sondern eher in Regionen mit wenig Viehbesatz oder Biogasanlagen im östlichen Landesteil. Als Puffer zwischen Klärschlammanfall und Verwertungsmöglichkeit dienen Zwischenlager. Diese könnten 59 % der jährlichen Klärschlammmenge lagern. Die Kapazitäten werden derzeit leicht ausgebaut.

Im Zuge der Neuausrichtung sind für 2023/2024 zwei Monoverbrennungsanlagen in Kiel und Stapelfeld geplant und könnten zusammen den gesamten Klärschlamm im Land verbrennen. Da noch nicht feststeht, wann diese den Betrieb tatsächlich aufnehmen werden, könnte die Mitverbrennung im Land eine Option darstellen. Theoretisch steht hier ein Potenzial von 22 % der gesamten Klärschlammmenge zur Verfügung, sofern technische Vorkehrungen getroffen würden. Langfristig bietet die Mitverbrennung nur dann eine Option, wenn die Phosphorrückgewinnung gewährleistet ist. Im Land gibt es auch zwölf Vererdungsanlagen. Sie bieten als Nischenlösung zwar keine Entsorgungsoption, aber eignen sich wegen der langjährigen Entwässerung dazu, den Schlamm zunächst mittelfristig zu binden, um dann später aus verschiedenen Entsorgungsoptionen wählen zu können. Dabei ist zu bedenken, dass nur wenige Verbrennungsanlagen die Annahme dieser Schlämme vorsehen oder eine Annahme weitere Vorbehandlungsschritte erfordert. In Schleswig-Holstein werden derzeit Schlämme aus Vererdungsanlagen in der MVA Stapelfeld verbrannt. Nach Inkrafttreten der Phosphorrückgewinnungspflicht müsste der im Schlamm enthaltene Phosphor zuvor abgereichert werden, damit er weiterhin mitverbrannt werden kann. In der geplanten Monoverbrennungsanlage in Kiel ist die Verbrennung von Klärschlamm aus Vererdungsanlagen nicht vorgesehen.

Insgesamt wird langfristig der größte Anteil Klärschlamm in Monoverbrennungsanlagen verbrannt werden. Durch diese Umstellung wird prozessbedingt weniger Kalk benötigt, weswegen sich die Gesamtmenge trotz leichten Bevölkerungsanstiegs in Schleswig-Holstein reduzieren wird. Im Jahr 2032 ist nur noch von einer Gesamtmenge von 63.000 Mg (TM) zu entsorgendem Klärschlamm auszugehen, wobei weiterhin ein kleiner Teil von 14.000 Mg (TM) landwirtschaftlich verwertet werden könnte. Aus dem Großteil des Schlammes muss der Phosphor technisch zurückgewonnen werden, was effizient aus der Verbrennungasche im Zuge der Monoverbrennung erfolgen kann. Für die Vielzahl der kleinen kommunalen Kläranlagen existiert aber bislang noch keine geeignete Methode, um die Phosphorrückgewinnung zu optimieren.

Auf Basis der aktuellen und zukünftigen Entsorgungsalternativen lassen sich verschiedene Handlungsoptionen und Strategien ableiten, um den Schlamm mittel- bis langfristig zu entsorgen. Diese unterteilen sich in grundsätzliche Strategien für alle Anlagen, Strategien insbesondere für kleine Anlagen sowie Strategien zur Bewältigung von Entsorgungsengpässen. Als grundsätzliche Strategien bieten sich etwa unterschiedliche Vertragslaufzeiten mit Entsorgern an, damit diese letztlich die Entsorgung - ob thermisch oder landwirtschaftlich - organisieren, bis tatsächlich Monoverbrennungsanlagen in Schleswig-Holstein in Betrieb gehen. Daher könnten auch weiterhin bis 2032 große Mengen an Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet werden. Insbesondere für kleine Anlagen bietet es sich an, Kooperationen mit größeren Anlagen einzugehen, damit die Behandlung und Entsorgung des Schlammes stärker zentralisiert wird. Hier wurden 236 kleine Anlagen ermittelt, die mit 38 größeren Anlagen kooperieren könnten. Die Kooperationspotenziale liegen dabei vor allem in Rendsburg-Eckernförde, Schleswig-Flensburg, Herzogtum Lauenburg sowie Nordfriesland.

Für Entsorgungsengpässe, sofern eine der Monoverbrennungsanlagen nicht wie geplant in Betrieb gehen würde oder die Nachfrage nach Klärschlammdünger in der Landwirtschaft zurückgehen sollte, müssen Vorkehrungen getroffen werden. Zunächst bietet es sich an, die Lagerkapazitäten für Klärschlamm auszubauen und den Schlamm im Einzelfall über ein Jahr hinaus zu lagern. Bei längerfristigen Engpässen ist zu prüfen, ob verstärkt Mitverbrennungskapazitäten im Land genutzt werden können, um Teile

der Klärschlämme dort zu entsorgen. Dies hat allerdings wegen technischer Anforderungen einen längeren Vorlauf. Alternativ könnte in einem solchen Fall der Schlamm auch weiterhin außerhalb des Landes entsorgt werden, verließ aber damit den hier zugrunde gelegten Planungsraum des AWP.

Im Zuge der Neuausrichtung der Klärschlamm Entsorgung gibt es bereits zahlreiche Aktivitäten im Land. Die zentralen Entsorgungsoptionen sind die beiden geplanten Monoverbrennungsanlagen. Obwohl die bodenbezogene Verwertung für Anlagen bis 50.000 EW auch über 2032 möglich ist, sollte sie möglichst reduziert werden, sobald es thermische Behandlungskapazitäten im Land gibt. Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung kann nicht als langfristig gesicherter Entsorgungsweg angesehen werden, weil kurzfristige Neubewertungen der Gehalte an Schad- und Spurenstoffe sowie Mikroplastik jederzeit möglich sind. Auch die großen Anlagen, die ab 2029/2032 thermisch vorbehandeln müssen, sollten zeitnah auf die thermische Entsorgung wechseln. Zudem ist anzuzweifeln, dass der Dokumentations- und Verwaltungsaufwand für eine dann geringe Menge landwirtschaftlich verwerteter Schlämme weiterhin gerechtfertigt ist. Rechnerisch stünden für einen Ausstieg genügend Kapazitäten durch die Monoverbrennung zur Verfügung. Die beiden geplanten Anlagen sollten soweit wie möglich durch Klärschlammwerke in Anspruch genommen werden, sofern es keine regionalen bzw. dezentralen Entsorgungskonzepte gibt. Wenn beide Monoverbrennungsanlagen im Land in Betrieb gehen und hauptsächlich Schlamm aus Schleswig-Holstein verbrennen, besteht kein Bedarf an weiteren Verbrennungsanlagen im Land. Unter Berücksichtigung der Klärschlammprognose ab 2032 und den bis dahin außerhalb des Landes entsorgten Mengen ist die langfristige Klärschlamm Entsorgung gesichert.

## **1 Einführung**

### **1.1 Veranlassung**

Die Europäische Union verpflichtet in Artikel 28 der Richtlinie 2008/98/EG vom 19. November 2008 über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie) ihre Mitgliedstaaten, Abfallbewirtschaftungspläne (AWP) zu erstellen. Die AWP sollen eine Analyse der aktuellen Situation und die erforderlichen Maßnahmen für eine Erreichung der Ziele der Kreislaufwirtschaft enthalten. Eine entsprechende Umsetzung in deutsches Recht ergibt sich aus §§ 30 ff Kreislaufwirtschaftsgesetz sowie durch die Landesabfallwirtschaftsgesetze der Länder und obliegt für das Land Schleswig-Holstein dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung (MELUND).

Mit Inkrafttreten der novellierten AbfKlärV im Oktober 2017 wurde es erforderlich, eine Neuordnung der Klärschlamm Entsorgung einzuleiten. Zu diesem Zweck wurde am 9. März 2018 der Klärschlammbeirat unter Leitung des MELUND gegründet. Vertreten sind neben den zuständigen Landesbehörden MELUND und LLUR, der Bauernverband, der Landkreistag, der Gemeindetag, der Städtetag, die Landwirtschaftskammer, der Verband kommunaler Unternehmen (VKU), der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), der Bundesverband der deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft (BDE) sowie die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA). Ziel des Beirates ist es, eine gemeinsame Strategie zur Neuausrichtung der Klärschlamm Entsorgung in Schleswig-Holstein unter Berücksichtigung von aktuellen Entwicklungen zu entwerfen. Damit einhergehend sollen auch die Grundzüge des Abfallwirtschaftsplans Klärschlamm abgestimmt werden.

Über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren hat der Beirat insgesamt viermal getagt. Hierbei wurden auch spezifische Fragestellungen zur Klärschlamm Entsorgung, wie Verbrennung und Zwischenlagerung, in Facharbeitsgruppen einer Klärung zugeführt und dem Beirat anschließend berichtet. Mit der Vorlage dieses AWP, in den die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Klärschlammbeirat eingeflossen sind, kann die Grundlage für die Neuausrichtung der Klärschlamm Entsorgung in Schleswig-Holstein geschaffen werden.

### **1.2 Rechtlicher Rahmen**

Abfallwirtschaftliche Aufgaben werden über eine Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen auf EU-, Bundes- und Länderebene geregelt. Die geltenden rechtlichen Grundlagen für Abfälle aus der Abwasserbehandlung ergeben sich im Wesentlichen aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz, den darauf gestützten Rechtsverordnungen des Bundes sowie den landesrechtlichen Vorschriften.

Im Falle der Klärschlamm Entsorgung sind neben den Vorgaben der AbfKlärV, bei landwirtschaftlicher Verwertung auch die DüMV und die DüV, sowie die Regelungen des Wasserrechts bzw. die Abgrenzung der Anwendungsbereiche von Abfall- und Wasserrecht von Bedeutung. Klärschlamm entsteht bei der Abwasserbehandlung. Wenn dieser anfällt, muss er entsorgt werden. In § 54 Abs. 2 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ist geregelt, dass die Abwasserbeseitigung das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten, Versickern, Verregnen und Verrieseln von Abwasser sowie das Entwässern von Klär-

schlamm im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung umfasst. Mit der ausdrücklichen Einbeziehung der Klärschlammwässerung in den Bereich der Abwasserbeseitigung wird gleichzeitig mit der Regelung aber auch klargestellt, dass die Entwässerung nur so lange dem Regime des Wasserrechts unterliegt, solange ein funktionaler Zusammenhang zur Abwasserbehandlungsanlage besteht. Ist dieser Zusammenhang nicht gegeben, unterliegt Klärschlamm dem Abfallrecht. Da Klärschlamm grundsätzlich Abfall ist, gelten die Regelungen des KrWG und damit einhergehend auch die fünfstufige Abfallhierarchie (§ 6 Abs. 1 KrWG). Danach hat die stoffliche Verwertung eindeutigen Vorrang vor der sonstigen Verwertung.

Am 3. Oktober 2017 ist die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlamm Entsorgung (AbfKlärV) mit den Artikeln 1-3 als zentrale Grundlage für Klärschlamm Entsorgung in Kraft getreten. Mit der Verordnung wird die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen integraler Bestandteil der Kreislaufwirtschaft und zugleich die bisher praktizierte bodenbezogene Verwertung deutlich eingeschränkt (Artikel 4-6).

Neben den Bestimmungen der AbfKlärV sind bei einer bodenbezogenen Klärschlammverwertung auch weitere rechtliche Vorgaben des Düngerechts zu beachten.

Als zentrales Element sieht die AbfKlärV erstmals umfassende Vorgaben zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen nach Abschluss der abwassertechnischen Behandlung und aus Klärschlammverbrennungsaschen vor, die Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen und von Klärschlammverbrennungsanlagen ab dem Jahr 2029 einzuhalten haben. Die Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor greift in den Fällen, in denen der Klärschlamm einen Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Sie betrifft grundsätzlich alle Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen, die kommunales Abwasser gemäß Anhang 1 der Abwasserverordnung behandeln - unabhängig von der jeweiligen genehmigten Ausbaugröße der Abwasserbehandlungsanlage. Betreiber von kleinen und mittleren Abwasserbehandlungsanlagen bis 50.000 EW können davon abweichend eine bodenbezogene Verwertung ihrer Klärschlämme als Phosphornutzung vornehmen. Eine bodenbezogene Verwertung ist ab dem Jahr 2029 von Klärschlämmen aus Abwasserbehandlungsanlagen mit einer genehmigten Ausbaugröße ab 100.000 Einwohnerwerten (EW) und ab dem Jahr 2032 mit einer Ausbaugröße größer als 50.000 EW nicht mehr zulässig. Für Anlagen mit kleinerer Ausbaugröße eröffnet die AbfKlärV neben der bodenbezogenen Verwertung, die dann nur für nicht P-abgereicherte Schlämme zulässig ist, auch die Möglichkeit, die anfallenden Klärschlämme nach Zustimmung der zuständigen Behörde im Einzelfall ohne vorherige P-Rückgewinnung einer anderweitigen Entsorgung im Sinne des KrWG, z.B. in einem Zementwerk, Kohlekraftwerk oder einer Müllverbrennungsanlage, zuzuführen.

Im Jahr 2023 werden die Klärschlammherzeuger dazu verpflichtet, über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur P-Rückgewinnung, zur bodenbezogenen Verwertung oder zur sonstigen Klärschlamm Entsorgung der zuständigen Behörde zu berichten.

### **1.3 Klärschlammzusammensetzung**

Auf den Kläranlagen wird das Abwasser in verschiedenen Reinigungsstufen behandelt, wobei die gelösten und partikelförmigen Schadstoffe größtenteils entfernt werden. Die Anreicherung der Feststoffe wird als Klärschlamm bezeichnet und erfolgt in mehreren Behandlungsschritten. In der mechanischen

Reinigungsstufe entsteht Primärschlamm, in der biologischen Reinigungsstufe, wo Mikroorganismen beteiligt sind, Sekundärschlamm. Klärschlämme enthalten generell die in der Abwasserbehandlung umgesetzten und abgetrennten Stoffe. Dazu zählen u.a. anorganische ungelöste Bestandteile wie Sand und Salze sowie gelöste Anteile von Schad- und Nährstoffen und organische Verbindungen wie Mikroorganismen. Der Feststoffanteil enthält aber auch die in den einzelnen Behandlungsstufen zugegebenen Fällungs- und Flockungsmittel. In kommunalen Klärschlämmen beträgt der organische Anteil etwa 60-70%. Der Heizwert von Klärschlamm hängt vom Wassergehalt und dem Anteil der organischen Substanz ab und liegt im Bereich von 10-12 MJ/kg bezogen auf die Trockenmasse.

#### **1.4 Geltungsbereich**

Der räumliche Geltungsbereich dieses AWP umfasst das Land Schleswig-Holstein.

Der AWP gilt vom Zeitpunkt seiner Veröffentlichung bis zu seiner erneuten Fortschreibung. Prognosezeitraum des vorliegenden AWP sind die Jahre 2019 bis 2032, Bezugsjahr für die Ermittlung der abfallwirtschaftlichen Rahmendaten ist das Jahr 2018. Der AWP betrifft Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser mit der Abfallschlüsselnummer (ASN) 190805.

#### **1.5 Strategische Umweltprüfung und Öffentlichkeitsbeteiligung**

Gemäß dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist eine strategische Umweltprüfung (SUP) nur dann erforderlich, wenn der AWP einen Rahmen für Vorhaben setzt, die ihrerseits einer Umweltverträglichkeitsprüfung oder Vorprüfung des Einzelfalls bedürfen (§ 35 Abs. 1 Nr. 2 UVPG). Pläne und Programme setzen einen Rahmen, wenn sie Festlegungen mit Bedeutung für spätere Zulassungsentscheidungen enthalten (§ 35 Abs. 3 UVPG).

Im Ergebnis der dazu vorgenommenen Vorprüfung wurde festgestellt, dass der AWP keine konkrete Planung für zusätzliche Abfallbehandlungsanlagen enthält, die über die bereits bestehenden Planungen der Klärschlammentsorgung hinausgehen, und daher keine Rahmen setzende Wirkung entfaltet. Somit kann eine SUP bei der Erstellung dieses AWP entfallen.

## 2 Ziele der Abfallwirtschaft

Die in § 6 Abs. 1 KrWG definierte Abfallhierarchie legt die grundsätzlich geltende Reihenfolge für die Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung fest. Entsprechend gilt auch für die Bewirtschaftung von Klärschlämmen die folgende Reihenfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Eine Vermeidung von Klärschlamm, der zwangsläufig bei der Abwasserbehandlung anfällt und entsorgt werden muss, ist grundsätzlich nicht möglich. Reduzierungsoptionen wären z.B. optimierte Entwässerung und vermehrte Faulung, oder die Verringerung von Fällungs- und Flockungsmitteln, sofern die Ablaufwerte der Kläranlage eingehalten werden. Eine bloße Beseitigung, z.B. in einer Müllverbrennungsanlage oder einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage ohne Nutzung der wertgebenden Bestandteile des Klärschlammes, entspricht nicht den Hierarchievorgaben des KrWG. Dem Recyclingvorrang des KrWG kann bei Klärschlämmen aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen prinzipiell durch unterschiedliche Verfahren zur Nutzung der wertgebenden Inhaltsstoffe Rechnung getragen werden. Neben der bodenbezogenen Verwertung, bei der Klärschlamm unmittelbar als Düngemittel eingesetzt wird, kommen auch Verfahren zum Einsatz, bei denen Phosphor aus dem Klärschlamm und der Klärschlammasche zurückgewonnen wird, oder aber Verfahren, bei denen die stofflichen Eigenschaften der Klärschlämme vollständig genutzt werden und die der Herstellung von neuen Materialien dienen (z.B. Einsatz in der Zementindustrie).

### Ressourcen- und Klimaschutz

Klärschlamm enthält insbesondere den nicht erneuerbaren Rohstoff Phosphor, dessen Rückgewinnung oder unmittelbare Nutzung durch die künftig stark eingeschränkte bodenbezogene Klärschlammverwertung vor dem Hintergrund knapper Ressourcen von besonderer Bedeutung ist. Neben dem übergeordneten Ziel, Ressourcen für spätere Generationen durch Kreislaufführung zu schonen, kommt hinzu, dass Phosphatvorkommen weltweit in einigen Ländern konzentriert sind und Phosphor als nicht erneuerbare Ressource gilt. Vor diesem Hintergrund hat die EU im Jahr 2014 Phosphatgestein als kritischen Rohstoff eingestuft.

Ziel einer nachhaltigen Strategie ist es daher, die natürlichen Phosphorressourcen in umfassender Weise zu schonen, indem Mineräldünger aus Rohphosphaten durch Sekundärphosphate ersetzt werden, die u.a. aus Klärschlamm gewonnen werden.

Zur Ressourcenschonung trägt bei, dass Verfahren zur Erzeugung von Sekundärphosphat so gestaltet werden, dass sie einen möglichst hohen Anteil des enthaltenen Phosphors gewinnen. Diese Verfahren sollten ebenso einen möglichst niedrigen Verbrauch an Betriebsmitteln und Energie aufweisen.

Deutschland hat mit der Novellierung der AbfKlärV im Jahr 2017 einen Paradigmenwechsel hin zu einem nachhaltigeren Gebrauch von Phosphor eingeleitet.

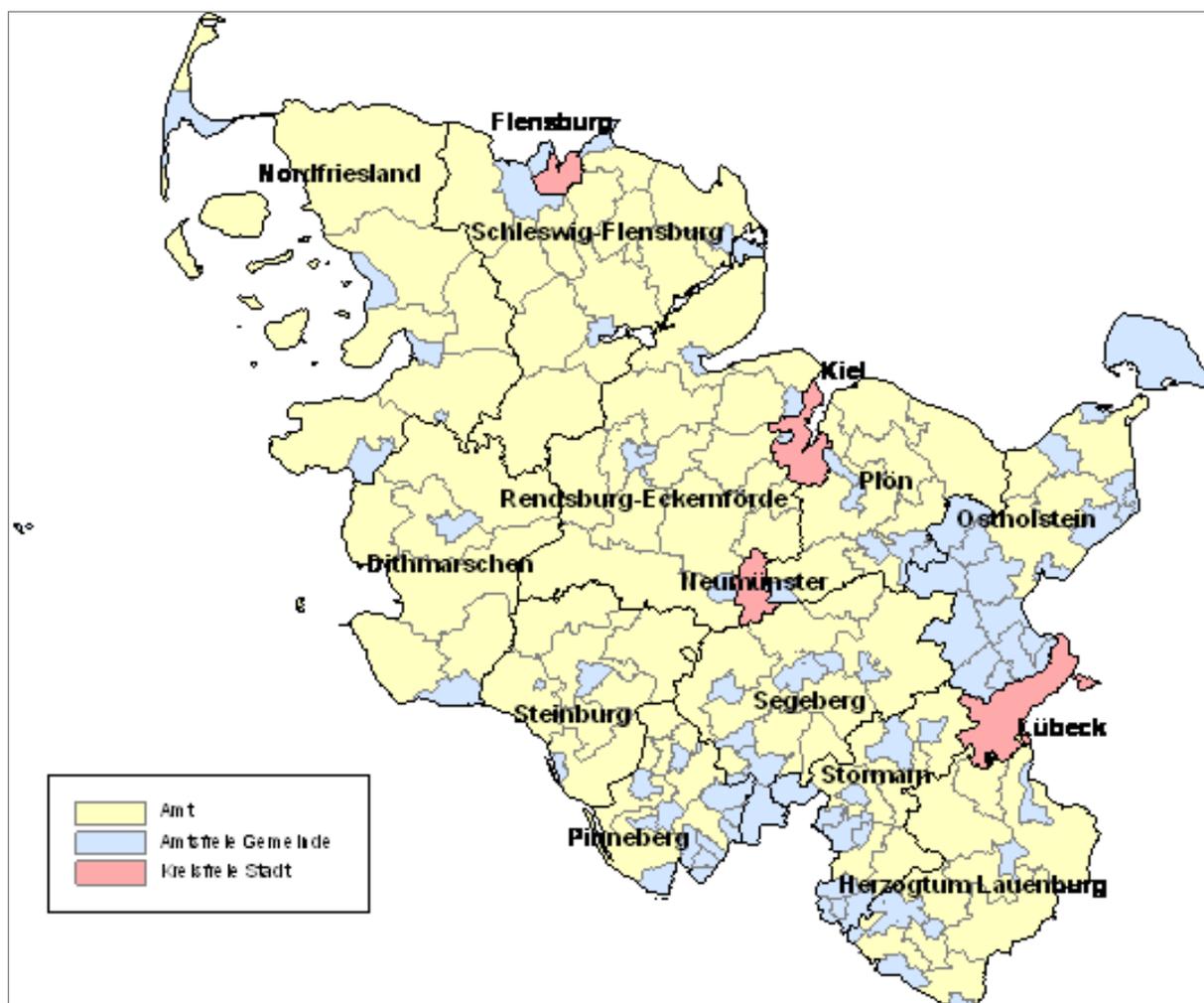
### 3 Planungsraum und Datengrundlage

#### 3.1 Planungsraum

Der Planungsraum umfasst das Land Schleswig-Holstein. Er grenzt im Norden unmittelbar an Dänemark, im Süden an Niedersachsen und die Freie und Hansestadt Hamburg, im Osten an die Ostsee und Mecklenburg-Vorpommern und im Westen an die Nordsee und die Elbe. Die Landesfläche beträgt 15.800 km<sup>2</sup> bei einer Bevölkerungszahl von 2,904 Millionen (Stand September 2019). Der Trend ist zurzeit minimal ansteigend. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte beträgt 184 Einwohner je km<sup>2</sup>, wobei sie regional zwischen 80 (Kreis Nordfriesland) und 2.073 (Kiel) Einwohnern je km<sup>2</sup> schwankt.

Das Flächenland Schleswig-Holstein ist in vier kreisfreie Städte (Flensburg, Kiel, Lübeck, Neumünster) und elf Kreise gegliedert. Diese unterteilen sich wiederum in 84 Ämter und 88 amtsfreie Gemeinden und Städte (Stand 2020). Die 1.106 Gemeinden sind im deutschlandweiten Vergleich sehr kleingliedrig. Eine Übersicht über den Planungsraum mit Kreis- und Amtsgrenzen liefert die untenstehende Karte (Bild 3-1).

**Bild 3-1: Planungsraum des AWP - Kreise und Ämter**



### 3.2 Datengrundlage

Im Zeitraum 2015/2016 hat das MELUND zusammen mit dem Dienstleister geconomy eine Umfrage unter Kläranlagenbetreibern durchgeführt. Dabei wurden Struktur und Technik der Anlagen, Klärschlammbeschaffenheit und -entsorgung sowie Kooperationsformen der Akteure erhoben. Dies bildet die Grundlage für anlagenbezogene und regionalisierte Analysen, wobei einzelne Daten aus offiziellen Quellen stets aktualisiert wurden. Aufgrund der hohen Rücklaufquote ergänzen diese Ergebnisse Daten, bei denen keine aktuellen Zahlen vorliegen oder die lückenhaft sind.

Für die Klärschlammmentsorgung auf Kreisebene wurden Daten des Statistikamtes Nord für die Jahre 2013 bis 2018 verwendet.

Vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) stammen die maßgeblichen Angaben der Entsorgungspflichtigen gemäß der SüVO. Darüber hinaus wurden Nitrat- und Phosphorkulissen sowie Angaben über die gemäß der 4. BImSchV genehmigten Klärschlammzwischenlager bereitgestellt.

Daten zu Wegen, Güte und Mengen der bodenbezogenen Klärschlammverwertung wurden seitens der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein für die Jahre 2016 bis 2019 bereitgestellt.

Hinsichtlich der sich in den letzten Jahren schnell wandelnden Gemengelage bzgl. Entsorgungspraxis, Kooperationsvorhaben und Genehmigungsprozessen reicht eine reine Betrachtung statistischer Daten nicht aus. Ein beträchtlicher Teil der verfügbaren Informationen, insbesondere zu Planungen und Kooperationen im Land, wurde daher durch Internet- und Medienrecherche erhoben. Verifiziert und ergänzt wurden diese Erkenntnisse zwischen den Jahren 2018 und 2020 durch einen kontinuierlichen Austausch im Klärschlammbeirat.

