



UMWELTFACHSTELLEN

Koordination Abfall- und Deponieplanung Zentralschweiz

MODUL 4: Klärschlammmentsorgung und Phosphorrecycling

5. Juli 2018

Impressum

Herausgeber

ZENTRUM
Zentralschweizer Umweltfachstellen

Projektleitung

Bernhard Brunner, Amt für Umweltschutz, Kanton Zug

Projektteam

Robert Schnyder, Andy Lancini, Umwelt und Energie, Kanton Luzern
Sebastian Kaufmann, Amt für Umwelt, Kanton Nidwalden
Marcel Imfeld, Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Kanton Obwalden
Stefan Rüegg, Amt für Umweltschutz, Kanton Schwyz
Nicole Berlinger, Harry Ilg, Amt für Umweltschutz, Kanton Uri

Auftragsbearbeitung

Thomas Zumbühl, Claudia Bonetti, Philip Küttel

Luzern, 05.07.2018

KAZe Modul 4 Klärschlamm def.docx

HOLINGER AG

Alpenquai 12

6004 Luzern

Tel. 041 368 99 20

luzern@holinger.com www.holinger.com

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	GRUNDLAGEN	1
3	MENGENENTWICKLUNG UND PROGNOSE	2
3.1	Mengenentwicklung 2012 - 2016 und Entsorgungswege	2
3.2	Entsorgungswege	2
3.3	Prognose der künftigen Klärschlammengen	3
4	ANLAGEN	4
4.1	Schlammverbrennungsanlage Emmen	4
4.2	Schlammverbrennungsanlage Oftringen	4
4.3	Schlammverbrennungsanlage Werdhölzli (ZH)	5
4.4	Klärschlamm Entsorgung in der Zementindustrie	5
5	ANGABEN ZUM PHOSPORRECYCLING	6
5.1	Technologien und Stand der Technik	6
5.2	Aktueller Stand von konkreten Abklärungen zum Phosphor-Recycling	8
5.3	Ergebnis	10
6	FAZIT UND MASSNAHMEN	11

ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Abbildung 1:	Mengenentwicklung Klärschlamm in der Zentralschweiz	2
Abbildung 2:	Entsorgungswege Klärschlamm 2016	2
Abbildung 3:	Künftige Mengenentwicklung Klärschlamm in der Zentralschweiz	3
Abbildung 4:	Verfahrensgruppen Phosphor-Recycling, mit Ansatzpunkt in der bestehenden Infrastruktur	6
Tabelle 1:	Übersicht Verfahrensgruppen Phosphor-Recycling	6

(leere Seite für doppelseitig korrekten Ausdruck
– dieser Text ist so formatiert, dass er nicht gedruckt wird)

1 EINLEITUNG

Die Zentralschweizer Kantone Luzern, Schwyz, Uri, Obwalden, Nidwalden und Zug haben beschlossen, einige Themenbereiche der kantonalen Abfall- und Deponieplanung gemeinsam resp. koordiniert zu aktualisieren. Dabei werden pro Thema eigenständige Abfallplanungs-Module erstellt, die ergänzend oder integriert in die kantonalen Abfallplanungen eingesetzt werden können.

Die Arbeiten wurden von einem Projektteam geleitet und begleitet, das je aus einem Mitarbeitenden der Abfallfachstellen der Zentralschweizer Kantone besteht. Die Projektbearbeitung erfolgte durch HOLINGER AG.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts werden folgende Themenbereiche kantonsübergreifend bearbeitet:

Modul 1	Deponien Typ B - E
Modul 2	Brennbare Siedlungsabfälle und KVA
Modul 3	Strassensammlerschlämme / Strassenwischgut
Modul 4	Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrecycling
Modul 5	Asphaltentsorgung, insbesondere PAK-haltiger Asphalt

Das vorliegende Dokument enthält das Modul 4 der koordinierten Abfallplanung der Zentralschweizer Kantone, und behandelt die Klärschlamm Entsorgung sowie das Thema Phosphorrecycling.

2 GRUNDLAGEN

gesetzliche Grundlagen Die Kantone haben gemäss Umweltschutzgesetz (USG) Art. 31 eine Abfallplanung zu erstellen. Als hauptsächliche Aufgaben sind folgende genannt:

- Bedarf an Abfallanlagen ermitteln
- Überkapazitäten vermeiden
- Standorte der Abfallanlagen festlegen
- Zusammenarbeit unter den Kantonen

Die Kantone haben gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) Art. 18 einen Klärschlamm-Entsorgungsplan zu erstellen, der unter anderem festlegt, wie der Klärschlamm der zentralen Abwasserreinigungsanlagen zu entsorgen ist.

Gemäss Abfallverordnung (VVEA) Art. 15 und 51 muss der Phosphor ab dem 1. Januar 2026 aus dem Klärschlamm zurückgewonnen und stofflich verwertet werden.

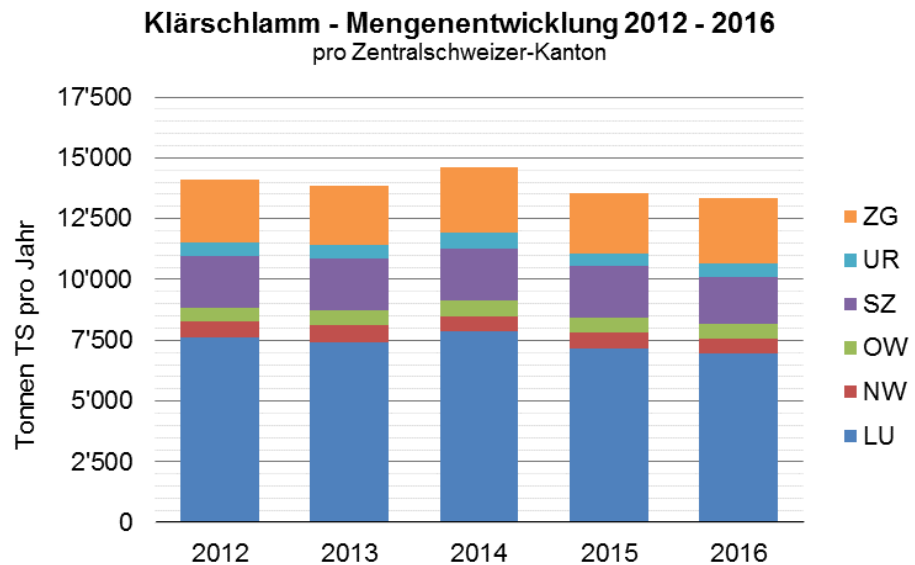
3 MENGENTWICKLUNG UND PROGNOSE

3.1 Mengentwcklung 2012 - 2016 und Entsorgungswege

Gemäss den Angaben der kantonalen Fachstellen fielen in den Jahren 2012-2016 in der Zentralschweiz folgende Klärschlammengen an:

Abbildung 1:
Mengenentwicklung
Klärschlamm in der
Zentralschweiz

Kt. ZG: inkl. 4
Gemeinden Kt. LU und
SZ mit total 27'000
Einw.

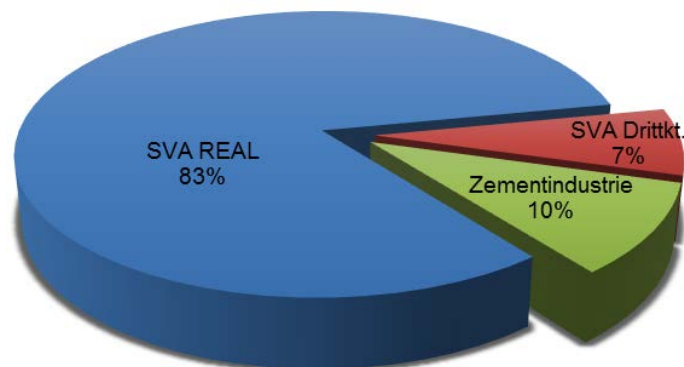


Der durchschnittliche Anfall betrug in der Zentralschweiz pro Jahr rund 14'000 Tonnen TS. In den vergangenen Jahren hat die Menge tendenziell abgenommen. Ein Grund dafür kann die verbesserte Ausfaltung des Klärschlammes sein, dank verbesserter Schlammbehandlungsanlagen auf den Kläranlagen.

3.2 Entsorgungswege

Entsorgungswege Die nachstehende Grafik zeigt die Entsorgungswege des Klärschlammes aus der Zentralschweiz im Jahr 2016.

Abbildung 2:
Entsorgungswege
Klärschlamm 2016



Im Jahr 2016 wurde 90% des Klärschlammes der Zentralschweiz in den Schlammverbrennungsanlagen von REAL in Emmen und der erzo in Oftringen verbrannt. Es