Dieser AWP beleuchtet die Planungssituation unter dem aktuell verfügbaren Datenstand. Das Wirken des AWP soll als Prozess begriffen werden, der in den kommenden Jahren digital fortgeschrieben und kontinuierlich angepasst wird. Dazu wurde im Rahmen der Neuausrichtung der Klärschlammverordnung das Informationssystem KLÄRIS programmiert. Sein ursprünglicher Zweck war die Visualisierung der zentralen Ergebnisse der Kläranlagenumfrage im Zeitraum 2015/2016. In den Folgejahren wurde das System erweitert. Mittlerweile bündelt es nicht nur Daten zu Kläranlagen, sondern auch solche zu Verwertungsanlagen, Stoffströmen und Nährstoffkulissen und liefert eine Benutzeroberfläche zu deren Darstellung und Analyse. Durch die Verwendung einer Datenbank kann ein aktueller Datenstand gewährleistet werden und das Informationssystem bleibt flexibel anpassbar. Dies ist zur Steuerung der Neuausrichtung der Klärschlammmentsorgung unbedingt erforderlich und ermöglicht eine prozessuale Bearbeitung. Es soll den AWP in digitaler Form ergänzen und in einer aggregierten Version als Plattform für die Prozessbegleitung der Klärschlammneuausrichtung auch für betroffene Stakeholder online zur Verfügung stehen.

## **4 Klärschlammherzeugung**

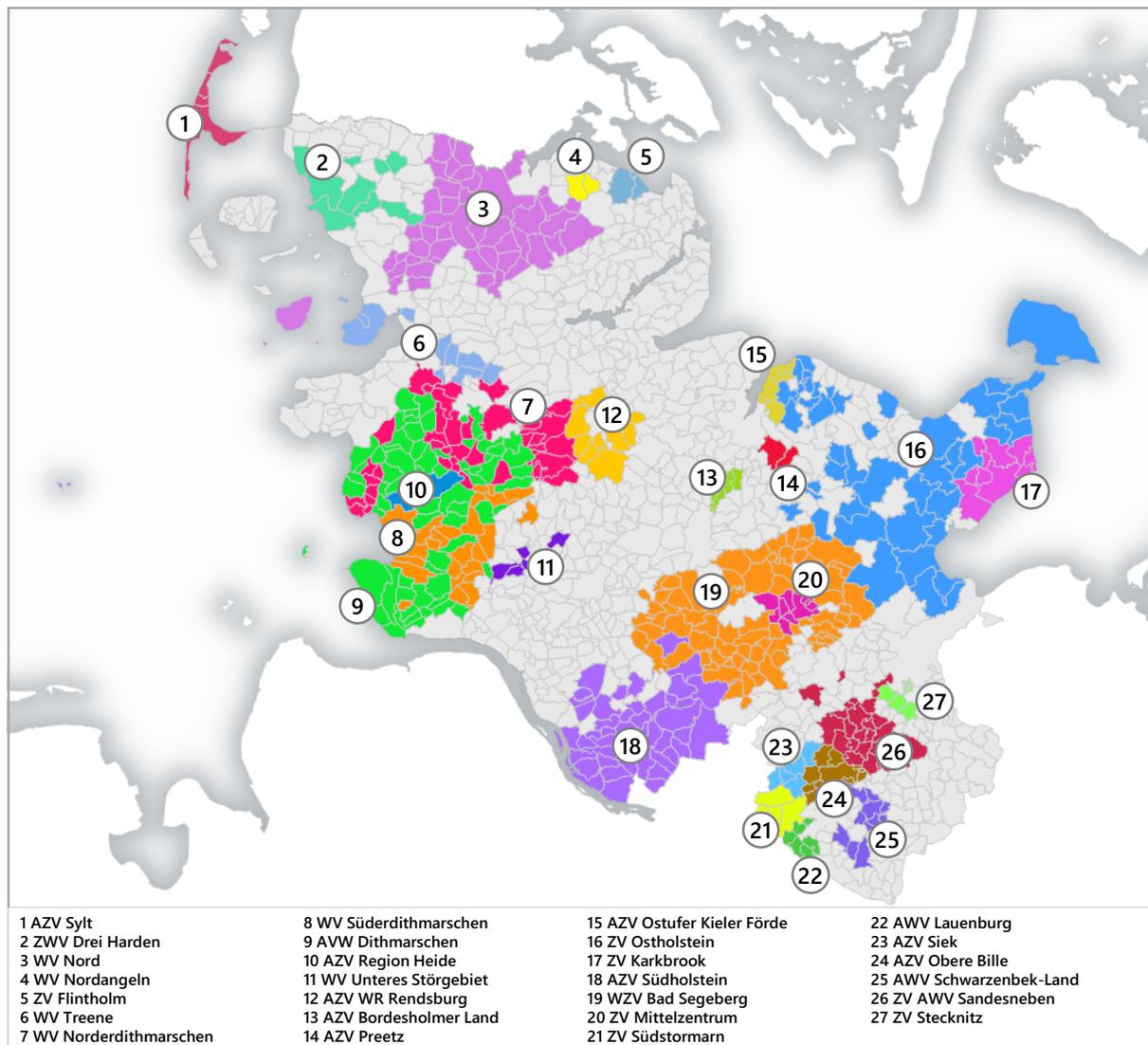
Aufgabe der Kläranlagen ist die Herstellung von gereinigtem Abwasser. Dabei fällt Klärschlamm an, der die gewollte Senke für Nähr- und Schadstoffe ist. Je nach Art der Abwasserbehandlung und Beschaffenheit des Klärschlammes bieten sich unterschiedliche Entsorgungsoptionen oder es müssen im Hinblick auf die Anforderungen der AbfKlärV Anpassungen vorgenommen werden. Als Ausgangslage für den Abfallwirtschaftsplan wird zunächst die Organisation und Struktur der Abwasserbehandlung analysiert. Anschließend wird ermittelt, wie viel Klärschlamm im Land bereits entwässert wird und wo es Trocknungsanlagen gibt. Die Nähr- und Schadstoffqualitäten zum Abschluss des Kapitels geben vor, ob der Klärschlamm bodenbezogen verwertet werden kann oder thermisch behandelt werden muss.

### **4.1 Organisation der Abwasserbehandlung**

Die kommunale Abwasser- und Klärschlammbehandlung ist im Land unterschiedlich organisiert. Grundsätzlich gibt es drei wesentliche Organisationsarten. Entweder wird die Abwasserbehandlung und Klärschlammbehandlung durch die Kommune in Eigenregie durchgeführt oder sie ist einer anderen Kommune bzw. einem Zweckverband oder einer Betreibergesellschaft übertragen. Es existieren allerdings auch Mischformen, in der z.B. nur Teilbereiche, etwa die Abwasserbehandlung oder die Entsorgung, gemeinsam betrieben werden. Da es hierzu keine offizielle Gesamtstatistik gibt, basiert die Auswertung auf Daten des LLUR und Ergänzungen aus öffentlich zugänglichen Quellen, etwa Internetseiten der Zweckverbände und deren Satzungen.

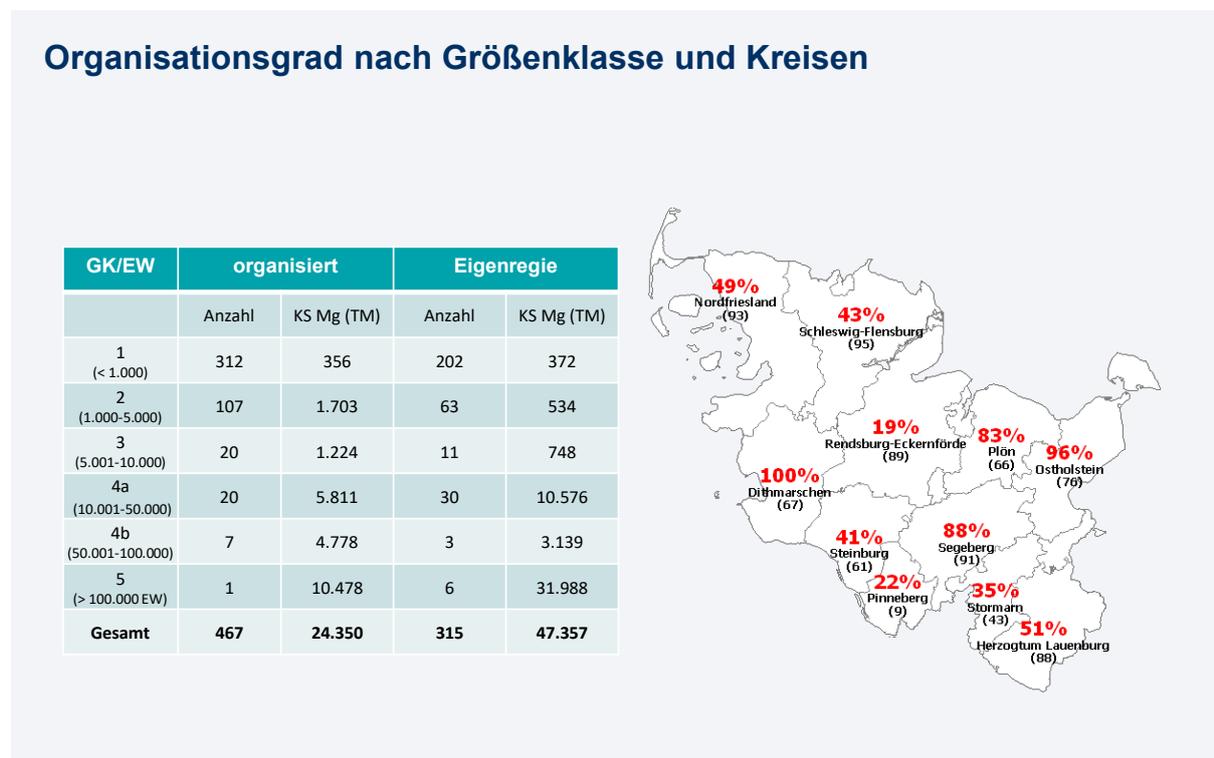
In Schleswig-Holstein gibt es im Jahr 2020 487 Gemeinden, die einem Abwasserverband angehören. Es handelt sich dabei um 44 % aller 1106 Gemeinden im Land. In den Kläranlagen von Verbandsgebieten fällt 29 % der Gesamtmenge des Klärschlammes an. Die Verteilung der Zweckverbände und angehörigen Gemeinden ist in Bild 4-1 zusammengestellt.

**Bild 4-1: Verbandsgebiete in Schleswig-Holstein (Stand 2020)**



In Bezug auf die Kläranlagen ergibt sich ein anderes Bild. Als übergeordnet organisiert wurden in der Auswertung Kläranlagen zugeordnet, die einem Verband angehören, durch eine Betreibergesellschaft bewirtschaftet werden oder den Schlamm an eine andere Anlage abgeben. Alle übrigen Anlagen wurden in die Kategorie Eigenregie eingeordnet, so auch Kläranlagen, die im selben Amtsgebiet liegen. Bild 4-2 zeigt den Organisationsgrad nach Größenklassen. 60 % der Kläranlagen sind demnach übergeordnet organisiert, 40 % werden in Eigenregie bewirtschaftet. Unter den kleineren Anlagen der Größenklasse 1 und 2 gibt es 265 Anlagen, die bisher nicht organisiert sind. Die Betriebsführer dieser Anlagen müssen daher zunächst eigene Konzepte entwickeln, sofern eine anlagennahe landwirtschaftliche Verwertung zukünftig nicht mehr möglich ist.

Bild 4-2: Organisationsgrad nach Größenklasse und Kreisen

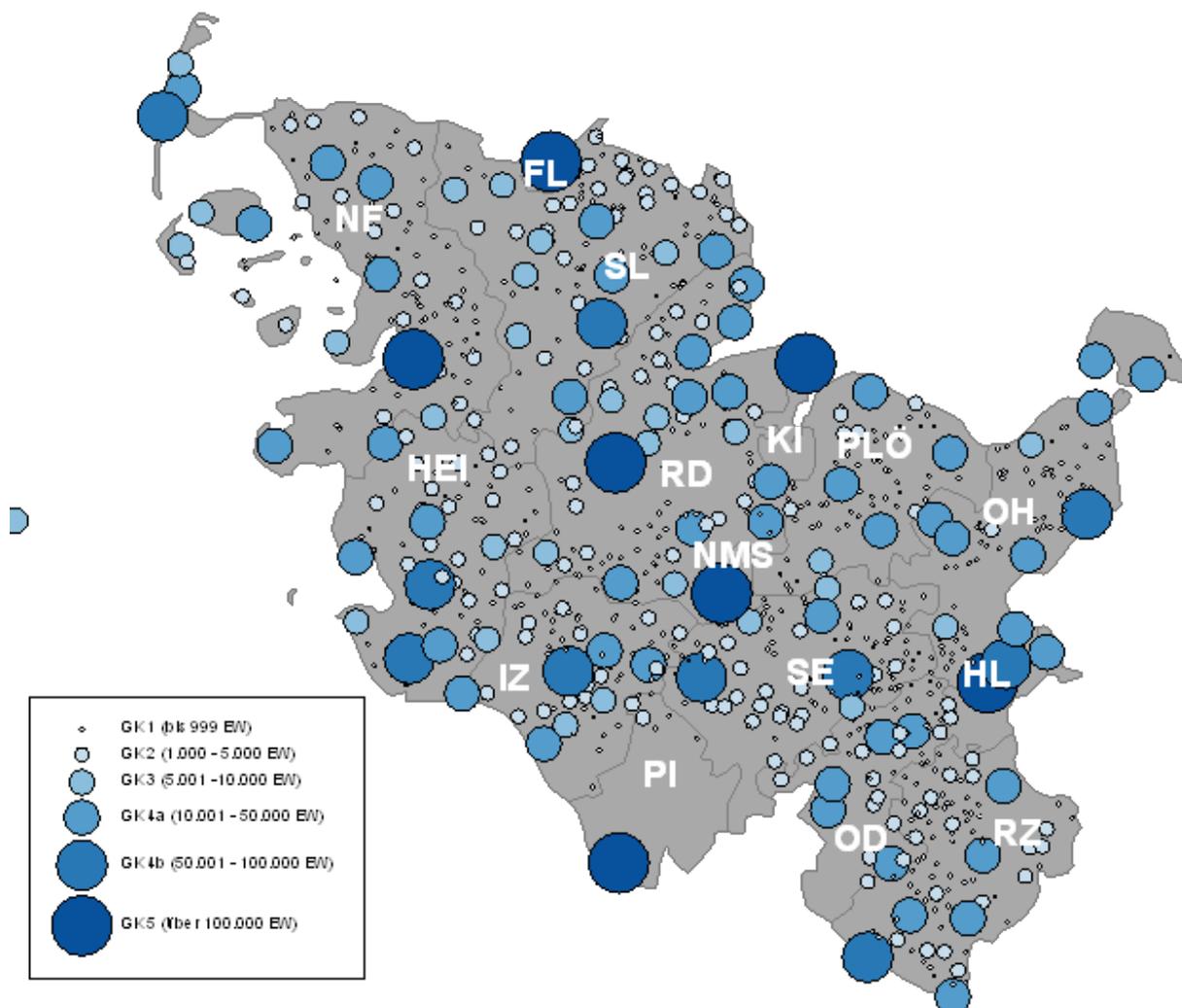


Die Karte in Bild 4-2 zeigt für jeden Landkreis den Anteil derjenigen Anlagen, der seinen Klärschlamm übergeordnet organisiert verarbeitet. Die kleinere Zahl in Klammern gibt dabei die Gesamtzahl der Anlagen des Kreises an. In der regionalen Betrachtung weisen drei Flächenkreise einen sehr hohen Organisationsgrad auf, diese sind Dithmarschen, Ostholstein und Segeberg. Im Kreis Pinneberg gibt es neben der zentralen Anlage in Hetlingen nur acht weitere Anlagen, eine davon auf Helgoland. Daher handelt es sich hier auch um einen sehr hohen Organisationsgrad, der sich eher in der geringen Anzahl von Kläranlagen im Kreis ausdrückt als in dem Anteil organisierter Anlagen. Am geringsten ist der Organisationsgrad in Rendsburg-Eckernförde, Stormarn, Steinburg und Schleswig-Flensburg. Die Kläranlage der Landeshauptstadt Kiel liegt im Kreis Rendsburg-Eckernförde.

## 4.2 Struktur der Kläranlagen

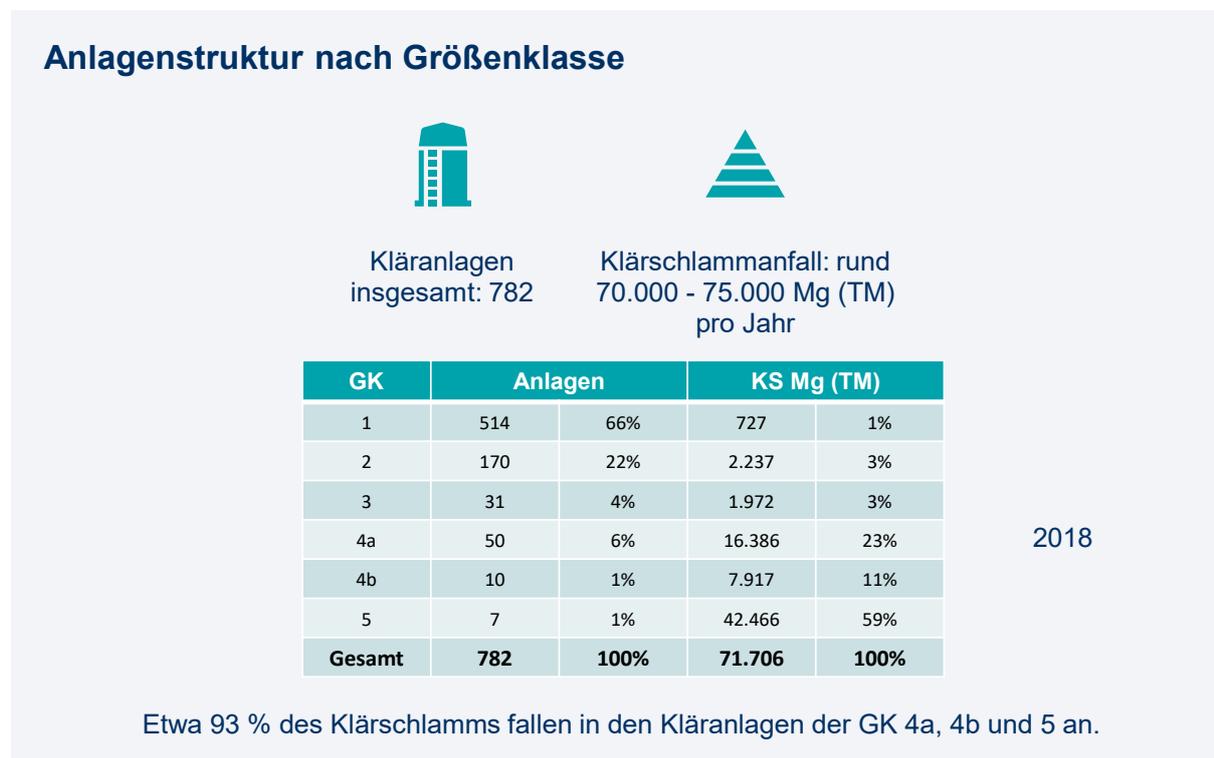
In Schleswig-Holstein gab es im Jahr 2018 782 kommunale Kläranlagen, die in den letzten Jahren zwischen 70.000 und 75.000 Mg (TM) Klärschlamm pro Jahr erzeugt haben. Die Anlagen sind in Abhängigkeit der besiedelten Gebiete im Land verteilt und in der Karte im Bild 4-3 aufgeführt. Hauskläranlagen sind in diesem Abfallwirtschaftsplan nicht separat erfasst, da ihr Fäkalschlamm von größeren Anlagen mitbehandelt wird.

**Bild 4-3: Regionale Verteilung der Kläranlagen**



Zwei Drittel der Kläranlagen haben eine Ausbaugröße von weniger als 1.000 Einwohnerwerten und gehören der Größenklasse 1 an (vgl. Bild 4-4). Bezogen auf die Anlagenzahl ist die Abwasserbehandlung in Schleswig-Holstein daher dezentral. Bezogen auf die zu reinigende Menge Abwasser und das Klärschlammufkommen ist die Abwasserbehandlung allerdings zentral. Betrachtet man die größeren Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5, so erzeugen diese 67 Anlagen zusammen 93 % der landesweiten Klärschlammmenge von circa 71.700 Mg (TM) im Jahr 2018.

Die größten 7 Kläranlagen fallen in die Größenklasse 5 und erzeugen 59 % des landesweiten Klärschlammufkommens. Diese sind Hetlingen, Kiel, Lübeck, Neumünster, Rendsburg, Flensburg und Husum.

**Bild 4-4: Anlagenstruktur nach Größenklasse**

### 4.3 Entwässerung und Trocknung

Je nach Kläranlagenart und Größe fällt Klärschlamm kontinuierlich, diskontinuierlich oder in mehrjährigen Räumungsintervallen, etwa bei Teichanlagen, an. Der Schlamm wird anschließend entweder stationär oder mobil entwässert, als Dünnschlamm landwirtschaftlich verwertet oder an eine andere Anlage zur Weiterbehandlung abgegeben. Tabelle 4-1 gibt einen Überblick über die Situation der Klärschlammmentwässerung in Schleswig-Holstein.

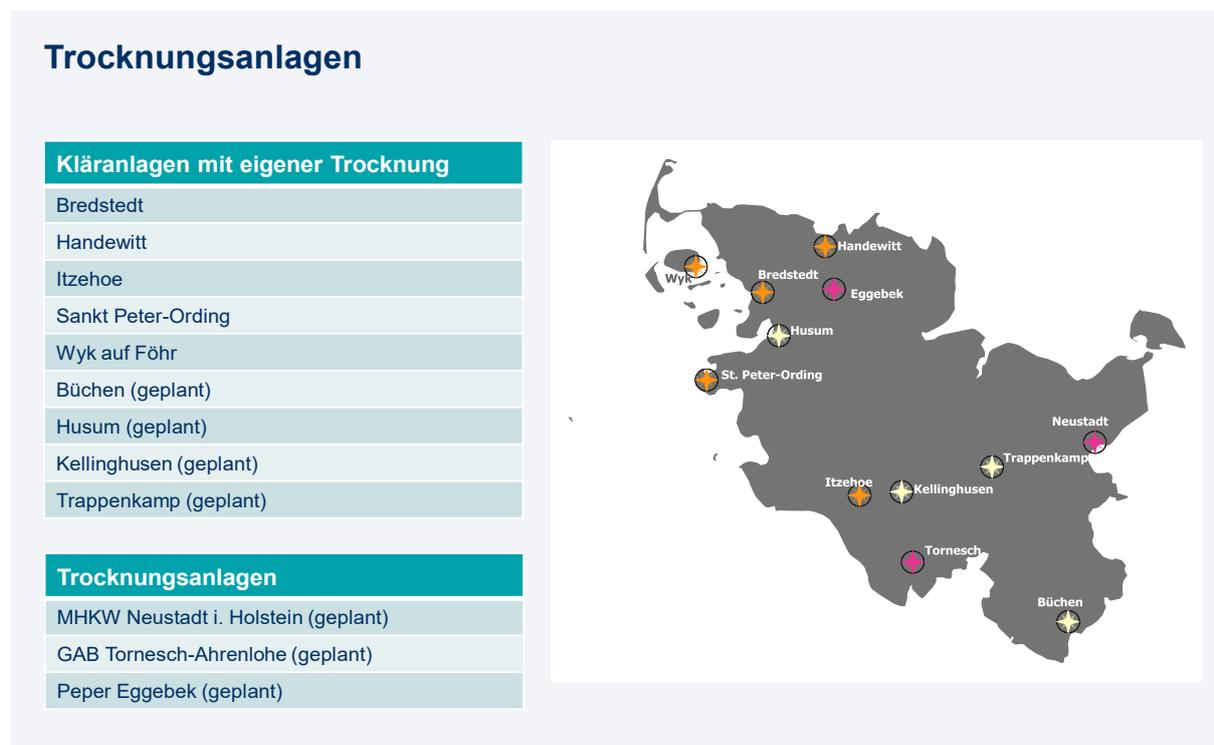
**Tabelle 4-1: Klärschlammmentwässerung**

	Anlagen	%	KS Mg (TM)	%
technische Entwässerung	85	11 %	67.248	94 %
Vererdungsanlage	12	2 %	1.212	2 %
sonstiges	35	4 %	774	1 %
Abgabe an andere Kläranlagen	241	31 %	-	-
keine oder mobile Entwässerung	409	52 %	2.473	3 %

Landesweit verfügen 85 Anlagen über eine technische, stationäre Entwässerung und behandeln 94 % des Klärschlammes, der kontinuierlich anfällt. Im mengengewichteten Landesdurchschnitt ist der Klärschlamm auf 22 % TS entwässert. Im Land werden derzeit 12 Vererdungsanlagen betrieben. Bei einer stärkeren Einschränkung der landwirtschaftlichen Verwertung müsste vor allem die mobile Entwässerung ausgebaut werden, um die Transportwürdigkeit des Klärschlammes zu erhöhen.

Die Trocknung des Klärschlammes spielt in Schleswig-Holstein bisher eine untergeordnete Rolle. In fünf Anlagen werden Trocknungsanlagen betrieben. Die Menge getrockneten Klärschlammes beläuft sich in Schleswig-Holstein derzeit auf etwa 1.000 bis 1.500 Mg (TM) jährlich. Allerdings ist mit einem moderaten Ausbau an Trocknungskapazität zu rechnen. Derzeit befinden sich sechs weitere Trocknungsanlagen im Bau oder werden geplant (vgl. Bild 4-5). Dabei ist aus Gründen des Klimaschutzes zu prüfen, ob für die Trocknung erneuerbare Energien oder bisher nicht genutzte Abwärme eingesetzt werden können. Eine Trocknung des Klärschlammes sollte immer in Hinblick auf die spätere Entsorgung betrachtet werden. So erwartet die Monoverbrennungsanlage in Kiel entwässerten Schlamm, die Anlage in Stapelfeld entwässerten und ca. 5% getrockneten Schlamm bezogen auf die Gesamtkapazität von 32.500 Mg TS. Damit könnte der aktuell im Land anfallende getrocknete Klärschlamm behandelt werden. Inwieweit dies auch für die geplanten Trocknungsanlagen gilt, müsste im Einzelfall geprüft werden.

**Bild 4-5: Trocknungsanlagen**



#### 4.4 Nähr- und Schadstoffe im Klärschlamm

Die Klärschlammbeschaffenheit hängt von der Schmutzfracht, z.B. Art und Anzahl der Indirekteinleiter, der Reinigungsleistung sowie von der Behandlung und dem Entsorgungsziel des Klärschlammes ab. Hinsichtlich zukünftiger Entsorgungsoptionen ist dabei zu prüfen, welche Schadstoff- und Nährstoffgüte der Schlamm aufweist, dabei stellt die bodenbezogene Verwertung deutlich höhere Anforderungen als die thermische Behandlung in Zusammenhang mit der Rauchgasreinigung.