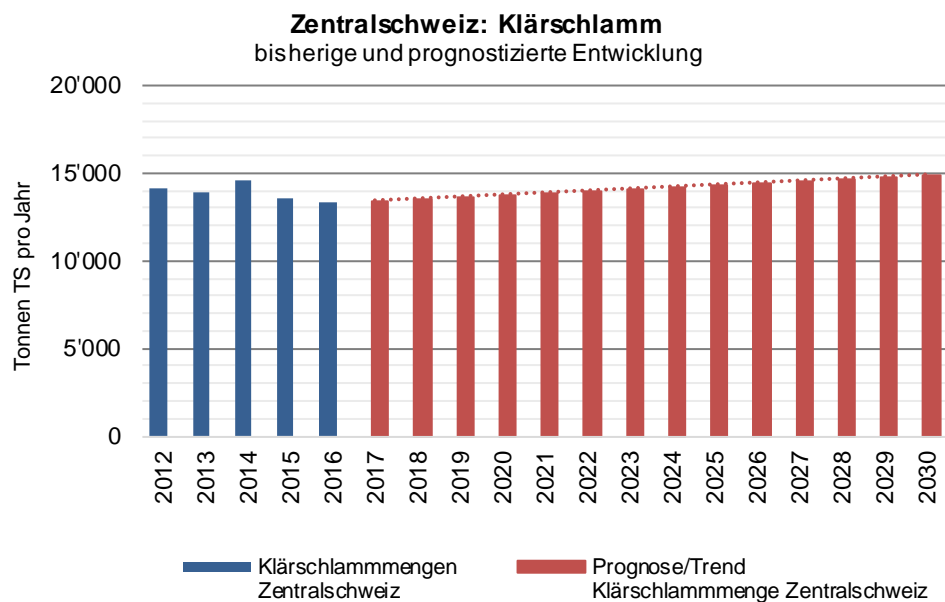
handelt sich um den gesamten Klärschlamm aus den Kantonen Luzern, Nidwalden, Obwalden und Uri, sowie dem Kanton Zug (inkl. angeschlossene Gemeinden der Kantone Luzern und Schwyz).

Aus den Kläranlagen im Kanton Schwyz wird rund 26% nach Emmen und 17% nach Bazenheid geliefert, 57% wird in der Zementindustrie entsorgt.

3.3 Prognose der künftigen Klärschlammengen

Die Entwicklung 2012-2016 zeigt generell eine leichte Abnahme der Klärschlammmenge. Entsprechend dem in der Zentralschweiz prognostizierten Bevölkerungswachstum müsste die Klärschlammmenge jedoch bis 2030 um etwa 10% zunehmen. Die Prognose wird auf diese Entwicklung abgestützt.

Abbildung 3: Künftige Mengenentwicklung Klärschlamm in der Zentralschweiz



4 ANLAGEN

4.1 Schlammverbrennungsanlage Emmen

Anlage In der Schlammverbrennungsanlage (SVA) von REAL in Emmen wird entwässerter Frisch- oder Faulschlamm von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen in einem Wirbelschichtofen verbrannt. Die Anlage wurde kürzlich technisch erneuert, so dass ihr Weiterbetrieb für die kommenden Jahre sichergestellt ist. Es besteht die Absicht, die Schlammverbrennungsanlage langfristig weiter zu betreiben.

In der Anlage wurden im Jahr 2016 jährlich rund 11'000 t TS Klärschlamm verbrannt. Die Behandlungskapazität ist auch für die bis 2030 prognostizierte Menge ausreichend. Darüber hinaus wäre es möglich, auch weiteren Klärschlamm von ARAs der Zentralschweiz anzunehmen, der heute in der Zementindustrie entsorgt wird.

Phosphorrecycling Die Verantwortlichen der Schlammverbrennungsanlage Emmen beabsichtigen einen Entsorgungsweg mit dem geforderten Phosphorrecycling anzubieten. Seitens der Anlagebetreiberin wurden noch keine konkreten Szenarien abgeklärt.

Für das Phosphorrecycling aus Klärschlammasche sind grundsätzlich die im Kapitel 5.1 beschriebenen Verfahren (4) und (5) anwendbar. Die anfallenden Mengen an Klärschlammasche sind aber aus heutiger Sicht zu gering, um eine eigene Anlage zur Phosphorextraktion und -aufbereitung wirtschaftlich betreiben zu können. Es ist aber aktuell nicht auszuschliessen, dass je nach Verfügbarkeit von weiteren Verfahren eine eigene Anlage möglich ist.

Erste Abklärungen für gemeinschaftliche Lösungen mit weiteren Anlagenbetreibern sind im Gang (vgl. Kapitel 5.2).

Klärschlammasche zur Deponie Cholwald Die Asche aus der Klärschlammverbrennung (jährlich rund 5'000 m³ fest) wird in der Deponie Cholwald in einem separaten Kompartiment abgelagert (vgl. Bericht Modul 1), so dass sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder entnommen und dem Phosphorrecycling zugeführt werden kann.

4.2 Schlammverbrennungsanlage Oftringen

Rund 15% des Klärschlammes aus dem Kanton Luzern wird in der Schlammverbrennungsanlage der erzo in Oftringen entsorgt. Der Klärschlamm wird in einem Drehrohrofen verbrannt, der mit Wärme von der KVA betrieben wird. Die Klärschlammasche aus dieser Monoverbrennung wird bisher deponiert. Es ist vorgesehen, dass in naher Zukunft ein Verfahren für die Rückgewinnung des Phosphors in Betrieb geht (vgl. Kapitel 5.2).

4.3 Schlammverbrennungsanlage Werdhölzli (ZH)

Die Klärschlammverwertungsanlage (KSV) Werdhölzli wurde 2015 in Betrieb genommen. Sie wird von der Entsorgung + Recycling Zürich (ERZ) betrieben und kann jährlich 100'000 Tonnen entwässerter Klärschlamm verarbeiten. Zurzeit wird die Asche noch in einem Monokompartiment gelagert. Sobald im Projekt Phosphor Mining das optimierte Verfahren (Phos4life) umgesetzt ist, kann Phosphor direkt aus der Klärschlammasche gewonnen werden.

Aufgrund der geografischen Nähe besteht die Möglichkeit, dass zukünftig einzelne Kläranlagen aus der Zentralschweiz ihren Klärschlamm in der Schlammverbrennungsanlage Werdhölzli entsorgen.

4.4 Klärschlammentsorgung in der Zementindustrie

Phosphorrecycling Um den Klärschlamm ab 2026 weiterhin in der Zementindustrie entsorgen zu können, ist der Phosphor vorgängig zurückzugewinnen. Dies wird aller Voraussicht nach auf den Kläranlagen ausgeführt werden. Es ist zu erwarten, dass entsprechende Verfahren und Anlagen bis 2026 grosstechnisch zur Verfügung stehen werden (vgl. Kapitel 5).

Kleinere Kläranlagen werden aber aus wirtschaftlichen Gründen keine eigenen Anlagen oder Verfahren betreiben können, und sind auf Verbünde mit grösseren Kläranlagen angewiesen. Wenn sich keine Lösung ergibt, kann der Klärschlamm alternativ in einer Klärschlammverbrennungsanlage entsorgt werden.

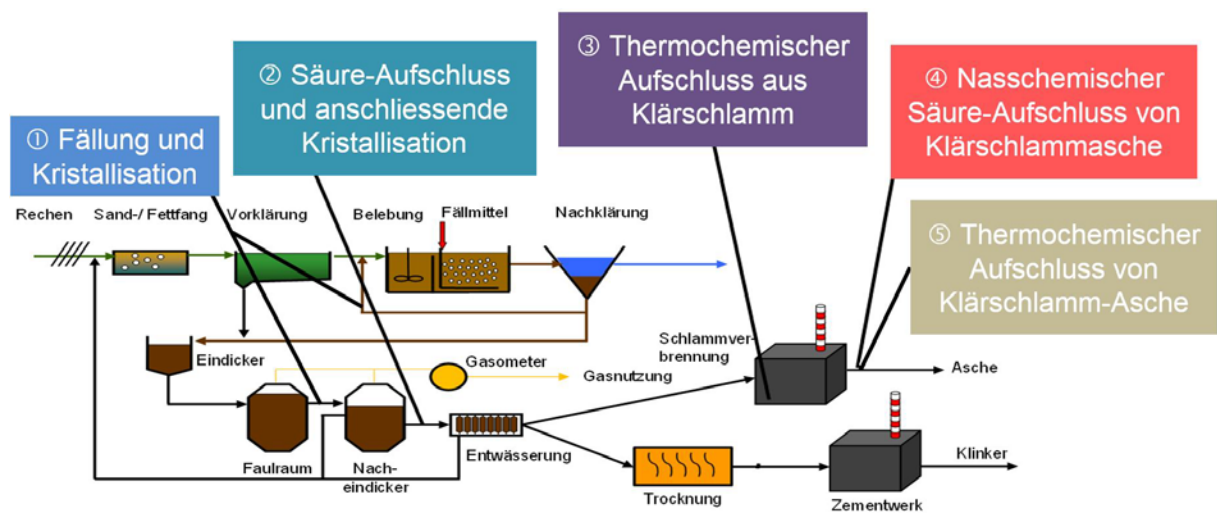
Abnahme von Klärschlamm Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zementindustrie auch langfristig Klärschlamm abnehmen wird. Dies weil das Material für die Zementproduktion gut geeignet ist, die Verwertung von Klärschlamm die CO₂-Bilanz verbessert und die Annahme wirtschaftlich vorteilhaft ist.

5 ANGABEN ZUM PHOSPORRECYCLING

5.1 Technologien und Stand der Technik

Seit einigen Jahren wird von verschiedenen Trägern (Kläranlagenverbände, Forschungsanstalten, Anlagenlieferanten) an Verfahren zur zukünftigen Phosphor-Rückgewinnung gearbeitet. Im vorliegenden Kapitel wird ein Überblick über fünf Verfahrensgruppen gegeben und deren Stand der Technik beschrieben.