Klärschlamm, der bodenbezogen verwertet werden soll, muss sowohl die Grenzwerte der AbfKlärV wie auch die Grenzwerte der DüMV und die Vorgaben der DüV erfüllen. Zudem muss sichergestellt sein, dass nach Bodenuntersuchungen die Vorsorgewerte der BBodSchV nicht überschritten werden. Böden, die über mehr als 20 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> je 100 g Boden (nach CAL-Methode) bzw. 25 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> je 100 g Boden (nach DL-Methode) verfügen, dürfen maximal in der Höhe der Phosphorabfuhr durch Ernte gedüngt werden. In der ausgewiesenen Phosphatkulisse nach Landesdüngeverordnung gilt zusätzlich, dass Böden, die über mehr als 35 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> je 100 g Boden (nach CAL-Methode) bzw. 40 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> je 100 g Boden (nach DL-Methode) verfügen, maximal bis zu 50% der Höhe der Phosphorabfuhr durch Ernte gedüngt werden dürfen. In Tabelle 4-2 sind die Nähr- und Schadstoffqualitäten von Schlämmen aus Schleswig-Holstein aufgeführt und den gesetzlichen Grenzwerten gegenübergestellt. Die Tabelle ist dabei unterteilt in Schlämme, die nur landwirtschaftlich verwertet wurden, und Schlämme, die landwirtschaftlich und thermisch entsorgt wurden. Die Analyseergebnisse der landwirtschaftlich verwerteten Schlämme, die von der Landwirtschaftskammer stammen, haben als langjähriges Mittel der Jahre 2017-2019 eine hohe Aussagekraft. Die anderen Werte sind eine Momentaufnahme und basieren auf der Kläranlagenbefragung in den Jahren 2015/2016, in der 90 % des angefallenen Klärschlamm erfasst wurden, darunter auch von Anlagen, die thermisch entsorgen.

Tabelle 4-2: Klärschlammqualitäten

Stoff	Einheit	Grenzwert (DüMV, Abf- KlärV)	Landw. Verwertung, langjäh- rige Werte (2017-2019)		Alle Verwertungswege, einmalige Angabe KA- Umfrage 2015/2016		
			mengenge- wichteter Mit- telwert SH	Grenzwert- ausschöp- fung	Anlagen mit Grenzwert- überschreitung	mengenge- wichteter Mit- telwert SH	Grenzwert- ausschöp- fung
pH-Wert	-	-	9,43	-	-	9,53	-
TS-Gehalt	%	-	26,6	-	-	30,8	-
organische Substanz	%	-	46,2	-	-	46,1	-
Gesamtstickstoff	%	-	3,65	-	-	3,71	-
Ammonium	%	-	0,38	-	-	0,48	-
N (verfügbar)	%	-	-	-	-	0,17	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gesamt	%	-	6,13	-	-	5,71	-
P gesamt	%	-	2,68	-	-	2,49	-
Kalium	%	-	0,29	-	-	0,29	-
Calcium	%	-	-	-	-	19,4	-
basisch wirksame Stoffe	%	-	23,6	-	-	17,2	-
Magnesium	%	-	1,39	-	-	0,91	-
Schwefel	%	-	-	-	-	0,84	-
Natrium	mg/kg TM	-	-	-	-	1617	-
Bor	mg/kg TM	-	-	-	-	19,1	-
Kobalt	mg/kg TM	-	-	-	-	4,09	-
Mangan	mg/kg TM	-	-	-	-	891	-
Molybdän	mg/kg TM	-	-	-	-	4,54	-
Selen	mg/kg TM	-	-	-	-	2,02	-
Eisen	mg/kg TM	-	47.400	-	-	49.373	-
Blei	mg/kg TM	150	20,6	14%	2	21,6	14%
Cadmium	mg/kg TM	1,5	0,64	43%	23	0,52	35%
Chrom	mg/kg TM	900	23,2	3%	0	20,1	2%
Kupfer	mg/kg TM	900	366	41%	50	508	56%
Nickel	mg/kg TM	80	17,4	22%	1	15,4	19%
Quecksilber	mg/kg TM	1	0,41	41%	14	0,50	50%
Zink	mg/kg TM	4000	536	13%	0	499	12%
Arsen	mg/kg TM	40	2,2	6%	1	7,07	18%
Thallium	mg/kg TM	1	<0,2	<20%	2	0,23	23%
AOX	mg/kg TM	400	133	33%	7	133	33%
polychlorierte Biphenyle	∑ mg/kg TM	0,1 je Kong	0,04 (∑)	7%	0	0,03 (∑)	5%
Dioxine TE-WHO PCDD/F	ng TE/kg TM	30	4,36	15%	0	4,38	15%
Benzo(a)pyren (BaP)	mg/kg TM	1	<0,25	<25%	-	-	-
PFT	mg/kg TM	0,1	0,012	12%	1	0,003	3%

Insgesamt weist der Klärschlamm in Schleswig-Holstein eine gute Qualität auf, was sich auch in den langjährig hohen Anteilen landwirtschaftlicher Verwertung zeigt. Die Grenzwerte werden nur zu einem geringen Anteil ausgeschöpft. Lediglich bei Cadmium, Kupfer und Quecksilber werden die Grenzwerte bis zu 41 % ausgelastet, bei den auch thermisch entsorgten Schlämmen lag die Ausschöpfung im Durchschnitt leicht höher, kann aber als Einzelergebnis unter den langjährigen Werten der landwirtschaftlichen Schlämme liegen.

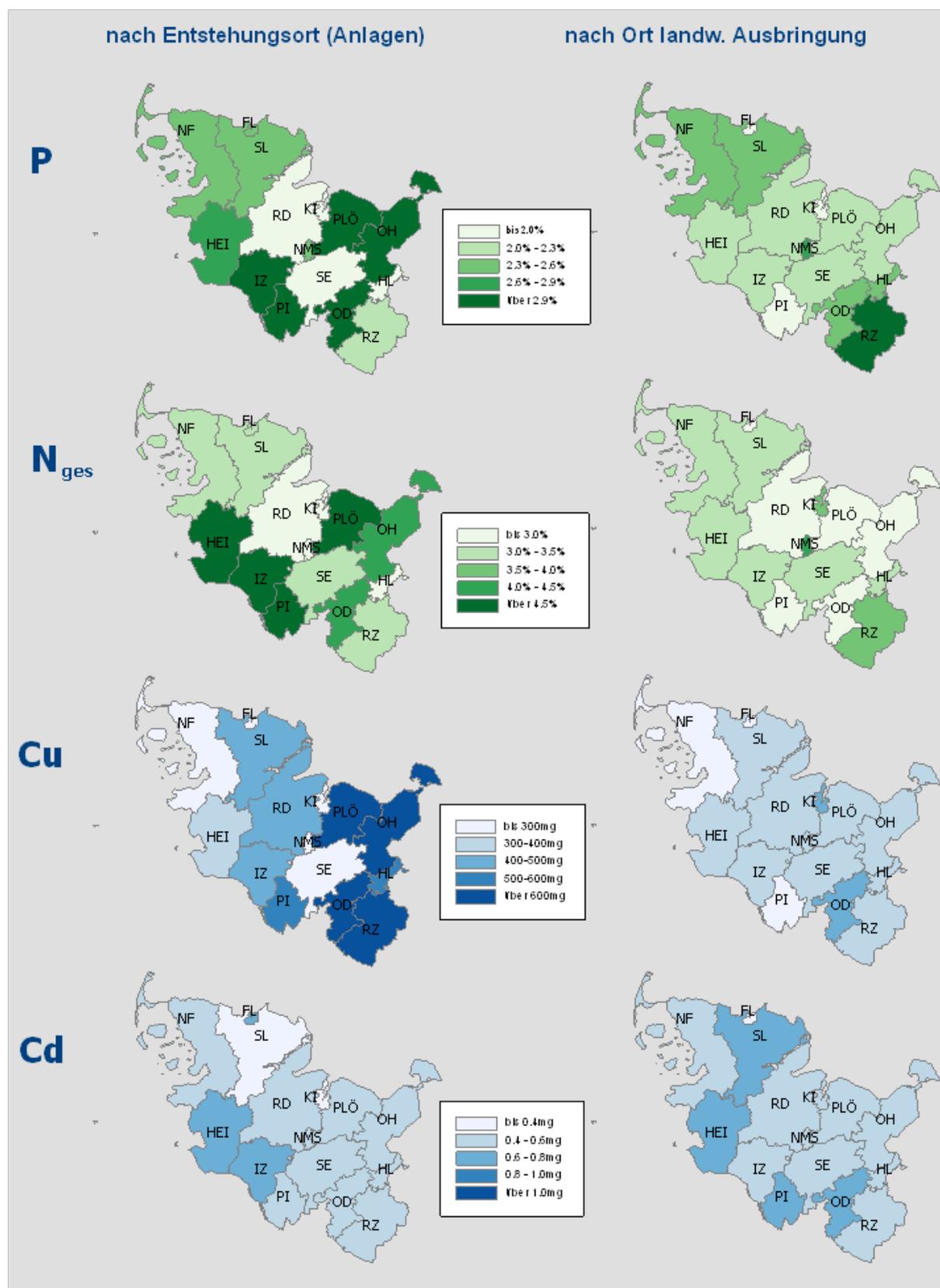
Hauptwertgebende Wert- und Nährstoffe im Klärschlamm sind Phosphor, Stickstoff, Kalk und die organische Substanz (Humuswirkung). Auf der folgenden Seite ist in Bild 4-6 die regionale Verteilung der Nährstoffe Phosphor und Gesamtstickstoff (grüne Karten) dargestellt. Dabei ist unterschieden, ob der Klärschlamm im Kreis erzeugt (linke Seite) oder ausgebracht (rechte Seite) wurde. Bei den landwirtschaftlich ausgebrachten Schlämmen zeigt sich bei beiden Nährstoffen eine gleichmäßigere Verteilung als bei den erzeugten Schlämmen. In nahezu allen Kreisen liegt der Phosphorgehalt sowohl des erzeugten als auch des ausgebrachten Schlammes über 2 %. Der Gehalt an Gesamtstickstoff schwankt landesweit geringer und beträgt durchschnittlich 3,7 %.

In Bezug auf Schwermetalle und organische Schadstoffe gibt es ebenfalls regionale Unterschiede. In Einzelfällen werden Grenzwerte der AbfKlärV und DüMV von Kläranlagen überschritten. Die analog zu den Nährstoffen in den blauen Karten in Bild 4-6 aufgeführten Schwermetalle Kupfer (Cu) und Cadmium (Cd) sind die Schadstoffe, bei denen bei der Erhebung in den Kläranlagen 2015 am häufigsten Grenzwertüberschreitungen festgestellt wurden. Auf der linken Seite ist zu sehen, dass insbesondere Klärschlämme einiger östlicher Landkreise hohe Kupferwerte aufweisen. Bei Grenzwertüberschreitung wurden diese thermisch entsorgt. Da nur Klärschlämme landwirtschaftlich verwertet werden, welche die Grenzwerte einhalten, liegen die Werte der ausgebrachten Mengen (rechte Seite) deutlich niedriger bei gleichmäßiger regionaler Verteilung.

Die Schwermetalle im Klärschlamm der kommunalen Anlagen gelangen über Haushalte und Gewerbe oder über den Niederschlag in das Abwasser. Quecksilber stammt z.B. auch aus Zahnarztpraxen.

In Hinblick auf die Monoverbrennung und relevante Stoffe bei der Rauchgasreinigung, wie z. B. Quecksilber, Cadmium, Schwefel oder Chlor ist bei den guten Qualitäten der Schlämme aus Schleswig-Holstein nicht mit Einschränkungen zu rechnen.

Bild 4-6: Nähr- und Schadstoffgehalt nach Kreisen



Neben den Grenzwerten der AbfKlärV und DüMV rücken verstärkt weitere Stoffgruppen in den Fokus. Hier sind vor allem Mikroplastik (Partikelgröße unter 5mm), Spurenstoffe wie Arzneimittelrückstände sowie multiresistente Bakterien zu nennen. Auch wenn die öffentliche Debatte bzgl. dieser Stoffe recht aktuell ist, beschäftigt sich das MELUND bereits seit einigen Jahren mit der Problematik. In einem vom Ministerium beauftragten Bericht wurde 2007 die organische Schadstoffbelastung bewertet. Dabei wurden neben der Analyse verschiedener Stoffgruppen auch Maßnahmen zur Verbesserung der Schlammqualität evaluiert. Zu den Stoffgruppen mit auffälligen Konzentrationen gehörten Schwermetalle (Kupfer), Moschusverbindungen (Galaxolid), Tenside (iso-Nonylphenol, LAS), PCCD/F, Polybromierte Diphenylether und Pharmaka (Bahr et al. 2007, S. 11).

Der Rückhalt von Schwermetallen ist, verglichen mit anderen Spurenstoffen, gut. Da Schwermetalle nicht biologisch abbaubar sind und sehr gut an Belebtschlamm sorbieren, ist der Klärschlamm die relevante Senke dieser Stoffe (Wellbrock et al. 2019, S. 64).

Arzneimittel werden fast ausschließlich biologisch abgebaut. Diejenigen, welche nur mäßig biologisch abbaubar sind oder geringe Sorptionseigenschaften haben, bleiben dagegen in hohen Stofffrachten im Kläranlagenablauf. Eine verbesserte Reinigungsleistung ließe sich nur durch eine weitere Verfahrensstufe realisieren (Ozonung, UV-Behandlung, Aktivkohle, Membranfiltration) (Wellbrock et al. 2019, S. 252).

Die Reduktion von multiresistenten Keimen innerhalb der Klärprozesse und über alle untersuchten Klärwerke hinweg ist sehr unterschiedlich ausgebildet. Insgesamt gehen die Autoren der Studie davon aus, dass eine Reduktion von multiresistenten Erregern um mindestens 99,9 % erreicht wird. Als Senke für die multiresistenten Keime vermuten die Autoren den Klärschlamm (Wellbrock et al. 2019, S. 250).

Neben einigen natürlichen Quellen emittieren unvollständige Verbrennungsprozesse fossiler Energieträger in Kraftwerken oder Motoren polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Insbesondere über den Luftpfad gelangen diese Stoffe in Gewässer oder durch Auswaschung versiegelter Flächen in die Kläranlagen (Wellbrock et al. 2019, S. 108-109).

Kunststoff, der über Schmutzwasser und Niederschlag in Kläranlagen eingeleitet wird, gelangt anschließend je nach Partikelgröße in den Rechen, Sandfang sowie in den Klärschlamm oder verlässt die Kläranlage über den Ablauf. In Studien wird eine Abscheideeffizienz von 98-99 % des Mikroplastiks erzielt, dabei akkumuliert sich nach bisherigen Erkenntnissen der größte Anteil Mikroplastik im Klärschlamm (Gehrke & Bertling 2020, S. 101).

Ein Pilotcreening am Zentralklärwerk Lübeck zeigt eine Abscheidung von 99,9 % des Mikroplastiks in den Klärschlamm. Bei den größeren Partikeln (1-5 mm) dominieren stückzahlbezogen Leichtkunststoffe wie Kunststofffolien (52 %) und Kunststofffragmente (26 %). Sie bestehen vor allem aus den Polymeren Polyethylen (48 %) und Polypropylen (19 %). Die kleineren Partikel (0,4-1 mm) sind nur durch Mikroskopie nachweisbar und konnten lediglich quantifiziert, nicht aber klassifiziert werden. Sie machen stückzahlbezogen knapp über 90 % des Mikroplastiks aus (Siegel & Thyen 2020, S. 105-111).

Die wissenschaftliche und gesellschaftliche Diskussion zum Thema Mikroplastik, Spurenstoffe und Bakterien im Klärschlamm könnte insgesamt zu einem Nachfragerückgang bei den Landwirten führen.

## 5 Klärschlamm Entsorgung

Nachdem die Grundlagen der Klärschlammherzeugung in Schleswig-Holstein erörtert wurden, stellt sich nun die Frage nach bisherigen und zukünftigen Entsorgungsoptionen, die zu Anfang des Kapitels aufgezeigt werden. Insbesondere die bodenbezogene Klärschlammverwertung erfordert dabei ein hohes Maß an Dokumentations-, Kontroll- und Überwachungspflichten, die von den Klärschlammherzeugern und Behörden bei der Durchführung der AbfKlärV zu erbringen sind. In Schleswig-Holstein dominiert seit Jahren die landwirtschaftliche Verwertung vor der thermischen Entsorgung, die bisher nur zu einem geringen Anteil im Land erfolgt. Ob und unter welchen Voraussetzungen der Klärschlamm im Land sicher entsorgt werden kann, wird je Entsorgungsoption geprüft und beurteilt, indem Chancen und Risiken der Entsorgungswege gegenübergestellt werden.

Hinsichtlich der zukünftigen Entsorgung und unter Beachtung der Phosphorrückgewinnungspflicht existieren generell folgende, in Bild 5-1 aufgeführte Behandlungs- und Entsorgungsverfahren (verändert, nach DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5 2019).

**Bild 5-1: Mögliche Verwertungswege des Klärschlammes**

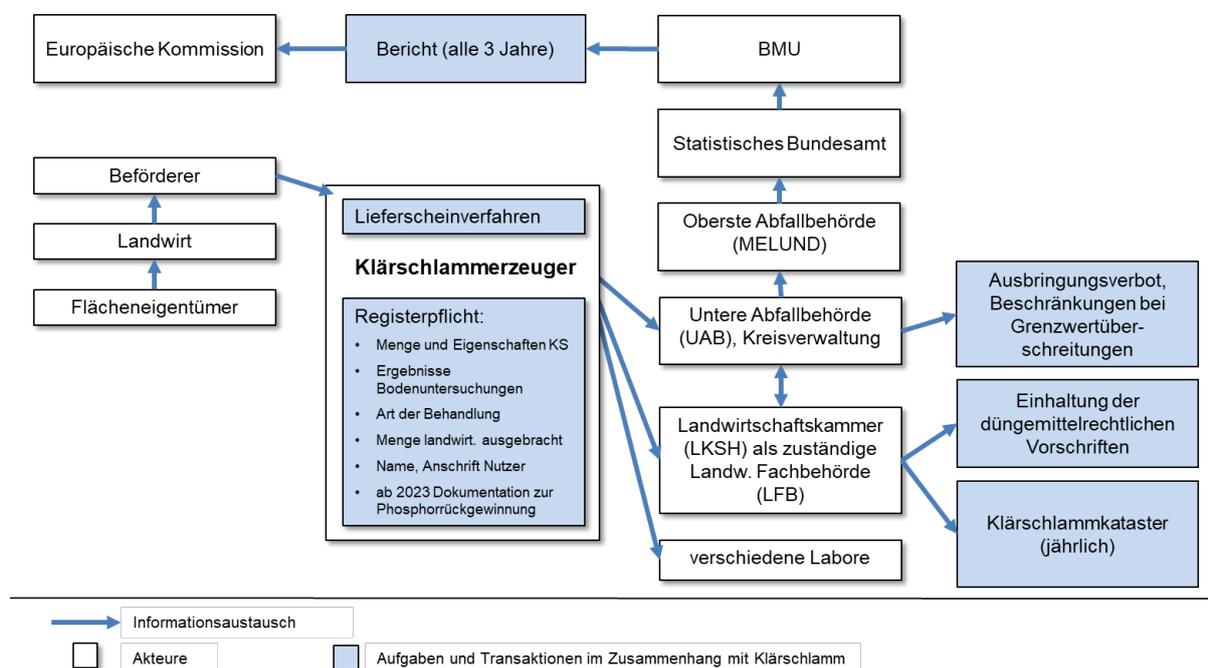


Die blauen Kästen im oberen Bereich beschreiben Möglichkeiten der Klärschlammbehandlung. Der stabilisierte Nassschlamm kann auf maschinelle oder biologische Art entwässert werden. Als langfristiges Entwässerungsverfahren ist hier die Vererdung einzuordnen. Nach der Entwässerung besteht die Möglichkeit, sofern Grenzwerte der DüMV und AbfKlärV eingehalten werden, den Weg der bodenbezogenen

Verwertung einzuschlagen (türkisfarbene Kästen). Der Hauptpfad ist dabei die landwirtschaftliche Verwertung, aber auch Landbau, Komposteinsatz oder sonstige stoffliche Verwertungen sind gangbare Wege. Das Phosphorrecycling erfolgt dabei direkt durch Rückgabe des Nährstoffes an die Biosphäre. Dieser Weg ist für Schlämme, die Grenzwerte nicht einhalten, und zukünftig auch für solche, die aus Kläranlagen der Größenklasse 5 (ab 2029) und 4b (ab 2032) stammen, rechtlich ausgeschlossen. Solche Schlämme müssen für die Phosphorrückgewinnung thermisch vorbehandelt werden (violette Kästen). Je nach Anforderung können sie vorher noch an der Kläranlage oder in Kooperationen teil- oder vollgetrocknet werden. Die thermische Behandlung erfolgt zumeist entweder in Klärschlammmonoverbrennungsanlagen oder in Form einer Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen. Weitere Verfahren wie Pyrolyse, Vergasung oder hydrothermale Carbonisierung werden in thermischen Vorbehandlungsanlagen eingesetzt, sind aber nicht weit verbreitet. Einen Sachstand zu alternativen Verfahren für die thermische Entsorgung von Abfällen geben Quicker et al. 2017. Alle Klärschlämme mit einem Phosphorgehalt  $\geq 2\%$  unterliegen einer Rückgewinnungspflicht. Die bei der Verbrennung dieser Schlämme erzeugte Klärschlammmasche bzw. der kohlenstoffhaltige Rückstand muss demnach einer Phosphorrückgewinnung oder stofflichen Verwertung mit Nutzung des Phosphors zugeführt werden. Diese Rückstände können auch auf Deponien langfristig gelagert werden, sofern eine Vermischung mit anderen Stoffen und Abfällen sowie ein Verlust durch Oberflächenabfluss ausgeschlossen wird und ein späteres Phosphorrecycling gewährleistet bleibt (Roskosch & Heidecke 2018, S. 69).

## 5.1 Akteure und Zuständigkeiten der bodenbezogenen Klärschlammverwertung

**Bild 5-2: Akteure und Zuständigkeiten der bodenbezogenen Klärschlammverwertung**



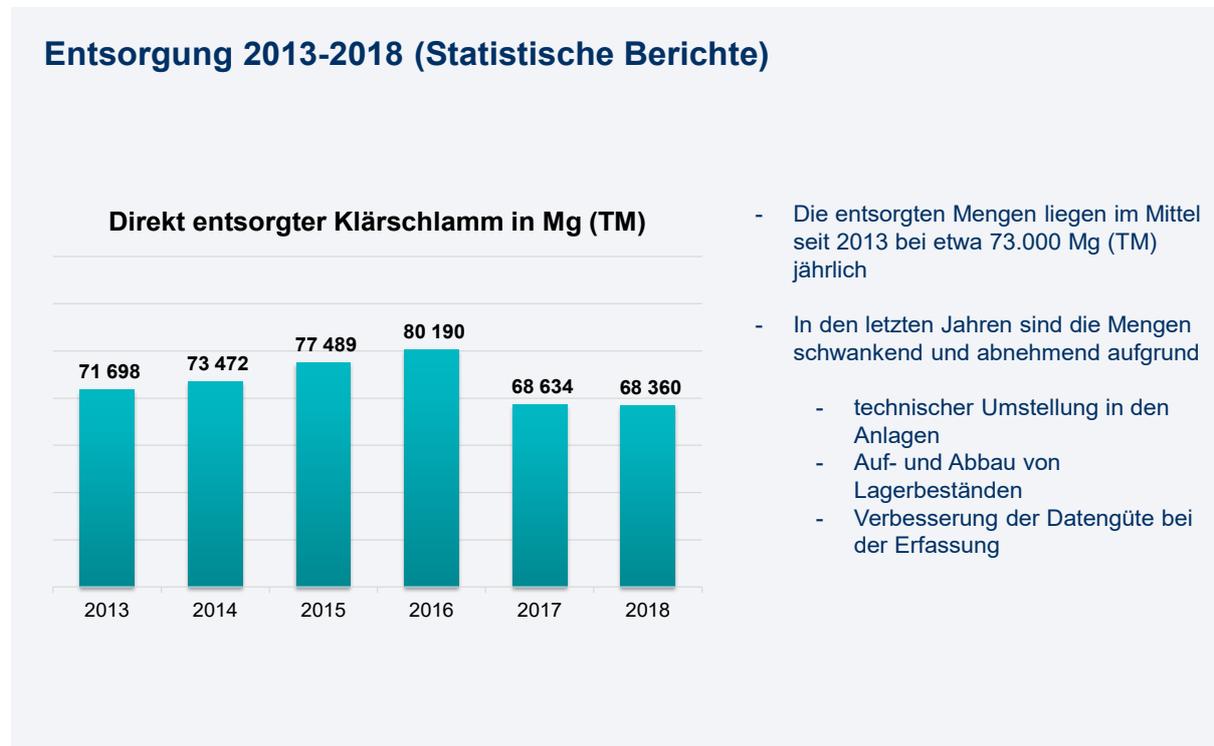
Bei der Umsetzung der AbfKlärV in Schleswig-Holstein gibt es unterschiedliche Akteure und Zuständigkeiten sowie Überwachungs- und Informationspflichten (vgl. Bild 5-2). Im Zentrum der Informationspflicht steht der Klärschlammherzeuger. Er führt ein Register mit detaillierten Angaben zur Menge, den Eigenschaften und dem Verbleib des Klärschlammes. Ab 2023 sind zusätzlich Angaben zur Phosphoruntersuchung und Maßnahmen zur Phosphorrückgewinnung im Register aufzunehmen. Zudem gibt es Dokumentationspflichten in Zusammenhang mit dem Lieferscheinverfahren. Dabei werden ausgehend vom Klärschlammherzeuger alle Wege und Prozesse des Klärschlammes dokumentiert, nachdem die beabsichtigte Ausbringung den Unteren Abfallbehörden (UAB, also den Kreisen und kreisfreien Städten) und gleichzeitig der Landwirtschaftlichen Fachbehörde (LFB) angezeigt wurde. Die LFB prüft die Zulässigkeit der landwirtschaftlichen Verwertung in Bezug auf die Vorgaben der AbfKlärV, der DüMV und der DüV und gibt eine fachliche Stellungnahme zur geplanten Maßnahme an die UAB. Die UAB erteilen ihre Zustimmung / Verweigerung der geplanten Maßnahme. Nach Abschluss der bodenbezogenen Verwertung wird durch Zusendung des Lieferscheins an die UAB und die LFB der Vorgang abgeschlossen. Die LFB übernimmt die Angaben zur landwirtschaftlichen Verwertung in das Klärschlammkataster. Die Boden- und Klärschlammuntersuchungen erfolgen in Laboren, die zuvor von der Oberen Abfallbehörde, dem LLUR, akkreditiert wurden.