Abbildung 4: Verfahrensgruppen Phosphor-Recycling, mit Ansatzpunkt in der bestehenden Infrastruktur



zugrundeliegende Darstellung aus Aqua & Gas N° 4 / 2017, Aktuelles vom CC «Abwasserreinigung»

Tabelle 1: Übersicht Verfahrensgruppen Phosphor-Recycling

Gruppe	Input	Auswirkung auf bestehende Infrastruktur
(1) Fällung und Kristallisation	Klärschlamm vor der Entwässerung oder Schlammwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Biologische Phosphorelimination (BioP) auf der ARA ist zwingend • Verwertung in Zementwerken, KVA und SVA weiterhin möglich
(2) Säure-Aufschluss und anschließende Kristallisation	Klärschlamm vor oder nach der Entwässerung	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängig von der Art der Phosphor-Elimination auf ARA • Verwertung in Zementwerken, KVA und SVA weiterhin möglich
(3) Thermochemischer Aufschluss von Klärschlamm	Klärschlamm nach der Entwässerung oder getrockneter Klärschlamm sowie Tier- und Knochenmehl	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängig von der Art der Phosphor-Elimination auf der ARA • Keine Verwertung in Zementwerken, KVA und SVA notwendig
(4) Nasschemischer Säure-Aufschluss von Klärschlamm-Asche	Asche aus der Klärschlamm-Monoverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängig von der Art der Phosphor-Elimination auf ARA • Nur Klärschlamm-Monoverbrennung • Keine Verwertung via Zementwerke und KVA möglich
(5) Thermochemischer Aufschluss von Klärschlamm-Asche	Asche aus der Klärschlamm-Monoverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> • Unabhängig von der Art der Phosphor-Elimination auf ARA • Nur Klärschlamm-Monoverbrennung • Keine Verwertung via Zementwerke und KVA möglich

Der nachfolgende Beschrieb stützt sich auf den Bericht "Beurteilung von Technologien zur Phosphor-Rückgewinnung" vom Januar 2017 (EBP, im Auftrag BAFU) sowie auf weitere fachliche Grundlagen.

(1) Fällung und Kristallisation

Die Mehrheit der Verfahren gehört zur ersten Gruppe der Fällungs- und Kristallisationsverfahren. Als Input dienen Schlammwasser oder Faulschlamm. Diverse Verfahren dieser Gruppe sind bereits im grosstechnischen Massstab umgesetzt und werden kommerziell vertrieben (z. B. AirPrex®, Ostara Pearl®, NuReSys®). In den Kristallisations- und Fällungsverfahren wird das im Schlammwasser oder Faulschlamm gelöste Phosphat kristallisiert oder gefällt.

Die Kristallisation zu Struvit (Ammoniummagnesiumphosphat, kurz MAP) verläuft über die Zugabe von Magnesium und einer Anhebung des pH-Werts. Bei der Fällung wird durch Zugabe von Calcium das Calciumphosphat (CaP) gefällt und ausgetragen. Nach dem Entfernen des Phosphors mittels Kristallisation oder Fällung kann der zurückbleibende Schlamm mit konventionellen Methoden weiterverwertet werden.

Die Fällung und Kristallisation setzen die biologische Phosphorelimination, auch BioP genannt, voraus. Damit ist die Kompatibilität mit einer Phosphor-Elimination mittels Eisen- und Aluminiumsalzfällung, die auf Schweizer Abwasserreinigungsanlagen verbreitet sind, nicht gegeben.

(2) Säure-Aufschluss und anschliessende Kristallisation

Die zweite Gruppe von Verfahren arbeitet mit dem Säure-Aufschluss von Klärschlamm und anschliessender Kristallisation. Der Säureaufschluss ermöglicht die Rücklösung von chemisch gebundenem Phosphor aus Klärschlamm. Nebst eisen- und aluminiumhaltigen Phosphorverbindungen aus der Fällung von Phosphat aus dem Abwasser, wird auch anderweitig chemisch gebundener Phosphor freigesetzt.

Das sogenannte Carbonic Acid Verfahren von der Firma Budenheim arbeitet mit Kohlensäure, die im Prozess weitgehend zurückgewonnen wird. Schwermetalle werden durch Kohlensäure nicht gelöst und enden damit im Produkt. Die übrigen Verfahren arbeiten mit Schwefel- oder Salzsäure, die im Prozess weitgehend verbraucht werden. Diese Säuren lösen auch die Schwermetalle, die anschliessend durch Komplexbildung und sequentielle Fällung entfernt werden.

Die Verfahren funktionieren auf allen Abwasserreinigungsanlagen unabhängig von der Art der vorgängigen Phosphorfällung. Die anschliessende Kristallisation durch Zugabe von Magnesium und durch eine pH-Anhebung wandelt gelöstes Phosphor und Stickstoff zu Struvit (Ammoniummagnesiumphosphat, kurz MAP) um. Im Fall einer Fällung wird durch die Zugabe von Calcium das Calciumphosphat (CaP) ausgefällt.

(3) Thermochemischer Aufschluss von Klärschlamm

Die dritte Gruppe basiert auf einer energetischen Verwertung von getrocknetem Klärschlamm (sowie Tier- und Knochenmehl). Der thermochemische (Teil-) Aufschluss liefert Asche (bei tieferen Temperaturen um 700 °C) bzw. Schlacke (bei hohen Temperaturen um 1200 °C) mit einem hohen Phosphat-Gehalt.

Bei Verfahren mit hohen Temperaturen können Schwermetalle abgeschieden werden als Dampf (flüchtige Metalle) und Schmelze (nicht flüchtige Metalle). Die Energieausbeute liegt knapp unter modernen Schlammverbrennungsanlagen.

(4) Nasschemischer Säure-Aufschluss von Klärschlamm-Asche

Die vierte Gruppe verwertet Asche mit hohem Phosphat-Gehalt aus der Monoverbrennung von Klärschlamm (sowie Tiermehl und Biomasse). Die Unterschiede liegen in der Art der Phosphor-Abscheidung (Säure und Fällmittel), dem Recyclingprodukt und der Schwermetallabscheidung.

Abhängig vom Input kann auf jegliche Schwermetall-Abscheidung verzichtet werden. Die Schwermetallabscheidung wird über Ionentauscher oder Lösungsmittelextraktion erreicht. Abhängig vom Verfahrensweg ergeben sich unterschiedliche Produkte.

(5) Thermochemischer Aufschluss von Klärschlamm-Asche

Die fünfte und letzte Gruppe enthält die Verfahren der thermochemischen Verwertung von phosphorreicher Asche aus der Mono-Verbrennung (oder -Vergasung) von Klärschlamm (sowie Tiermehl und anderer Biomasse). Das Verfahren ASH-DEC arbeitet mit hoher Temperatur und mit Alkalisalz zum Aufschluss des Phosphors und zur Abreicherung flüchtiger Schwermetalle (Arsen, Cadmium, Quecksilber und Zink). Beim Verfahren RecoPhos P4 werden Phosphor und flüchtige Schwermetalle aus der Gasphase abgetrennt. Die übrigbleibende Schlacke eignet sich als Zement-Zuschlagsstoff. Der zurückgewonnene elementare Phosphor kann zu reiner Phosphorsäure hydrolisiert werden, die universell eingesetzt werden kann.

Das Fazit der oben erwähnten BAFU Studie lautet wie folgt:

Fazit der BAFU Studie

«Grundsätzlich zeigen die Resultate, dass für die Implementierung der P-Rückgewinnung nach VVEA, Art.15 innerhalb der 10-jährigen Übergangsfrist verschiedene Technologien für eine Implementierung zur Verfügung stehen.

Aufgrund der bedeutenden Unterschiede in der Performanz aber auch in der Integrierbarkeit in bestehende Systemstrukturen ist es wesentlich, dass weitere Abklärungen im Rahmen der Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung von spezifischen regionalen Gegebenheiten und möglichst innerhalb von politisch klar abgesteckten Vorgaben an die Rückgewinnung geschehen.»

5.2 Aktueller Stand von konkreten Abklärungen zum Phosphor-Recycling

Aktuell sind in der Schweiz folgende Projekte zum Phosphor-Recycling vorhanden:

Bern: Säure-Aufschluss und anschliessende Kristallisation

In Bern (ara region bern ag) wird der nasschemische Weg aus Klärschlamm (Säure-Aufschluss und anschliessende Kristallisation) mit dem ExtraPhos-Verfahren von Budenheim verfolgt (Verfahrensgruppe 2). Der Berner Klärschlamm wird bisher als Ersatzbrennstoff im Zementwerk verbrannt. Die nasschemische P-Rückgewinnung aus Klärschlamm erlaubt es den Phosphor direkt aus dem Klärschlamm zurückzugewinnen und die Rückstände weiterhin im Zementwerk zu verwerten. Der Rückgewinnungsgrad ist stark abhängig vom Druck im Prozess und vom Phosphor-Gehalt im Klärschlamm. Aktuell werden die geforderten 50% noch nicht erreicht. Bei 10 bar Druck liegt die Phosphorrückgewinnung bei >30% bezogen auf den Input. In Bern ist eine Pilotierung mit einem Teilstrom für 2018/19 geplant. Für die Verfahren mit Säure-Aufschluss und anschliessender Kristallisation gibt es in Deutschland weitere Demonstrationsanlagen.