Die Angaben aus der Registerpflicht werden jährlich den UAB übertragen. Diese wiederum informieren die Oberste Behörde über die gesamten Auf- und Einbringungsflächen. Die Oberste Abfallbehörde übermittelt diese Daten zusammengefasst an das Statistische Bundesamt. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit (BMU) erstellt auf Basis dieser Daten alle drei Jahre einen zusammenfassenden Bericht und übermittelt diesen an die Europäische Kommission.

Mit der Phosphorrückgewinnungspflicht ab 2029 wird sich der Anteil landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes erheblich reduzieren. Bei weniger beteiligten Akteuren sinkt der Aufwand für die Entsorgung. Kosten in Schleswig-Holstein, die mit einem Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung verbunden wären, wurden in einem Gutachten 2005 untersucht (Fels et al. 2005). Transaktionskosten bei der Klärschlamm Entsorgung fallen je durchgeführter Transaktion an, aber auch bei der Schaffung und Aufrechterhaltung der Strukturen. Diese Strukturen müssen bei nur sehr geringen Mengen der landwirtschaftlichen Verwertung auch weiterhin aufrechterhalten werden und verursachen dadurch prozentual höhere Transaktionskosten.

## **5.2 Aufkommen und Entsorgung**

Im Rahmen der Statistischen Berichte über die „Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Schleswig-Holstein“ werden vom Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein jährlich Daten zur direkt entsorgten Menge Klärschlamm veröffentlicht. In den letzten Jahren schwankten die Mengen leicht und zeigen zuletzt eine abnehmende Tendenz (vgl. Bild 5-3).

**Bild 5-3: Klärschlammentsorgung 2013-2018**

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass längerfristig die Menge direkt entsorgten Klärschlammes auch dem jährlichen Anfall entspricht, da Klärschlamm nur bis zu einem Jahr extern gelagert werden darf und dies die dominierende Zwischenlagerung in Schleswig-Holstein ist. Die nicht kontinuierliche Räumung von Teichanlagen betrifft nur kleine Mengen, die sich über die Jahre ausgleichen sollten. Ein Grund für die unterschiedlichen Mengen pro Jahr ist der Auf- und Abbau von Lagerbeständen. Auch die unterschiedliche Berücksichtigung von Kalk kann die Mengenangaben beeinflussen. Gerade im Jahr 2017 kam es verstärkt zum Aufbau von Lagerbeständen, da sowohl witterungsbedingt als auch durch die neue Düngeverordnung zunächst weniger Schlamm landwirtschaftlich verwertet werden konnte.

Zudem wurde in den letzten beiden Jahren Maßnahmen zur Verbesserung der Datengüte bei der Datenerfassung unternommen, die unter anderem auf Arbeiten im Zuge dieses Abfallwirtschaftsplans zurückzuführen sind.

Die abnehmenden Klärschlammengen sind aber auch ein Ergebnis technischer Umstellungen auf den Anlagen. So führt eine verstärkte Faulung des Klärschlammes zu einem geringeren Anteil organischer Substanz oder der Wechsel von Kammerfilterpresse auf Zentrifuge zu geringeren Mengen Kalk im Schlamm.

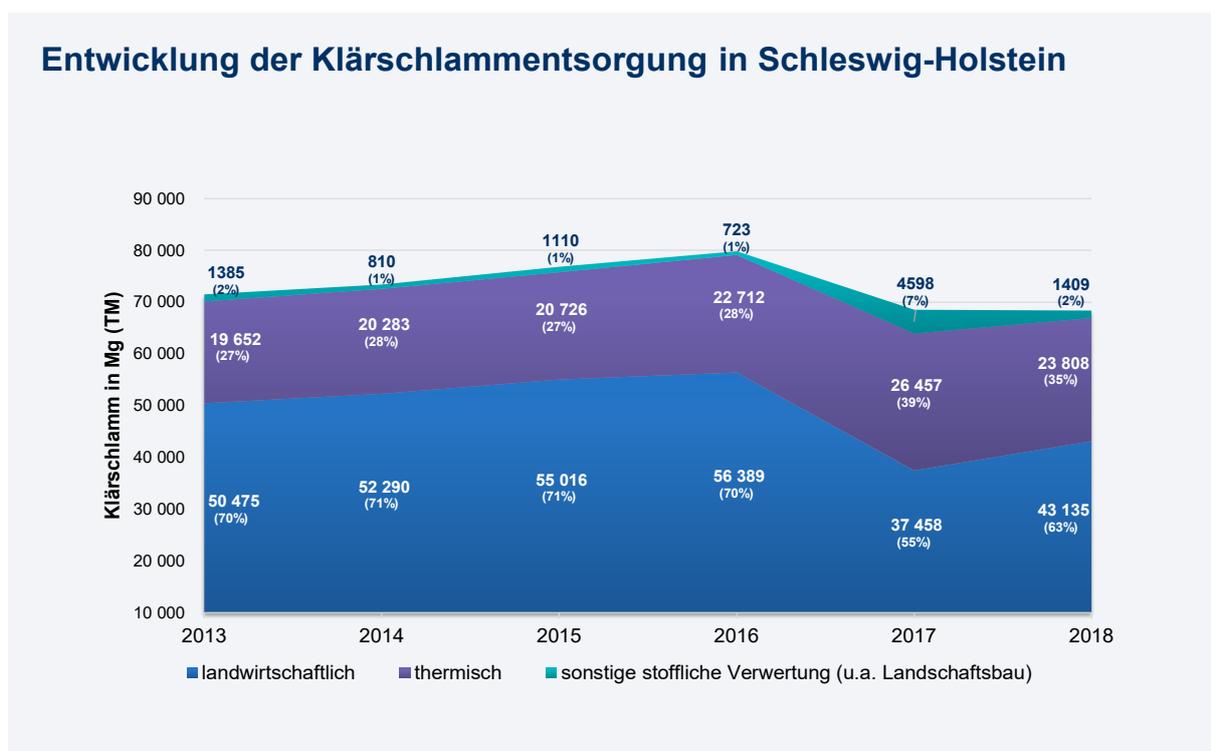
Insgesamt kann von durchschnittlich 72.000 Mg (TM) anfallendem Klärschlamm pro Jahr ausgegangen werden, sofern man das Jahr 2016 als Ausreißer wertet und nicht berücksichtigt. Diese Klärschlammmenge wird als Ausgangswert für die weitere Betrachtung im Abfallwirtschaftsplan angesetzt.

In Schleswig-Holstein dominiert die landwirtschaftliche Verwertung vor der thermischen Entsorgung und der sonstigen stofflichen Verwertung, zu der u.a. der Landschaftsbau gezählt wird. Dabei sind die prozentualen Anteile je Entsorgungspfad über die Jahre recht stabil zueinander, nur die absoluten Klärschlamm-mengen variieren je Entsorgungspfad (vgl. Bild 5-4).

Im Jahr 2017 führten die neue Düngeverordnung und ein sehr verregneter Sommer dazu, dass weniger Klärschlamm landwirtschaftlich ausgebracht werden konnte. Daher sank der Anteil landwirtschaftlicher Verwertung und es wurde vermehrt Klärschlamm thermisch entsorgt oder zwischengelagert. Im Folgejahr wurde bereits wieder ein höherer Anteil des Klärschlammes landwirtschaftlich verwertet.

Auf Bundesebene wurden im Jahr 2018 nur noch 16 % des Klärschlammes landwirtschaftlich verwertet, demgegenüber waren es in Schleswig-Holstein 63 %. Thermisch wurden deutschlandweit 74 % entsorgt, in Schleswig-Holstein 35 %, davon 53 % in der Mitverbrennung und 47 % in der Monoverbrennung (Statistisches Bundesamt 2019). Hieraus wird deutlich, dass die landwirtschaftliche Verwertung in Schleswig-Holstein weiterhin ein wesentlicher Entsorgungsweg ist.

**Bild 5-4: Entwicklung der Klärschlamm Entsorgung in Schleswig-Holstein**

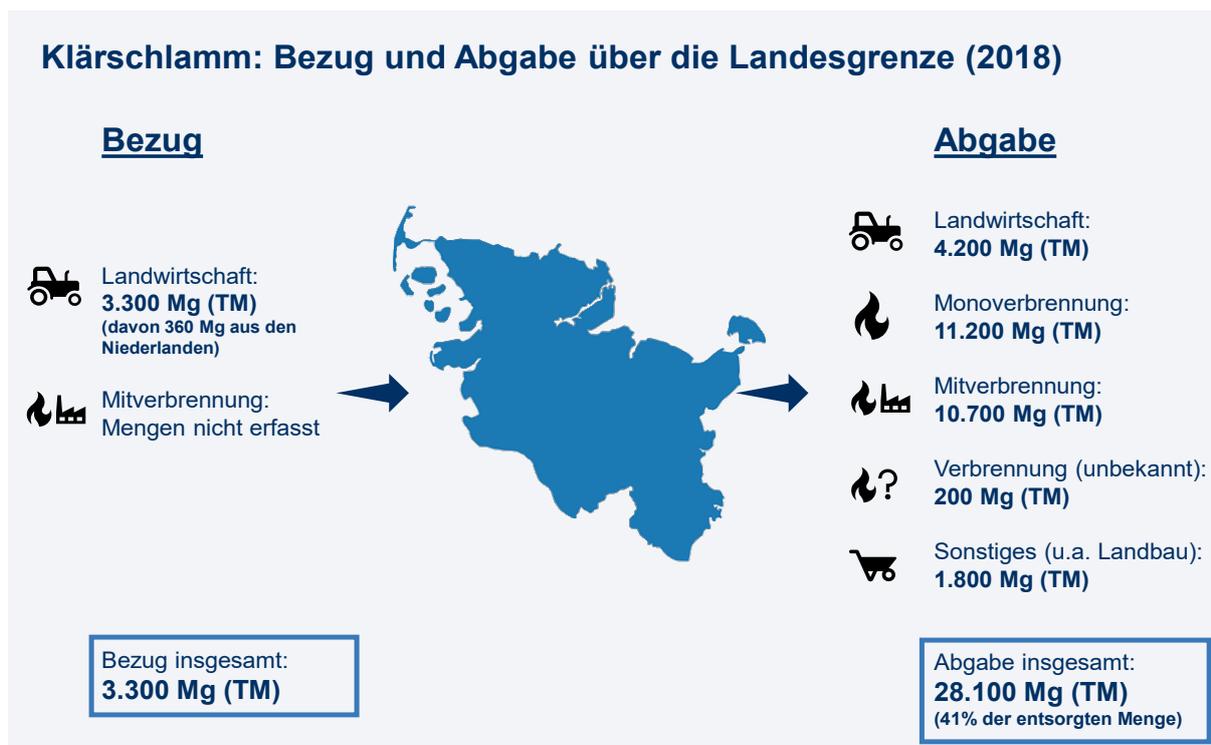


Während sich der Abfallwirtschaftsplan auf Schleswig-Holstein beschränkt, steuern Entsorgungsunternehmen die Abfallströme unabhängig von Landesgrenzen. In Hinblick auf die zukünftigen Entsorgungsoptionen ist zu prüfen, wie viel Klärschlamm derzeit im Land entsorgt wird und welche Mengen über die Landesgrenze abgegeben oder bezogen werden. Eine Zusammenstellung dieser Ströme gibt Bild 5-5.

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 41 % des entsorgten Klärschlammes jenseits der Landesgrenze entsorgt, hauptsächlich in thermischen Anlagen. Aber auch 4.200 Mg (TM) Klärschlamm aus Schleswig-Holstein wurden meist in Mecklenburg-Vorpommern landwirtschaftlich verwertet. Demgegenüber standen 3.300 Mg (TM) von außerhalb, die in Schleswig-Holstein landwirtschaftlich verwertet wurden. Davon stammt ein Großteil aus anderen Bundesländern und etwa 360 Mg (TM) aus den Niederlanden. Im Zuge der Neuausrichtung der Klärschlammverwertung ist davon auszugehen, dass mit abnehmender landwirtschaftlicher Verwertung insgesamt kaum mehr Schlamm in oder von anderen Bundesländern zur landwirtschaftlichen Verwertung verbracht wird. Die zukünftige thermische Behandlung richtet sich nach Entsorgungsoptionen und Marktlage, sodass Klärschlamm zukünftig auch außerhalb von Schleswig-Holstein thermisch behandelt und entsorgt werden wird. Andersherum wird nach Fertigstellung der Monoverbrennungsanlagen auch Schlamm aus anderen Bundesländern im Land behandelt werden. Klärschlamm, der aus anderen Bundesländern mitverbrannt wird, ist in Schleswig-Holstein statistisch nicht erfasst.

Nach Darstellung der Ausgangslage der aktuellen Klärschlamm Entsorgung werden im Folgenden nun die unterschiedlichen Entsorgungsoptionen und deren Entsorgungssicherheit für Schleswig-Holstein erörtert und beurteilt.

**Bild 5-5: Bezug und Abgabe über die Landesgrenze**



### 5.3 Landwirtschaftliche Verwertung

Die landwirtschaftliche Verwertung ist derzeit der bedeutendste Entsorgungspfad im Land. Bisher lag der Verwertungsanteil über mehrere Jahre bei ca. 70 %. Dieser hohe Anteil drückt eine stabile Nachfrage seitens der Landwirte nach dem Sekundärdünger aus. Jedoch kann die landwirtschaftliche Verwertung nicht per se als sichere Entsorgungsoption eingestuft werden. Sie bewegt sich seit jeher im Spannungsfeld zwischen Ressourcenschutz und Umweltbelastung.

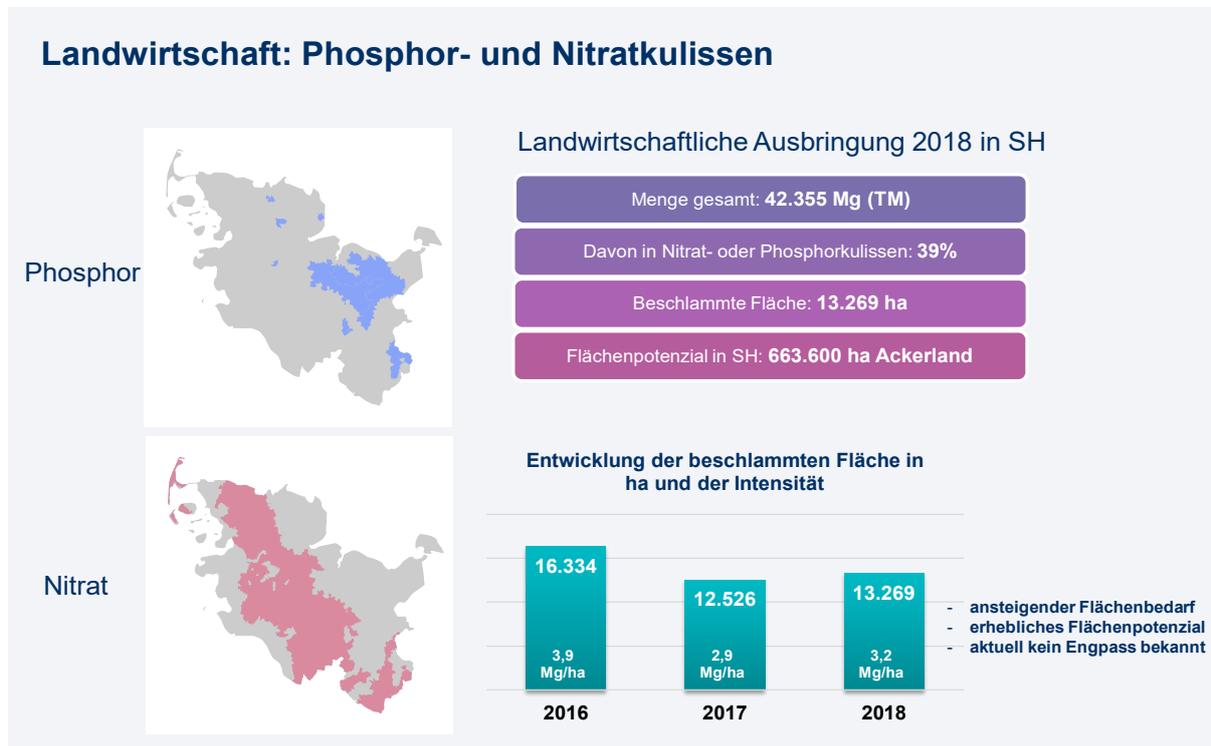
Zur Beurteilung der aktuellen Verwertungssituation und Entsorgungssicherheit in Schleswig-Holstein wurden die Stoffströme von den Kläranlagen bis zu den Aufbringungsflächen ausgewertet. Datengrundlage ist das Klärschlammkataster Schleswig-Holstein. Es wurde geprüft, wie viel Klärschlamm jeder Kläranlage wohin ausgebracht wird. Hierdurch ist es möglich abzuschätzen, ob besondere düngerechtliche Einschränkungen in Teilen Schleswig-Holsteins großen Einfluss darauf haben, ob Landwirte weiterhin mit Klärschlamm düngen und inwieweit weiterhin Entsorgungssicherheit für diese Option besteht, solange es noch keine Alternativen wie die Monoverbrennung im Land gibt.

Die Landesdüngeverordnung vom 5. Juli 2018 hat zum Ziel, landwirtschaftliche Nährstoffeinträge in Gewässer, insbesondere von Nitrat in belastete Grundwasserkörper und Phosphat in belastete Oberflächengewässer, zu reduzieren. Daher wurden Gebiete (Kulissen) festgelegt, in denen höhere Auflagen und stärkere Einschränkungen gegenüber der Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 auf Bundesebene gelten (vgl. Bild 5-6). Dies betrifft insbesondere Beschränkungen bei der Ausbringungsmenge von Phosphor sowie Sperrfristen für die Ausbringung von Düngemitteln mit wesentlichem Gehalt von Stickstoff oder Phosphor in der Zeit vom 15. Oktober bis zum 31. Januar. Klärschlamm als Sekundärdünger fällt in der Regel unter solche Beschränkungen. Zudem steht Klärschlamm immer auch in Konkurrenz zu anderen organischen Düngemitteln. So werden in Gebieten mit hoher Viehdichte und Biogasanlagen zunächst Wirtschaftsdünger und Gärreste vor Klärschlamm ausgebracht. Daher wurde untersucht, ob und welcher Anteil der Ausbringungsflächen innerhalb der nitrat- oder phosphorbelasteten Gebiete liegt. Die Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 wurde mit Inkrafttreten zum 1. Mai 2020 geändert. Teile der neuen Düngeverordnung, wie die Ausweisung nitrat- und phosphatbelasteter Gebiete (rote Gebiete) sowie Anforderung an die Düngung in den Gebietskulissen, sind zum 1. Januar 2021 umzusetzen. Entsprechend werden auf Landesebene die bisher ausgewiesenen Gebietskulissen überarbeitet.

Die Untersuchung der Klärschlammströme umfasste folgende Schritte:

1. Wie viel Klärschlamm wird im Land und wie viel außerhalb verwertet?
2. Wie viel Klärschlamm wird derzeit in nitrat- oder phosphorbelasteten Gebieten (Kulissen) ausgebracht?
3. Welche Kläranlagen betrifft die Ausbringung in einem der belasteten Gebiete?
4. Welche Folgen zeichnen sich für die Entsorgungssicherheit bisher ab?

Bild 5-6: Phosphor- und Nitratkulissen



Im Ergebnis zeigt sich, dass im Jahr 2018 ca. 42.000 Mg (TM) Klärschlamm, meist von Anlagen aus Schleswig-Holstein, ausgebracht wurden. Davon wurden 2018 39 % in belasteten Gebieten verwertet. Vor Inkrafttreten der neuen Düngeverordnung lag der Anteil im Jahr 2016 bei 48 % und sank auf 46 % im Jahr 2017. Das bedeutet, dass trotz der höheren Ausbringungsbeschränkungen dennoch ein beträchtlicher Anteil des Klärschlammes dort ausgebracht werden konnte. Im Vergleich zu 2016, als die Verordnung noch nicht in Kraft war, sank die beschlammte Menge auf 13.269 ha im Jahr 2018. Vergleicht man diese Fläche mit dem vereinfachten Flächenpotenzial im Land, also dem Ackerland von insgesamt 663.600 ha, so ergeben sich hier noch beachtliche Reserven. Insgesamt hat sich gezeigt, dass aufgrund der Ausbringungsbeschränkung der Flächenbedarf steigt, also weniger Schlamm pro Hektar ausgebracht werden kann, aber dennoch keine Engpässe für die landwirtschaftliche Verwertung bestehen. Längerfristig werden immer mehr größere Anlagen auf die thermische Entsorgung umstellen, sodass bezogen auf das Flächenpotenzial auch zukünftig nicht mit Engpässen zu rechnen ist. Dies zeigt auch die landwirtschaftlich verwertete Menge für 2019, die mit ca. 41.300 Mg (TM) an das Jahr 2018 reicht. Die beschlammte Fläche ist dabei um ca. 1.000 ha angestiegen.

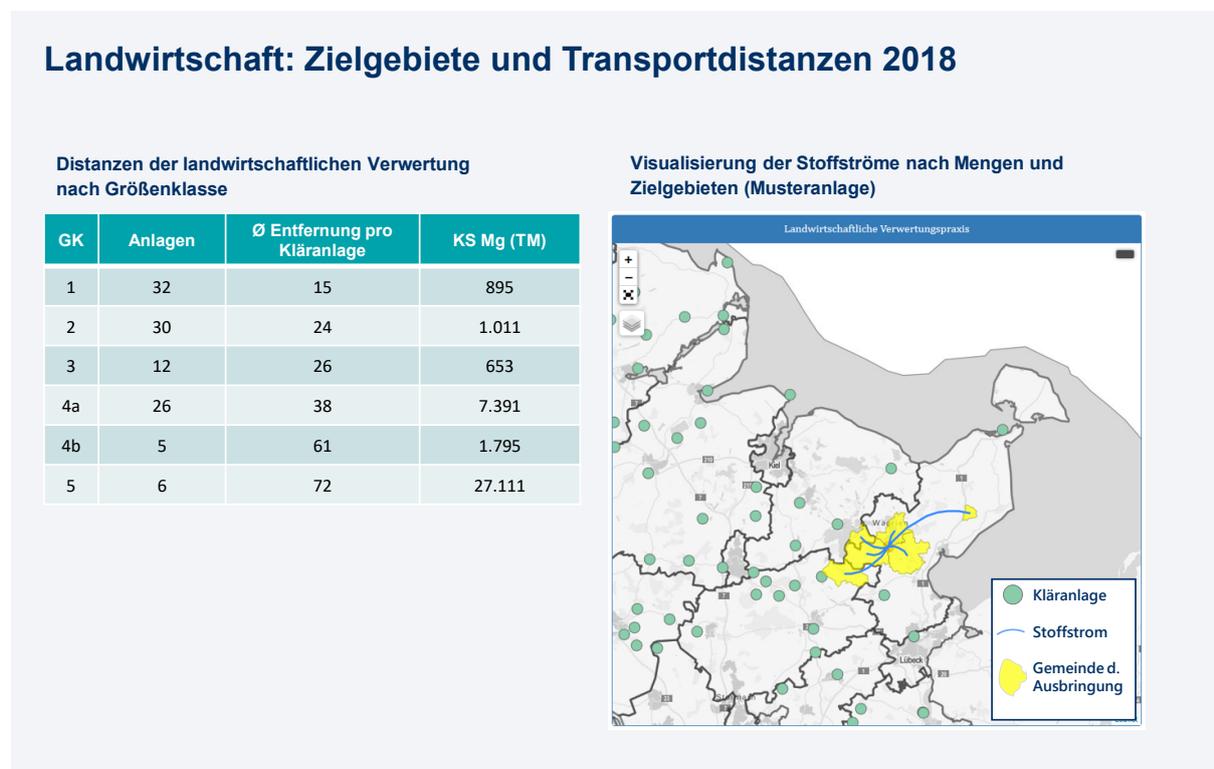
Allerdings sind trotz des Flächenpotenzials die Entsorgungspreise für die landwirtschaftliche Verwertung sehr stark angestiegen. Dies liegt an einem erhöhten Aufwand der Entsorgungsunternehmen und Lohnunternehmer für die Flächenakquise und Zwischenlagerung. Zudem orientiert sich der Entsorgungspreis für die landwirtschaftliche Verwertung am hohen Preisniveau für die Mono- und Mitverbrennung. Inwieweit die gesellschaftliche Diskussion insbesondere zum Thema Mikroplastik und resistente

Keime zu einem Komplettausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung führen könnte, ist nicht absehbar, daher sollte auch dieser Fall in der folgenden Entsorgungsplanung berücksichtigt werden.

### Verwertungsentfernungen

Je nach Klärschlammanfall und Ausbringungsmöglichkeiten variiert die Anzahl der Kläranlagen, deren Schlamm landwirtschaftlich verwertet wird. In den letzten Jahren von 2016-2018 sank die Anzahl der Anlagen von 130 im Jahr 2016 über 123 im Jahr 2017 auf 112 Anlagen im Jahr 2018. Insgesamt hatten in diesen drei Jahren 86 Anlagen in jedem Jahr den Klärschlamm verwertet, die übrigen nur zwei- oder einmal in drei Jahren. In Hinblick auf den Transportaufwand ist es wünschenswert, dass der Klärschlamm möglichst in der Nähe der Kläranlage ausgebracht wird. Allerdings steht der Klärschlamm als Sekundärdünger in direkter Konkurrenz zu Wirtschaftsdünger und Gärresten, so dass ein beträchtlicher Anteil Klärschlamm im östlichen Hügelland eingesetzt wird. Es stellt sich die Frage, über welche Entfernungen der Klärschlamm in Schleswig-Holstein tatsächlich transportiert wird.

**Bild 5-7: Zielgebiete und Transportdistanzen 2018**



Hierzu wurden die Mengen und Distanzen der Stoffströme zwischen einer Kläranlage und den Zielgemeinden ausgewertet (nur Ströme innerhalb Schleswig-Holsteins). Die Distanz wurde als Straßenkilometer zwischen Kläranlage und Gemeindemittelpunkt auf Basis eines LKW-Routings berechnet. Im Ergebnis kann so die durchschnittliche mengengewichtete Transportentfernung abgeleitet werden, die der

Klärschlamm in Schleswig-Holstein bewegt wird. In dieser Auswertung ist die Insel Helgoland nicht enthalten und es werden keine Wege über Zwischenlager berücksichtigt, so dass die tatsächlichen Entfernungen noch etwas höher liegen werden. In Bild 5-7 sind die durchschnittlichen Entfernungen aufgelistet. Sie steigen mit der Größe der Kläranlagen an. Bei den kleineren Anlagen werden bereits durchschnittlich Entfernungen von 15 km bis zum Feld zurückgelegt. Bei den großen Anlagen liegen die durchschnittlichen Entfernungen mit über 60 km deutlich höher. Dieser aktuelle Transportaufwand ist später in Relation zu den durchschnittlichen Entfernungen bei den Monoverbrennungsanlagen zu setzen.