Zofingen: Thermochemischer Aufschluss aus Klärschlamm	In Zofingen (erzo Entsorgung Region Zofingen) wird mit dem bestehenden Drehrohrofen für die Schlammverbrennung am EuPhoRe-Verfahren gearbeitet (Verfahrensgruppe 3). Dieser Ansatz nutzt die bestehende Infrastruktur aus Drehrohrofen und Kehrrichtverbrennungsanlage mit Rauchgasreinigung. Damit wird der thermochemische Weg zur Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm verfolgt und ein Phosphatdünger oder ein Vorprodukt für die Düngerherstellung erzeugt. Der Rückgewinnungsgrad für Phosphor bezogen auf den Input liegt bei >98%. Die Schwermetallentfrachtung im Prozess stellt die Einhaltung der Grenzwerte für Recycling-Dünger sicher. Der Betrieb im Industriemassstab soll zeitnah aufgenommen werden. Derzeit läuft für drei Anlagen in Europa mit EuPhoRe-Verfahren die Genehmigungsplanung. Diese Anlagen sollen voraussichtlich 2019-2020 in Betrieb genommen werden.
Bazenheid: Nasschemischer Säure-Aufschluss von Klärschlamm-Asche	In Bazenheid (ZAB Bazenheid) wird zusammen mit einem Lizenzpartner das ZAB-Verfahren entwickelt (Verfahrensgruppe 4). Die durch die Verbrennung in der bestehenden Wirbelschichtfeuerung mineralisierte Klärschlamm-Asche soll in Zukunft nasschemisch behandelt, homogenisiert, biologisch aktiviert und anschliessend granuliert werden. Der Rückgewinnungsgrad für Phosphor bezogen auf den Input liegt bei fast 100%. Die Schwermetallentfrachtung im Prozess stellt die Einhaltung der Grenzwerte für Recycling-Dünger sicher. Damit entsteht ein hochwertiges Dünger-Produkt, das in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Gemäss ZAB liegt für das Verfahren die technische Marktreife vor.
Zürich: Nasschemischer Säure-Aufschluss von Klärschlamm-Asche	Der Kanton Zürich verfolgt zusammen mit der Stiftung ZAR den nasschemischen Weg aus Klärschlamm-Asche (Verfahrensgruppe 4). Die Asche stammt aus der zentralen Klärschlamm-Monoverbrennung für den Kanton Zürich in der Schlammverbrennungsanlage Werdhölzli. Es kann >95% des in der Klärschlamm-Asche enthaltenen Phosphors zurückgewonnen werden. Als Hauptprodukt wird Phosphorsäure hergestellt. Diese kann als chemisches Handelsgut über verschiedene Kanäle abgesetzt werden, unter anderem auch in der Düngerherstellung. Weitere Produkte sind Eisen(III)chloridlösung (Fällmittel für ARA), Mineralik (Zuschlagstoff für die Zementherstellung) und zurückgewonnene Schwermetalle (auch verwertbar). Damit kann eine fast 100%-ige Kreislaufschliessung erreicht werden. Das Phos4-Life-Verfahren wird aktuell als halbindustrielle Pilotanlage mit Klärschlamm-Asche aus der SVA Werdhölzli betrieben. Nach erfolgreichem Abschluss der Pilotierung Anfang 2018 ist zu erwarten, dass das Verfahren ab 2019 Marktreife erreichen wird.
Altenrhein: Thermochemischer Aufschluss von Klärschlamm	In Altenrhein (AVA Altenrhein) wird an der Weiterentwicklung der Alkalipyrolyse zur Abtrennung von Schwermetallen und Herstellung eines marktfähigen Phosphor-Kalidüngers aus Klärschlamm gearbeitet (Verfahrensgruppe 3). Der getrocknete Klärschlamm aus der bestehenden Schlamm-trocknung eignet sich gut als Input für die Alkalipyrolyse. Aktuell läuft das KTI-Projekt Pyrophos von 2017-2019. Am Projekt Pyrophos sind beteiligt: Fachhochschule Nordwestschweiz (Hochschule für Life Sciences, Institut für Ecopreneurship), CTU Clean Technology Universe AG, Abwasserverband Altenrhein und Landor. Das Ziel ist den Prozess weiter zu optimieren und im Grossmassstab zu pilotieren. Aktuelle Angaben zu Rückgewinnungsgrad und Produktqualität sind nicht vorhanden.