#### **5.4 Thermische Entsorgung**

Die thermische Entsorgung von Klärschlamm erfolgt grundsätzlich entweder in Monoverbrennungsanlagen oder durch Mitverbrennung in Kohlekraftwerken, Abfallverbrennungsanlagen oder Zementwerken. Im Jahr 2018 wurden 23.808 Mg (TM) Klärschlamm aus Schleswig-Holstein thermisch entsorgt, davon 11.190 Mg (TM) in der Monoverbrennung, 12.410 Mg (TM) in der Mitverbrennung und 208 Mg (TM) ohne genauere Erfassung der thermischen Entsorgung. Der größte Anteil wurde außerhalb Schleswig-Holsteins thermisch entsorgt, da es bisher keine Monoverbrennungsanlage im Land gibt. Zwei Anlagen werden derzeit in Schleswig-Holstein geplant.

##### **Monoverbrennung Kiel und Stapelfeld**

Die Monoverbrennungsanlage in Kiel ist am Standort des Müllheizkraftwerks mit einem Wirbelschichtverfahren in der dritten Verbrennungslinie geplant. Das Unternehmen Müllverbrennung Kiel GmbH & Co. KG ist zu 51 % eine Beteiligung der Landeshauptstadt Kiel und zu 49 % der Remondis GmbH aus Lünen. Die Firma Remondis ist über das Unternehmen Remondis Aqua GmbH & Co. KG auch als Entsorgungsunternehmen für Klärschlamm tätig. Für die Monoverbrennungsanlage ist eine Jahreskapazität von 130.000 Mg entwässertem Klärschlamm, bzw. 32.000 Mg Trockensubstanz geplant. Der entwässerte Schlamm wird vorgetrocknet und bei 900 Grad Celsius verbrannt. Anschließend soll der Phosphor am Standort aus der Asche zurückgewonnen werden. Verbrennungsreste werden entweder in der Zementindustrie eingesetzt oder deponiert. Die Anlage soll Anfang 2024 einsatzbereit sein.

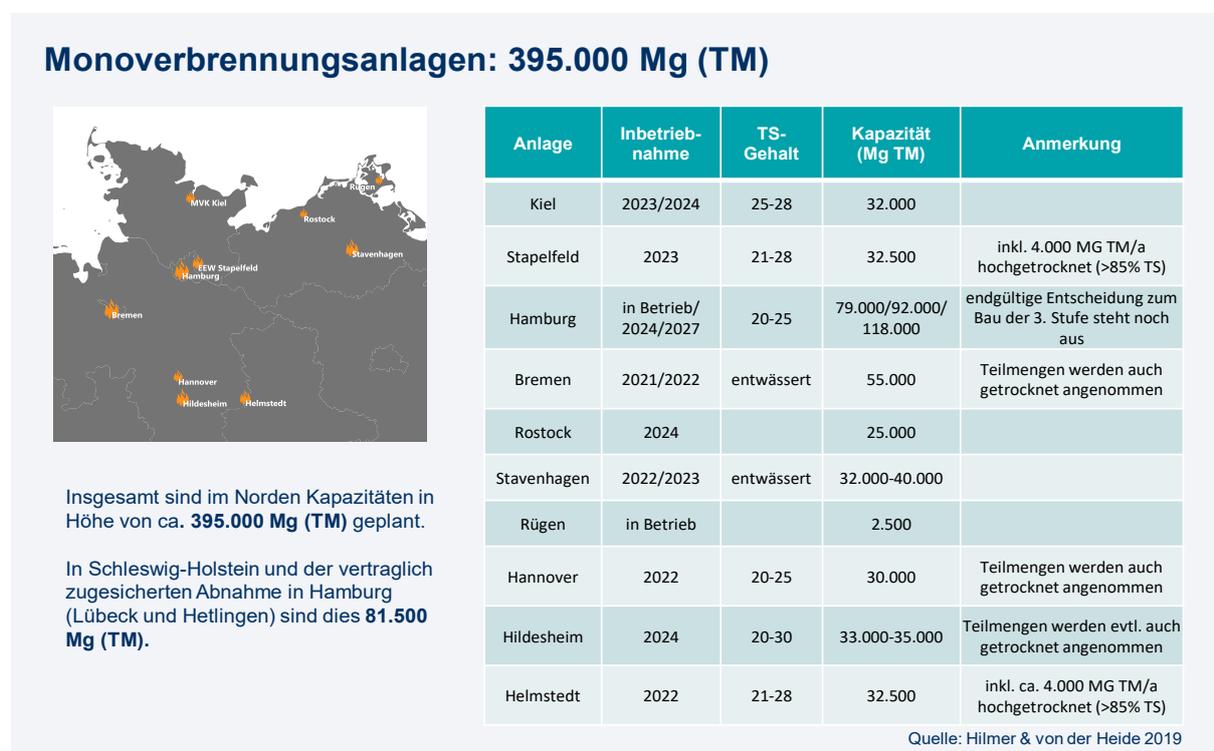
Am Standort des Müllheizkraftwerkes in Stapelfeld (Kreis Stormarn) ist eine Monoverbrennungsanlage der Fima Energy from Waste GmbH (EEW) Helmstedt geplant. Das Unternehmen ist Teil des chinesischen Mischkonzerns Beijing Enterprises. Für die Monoverbrennungsanlage ist ein Wirbelschichtverfahren vorgesehen und eine Kapazität von 135.000 Mg entwässerten Klärschlamm (32.500 Mg TM pro Jahr) geplant. Es sollen entwässertes Klärschlamm mit ca. 24 % TS und ca. 5 % getrockneter Klärschlamm > 85 % TS angenommen werden (vgl. 4.3). Die Phosphorrückgewinnung soll durch Dritte nachgelagert erfolgen. Neben der Monoverbrennung soll auch das bisherige Müllheizkraftwerk neu gebaut werden. Der Probebetrieb wird Mitte 2023 erwartet.

Nicht im engeren Planungsraum, aber dennoch planungsrelevant für Schleswig-Holstein, existiert in Hamburg eine Monoverbrennungsanlage (Verwertungsanlage für Rückstände aus der Abwasserbehandlung VERA), die im Besitz der Stadt Hamburg (Hamburg Wasser) ist. Die Anlage soll auf 118.000

Mg (TM) pro Jahr erweitert werden. Im Rahmen einer Kooperation haben sich die Entsorgungsbetriebe Lübeck und der AZV Südholstein gemeinsam eine Kapazität von 17.000 Mg (TM) pro Jahr gesichert, um ihren Klärschlamm dort ab 2027 zu verbrennen. Auch jenseits der Landesgrenze gibt es im Rahmen der Novellierung der Klärschlammverordnung zahlreiche Planungsaktivitäten für Monoverbrennungsanlagen in benachbarten Bundesländern (vgl. Bild 5-8, nach Hilmer & von der Heide 2019). Insgesamt sind Kapazitäten in Höhe von 395.000 Mg (TM) in Schleswig-Holstein, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Bremen und Niedersachsen geplant.

Diese Kapazität würde ausreichen, den in allen genannten Bundesländern 2018 direkt entsorgten Klärschlamm zu verbrennen. Die Monoverbrennung mit anschließender Phosphorrückgewinnung erfüllt die Anforderungen der Klärschlammverordnung und gilt als sichere Entsorgungsoption. Abzüglich der vertraglich in Hamburg zugesicherten Mengen könnte der gesamte Klärschlamm aus Schleswig-Holstein in den zwei geplanten Monoverbrennungsanlagen im Land entsorgt werden.

**Bild 5-8: Monoverbrennungsanlagen**



### Dezentrale thermische Behandlung

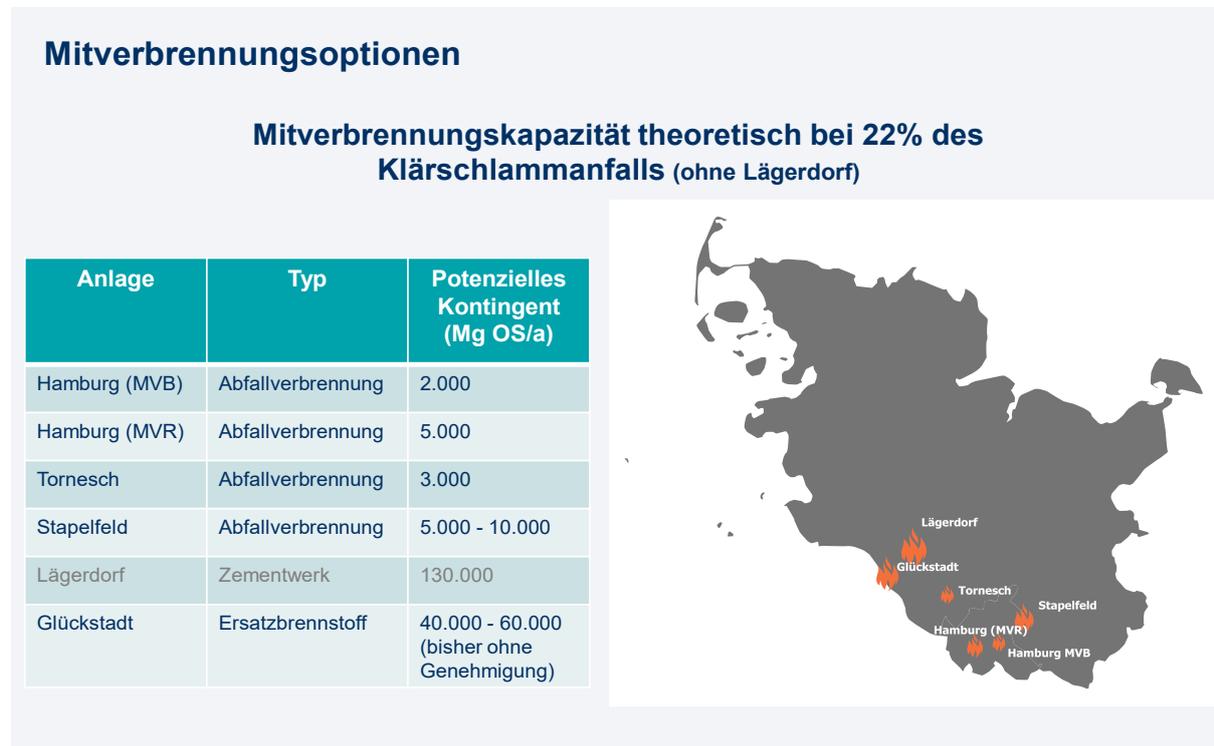
Neben zentralen Monoverbrennungsanlagen, die in der Regel ein großes Einzugsgebiet haben, existieren am Entsorgungsmarkt auch Lösungen, den Klärschlamm dezentral thermisch zu behandeln. Hierunter sind alternative Verfahren der thermischen Klärschlammvorbehandlung wie Pyrolyse, HTC und Vergasung zu zählen, sowie kleine Monoverbrennungsanlagen. Diese sind ähnlich wie große Monoverbrennungsanlagen konzipiert, allerdings für kleinere Klärschlamm-mengen ausgelegt. Entweder ist die anschließende Phosphorrückgewinnung bereits Teil des jeweiligen Anlagenkonzeptes oder sie muss

anschließend nachgelagert in Rückgewinnungsanlagen erfolgen. Dezentrale Konzepte eignen sich entweder für mittlere bis große Kläranlagen (GK 4b und 5) oder für Kooperationen, die ihren Klärschlamm bündeln, gemeinsam verbrennen und damit autark entsorgen möchten. Kleinere Verbrennungsanlagen unterliegen einem vereinfachten Genehmigungsverfahren, bei dem eine Öffentlichkeitsbeteiligung nicht zwingend notwendig ist. Die Grenze liegt gemäß der 4. BImSchV bei 3 Mg OS je Stunde Durchsatzleistung. Die Investitionskosten und Betriebskosten solcher Anlagen müssen stets im Vergleich zu alternativen Optionen, wie der Entsorgung in zentralen Monoverbrennungsanlagen, beurteilt werden.

### **Mitverbrennung**

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 12.410 Mg (TM) Klärschlamm mitverbrannt, davon nur eine geringe Menge von 1.710 Mg (TM) im Land. Im Rahmen einer Abfrage bei Betreibern von Verbrennungsanlagen in Schleswig-Holstein und Hamburg wurden mögliche Mitverbrennungsoptionen erfasst. Diese könnten dazu dienen, Engpässe bei der Entsorgung bis zur Fertigstellung der Monoverbrennungsanlagen zu kompensieren. Längerfristig stellt die Mitverbrennung keine Option dar, da diese Art der thermischen Behandlung die Anforderung an eine Phosphorrückgewinnung nicht erfüllt. Lediglich Klärschlämme mit niedrigen Phosphoranteilen oder zuvor phosphorabgereicherte Schlämme könnten weiterhin mitverbrannt werden. Dies trifft auf die meisten Klärschlämme in Schleswig-Holstein nicht zu.

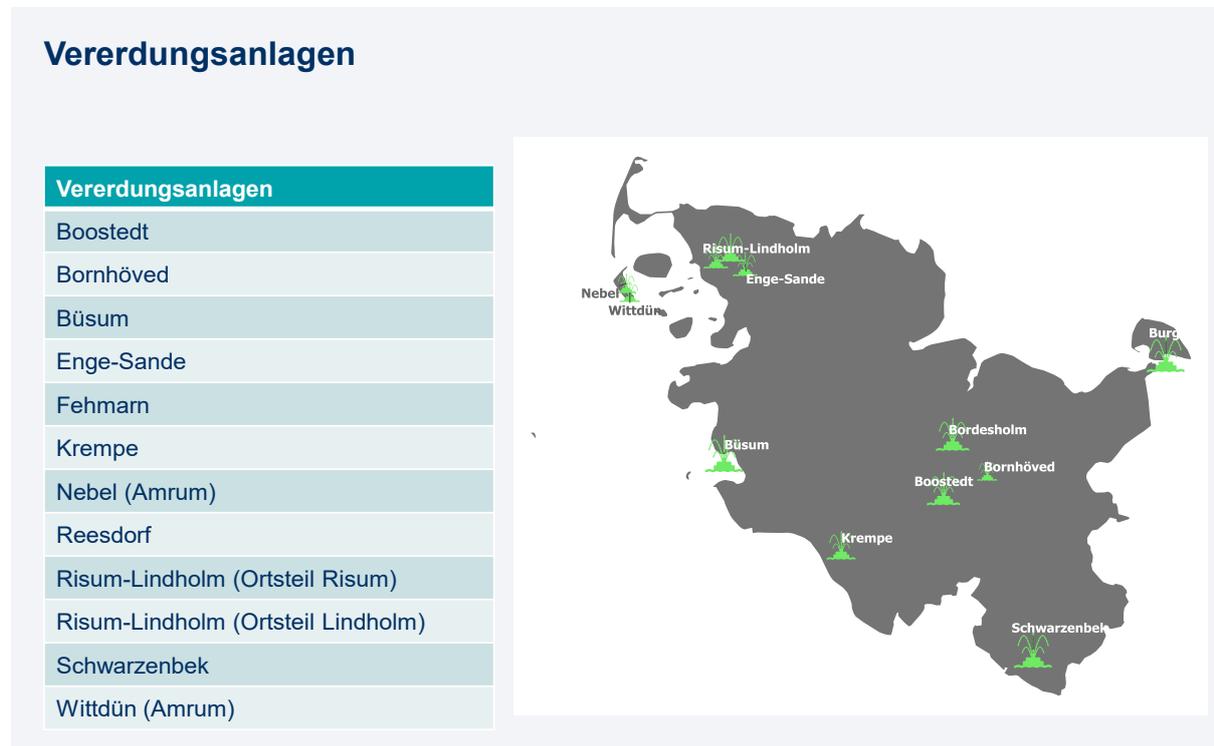
Im Ergebnis bleiben sechs Anlagen, in denen Klärschlamm mitverbrannt werden könnte (vgl. Bild 5-9). Bis auf eine Anlage in Glückstadt, deren Betreiber ein grundsätzliches Interesse an Klärschlammmitverbrennung bekundet hat, verfügen alle übrigen auch über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Klärschlamm. Über die Strategie zur Mitverbrennung von Klärschlamm im Zementwerk Lägerdorf ist nichts bekannt, sodass diese Kapazität zunächst als nicht verfügbar eingestuft wird. Insgesamt stünde ab 2023 eine Kapazität von ca. 15.500 Mg (TM) Klärschlamm zur Verfügung. Somit könnten theoretisch 22 % des jährlichen Klärschlammmanfalls mitverbrannt werden. Die tatsächlichen Mitverbrennungskapazitäten richten sich nach der aktuellen Marktlage, den strategischen Entscheidungen der Unternehmen, vorliegenden Genehmigungen sowie notwendigen technischen Umbaumaßnahmen, damit der Klärschlamm überhaupt mitverbrannt werden könnte. Insbesondere die technischen und logistischen Rahmenbedingungen wurden im Jahr 2010 im Rahmen einer Studie für Schleswig-Holstein analysiert (PFI und IPP 2010).

**Bild 5-9: Mitverbrennungsoptionen**

## 5.5 Vererdung

Bei der Vererdung von Klärschlamm handelt es sich genau genommen nicht um ein Entsorgungsverfahren. Es kann eher als längerfristige Zwischenlagerung bei gleichzeitiger Entwässerung des Klärschlammes betrachtet werden. In Vererdungsanlagen nehmen schilfbepflanzte Beete kontinuierlich den anfallenden Nassschlamm ab, wo er in einem Räumungszyklus von etwa acht bis zehn Jahren entwässert wird. Der Entsorgungszeitpunkt des in diesem Prozess entstandenen Substrats wird auf diese Weise in die Zukunft verschoben. Das Mengenvolumen reduziert sich dabei nicht nur um das entzogene Wasser, sondern zusätzlich aufgrund von Mineralisierungsprozessen beim organischen Material. Ein Großteil der seit Ende der 90er Jahre in Schleswig-Holstein produzierten Klärschlammern wurde der Landwirtschaft als Düngemittel zugeführt.

In Schleswig-Holstein gibt es derzeit zwölf Vererdungsanlagen (vgl. Bild 5-10), vier davon befinden sich an Standorten der Kläranlagen der Größenklasse 4, die größte darunter ist die Anlage in Büsum. Damit nutzen 1,5 % der Kläranlagen des Landes Schleswig-Holstein diese Option, was etwa 5 % der Behandlungskapazität entspricht (Pauly et al. 2019, S. 6).

**Bild 5-10: Vererdungsanlagen**

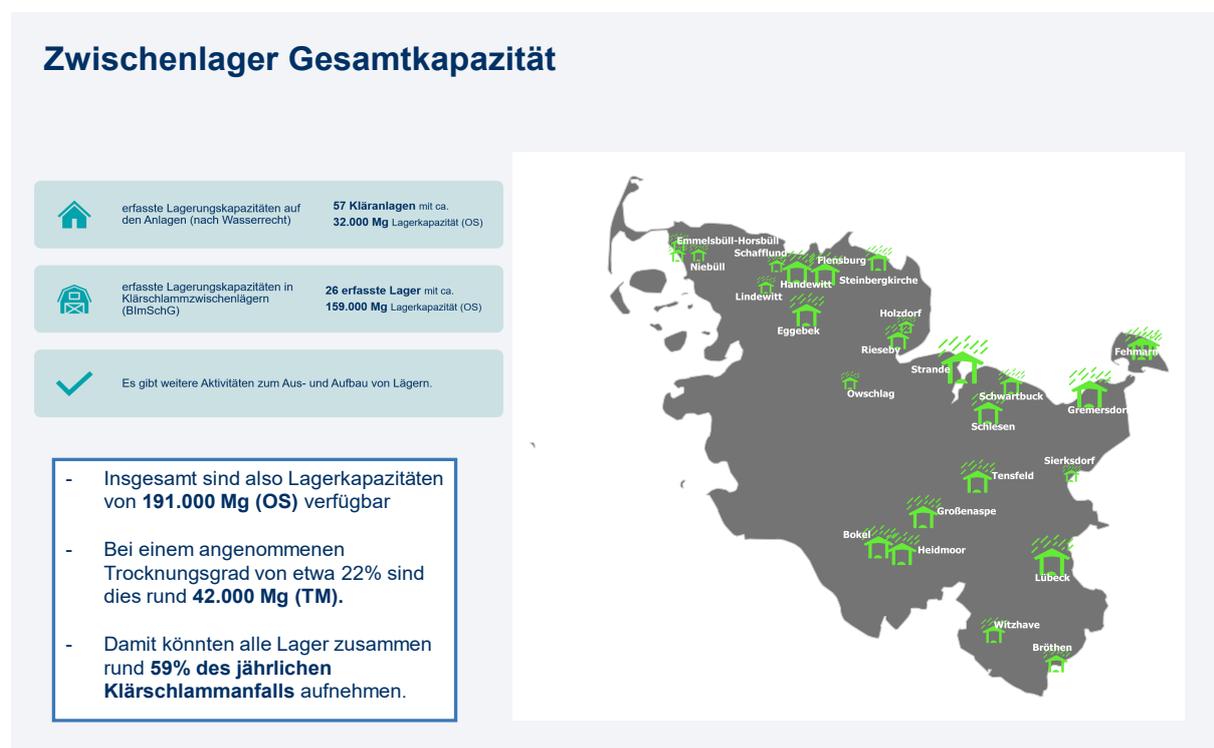
Auch wenn die Klärschlammvererdung in Schleswig-Holstein derzeit nur eine Nische ist, wird sie in einem vom MELUND beauftragten Gutachten eines auf Vererdung spezialisierten Unternehmens als ein gangbarer Weg aufgezeigt (vgl. Pauly et al. 2019). Vorteile dieses Verwertungspfades sind nach Ansicht des Unternehmens eine hohe Entwässerungseffizienz, vergleichsweise niedrige Betriebs- und Personalkosten sowie ein geringer Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

Ein wesentlicher Nachteil der Klärschlammvererdung ist vor allem der sehr hohe Flächenbedarf und der damit verbundene Investitionsaufwand. Zudem ist in jedem Einzelfall die Entsorgungssicherheit der vererdeten Klärschlämme zu prüfen. Derzeit werden Schlämme aus der Vererdung, die nicht bodenbezogen verwertet werden können, bspw. in der MVA Stapelfeld verbrannt. Sollte dies auch nach Inkrafttreten der Phosphorrückgewinnungspflicht weitergeführt werden, müsste der im Schlamm enthaltene Phosphor vorher abgereichert werden. In den geplanten Monoverbrennungsanlagen in Kiel und Stapelfeld ist die Annahme von Klärschlamm aus Vererdungsanlagen nicht vorgesehen. Insgesamt müsste daher ein Gesamtkonzept, welches auch die spätere Entsorgung der vererdeten Klärschlämme umfasst, für Entsorgungssicherheit auf Seiten der Betreiber sorgen, damit die Entsorgungsproblematik nicht einfach nur in die Zukunft verschoben wird. Bei der Klärschlammvererdung handelt es sich somit nicht um eine flächendeckend einsetzbare Strategie. Im Einzelfall kann es bei günstigen Rahmenbedingungen und gesicherter Entsorgung allerdings ein gangbarer Weg im Hinblick auf die Anforderungen der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung sein.

## 5.6 Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung des Klärschlammes stellt eine wichtige Möglichkeit dar, die Entsorgung zeitlich zu steuern. Klärschlamm fällt teils täglich an, kann aber nicht unmittelbar entsorgt werden. Somit eignen sich Zwischenlager, fehlende Kapazitäten bei der thermischen Entsorgung oder landwirtschaftlichen Verwertung abzuf puffern. Dabei kann der Klärschlamm in direktem räumlichen Bezug zur Kläranlage gelagert werden, sodass die Lagerung in der Regel wasserrechtlich zu behandeln ist. Alternativ kann der Klärschlamm auch in externe Lager verbracht werden. Diese fallen genehmigungsrechtlich unter das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) mit entsprechendem Genehmigungsvorlauf.

**Bild 5-11: Zwischenlager**



Aktuell sind auf 57 Kläranlagen verteilt Lagerkapazitäten in einer Größenordnung von 32.000 Mg (OS) erfasst. Zusätzlich existieren 26 externe Zwischenlager mit einer Lagerkapazität von 159.000 Mg (OS). Die Zwischenlager konzentrieren sich eher im östlichen Landesteil, also dort, wo bisher der meiste Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet wird (vgl. Bild 5-11).

Insgesamt stehen derzeit 191.000 Mg (OS) Lagerkapazität bereit, was bei einem durchschnittlichem Entwässerungsgrad von 22 % 42.000 Mg (TM) entspricht. Damit könnten 59 % des jährlichen Klärschlammmanfalls zwischengelagert werden. Im Zuge der Novellierung der Klärschlammverordnung, aber auch aufgrund von Erfahrungen des Jahres 2017 mit Entsorgungsempfängern sind weitere Aktivitäten zum Ausbau von Lagerkapazitäten im Land geplant.

### **Beurteilung der Entsorgungsoptionen**

Der Abfallwirtschaftsplan stellt die unterschiedlichen Entsorgungsoptionen für Schleswig-Holstein zusammen, ohne ein bestimmtes Behandlungsverfahren vorzugeben. Die Entsorgungspflichtigen entscheiden selbst, welcher Entsorgungsweg zu welchem Zeitpunkt unter Einhaltung der Vorgaben der AbfKlärV die geeignete Option ist. In Bild 5-12 sind daher die Entsorgungsoptionen für Schleswig-Holstein mit Chancen und Risiken aufgeführt. Sie unterscheiden sich hauptsächlich danach, ob sie im Land bereits verfügbar oder zunächst geplant sind. Die Entsorgungssicherheit hängt davon ab, inwieweit die aktuellen Entsorgungswege weiterhin bestehen und die geplanten Optionen tatsächlich realisiert werden.

Die landwirtschaftliche Verwertung ist trotz größerer düngerechtlicher Auflagen und Diskussionen über Mikroplastik oder Spurenstoffe weiterhin der dominierende Entsorgungsweg im Land. Ein deutlicher Nachfragerückgang bei den Landwirten ist bisher nicht zu verzeichnen und zu erwarten. Anlagen der Größenklasse 1 bis 4a können auch nach 2032 weiterhin diese Option nutzen. Thermisch wird der Klärschlamm in Schleswig-Holstein hauptsächlich außerhalb des Landes entsorgt. Es ist davon auszugehen, dass die bisherigen Mengen auch weiterhin außerhalb des Landes entsorgt werden können, solange die Monoverbrennungsanlagen im Land nicht fertiggestellt worden sind. Zwar ist aufgrund hoher Nachfrage bei geringen Kapazitäten das Preisgefüge zurzeit recht hoch, aber der geplante Kapazitätsausbau in Norddeutschland lässt darauf schließen, dass langfristig die Preise wieder sinken werden. Die geplanten Kapazitäten in Kiel und Stapelfeld reichen aus, um den anfallenden Klärschlamm im Land sicher zu entsorgen. Sollte eine der Anlage nicht realisiert werden, müsste der Klärschlamm außerhalb des Landes thermisch entsorgt werden. Die Mitverbrennung stellt langfristig nur eine Option dar, sofern Phosphor zuvor aus dem Klärschlamm abgereichert würde und die technischen Voraussetzungen für eine Annahme von Klärschlamm geschaffen würden.

Bild 5-12: Beurteilung von Entsorgungsoptionen

Entsorgungsweg		Chancen	Risiken
	landwirtschaftlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gangbarer Weg, steht langfristig einem Teil der Anlagen GK 1-4a zur Verfügung</li> <li>- derzeit immer noch viele Anmeldungen, kein Einbruch der Nachfrage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- strengere DüMV, DüV und AbfKlärV werden Nachfrage ggf. bremsen</li> <li>- Diskussion um Mikroplastik, multiresistente Keime u.a. Stoffe könnte kurzfristigen Ausstieg bewirken</li> </ul>
	Monoverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planungen in Norddeutschland: <b>395.000 Mg (TM)</b></li> <li>- geplante Kapazität in S-H: <b>62.500 Mg (TM)</b></li> <li>- Phosphorrückgewinnung effizient möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in Schleswig-Holstein mindestens bis 2023 nicht vorhanden</li> <li>- Verzögerungen oder nur Teilrealisierung möglich</li> </ul>
	dezentrale thermische Behandlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beschleunigtes Genehmigungsverfahren möglich</li> <li>- Unabhängigkeit von externen Entsorgungsunternehmen und Marktpreisen</li> <li>- langfristige Entsorgungssicherheit</li> <li>- innovative Verfahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- noch keine Kapazitäten vorhanden</li> <li>- Risiko, ob sich die Anlagen langfristig gegenüber Alternativen rechnen</li> <li>- P-Rückgewinnung ist zu klären</li> <li>- hohe Transaktionskosten bei Kooperationsmodellen mit vielen Partnern</li> </ul>
	Mitverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapazitäten und Genehmigungen liegen teils vor</li> <li>- Kapazität: <b>22%</b> des Klärschlammfalls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teils fehlende Genehmigungen</li> <li>- P-Rückgewinnung: Müsste im Vorfeld aus dem Klärschlamm erfolgen</li> <li>- technische und logistische Annahmebedingungen sind zu schaffen</li> </ul>
	Vererdung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- attraktiv bei Engpässen in der Übergangszeit</li> <li>- gangbarer Weg der mittelfristigen Lagerung</li> <li>- kostengünstiges Entwässerungsverfahren</li> <li>- bodenbezogene Verwertung möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flächenpotenzial nicht überall vorhanden</li> <li>- Schadstoffakkumulation könnte Verbrennung erfordern und Entsorgung erschweren</li> <li>- Entsorgungskosten bei Räumung in der Zukunft unbekannt</li> </ul>
	landbaulich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in der Vergangenheit bei Engpässen als zusätzliche Kapazität außerhalb S-H genutzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine langfristige Entsorgungsoption</li> <li>- geringes Potenzial</li> </ul>

Dezentrale thermische Behandlungsanlagen bieten langfristig Entsorgungssicherheit und Unabhängigkeit von Entsorgungsunternehmen und Marktpreisen. Technisch handelt es sich dabei um Vorbehandlungs- und Verbrennungsanlagen mit geringerem Durchsatz, sodass ggf. ein einfacheres Genehmigungsverfahren als bei zentralen Monoverbrennungsanlagen möglich ist. Demgegenüber stehen spezifisch höhere Investitions- und Transaktionskosten, insbesondere, wenn zunächst Kooperationen unter den Entsorgungspflichtigen für die Investition und den Betrieb geschlossen werden müssen. Ferner ist bei den Anlagenkonzepten die Phosphorrückgewinnung einzubeziehen.

Die Vererdung ist keine Entsorgungsoption, stellt aber wegen der langfristigen Entwässerung einen gangbaren Weg dar, Klärschlamm zunächst mittelfristig zu lagern bzw. zu behandeln, um langfristig unter alternativen Entsorgungsoptionen wählen zu können. Neben dem großen Flächenbedarf stellt aber die Ungewissheit über zukünftige Entsorgungsoptionen und -kosten für Klärschlammmerde ein Risiko dar.

Der Klärschlammeinsatz im Landbau, z. B. bei Straßenböschungen, spielt bisher in Schleswig-Holstein eine untergeordnete Rolle und ist nicht als langfristige Entsorgungsoption geeignet. Ähnlich wie die Vererdung stellt sie eine Nischenoption dar.

## **6 Entwicklung der Klärschlamm Entsorgung**

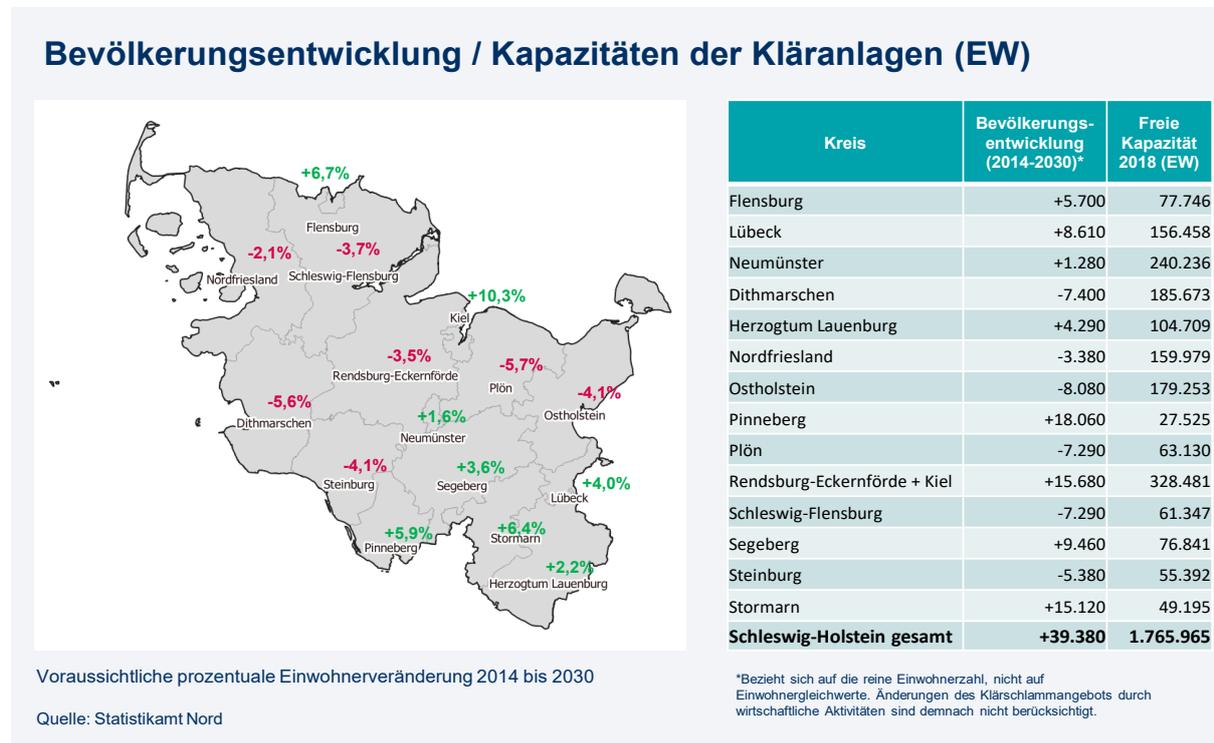
Zentraler Punkt eines Abfallwirtschaftsplans ist die Abschätzung, wie sich die Abfallmengen zukünftig entwickeln und im Planungszeitraum entsorgt werden können. Die Klärschlammmenge richtet sich dabei nach der Schmutzlast des zu reinigenden Abwassers, welches wiederum von der Entwicklung der Bevölkerung und gewerblichen Tätigkeiten abhängt. Ein weiterer mengenbestimmender Aspekt ist der Kalkanteil im Zuge der landwirtschaftlichen Verwertung. Bei dem Wechsel hin zur thermischen Entsorgung ist der Einsatz von Kalk in bisherigem Ausmaß nicht mehr notwendig, was bei der Mengenprognose zu berücksichtigen ist. Ebenso ist nicht sicher, wie sich die Entsorgungsmöglichkeiten im Planungszeitraum tatsächlich entwickeln werden, sodass hier verschiedene Szenarien denkbar sind. Die Darstellung zum Stand der Phosphorrückgewinnung, die ab 2029 erforderlich ist, schließt das Prognosekapitel.

### **6.1 Aufkommensprognose**

Die Schmutzlast zur Bemessung von Kläranlagen wird in Einwohnerwerten (EW) angegeben. Dieser ergibt sich aus der Summe der tatsächlich angeschlossenen Einwohner und dem Einwohnergleichwert (EWG), der als Referenzwert für die Schmutzfracht durch gewerbliche oder industrielle Einleiter herangezogen wird. Die jährlich zu reinigende Abwassermenge ist demnach abhängig von der Entwicklung der Bevölkerung auf der einen und der wirtschaftlichen Aktivität auf der anderen Seite. Zudem schwankt sie auch saisonal insbesondere bei Anlagen in touristischen Zentren. In Schleswig-Holstein lag die Schmutzwasserbelastung der kommunalen Kläranlagen bei 3.843.959 EW (Beseitigung von kommunalen Abwässern in Schleswig-Holstein, Lagebericht 2018, angepasster Wert).

Die Bevölkerungsprognose des Statistikamtes Nord geht davon aus, dass die Einwohnerzahl bis 2030 um etwa 40.000 steigt, was einem moderaten Wachstum von durchschnittlich etwa 1,4 % entspricht. Diese Steigerung wird auch für den Planungshorizont des Abfallwirtschaftsplans bis 2032 verwendet. Regional treten dabei Unterschiede auf (vgl. Bild 6-1). Während die Bevölkerung in den kreisfreien Städten (insb. Kiel und Flensburg) sowie im Hamburger Umland steigen wird, rechnet die Prognose für die ländlichen Regionen, vor allem im Norden Schleswig-Holsteins, mit einem leichten Rückgang.

Bild 6-1: Bevölkerungsentwicklung / Kapazitäten der Kläranlagen (EW)



Legt man den prognostizierten Bevölkerungsanstieg von 1,4 % und die jährliche Klärschlammmenge von 72.000 Mg (TM) zugrunde, würde dies eine Steigerung des Klärschlammaufkommens um ca. 1.000 Mg (TM) bedeuten. Prognostiziert man das Mengenwachstum auf Basis des Einwohnerwertes von 3,85 Mio. im Jahr 2018, der lediglich um 1 % wächst (+39.380 EW), ist bei 72.000 Mg (TM) ein Anstieg von 720 Mg (TM) zu erwarten.

Ein Vergleich zwischen Ausbaugröße und der Anzahl tatsächlich angeschlossenen Einwohnerwerten gibt Aufschluss über freie Kapazitäten in Hinblick auf die Bevölkerungsentwicklung. In nahezu allen Kreisen und kreisfreien Städte ist die Ausbaugröße erheblich höher als von den derzeit angeschlossenen Einwohnerwerten beansprucht. Daher dürfte auch ein leichter Bevölkerungsanstieg bis 2030 bzw. 2032 nicht zu Engpässen führen. Ferner ist nicht davon auszugehen, dass es kurz- oder mittelfristig in der Gesamtbetrachtung des Landes Schleswig-Holstein zu stärkeren Gewerbeansiedlungen kommen wird, welche die Schmutzlast und das resultierende Klärschlammaufkommen signifikant erhöhen würden. Lokal kann eine veränderte Gewerbetätigkeit, ein Anschluss an das öffentliche Abwassernetz oder die Abkehr durchaus Auswirkungen auf das Klärschlammaufkommen haben. Mit einer vierten Reinigungsstufe sollen Spurenstoffe wie Medikamentenreste aus dem Abwasser entfernt werden. Als wirksam und kosteneffizient werden dabei die Verfahren der Aktivkohleadsorption und der Ozonung angesehen (Rechenberg 2015, S. 22). Auch wenn sich durch den stärkeren öffentlichen Fokus bis 2032 die Einführung der vierten Reinigungsstufe in Kläranlagen durchsetzen sollte, sind keine nennenswerten Auswirkungen auf die Klärschlammmenge zu erwarten.

Bezogen auf die Bevölkerungsentwicklung ist also insgesamt mit einem leichten Anstieg des Gesamtaufkommens an Klärschlamm von ca. 700 bis 1.000 Mg (TM) im Planungshorizont zu rechnen. Allerdings hängt die Veränderung der Klärschlammmenge nicht nur von der Entwicklung der Schmutzfracht ab, sondern vor allem von der Behandlung des Klärschlammes und dem zukünftigen Entsorgungspfad. Eine bedeutende Größe stellt dabei der Kalk im Klärschlamm dar. Kalk wird hauptsächlich als anorganisches Flockungshilfsmittel für die Entwässerung bei Kammerfilterpressen und zur Hygienisierung und Stabilisierung von Klärschlamm eingesetzt. So wird ein höherer Trockensubstanzgehalt erreicht, der Klärschlamm ist lagerfähig und kann vor der landwirtschaftlichen Verwertung in Zwischenlager verbracht werden. Im Fall der thermischen Entsorgung würde der Kalk für einen höheren, nicht verbrennbaren Stoffanteil im Klärschlamm und damit für höhere Aschemengen sorgen. Zukünftig ist davon auszugehen, dass verstärkt Zentrifugen, Bandfilterpressen oder Schneckenpressen zum Einsatz kommen, bei denen organische Flockungshilfsmittel verwendet werden. Dadurch reduziert sich die Kalkmenge und damit auch die Klärschlammmenge. Ferner sinkt mit zunehmender Abkehr von der landwirtschaftlichen Verwertung der Anteil des Kalkes im Klärschlamm, der für die Hygienisierung und Ausbringung auf die Felder eingesetzt wird. In Schleswig-Holstein weisen die aufgekalkten Schlämme einen Anteil von 20 bis über 30 % Kalk auf.

Insgesamt sinkt durch die Kalkreduktion die Gesamtmenge Klärschlamm während des Planungshorizontes. Es stellt sich die Frage, wann und in welcher Höhe mit der Mengenreduzierung zu rechnen ist. Die Kalkreduktion betrifft vor allem die Anlagen der Größenklasse 4b und 5, deren Schlamm ab 2029 bzw. 2032 nicht mehr landwirtschaftlich verwertet werden darf, aber aktuell noch wird. Bei den übrigen Anlagen, die bereits thermisch entsorgen, wird nicht angenommen, dass sich deren Mengen verändern. In der Aufkommensprognose wird daher mit einer kalkbedingten Reduktion in Höhe von 25 % bei solchen Anlagen gerechnet, deren Schlamm bisher noch nicht, aber zukünftig thermisch zu entsorgen ist.

Bezogen auf den Ausgangswert in Schleswig-Holstein ergibt sich 2029 eine geschätzte Kalkreduktion von etwa 8.500 Mg, ab 2032, wenn auch die Anlagen der Größenklasse 4b thermisch zu entsorgen sind, kommen noch weitere 500 Tonnen hinzu. Daraus resultiert für 2032 ein geschätztes Klärschlamm-aufkommen von rund 63.000 Mg (TM), was einem Rückgang von 12,5 % gegenüber der Ausgangslage von 72.000 Mg (TM) entspricht. Dies impliziert, dass Klärschlamm der kleinen Anlagen weiter landwirtschaftlich verwertet wird. Sollte es zu einem kompletten Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung kommen, würde sich das Klärschlamm-aufkommen durch weitere Kalkreduktion noch etwa um 1.000-2.000 Mg (TM) verringern. Der zuvor aus dem Bevölkerungsanstieg ermittelte Mengenanstieg von 700-1.000 Mg (TM) ist bezogen auf die Gesamtmenge klein. Er steht Einsparungen durch Ausbau von technischen Verfahren zur Mengenreduktion oder Zentralisierung der Klärschlammbehandlung gegenüber und kann somit verrechnet werden. Die prognostizierte Klärschlammmenge zu Ende des Planungshorizontes bleibt daher bei 63.000 Mg (TM).

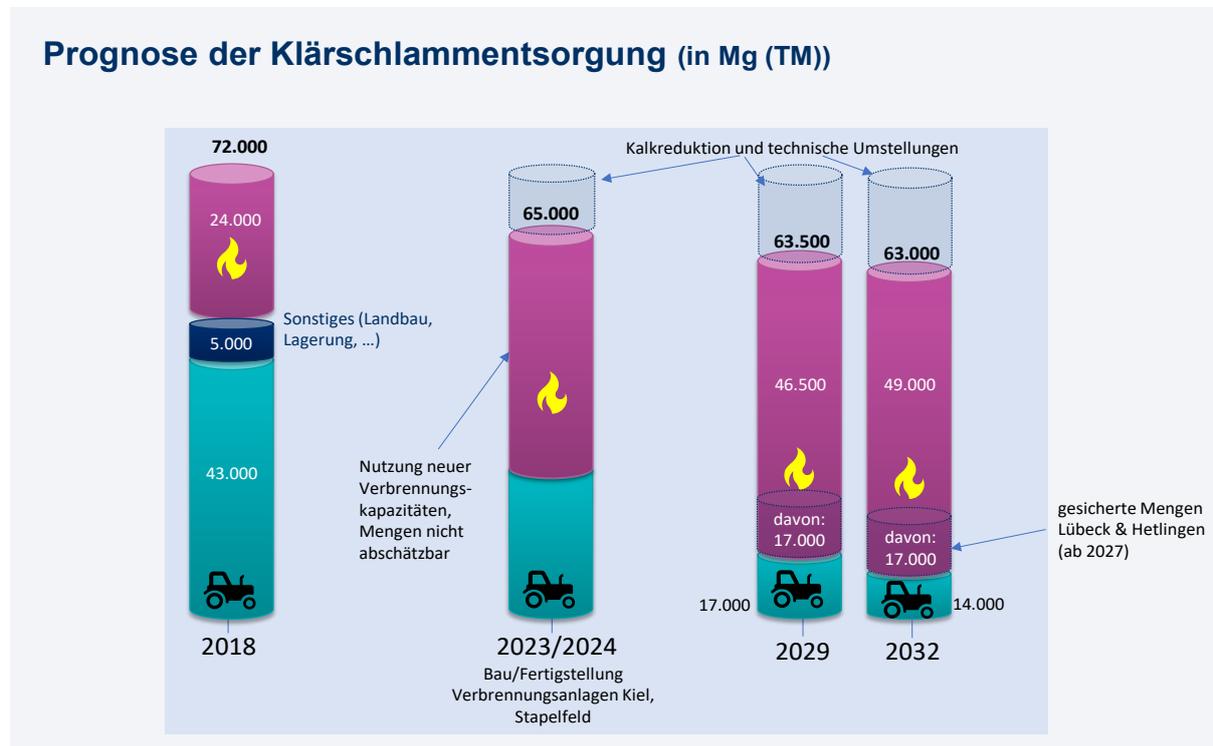
#### Klärschlamm Entsorgung bis 2032

Als Startpunkt für eine Entsorgungsprognose bis 2032 wurde ein Gesamtklärschlamm-aufkommen von 72.000 Mg (TM) für den Abfallwirtschaftsplan festgesetzt (vgl. Bild 6-2). Die Entsorgungsprognose beginnt mit der Entsorgungssituation im Jahr 2018. Die Entsorgung unterteilt sich dabei in die landwirtschaftliche Verwertung (43.000 Mg (TM)), die thermische Entsorgung (24.000 Mg (TM)) sowie sonstige

Entsorgung, wie Landschaftsbau, Vererdung oder Zwischenlagerung (5.000 Mg (TM)). Für die längerfristige Modellierung der Klärschlammentsorgung werden lediglich die thermische Entsorgung und die landwirtschaftliche Verwertung berücksichtigt, da der Klärschlammeinsatz im Landschaftsbau in den vergangenen Jahren ohne Ausreißer mit ca. 1-2 % gering und rückläufig ist. Die Zwischenlagerung als Puffer zwischen Aufkommen und Entsorgungsmöglichkeit stellt keine langfristige Entsorgungsoption dar, da der Klärschlamm in der Regel nur bis zu einem Jahr gelagert werden darf. Längerfristig entsprechen sich Klärschlammaufkommen und Klärschlammentsorgung, so dass die Zwischenlagerung als Option in die weiteren Berechnungen nicht einbezogen wird.

Im Planungszeitraum gibt es drei wesentliche Zeitpunkte, welche Einfluss auf die zukünftige Entsorgung haben werden (vgl. Bild 6-2). Zunächst ist der Zeitpunkt zu nennen, ab dem Monoverbrennungskapazitäten im Land bereitstehen werden. Die beiden Monoverbrennungsanlagen sind zum Zeitpunkt des Abfallwirtschaftsplans 2020 noch Planungsvorhaben, deren Fertigstellung für 2022/2023 beabsichtigt ist. Wegen der Anpassung von Entsorgungsverträgen und Leerung von Zwischenlagern sowie Bauverzögerungen wird im Abfallwirtschaftsplan mit einer Umsetzung 2023/2024 gerechnet. Der Zeitraum bis zur Fertigstellung mindestens einer Anlage wird als Übergangsphase bezeichnet und kann je nach Fortschritt der Vorhaben auch länger andauern. In dieser Zeit stellen sich Anlagenbetreiber auf die neuen Entsorgungsanforderungen ein, z. B. durch technische Umstellung, Ausbau der Entwässerung oder Kooperationen und Zentralisierung. Betreiber der Monoverbrennungsanlagen werden in der Zeit Schlämme akquirieren, damit zukünftig die Anlagen ausgelastet sein werden. Die thermische Entsorgung erfolgt größtenteils außerhalb des Landes, nur ein geringer Anteil würde im Land mitverbrannt. Die landwirtschaftliche Verwertung würde deutlich zurückgehen. Es kann nicht genau quantifiziert werden, wie viel Schlamm zusätzlich thermisch entsorgt würde. Daher sind in der Prognose für diesen Zeitraum keine Mengenangaben gemacht. Lediglich die Gesamtmenge dürfe aufgrund der thermischen Entsorgung und damit verbundener Kalkreduktion sowie technischer Umstellungen zurückgehen. Es ist anzunehmen, dass bis zur Fertigstellung von Monoverbrennungskapazitäten Klärschlamm verstärkt mitverbrannt wird, etwa bei den Kläranlagen, die langfristige Entsorgungsverträge abschließen und bei denen während der Vertragslaufzeit ein Wechsel von der Mitverbrennung außerhalb Schleswig-Holsteins auf die Monoverbrennung in Schleswig-Holstein erfolgt.

Bild 6-2: Prognose der Klärschlamm Entsorgung



Als weitere Zeitpunkte sind die Jahre 2029 und 2032 aufgeführt. Eine bodenbezogene Verwertung ist ab dem Jahr 2029 von Klärschlämmen aus Abwasserbehandlungsanlagen mit einer genehmigten Ausbaugröße ab 100.000 Einwohnerwerten (EW) und ab dem Jahr 2032 mit einer Ausbaugröße ab 50.000 EW nicht mehr zulässig.

Für die Modellierung der Entsorgungsprognose ist vor allem entscheidend, welche Mengen an Klärschlamm zukünftig thermisch behandelt werden müssen und wie viel Klärschlamm weiterhin bodenbezogen verwertet werden könnte. Thermisch zu behandeln sind zum einen Schlämme, die bereits aktuell, z.T. wegen Grenzwertüberschreitung, verbrannt werden. Es ist nur in Ausnahmefällen davon auszugehen, dass hier eine Rückkehr zur bodenbezogenen Verwertung stattfindet. Ferner müssen die Schlämme von Kläranlagen der GK 5 (ab 2029) und 4b (ab 2032) nach Vorgabe der AbfKlärV thermisch behandelt werden. Fasst man diese beiden Gruppen zusammen und berücksichtigt die Kalkreduktion, ergibt sich für den thermischen Entsorgungspfad ab 2029 ein Aufkommen von 46.500 Mg (TM) und ab 2032 49.000 Mg (TM). Eine Entsorgungskooperation der VERA Hamburg mit den Anlagen des ZKW Lübeck und des AZV Südholstein sichert mit der Abnahme von 17.000 Mg (TM) einen Teil dieses Aufkommens ab 2027.

Ab 2029 dürften noch rund 17.000 Mg (TM), ab 2032 dann noch etwa 14.000 Mg (TM) weiterhin bodenbezogen verwertet werden. Es handelt sich dabei um die Anlagen, deren Schlamm bisher keine Grenzwerte überschreitet und deren Ausbaugröße nicht über 50.000 EW liegt. Bei einem kompletten Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung müssten nach Abzug des Kalkes (ca. 25 %) 10.500 Mg (TM) zusätzlich verbrannt werden.

Die Übergangszeit bis zur verpflichtenden thermischen Behandlung kann allerdings hinsichtlich der Entsorgungsmöglichkeiten im Land unterschiedliche Zustände annehmen. Einerseits könnten Monoverbrennungskapazitäten (Kiel, Stapelfeld) zu unterschiedlichen Zeitpunkten oder gar nicht bereitstehen. Andererseits könnte die Nachfrage nach Klärschlamm in der Landwirtschaft zeitweise oder langfristig zurückgehen, obwohl sich dieser Trend in den letzten Jahren nicht angedeutet hat. Hieraus lassen sich drei grundlegende Entsorgungsszenarien ableiten, bei denen davon ausgegangen wird, dass mindestens eine Monoverbrennungsanlage in Schleswig-Holstein errichtet wird.

#### **Szenario 1:**

Beide Anlagen (Kiel und Stapelfeld) werden in der Übergangszeit ca. 2023/2024 realisiert und es stehen ausreichend Verbrennungskapazitäten zur Verfügung. Dieses Szenario entspricht der Prognose in Bild 6-2. Die Entsorgung des Klärschlammes wäre im Land gesichert. Anlagenbetreiber könnten schon vor der gesetzlichen Frist in den Jahren 2029 und 2032 auf die thermische Entsorgung umstellen.