HES-SO Valais:
Kristallisation

Die Fachhochschule HES-SO Valais (Institut Life Technologies) unter der Leitung von Professor Fabian Fischer und seinem Team in Zusammenarbeit mit dem BAFU, der Stadt Sitten, der Stadt Martigny, der Gemeinde Bagnes, der SATOM in Monthey, der Lonza, der ARA Worblental in Bern und der fenaco-Gruppe befasst sich mit einem weiteren Verfahren. Es basiert auf dem Ansatz „Mikrobielle Brennstoffzelle“ und Kristallisation (Produkt: Struvit) und befindet sich noch im Versuchsstadium respektive Labormassstab. Eine Umsetzung in grösserem Massstab ist noch nicht absehbar.

generelle Aktivitäten

Aus Initiative der Betreiber von Schlammverbrennungsanlagen und Gross-ARAs wurde im Herbst 2017 ein partizipativer Prozess gestartet mit dem Ziel in einer verfahrenstechnischen Marktanalyse folgende Frage zu beantworten: Welche Verfahren sind für die Phosphorrückgewinnung am vorteilhaftesten beim Entsorgungspfad «Monoverbrennung» und beim Pfad «Trocknung-Zementwerk»? Die Ergebnisse aus diesem Prozess werden im Mai 2018 in einem Bericht veröffentlicht werden.

5.3 Ergebnis

Aktuell gibt es noch kein Verfahren, das in der Schweiz grosstechnisch umgesetzt werden kann. Die vorangehenden Darlegungen zeigen aber, dass für das P-Recycling diverse verfahrenstechnische Ansätze respektive Anlagenkonzepte im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium existieren. Es ist zu erwarten, dass diese innerhalb der kommenden Jahre zur Marktreife entwickelt werden und so rechtzeitig zur Verfügung stehen, um die in der Abfallverordnung des Bundes gesetzte Frist einhalten zu können.

bestehende
Infrastruktur und
Zusammenarbeit

Für die Phosphor-Rückgewinnung ist die bestehende Infrastruktur zur Abwasser- und Klärschlammbehandlung der einzelnen Regionen zu berücksichtigen. Dies heisst konkret, dass Kläranlagen, die den Schlamm gemeinsam entsorgen, sich für ein System entscheiden müssen, das einerseits kompatibel zu ihrer Infrastruktur ist und andererseits die vorgegebenen Ziele erfüllt. Dabei wird auch eine kantonsübergreifende Zusammenarbeit notwendig sein.

6 FAZIT UND MASSNAHMEN

Klärschlamm- entsorgung allgemein	Die aktuelle Klärschlamm Entsorgung in der Zentralschweiz erfüllt die rechtlichen Anforderungen. Es bestehen zurzeit ausreichende Kapazitäten. Dies auch in Zukunft, da keine relevanten Mengenveränderungen zu erwarten sind.
Phosphor- Rückgewinnung	Betreffend die Rückgewinnung von Phosphor, die gemäss Abfallverordnung des Bundes ab 2026 Pflicht ist, sind Entwicklungen im Gang, die darauf schliessen lassen, dass die entsprechende Technologie und die zugehörigen Anlagen rechtzeitig zur Verfügung stehen werden. Diesbezüglich besteht somit auf Stufe Abfallplanung zurzeit kein Handlungsbedarf.
Situation in der Zentralschweiz	In der Zentralschweiz sind mit einem Anteil von 90% Monoverbrennung gute Voraussetzungen für ein effizientes P-Recycling vorhanden. Die Verantwortlichen der Schlammverbrennungsanlage REAL in Emmen beabsichtigen diese Aufgabe wahrzunehmen, so dass diesbezüglich auf Stufe Abfallplanung kein unmittelbarer Handlungsbedarf besteht.
Massnahmen	<p>Es obliegt den Betreibern der Klär- und Schlammverbrennungsanlagen, in den kommenden Jahren die notwendigen Massnahmen zu treffen, um die Rückgewinnung des Phosphors sicherzustellen.</p> <p>Seitens der kantonalen Fachstellen soll die Entwicklung mitverfolgt und einige Jahre vor Ablauf der Frist überprüft werden. Relevant für die Abfallplanung ist vor allem die Schlammverbrennungsanlage der REAL in Emmen und die Entwicklung in den Nachbarkantonen.</p> <p>Im Rahmen der vorliegenden Abfall- und Deponieplanung wird folgende Massnahme festgelegt:</p>

Entwicklungen beim Phosphorrecycling mitverfolgen

Die Fachstelle des Kantons Luzern beobachtet die Entwicklung beim Phosphorrecycling allgemein und bezogen auf die Schlammverbrennungsanlage der REAL in Emmen. Sie informiert die Fachstellen der Zentralschweizer Kantone, sobald neue Erkenntnisse vorliegen oder Entscheide erforderlich sind.