#### **Szenario 2:**

Eine der Monoverbrennungsanlagen in Kiel oder Stapelfeld wird in der Übergangszeit ca. 2023/2024 errichtet. In dieser Situation könnte ebenfalls der gesamte Klärschlamm im Land thermisch und landwirtschaftlich entsorgt werden, sofern die landwirtschaftliche Verwertungsquote auf dem Niveau von 2018 bleibt. Ab 2029 käme es jedoch zu Engpässen und Klärschlamm müsste außerhalb des Landes entsorgt werden, sofern keine dezentralen Konzepte vorliegen.

#### **Szenario 3:**

Es existiert eine Monoverbrennungsanlage, aber die landwirtschaftliche Verwertung geht zurück. In dieser Situation könnte ein Rückgang der landwirtschaftlichen Verwertung von bis zu 20 % von der Monoverbrennungsanlage aufgefangen werden. Darüber hinaus müssten Mitverbrennungsoptionen im Land genutzt werden, oder der Schlamm müsste außerhalb des Landes entsorgt werden, sofern keine dezentralen Konzepte vorliegen.

Ein rechnerischer Überblick über die Entsorgungssicherheit ab dem Jahr 2032 gibt Bild 6-3 mit einer Gegenüberstellung angebotener Verbrennungskapazitäten und dem um Kalk reduzierten jährlichen Klärschlammaufkommen. Unter der Voraussetzung, dass die Monoverbrennungsanlagen wie geplant in Betrieb gehen können und auch zukünftig ein Teil der Klärschlämme der VERA zugeführt wird, ist die Entsorgungssicherheit langfristig gewährleistet. Dies wäre auch bei einem kompletten Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung der Fall.

**Bild 6-3: Entsorgungssicherheit ab 2032**

<b>Entsorgungssicherheit ab 2032</b>		
<b>Verbrennungskapazitäten</b>	<b>Angebot (Mg (TM))</b>	<b>Bedarf (Mg (TM))</b>
• <b>Monoverbrennung</b>		
– Stapelfeld	32.500	
– Kiel MVA	32.000	
– VERA (vertraglich ab 2027 zugesichert für die Anlagen Hetlingen und Lübeck)	17.000 (ca.)	
• <b>Mitverbrennung</b>	unbekannt	
• <b>dezentrale Monoverbrennung</b>	derzeit nicht in Planung	
<hr/>		
<b>Gesamtmenge Klärschlamm</b>		<b>63.000</b>
<b>rechnerisch gesamte thermische Entsorgung</b>	<b>81.500</b>	<b>ca. 49.000</b>
<b>bodenbezogene Verwertung weiterhin möglich</b>		<b>ca. 14.000</b>
<b>weitere Option: Vererdung</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristig ist die <b>Entsorgungssicherheit rechnerisch gewährleistet</b>, selbst bei einem kompletten Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung.</li> <li>• Aktuell gibt es eine <b>erhebliche Kostensteigerung</b> aller Entsorgungswege, aber es sind derzeit <b>keine Entsorgungsengpässe</b> bekannt.</li> </ul>		

## 6.2 Phosphorrückgewinnung

Die Klärschlammverordnung sieht eine grundsätzliche Pflicht zur Phosphorrückgewinnung vor, sofern der Klärschlamm 20 Gramm oder mehr Phosphor je Kilogramm Trockenmasse aufweist. Die Rückgewinnung kann durch technische Rückgewinnungsverfahren aus Klärschlamm oder der Verbrennungssache erfolgen. Ebenso kann Phosphor aus dem Abwasser zurückgewonnen werden. Die AbfklärV macht hierbei keine Vorgaben, mit welchem Verfahren die Rückgewinnung zu erfolgen hat. Betreiber von kleineren Anlagen können im Sinne von Phosphorrückgewinnungsverfahren auch die bodenbezogene Verwertung vornehmen.

Ein Großteil der verschiedenen Phosphorrückgewinnungsverfahren ist bisher im Pilotmaßstab realisiert. Die Anlagen, welche Struvit (ein Magnesium-Ammonium-Phosphat-Gemisch) produzieren, können dagegen bereits auf eine mehrjährige Erfahrung im großtechnischen Maßstab zurückblicken. Es ist allerdings zu prüfen, ob das Verfahren geeignet ist, den Phosphorgehalt des behandelten Klärschlammes auf weniger als 20g je kg TM Klärschlamm zu reduzieren. Eine erfolgreiche Phosphorrückgewinnung setzt einen hohen Anteil vermehrter biologischer Phosphorelimination (Bio-P) bei der Abwasserbehandlung voraus, was bei 80% des in Schleswig-Holstein anfallenden Schlamms der Fall ist (berechnet nach Fels et al. 2011, S. 20ff.). Tabelle 6-1 listet anhand dieser Einteilung gängige P-Rückgewinnungsverfahren auf (Krämer 2019, S. 383).

**Tabelle 6-1: Verfahren zum P-Recycling**

	Technologie	Produkt
<b>Klärprozess</b>	ExtraPhos	Calciumphosphat
	MSE	Struvit
	Ostara Pearl	Struvit
	P-Roc	mineralischer P-Dünger
	Stuttgarter Verfahren+	Struvit
<b>Klärschlamm</b>	TerraNovaUltra	Mg/Ca-P-Kristalliat
	AirPrex	Struvit
	EuPhoRe	phosphorhaltige Asche
	MephRec	Schlackengranulat
	PhosForce	Struvit/Dicalciumphosphat
	PYREG	k.A.
<b>Klärschlamm- asche</b>	Ash2Phos	Calciumphosphat
	PARFORCE	Phosphorsäure
	P-bac	Eisenaluminiumphosphat
	TetraPhos	Phosphorsäure
	AshDec	P-haltiges Düngemittel

Grundsätzlich gilt: Je später im Prozess das Recycling ansetzt, d.h. je höher der Trockengehalt des Substrates ist, desto höher sind die Phosphorkonzentration, das Rückgewinnungspotenzial und damit der maximale Rückgewinnungsgrad (bis zu 90 %). Gleichzeitig sinken Volumen und Masse des für die Rückgewinnung zu behandelnden Substratvolumens. Die Rückgewinnung aus der Klärschlamm-Asche ist nach aktuellem technischem Stand das effizienteste Verfahren. Neben dem rechtlichen Rahmen und den technischen Möglichkeiten müssen auch zukünftige Nutzungsmöglichkeiten des rückgewonnenen Phosphors beachtet werden. Um das Produkt am Markt platzieren zu können, sollte das P-Rezyklat qualitativ den heutigen P-Produkten gleichen oder sogar überlegen sein (Krämer 2019, S.380).

### Phosphorrückgewinnungspflicht in Schleswig-Holstein

Die im Klärschlamm enthaltenen Phosphorpotenziale wurden erstmalig im Jahr 2011 mit der Studie zur Ermittlung von Phosphorrückgewinnungspotenzialen in Schleswig-Holstein ermittelt. Dabei wurde berechnet, welcher Anteil des P-Bedarfs durch den landesweiten Ernteentzug durch Klärschlamm gedeckt, sowie um wie viel Prozent der Zukauf von Mineraldünger im Land durch  $P_2O_5$  im Klärschlamm reduziert werden könnte. Bezogen auf den Klärschlamm 2018 ergibt sich landesweit ein Phosphorpotenzial im Klärschlamm von 4.414 Mg  $P_2O_5$  bzw. 1.930 Mg P. Mit dieser Menge ließen sich ca. 8 % des landesweiten Nährstoffbedarfs an Phosphor ersetzen, bzw. der Zukauf an Mineraldünger könnte bei unverändertem Wirtschaftsdüngeranfall und Ernteentzug um 17 % reduziert werden (Fels et al. 2011, S. 27).

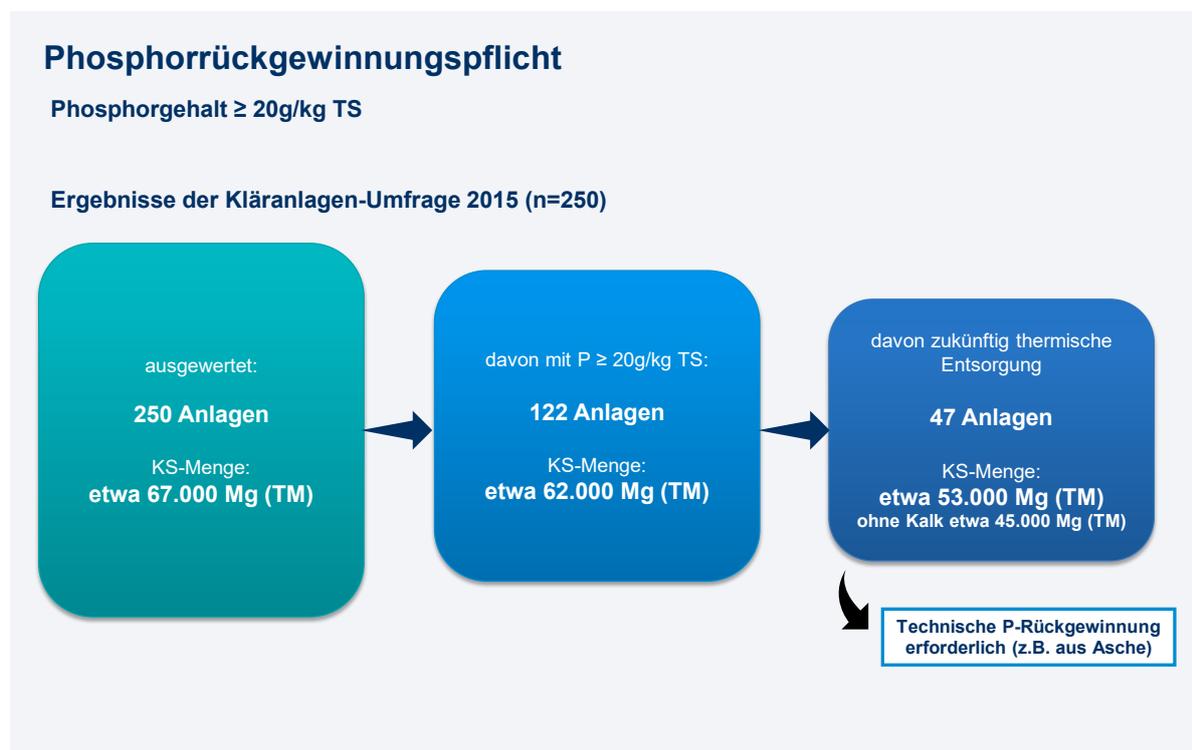
2015 wurden die Phosphorgehalte der Klärschlämme landesweit ermittelt, wobei 250 Kläranlagen und 94 % des Klärschlammes erfasst wurden. Rund die Hälfte dieser Anlagen (122 von 250), bei denen eine Menge von 62.000 Mg (TM) Klärschlamm anfällt, überschreitet den in der AbfKlärV festgelegten Phosphorgrenzwert von 20 g/kg TS.

Die Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung ist neben dem Phosphorgehalt auch mit der Kläranlagengröße (vgl. Kapitel 1.2) verbunden. Unter Zugrundelegung dieser Regelungen müssen mindestens

53.000 Mg (TM) dieser phosphorhaltigen Klärschlämme in Schleswig-Holstein bis spätestens 2032 thermisch behandelt werden. Da diese Klärschlammmenge einen gewissen Kalkanteil aufweist, der bei einer thermischen Behandlung aber entbehrlich ist, dürfte sich der Wert noch ein wenig verringern (vgl. Kapitel 6.1).

Vor diesem Hintergrund ist von einer Gesamtmenge von etwa 45.000 Mg (TM) Klärschlamm, die einer thermischen Behandlung zugeführt werden müsste, auszugehen. Für den Großteil des Klärschlammes (75-80 %) wird also eine technische Phosphorrückgewinnung erforderlich sein. In Bild 6-4 sind die Anzahl der Anlagen und die Klärschlammengen, die unter die Rückgewinnungspflicht in Schleswig-Holstein fallen, schematisch dargestellt.

**Bild 6-4: Phosphorrückgewinnungspflicht**



Um den Prozess der Phosphorrückgewinnung im Zusammenhang mit der Neuausrichtung der Klärschlamm Entsorgung voranzutreiben, unterstützt das Land Schleswig-Holstein Vorhaben zur Phosphorrückgewinnung. Dies können z.B. Machbarkeitsstudien und Kooperationsmodelle zur Umsetzung von Phosphorrückgewinnungsverfahren und Einzel- und Verbundvorhaben sein, die im Rahmen von Pilot- und Demonstrationsvorhaben auf die erstmalige Anwendung und Validierung der Phosphorrückgewinnung abzielen.

Gemäß Genehmigungsantrag der Monoverbrennungsanlage Kiel soll die Phosphorrückgewinnung am Standort erfolgen. Für den Standort Stapelfeld ist eine nachgelagerte Phosphorrückgewinnung aus der Asche geplant. Unabhängig davon existiert für die Vielzahl der kleinen kommunalen Kläranlagen aber bislang noch keine geeignete Methode, um die Phosphorrückgewinnung zu optimieren.

## 7 Herausforderungen und Handlungsoptionen

Auf Basis der aktuellen und zukünftigen Entsorgungsalternativen und rechtlichen Rahmenbedingungen lassen sich unterschiedliche Handlungsoptionen und Strategien für die Akteure der Klärschlamm Entsorgung ableiten. Diese sind in Bild 7-1 zusammengestellt. Sie gliedern sich in allgemeine Entsorgungsstrategien für alle Anlagen, in Strategien insbesondere für kleinere Anlagen sowie Strategien in der Übergangsphase, die der Entsorgungssicherheit dienen, sollte es zu Entsorgungsengpässen kommen.

**Bild 7-1: Strategien**



### 7.1 Entsorgungsstrategien

Der Entsorgungsmarkt für Klärschlamm ist derzeit geprägt von hohen Preisen und einer Ungewissheit, welche Entsorgungsoptionen zu welchem Zeitpunkt verfügbar sein werden. In diesem Kontext müssen die Entsorgungspflichtigen weiterhin die Klärschlamm Entsorgung gewährleisten und die technischen Voraussetzungen schaffen, von der landwirtschaftlichen zukünftig auf die thermische Behandlung umzustellen. Es bieten sich hierzu verschiedene Strategien, diese Anforderungen zu erfüllen. Insbesondere für Betreiber kleinerer Anlagen mit langen Räumungszyklen ist es wichtig, durch finanzielle Rückstellungen auf einen Preisanstieg vorbereitet zu sein.

Grundsätzlich bietet sich die Möglichkeit, im Rahmen der Klärschlammbehandlung, z.B. durch Ausbau der Faulung, optimierte Entwässerung und Trocknung, die Klärschlammmenge zu reduzieren, um die Transportwürdigkeit und Lagerungskapazität zu erhöhen. Kleinere Anlagen ohne eine solche technische Ausstattung können dies auch mittelbar über die Abgabe des Schlammes an größere Anlagen oder

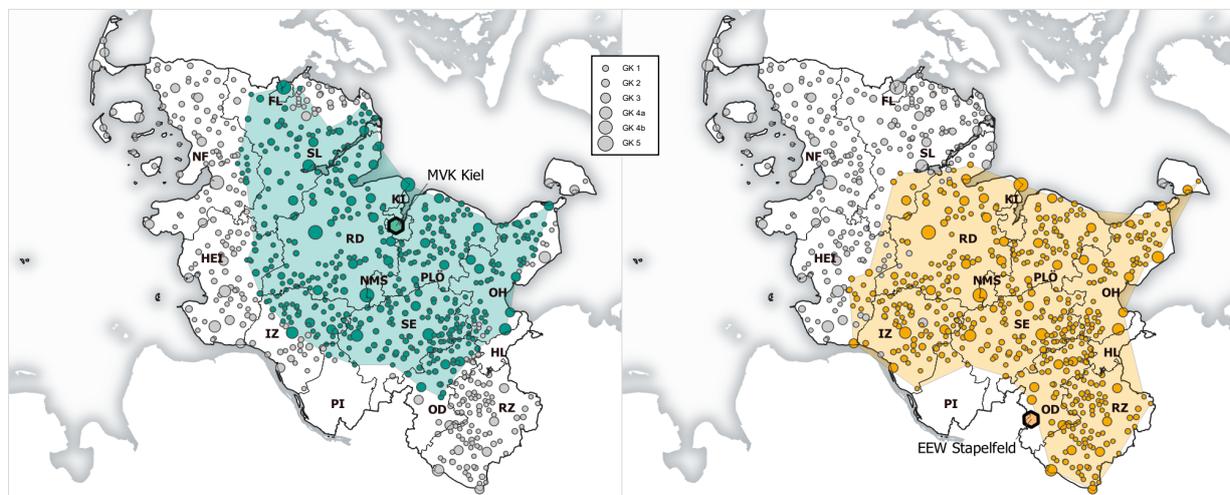
durch Kooperation erreichen. Entsorgungssicherheit auch in der Übergangsphase können Entsorgungspflichtige erlangen, indem sie die Klärschlammentsorgung langfristig, z. B. über 10 Jahre vergeben, ohne einen Entsorgungspfad vorzugeben. Die Auswahl des Entsorgungsweges wird somit auf das Entsorgungsunternehmen übertragen. Dieses kann den Klärschlamm weiterhin landwirtschaftlich verwerten oder thermisch entsorgen, solange im Land die Monoverbrennungsanlagen nicht zur Verfügung stehen. Es dürfte auch im Interesse der Betreiber von Verbrennungsanlagen liegen, eine möglichst große Menge Klärschlamm für die geplanten Anlagen zu akquirieren, damit die Projekte tatsächlich umgesetzt werden. Alternativ können die Entsorgungspflichtigen die Entsorgung über kürzere Zeiträume ausschreiben, etwa bis zur möglichen Fertigstellung mindestens einer Monoverbrennungsanlage im Land und dann erneut die Entsorgung beurteilen.

### **Räumliche Entsorgungsoptionen der Monoverbrennung**

Die Monoverbrennung mit anschließender Phosphorrückgewinnung bietet langfristige Entsorgungssicherheit. Die zwei geplanten Monoverbrennungsanlagen in Schleswig-Holstein stellen die zentralen Entsorgungsoptionen im Land dar und könnten zukünftig den gesamten Klärschlamm Schleswig-Holsteins verbrennen. Wie sich der Klärschlamm bzw. die Kläranlagen auf die zwei Monoverbrennungsanlagen verteilen, wurde in drei Modellvarianten berechnet. Die erste Variante wurde aus der Perspektive der Verbrennungsanlage gerechnet. Die zweite Variante gibt aus Perspektive einer jeden Kläranlage die nächstgelegene Verbrennungsanlage aus, und die dritte Variante nimmt eine landesweite Perspektive ein, in der die Schlämme unter den beiden Monoverbrennungsanlagen aufgeteilt werden.

Im ersten Modell wurde zunächst aus Sicht der Monoverbrennungsanlagen berechnet, wie weit die Einzugsgebiete der Verbrennungsanlagen reichen, wenn jede Anlage den Klärschlamm der nächstgelegenen Kläranlagen aufnimmt, bis die Jahreskapazität der jeweiligen Monoverbrennungsanlage erreicht ist. Die Entfernung zwischen Monoverbrennungsanlage und Kläranlagen wurden als Straßenkilometer- und Fahrzeitenmatrix über ein LKW-Routing berechnet. Die Kläranlagen des AZV Südholstein und die Lübecker Anlagen sind nicht in der Berechnung berücksichtigt, da hier eine Vereinbarung mit der Monoverbrennungsanlage VERA Hamburg ab 2027 besteht. Alle anderen Anlagen gehen hingegen ungeachtet ihres aktuellen oder zukünftigen Verwertungspfades mit in die Berechnung ein, es handelt sich demnach um eine Modellierung für einen kompletten Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung. Es wurden in dem Modell die um Kalk reduzierten Mengen je Anlage angesetzt. In der Analyse wurde jede Monoverbrennungsanlage separat berücksichtigt, sodass es auch Überschneidungen der Einzugsgebiete gibt. Mengen von außerhalb Schleswig-Holsteins wurden nicht berücksichtigt.

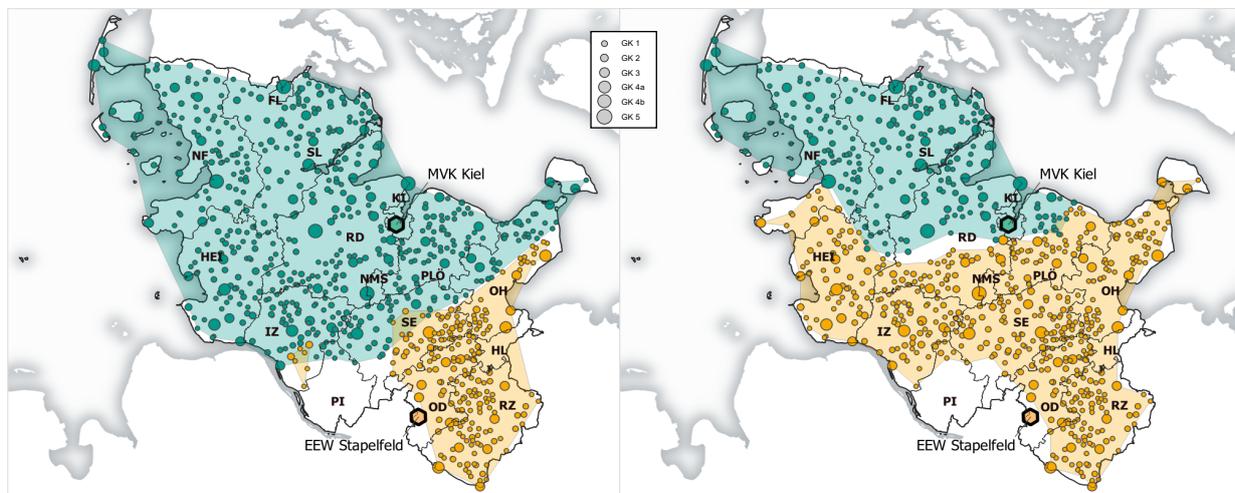
**Bild 7-2: Fahrzeitemptimierte Einzugsgebiete unter Berücksichtigung der Maximalkapazitäten**



Im Ergebnis zeigt die Karte, welche Kläranlagen in den jeweiligen Einzugsgebieten der Monoverbrennungsanlagen in Kiel (türkisfarben) und Stapelfeld (gelb) liegen (vgl. Bild 7-2). Kläranlagen außerhalb des jeweiligen Einzugsgebietes sind grau dargestellt. Das Einzugsgebiet für den Standort Kiel reicht bis zu einer Fahrzeit von 1:19 Stunden, was im weitesten Fall 95 km entspricht und bis fast an den Standort Stapelfeld reicht. In Stapelfeld liegt die letzte Kläranlage, bis die Verbrennungskapazität erreicht ist, in einer Fahrzeit von 1:57 Stunden bzw. 139 Kilometer entfernt. Ein beträchtlicher Anteil der Kläranlagen (370) und der KS-Menge (rund 26.500 Mg (TM)) liegen im Einzugsgebiet beider Verbrennungsanlagen. 166 Anlagen mit ca. 7.300 Mg (TM) befinden sich außerhalb beider Einzugsgebiete. Dies betrifft vor allem Standorte in den Kreisen Nordfriesland und Dithmarschen sowie die Inseln. Bei einer Modellierung von Fahrkilometern statt Fahrminuten ergäbe sich ein ähnliches Bild, lediglich einige kleinere Anlagen in peripheren Regionen Dithmarschens und Schleswig-Flensburgs würden Stapelfeld bzw. Kiel zugeordnet werden.

Eine reine Zuordnung aus Sicht der Verbrennungsanlagen würde allerdings zu kurz greifen. Deshalb wurde in einem zweiten Schritt untersucht, welche der beiden Verbrennungsanlagen von Seiten der Kläranlagen fahrzeitemptimiert bevorzugt würden, unabhängig vom Vergabepreis. Der Unterschied zum ersten Modell besteht darin, dass hier keine Kapazitätsgrenze der Monoverbrennungsanlage greift, sondern jeder Kläranlage die nächstgelegene Monoverbrennungsanlage zugewiesen wird.

**Bild 7-3: Fahrzeitorientierte Zuordnung der Kläranlagen (links) und des Gesamtaufkommens zu gleichen Mengenanteilen (rechts)**



Im Ergebnis zeigt sich, dass 555 Anlagen mit rund 36.000 Mg (TM) Klärschlamm zum Standort Kiel fahren würden (vgl. Bild 7-3 links), da Kiel deutlich zentraler gelegen ist als Stapelfeld. Die Anlagen mit Zielgebiet Stapelfeld konzentrieren sich v.a. auf die Kreise Herzogtum Lauenburg, Stormarn, Ostholstein und Segeberg. Die Ungleichverteilung bei den Mengen rührt auch daher, dass die Anlagen in Lübeck und Hetlingen im Einzugsgebiet von Stapelfeld liegen, aber vorerst den Schlamm vertraglich in Hamburg entsorgen werden. Dies kann sich in einer längerfristigen Betrachtung ändern und würde das Mengengleichgewicht wieder eher Richtung Süden verschieben. Zudem könnte die Verbrennung von Schlämmen nahegelegener Standorte Niedersachsens und Mecklenburg-Vorpommerns relevant werden, was hier jedoch nicht näher analysiert wird, da die Systemgrenze für die Modellierung das Land Schleswig-Holsteins ist.

Eine reine Betrachtung der Fahrzeiten aus Sicht der Kläranlagen greift wegen der fehlenden Kapazitätsbeschränkungen in Kiel ebenfalls zu kurz. Als Aushandlungsprozess werden sich die tatsächlichen Entsorgungsmuster voraussichtlich irgendwo zwischen beiden Modellen treffen. Neben der Sicht der jeweiligen Akteure ist auch eine übergeordnete planerische Perspektive zu berücksichtigen. In einem letzten Modell wurden, ausgehend von der fahrzeitorientierten Zuordnung der Kläranlagen, sukzessive diejenigen Anlagen umverteilt, welche die geringsten Fahrzeitunterschiede aufweisen, bis sich die Klärschlamm-mengen aller Anlagen etwa gleich auf beide Verbrennungsanlagen aufteilen (vgl. Bild 7-3 rechts). Das Ergebnis der Modellierung zeigt, dass nun vor allem Anlagen aus den Kreisen Steinburg, Dithmarschen, die Großkläranlage Neumünster, aber auch Teile der Kreise Rendsburg-Eckernförde und Plön zu den bisherigen Ziellanlagen Stapelfelds hinzukommen. Insgesamt sind im Modell auf diese Weise 307 Anlagen und etwa 12.000 Mg (TM) Klärschlamm umverteilt worden. Dies führt im Modell allerdings dazu, dass Kläranlagen nahe Kiel in Stapelfeld entsorgen, da die Kieler Verbrennungskapazität bereits durch Schlämme aus dem Norden erreicht wird. Alternativ könnten Anlagen aus dem Norden nach Stapelfeld entsorgen, sodass in Kiel freie Kapazitäten für umliegende Anlagen entstehen.

Es steht noch nicht abschließend fest, ob beide Monoverbrennungsprojekte realisiert werden und wie hoch die Verbrennungskapazität für Kläranlagen aus Schleswig-Holstein sind. Die tatsächliche Entsor-

gung richtet sich nach Marktlage und Vergaberecht, so dass einerseits Schlämme, die nicht aus Schleswig-Holstein stammen, dort verbrannt werden und andererseits Schlämme aus Schleswig-Holstein außerhalb des Landes entsorgt werden. Auch Akteure der Klärschlammverbrennung könnten durch Markteintritt die Entsorgungspraxis beeinflussen. Es gibt also neben der Transportentfernung eine Vielzahl von Variablen, die die tatsächlichen Verbrennungswege der Stoffströme steuern. Wesentliches Zuschlagskriterium im Zuge der Ausschreibung dürfte allerdings der Vergabepreis sein. Das Mengenmodell zeigt daher mögliche Zuordnungen aus verschiedenen Perspektiven und kann so als Ausgangspunkt für die Abschätzung unterschiedlicher Entsorgungsmuster auf Landesebene dienen.

### **Landwirtschaftliche Verwertung**

Die landwirtschaftliche Verwertung ist nach 2032 nur noch für ca. 14.000 Mg (TM) möglich. In der Übergangszeit haben die Entsorgungspflichtigen weiterhin die Möglichkeit, bodenbezogen zu verwerten, sofern genügend Landwirte den Klärschlamm abnehmen. Die Umstellung auf thermische Entsorgung kann allerdings auch schon vor den Fristen 2029 und 2032 erfolgen. Dies würde zu einem geringeren Eintrag ungewollter Schadstoffe, insbesondere auch Mikroplastik führen. Allerdings würde man dann auf die Wiederverwertung von Phosphor verzichten, da dies erst ab 2029 als technisches Verfahren vorgeschrieben ist.

### **Vererdung**

Die Umstellung auf eine Vererdungsanlage bietet Kläranlagenbetreibern die Möglichkeit, die Entsorgungsentscheidung in die Zukunft zu verlagern. Diese Strategie eignet sich allerdings nur für wenige Anlagen und stellt eine Nische dar, die letztlich die Entsorgungsfrage nicht löst.

### **Dezentrale thermische Behandlung**

Grundsätzlich sind kleinere, dezentrale thermische Behandlungsanlagen unter Beachtung der Phosphorrückgewinnung geeignet, den Klärschlamm sicher und nach Vorgaben der Klärschlammverordnung zu entsorgen. Deren Wirtschaftlichkeit und Notwendigkeit ist im Einzelfall und vor dem Hintergrund alternativer Entsorgungsoptionen im Land zu beurteilen.

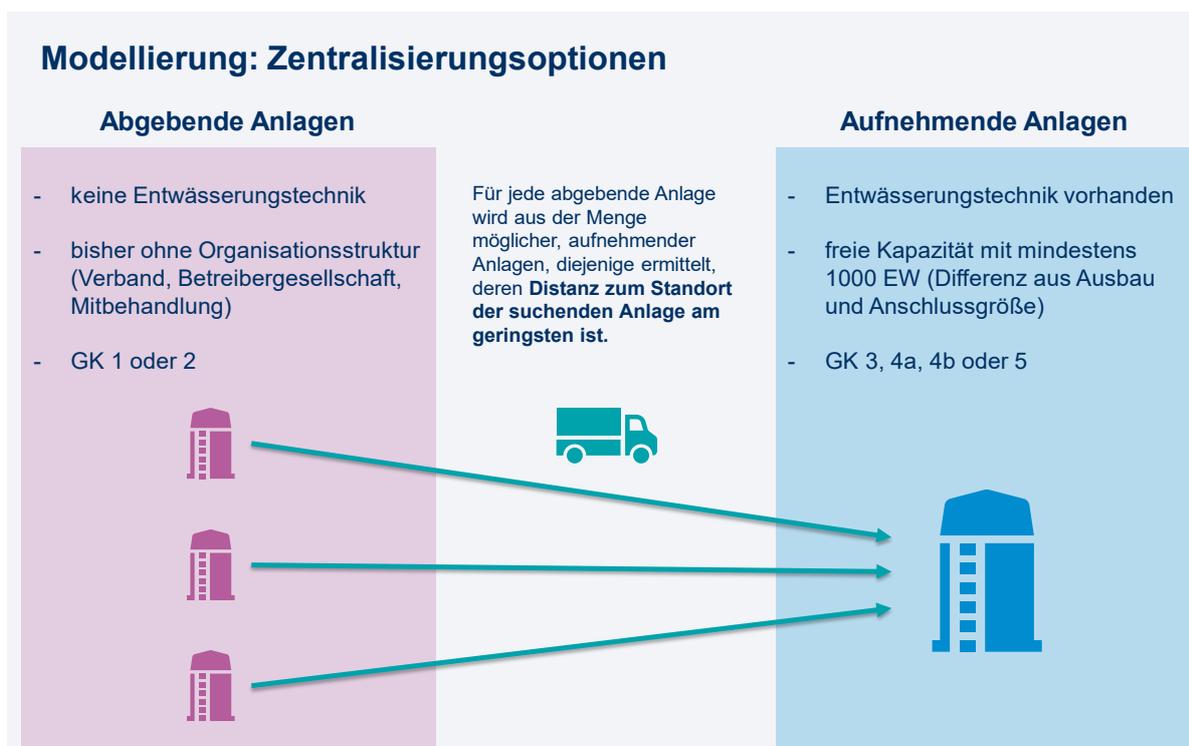
## **7.2 Zentralisierung und Kooperation**

Die Neuausrichtung der Klärschlammverordnung sowie düngerechtliche Anpassungen erfordern neue Wege in der Abwasserbehandlung und Klärschlamm Entsorgung. Zwar müssen sich alle Anlagenbetreiber diesem Prozess stellen, aber gerade für Betreiber kleinerer Anlagen bedeutet dies eine besondere Herausforderung, sofern sie bisher diese Aufgabe eigenständig erfüllen. Wesentliches Instrument ist der Ausbau der Zentralisierung und Kooperationen.

Kooperationen können dabei informell, als Informations- und Wissensaustausch z.B. bei den DWA-Kläranlagenachbarschaften erfolgen. Sie können formal über Verträge geschlossen werden oder institutionell, wenn gemeinsame Unternehmen der beteiligten Kommunen gegründet werden, z.B. als GmbH oder Zweckverbände (Kopp-Assenmacher 2019, S. 142).

Bisher werden in Schleswig-Holstein ca. 60 % der Kläranlagen übergeordnet organisiert betrieben. Es haben sich im Land bereits mehrere neue Kooperationen zusammengefunden, z. B. wurde eine gemeinsame mobile Entwässerungsanlage angeschafft, die Mitbehandlung auch in Hinblick einer gemeinsamen Trocknung erörtert oder die Entsorgung zusammen organisiert. Meist handelt es sich dabei um Kooperationen innerhalb oder unter Zweckverbänden. Kleine eigenständige Anlagen bzw. amtsfreie Gemeinden und Ämter dagegen müssten geeignete Kooperationspartner suchen, die in der Lage sind, den Klärschlamm zu übernehmen. Diese sind realistisch in den Kläranlagen der Größenklassen 3 bis 5 zu suchen. Neben einer vorhandenen Entwässerungstechnik müssen diese Anlagen genügend freie Behandlungskapazitäten aufweisen. Darüber hinaus gibt es weitere Anforderungen, wie genehmigungsrechtliche Aspekte, logistische Rahmenbedingungen und technische Erfordernisse bei möglichen Kooperationen.

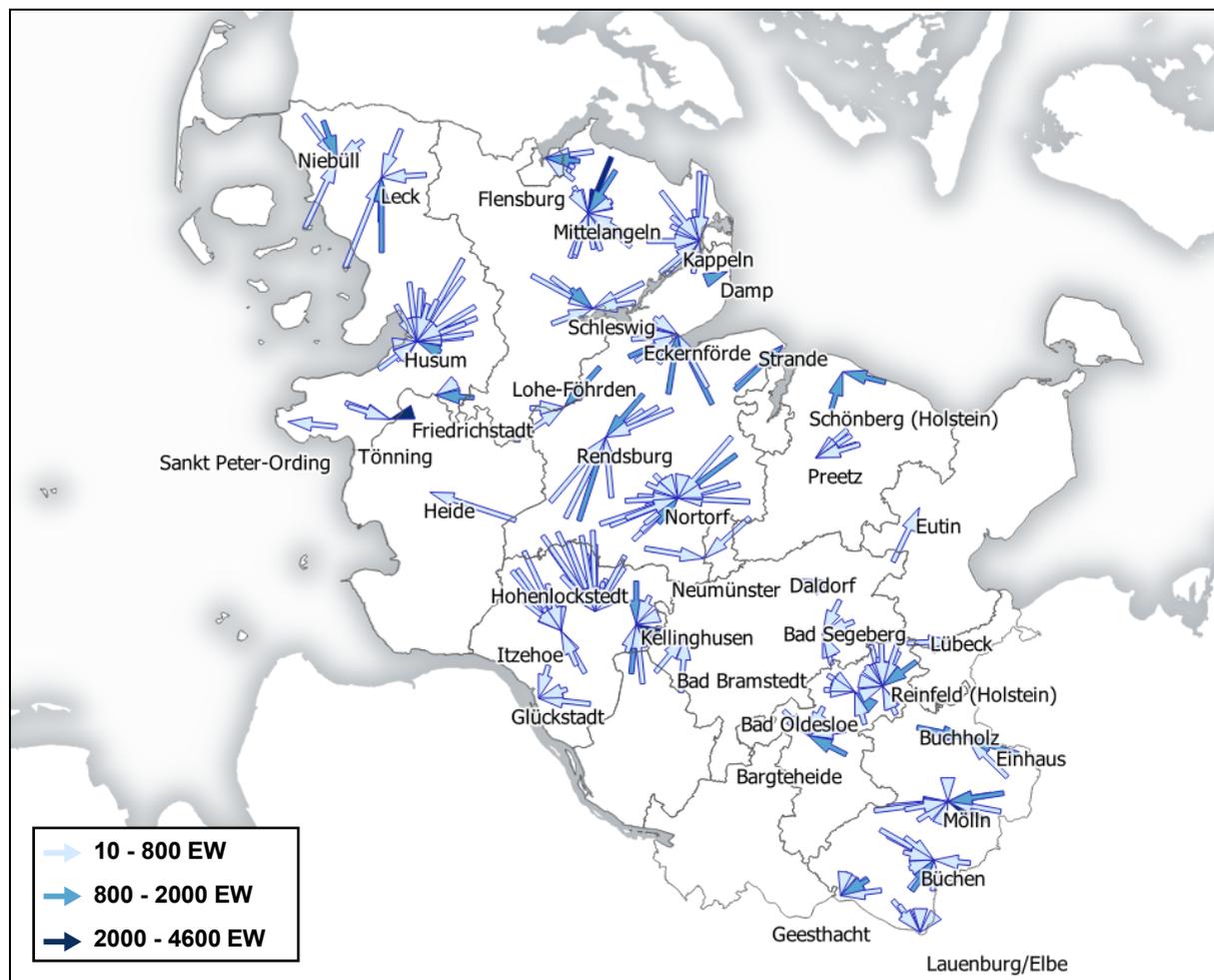
**Bild 7-4: Modellschema Zentralisierung des Klärschlammes**



In einer Modellberechnung (vgl. Bild 7-4) wurden die landesweiten regionalen Kooperationspotenziale ermittelt. Ziel dabei war es, die kleineren Kläranlagen der Größenklasse 1 und 2, die bisher eigenständig betrieben werden, größeren Anlagen ab Größenklasse 3 räumlich zuzuordnen. Das setzt voraus, dass die größeren Kläranlagen über freie Behandlungskapazitäten verfügen. Daher wurden im nächsten

Schritt Mitbehandlungspotenziale der größeren, annehmenden Anlagen berechnet, indem deren freie Kapazitäten aus der Differenz der Ausbaugröße und den angeschlossenen EW bestimmt wurden. Unter allen Anlagen wurden diejenigen als mögliche Kooperationspartner ausgewählt, die mehr als 1.000 EW an freie Kapazität haben. Setzt man diesen Parameter höher, so reduziert sich die Anzahl aufnehmender Anlagen. Dies führt landesweit zu weniger Anlagenclustern (Kooperationen), aber dafür hätte jede zentrale Kläranlage mehr dezentrale Partneranlagen. Mit den genannten Kriterien lassen sich 232 kleinere Anlagen (GK 1, 2) ermitteln, die den Klärschlamm abgeben würden. 56 größere, zentrale Anlagen (GK 3-5) wären in der Lage, den Klärschlamm der kleinen Anlagen aufzunehmen. Aber nicht jede zentrale Kläranlage hat mögliche Kooperationspartner in der Nachbarschaft. Die räumliche Zuordnung der kleinen Anlagen erfolgt hier über die Luftliniendistanz, indem ihnen die nächstgelegene zentrale Kläranlage zugewiesen wurde. Insgesamt könnten 38 der 56 größeren Anlagen als Kooperationspartner in Frage kommen. Bei den übrigen 18 Anlagen gibt es keine kleinere Anlage in der Nachbarschaft. In Bild 7-5 sind die potenziellen Kooperationscluster räumlich aufgeführt. Dabei zeigen die Pfeile von den kleinen Anlagen jeweils auf den Kooperationspartner, unterschieden nach den angeschlossenen EW. Zentrale Cluster ergäben sich etwa in Husum, Kappeln, Nortorf, Hohenlockstedt oder Reinfeld.

**Bild 7-5: Regionale Kooperationspotenziale der bisher nicht organisierten Kläranlagen**



**Tabelle 7-1: Auswertung möglicher Kooperationspartner auf Kreisebene**

Kreis	Anzahl abgebender-Anlagen als Kooperationspartner	Summe EW der abgebenden Anlagen
Dithmarschen	0	0
Flensburg	0	0
Herzogtum Lauenburg	32	17.314
Kiel	0	0
Lübeck	0	0
Neumünster	0	0
Nordfriesland	32	16.881
Ostholstein	0	0
Pinneberg	6	3.717
Plön	7	2.930
Rendsburg-Eckernförde	56	27.910
Schleswig-Flensburg	41	20.224
Segeberg	6	2.441
Steinburg	28	12.931
Stormarn	24	10.688

Regional treten deutliche Unterschiede bei den Kooperationspotenzialen auf. In Landkreisen, in denen die Abwasserbehandlung bereits stark übergeordnet organisiert ist, gibt es nur wenige Kooperationscluster, wie in Ostholstein, Pinneberg oder Dithmarschen. In Rendsburg-Eckernförde oder Nordfriesland dagegen sind deutlich mehr Anlagencluster zu finden. Tabelle 7-1 zeigt für jeden Landkreis die Anzahl der Klärschlamm abgebenden Anlagen sowie deren angeschlossene EW als Kreissummen. Dies entspricht der Menge Klärschlamm, die von den kleineren Anlagen zu den aufnehmenden zentralen Anlagen transportiert oder eingeleitet werden müsste. Würde man als weitere Restriktion der Modellberechnung ein Überschreiten von Kreisgrenzen ausschließen, die Kooperationspartner also innerhalb desselben Kreises suchen, so änderten sich die Ergebnisse regional nur geringfügig. Lediglich in den Kreisen Rendsburg-Eckernförde und Schleswig-Flensburg würden einige kleinere Anlagen im Grenzbereich zu den Nachbarkreisen

nun Kooperationspartner im selben Kreis finden. Dadurch, dass nicht die nächstgelegene Anlage gewählt werden kann, entstünden insgesamt längere Transportwege. Inwieweit tatsächlich kooperiert wird, ist in jedem Einzelfall von den Akteuren vor Ort zu prüfen. Im Rahmen des AWP können hier nur Potenziale aufgezeigt werden.

### 7.3 Entsorgungsstrategien bei Entsorgungsengpässen

Bei Entsorgungsengpässen für Klärschlamm können Entsorgungspflichtige kurzzeitig den Klärschlamm nicht über den gewohnten Pfad entsorgen. Solche Engpässe sind direkte Auswirkungen der DüV, die Maximalfrachten für Phosphor und Stickstoff sowie Sperrzeiten für die Ausbringung vorgibt und somit das Ausbringungspotenzial einschränkt. In der Folge könnten Entsorgungsunternehmen Preise anpassen, Verträge nicht weiter verlängern oder außerordentlich kündigen. Hiervon waren in der Vergangenheit auch einige Entsorgungspflichtige in Schleswig-Holstein betroffen, aber zu längerfristigen Entsorgungsengpässen ist es bisher nicht gekommen. Mittelfristig könnten Entsorgungsengpässe entstehen, wenn eine der in diesem Abfallwirtschaftsplan berücksichtigten Monoverbrennungsanlagen nicht oder

erst viel später als geplant realisiert würde. Die drei folgenden Strategien und Handlungsoptionen können dazu beitragen, mögliche Engpässe zu beheben:

1. Erweiterung der Lager auf Kläranlagen oder als provisorische Vererdungsbeete
2. Einzelfallprüfung der Lagerung über ein Jahr hinaus
3. Nutzung und Ausbau der Mitverbrennung im Land

Die ersten beiden Strategien zielen auf Anlagenbetreiber, bei denen eine landwirtschaftliche Verwertung kurzfristig nicht möglich ist. Hier sollte zunächst geprüft werden, ob der Klärschlamm auf der Kläranlage gelagert werden könnte bzw. Lager erweitert werden könnten. Vererdungsbeete können ebenso dazu beitragen, kurz- bis mittelfristig den Klärschlamm zu binden und dabei zu entwässern, bis eine Entsorgung wieder möglich ist. Während Klärschlamm unter Bedingungen des Wasserrechts auch über ein Jahr auf der Kläranlage gelagert werden kann, liegen die Hürden bei externen Lagern höher. Hier ist im Einzelfall zu prüfen, welche Anforderungen bestehen und welche Genehmigungen notwendig sind, damit eine Lagerung über ein Jahr hinaus zulässig ist. Die dritte Strategie zielt auf die Situation ab, dass entweder größere Mengen nicht mehr landwirtschaftlich verwertet werden können oder eine der geplanten Monoverbrennungsanlagen nicht gebaut wird. Es wurde ein Mitverbrennungspotenzial für 22 % der landesweiten Klärschlammmenge ermittelt, welches in diesem Fall erschlossen werden könnte, sofern keine Verbringung über die Landesgrenze erfolgen soll.

#### **7.4 Zentrale Handlungsempfehlungen und Ausblick**

Die nachfolgenden Punkte sind als generelle Handlungsempfehlungen zu verstehen und ersetzen damit nicht die Entscheidungen bzgl. der Klärschlamm Entsorgung, die durch die jeweils zuständigen Abwasserbeseitigungspflichtigen zu treffen sind.

##### **Bodenbezogene Verwertung**

1. Die bodenbezogene Klärschlammverwertung, die auf der Grundlage der aktuellen Rechtslage für eine Vielzahl von kleinen Kläranlagen in Schleswig-Holstein auch langfristig über 2032 hinaus möglich ist, sollte aufgrund der in Kapitel 4.4 thematisierten Risiken wenn möglich zurückgefahren werden, sobald regionale thermische Behandlungskapazitäten nutzbar sind.
2. Wer ab 2029/2032 thermisch verwerten muss, sollte möglichst zeitnah die bodenbezogene Verwertung beenden, wenn geeignete thermische Kapazitäten im Land zur Verfügung stehen.
3. Der mit der bodenbezogenen Verwertung einhergehende Dokumentations- und Verwaltungsaufwand sollte im Zusammenhang mit der Vorlage von Berichtspflichten im Jahr 2023 einer Überprüfung unterzogen werden, um festzustellen, ob der Aufwand bei der Ausbringung einer relativ geringen Klärschlammmenge gerechtfertigt ist. Hierbei sind die bis dahin vorliegenden Erfahrungen mit dem Vollzug der AbfKlärV zu nutzen.

4. Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung ist trotz jahrelanger Praxis kein gesicherter Entsorgungsweg. Neue Erkenntnisse und bessere Analysemethoden zu Schad- und Spurenstoffen sowie Mikroplastik können zu einer abrupten Beendigung dieses Verwertungsweges führen. Für diesen Fall stünden rein rechnerisch hinreichende Behandlungskapazitäten zur Verfügung, sofern die geplanten Anlagen realisiert werden.

### **Thermische Verwertung**

1. Die in Schleswig-Holstein zukünftig nutzbaren Monoverbrennungskapazitäten sollten soweit wie möglich und erforderlich durch die Klärschlammrzeuger in Anspruch genommen werden, sofern keine eigenen regionalen Verwertungskonzepte, wie z.B. dezentrale Monoverbrennungs- oder Vorbehandlungsanlagen, realisiert werden.
2. Unter der Annahme, dass die beiden geplanten Monoverbrennungsanlagen in Kiel und Stapelfeld in Betrieb gehen und dort überwiegend schleswig-holsteinische Klärschlämme behandelt werden, besteht kein weiterer zusätzlicher Bedarf für die Schaffung von zentralen Monoverbrennungsanlagen.  
Unter Berücksichtigung der Klärschlammprognose ab 2032 und der bis dahin außerhalb Schleswig-Holsteins verwerteten Klärschlamm-mengen ist die langfristige Klärschlamm-entsorgung gesichert.
3. Bis 2023 soll der Stand der Inanspruchnahme der thermischen Monoklärschlamm-behandlungskapazitäten durch die schleswig-holsteinischen Klärschlammrzeuger bewertet werden, um möglichen Fehlentwicklungen entgegenzuwirken.

### **Zentralisierung**

Kleine Kläranlagen, die vorwiegend in Eigenregie betrieben werden, sind von der Umsetzung der Anforderungen der AbfKlärV besonders betroffen. Die Identifizierung möglicher regionaler Kooperationspartner mit dem Ziel der gemeinsamen Klärschlamm-entsorgung kann hier ein Lösungsansatz sein und ist in Kapitel 7.2 ausgeführt.

### **Phosphorrückgewinnung**

1. Klärschlammrzeuger, die der Phosphorrückgewinnungspflicht unterliegen, sind aufgefordert, bis spätestens Ende 2023 Planungen zu deren Umsetzung zu entwickeln.
2. Das Land Schleswig-Holstein unterstützt hierzu entsprechende Vorhaben.

### **Ausblick**

Der AWP Klärschlamm soll im Jahr 2023 aktualisiert werden. Die bis dahin vorliegenden Planungsentscheidungen bzgl. der Klärschlamm-entsorgung ab 2029 sollen aufgenommen und im Hinblick auf die langfristige Entsorgungssicherheit bewertet werden.

## 8 Literatur

- Bahr, C., Günther, T., Perner, J., Pohl, A., Schneider, P. (2017): Bewertung der (organischen) Schadstoffbelastung kommunaler Klärschlämme in Schleswig-Holstein hinsichtlich der zukünftigen landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung. Abschlussbericht. Jena.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020): Bundesrat stimmt neuer Düngeverordnung zu. 27. März 2020 – Pressemitteilung – Nr. 57/2020. <https://www.bmel.de/Shared-Docs/Pressemitteilungen/DE/2020/057-bundesrat-duengeverordnung.html>.
- DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5 (2019): Technische Hinweise zu bewährten Behandlungsverfahren für Klärschlamm: Dritter Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.5. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 2019 (66) Nr. 3, S. 210-218, Hennef.
- 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. witra-kiel GbR. Universität Kiel.
- Fels, T., Kersten, M., Bruhn, M. (2011): Studie zur Ermittlung von Phosphorrückgewinnungspotenzialen in Schleswig-Holstein. geconomy, Kiel.
- Gehrke, I., Bertling, R. (2020): Kunststoffemissionen im Wasserkreislauf. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 2020 (67) Nr. 2, S. 99-104, Hennef.
- Hilmer, R., von der Heide, S. (2019): Klärschlamm-Entsorgungssituation in Norddeutschland. Lösungen bis ausreichende Entsorgungskapazitäten zur Verfügung stehen. Vortrag Berliner Klärschlammkonferenz 2019.
- Kopp-Assenmacher, S. (2019): Instrumente gegen einen Entsorgungsnotstand aus rechtlicher Sicht. In: Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Quicker, P., Kopp-Assenmacher, S. et al. (Hrsg.): Verwertung von Klärschlamm 2, S. 130-143, Neuruppin.
- Krämer, J. (2019): Phosphorrückgewinnung: eine aktualisierte Verfahrens- und Situationsübersicht. In: Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Quicker, P., Kopp-Assenmacher, S. (Hrsg.): Verwertung von Klärschlamm 2, S. 376-385, Neuruppin.
- Lehrmann, F., Six, J., Heidecke, P. (2020): Thermische Klärschlammbehandlung. Bestehende Kapazitäten, künftiger Bedarf, Entwicklung der Verbrennungskapazitäten. In KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2020 (67) Nr. 1, S. 37-42, Hennef.
- Pauly, U., Rehfus, S., Weidelt, S., Oehlert, D. (2019): Status-Quo Bericht zur Klärschlammverwertung in Schleswig-Holstein. Grundlagen, Anwendungserfahrungen und Potenziale. Im Auftrag des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung.

- PFI und IPP (2010): Ermittlung und Bewertung der technischen und logistischen Rahmenbedingungen bei der zukünftigen Klärschlamm Entsorgung in Schleswig-Holstein im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Quicker, P., Neuerburg, F., Noel, Y. F., Huras, A., Eyssen, R. G., Seifert, H., Vehlow, J., Thomé-Kozminsky, K., Rechenberg, B. (2017): Sachstand zu den alternativen Verfahren für die thermische Entsorgung von Abfällen. Hrsg: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Roskosch, A., Heidecke, P. (2018): Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Hrsg: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Siegel, H., Thyen, E. (2020): Pilotscreening nach Mikroplastik am Zentralklärrwerk Lübeck. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall 2020 (67) Nr. 2, S. 105-111, Hennef.
- Statistisches Bundesamt (2019): Wasserwirtschaft: Klärschlamm Entsorgung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung 2018. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/ks-013-klaerschlamm-verwert-art-2018.html>, abgerufen im April 2020.
- Wellbrock, K., Knobloch, J. K.-M., Heim, M.; Grottker, M. (2019): Spurenstoffe und Multiresistente Bakterien in den Entwässerungssystemen Schleswig-Holsteins - Ableitung von Kennwerten zur Quantifizierung der Herkunft, der Ausbreitung und des Rückhaltes. Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens, gerichtet an das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Lübeck/ Kiel, 2019.