

SwissPhosphor Arbeitsgruppe Umsetzung Kantone, 2023

Klärschlammverwertung und Phosphorrückgewinnung

Ein aktueller Überblick zu den Klärschlammverwertungswegen und -strategien in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein

Bericht vom 8. Juni, 2023

Impressum

Herausgeber

Plattform SwissPhosphor, Arbeitsgruppe Umsetzung Kantone

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Christian Fux, TBF + Partner AG, Zürich

Michael Wächter, TBF + Partner AG, Zürich

Alessio Pogliaghi, TBF + Partner AG, Zürich

Louisa Buttworth, TBF + Partner AG, Zürich

Begleitung: Arbeitsgruppe Umsetzung Kantone

Reto Manser (Leiter Arbeitsgruppe Umsetzung Kantone, Kanton Bern)

Reto Bannier (Kanton Aargau)

Clemens Baschung (Schweizerischer Verband kommunale Infrastruktur)

Daniel Chambaz (Kanton Genf)

Tensing Gammeter (Kanton Sankt Gallen)

Sibylla Hardmeier (Bundesamt für Umwelt)

Peter Inhelder (KVU-Vertreter, Kanton Schwyz)

Yves Quirin (Kanton Graubünden)

Daniel Rensch (Leiter Arbeitsgruppe Technik, ERZ, Klärwerk Werdhölzli)

Hansueli Schaufelberger (Leiter Arbeitsgruppe Absatz P-Produkte, Agricura Plattform)

Balthasar Thalmann (Leiter Arbeitsgruppe Finanzierung, AWEL Kanton Zürich)

Gabriel Zenklusen (Kanton Solothurn)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
2 Klärschlammengen und -verwertungswege	6
2.1 Gesamte Schweiz und Fürstentum Liechtenstein	6
2.1.1 Abgeschätzte Phosphormengen nach Klärschlammverwertungsweg	6
2.2 Übersicht Kantone und Fürstentum Liechtenstein	6
2.2.1 Verwertungsweg SVA	7
2.2.2 Verwertungsweg Zementindustrie.....	8
2.2.3 Verwertungsweg KVA.....	10
2.3 Einzelne Kantone	13
2.4 Klärschlammengen und -herkunft nach Verwertungsanlage	14
2.4.1 Verwertungsweg SVA	14
2.4.2 Verwertungsweg Zementindustrie.....	17
2.4.3 Verwertungsweg KVA.....	19
3 Organisation der aktuellen und zukünftige Klärschlammverwertung	21
3.1 Aktuelle Klärschlammverwertung: Aufgabenverteilung Kanton – ARA-Betreibende	21
3.2 Zukünftige Klärschlammverwertung: Kantonale Strategien und Instrumente	23
3.3 Zukünftige Klärschlammverwertung: Strategien der Klärschlammverwerter und der (grossen) Kläranlagen	25
3.4 Rolle der Kantone in den Projekten Phos4life, REALphos und ZAB	25
3.5 Phosphorrückgewinnung: Förderprogramme	26
4 Einschätzungen der Kantone zur P-Rückgewinnung	27
5 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen	28

Zusammenfassung

Gemäss Art. 15 und 51 der Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (VVEA) besteht ab 2026 in der Schweiz die gesetzliche Pflicht, Phosphor aus Klärschlamm sowie aus Tier- und Knochenmehl zurückzugewinnen. Für diesen Bericht wurden nur Daten bezüglich Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm erhoben.

Um die Entsorgungssicherheit für Klärschlamm auch in Zukunft zu gewährleisten und die Phosphorrückgewinnung möglichst effizient zu organisieren, hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) das Projekt SwissPhosphor ins Leben gerufen. Das Ziel dieser Plattform ist die Sicherstellung des Informationsaustausches unter den Akteuren und das Erarbeiten der Grundlagen für die effiziente und termingerechte Umsetzung des Phosphorrecyclings.

Im vorliegenden Bericht hat die Arbeitsgruppe «Umsetzung Kantone» die wichtigsten Grundlagen zur Klärschlammverwertung und die Verantwortlichkeiten in den Kantonen bei der Umsetzung der P-Rückgewinnung zusammengestellt. Die Resultate basieren auf einer Befragung der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein im ersten Quartal 2023. Es wurden keine Angaben bei den Schlammverwertungsbetrieben (SVA, KVA, Trocknungsanlagen/Zementwerk) eingeholt.

Der Bericht und insbesondere auch die umfangreichen Beilagen stellen ein «Nachschlagewerk» mit den folgenden wesentlichen Inhalten dar:

- Aus Kapitel 2 ist ersichtlich, dass im Jahr 2021 in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein total rund 191'000 t TS angefallen sind. Davon wurden 61 % in Schlammverbrennungsanlagen (SVA), 22 % in der Zementindustrie und 17 % in Kehrichtverbrennungsanlagen verwertet. Dieses Kapitel enthält eine detaillierte Zusammenstellung, wie viel Schlamm in jedem einzelnen Kanton anfällt und in welchen Anlagen die Verwertung jeweils stattfindet.
- In Kapitel 3 ist die aktuelle und zukünftig angedachte Organisation der Klärschlammverwertung beschrieben. Detaillierte Angaben der Kantone sind in der Beilage H zu finden. 17 Kantone verfügen über eine Zuweisungsbefugnis, wobei davon 4 Kantone momentan nicht Gebrauch machen. In den anderen Kantonen wird die Wahl der Weiterverwertungsart und -anlage den Betreibenden überlassen. In 16 Kantonen ist die Klärschlammverwertung in der kantonalen Abfallplanung definiert. In 8 Kantonen und im Fürstentum Liechtenstein gibt es zusätzlich zur Abfallplanung einen Klärschlammmentsorgungsplan gemäss GSchV. In Kapitel 3 sind zudem die verschiedenen Projekte mit kantonalen Beteiligung aufgeführt.
- Gemäss Kapitel 4 stuft die grosse Mehrheit der Kantone die Phosphorrückgewinnung als wichtig ein. Dementsprechend ist die Bereitschaft in den Kantonen gross, den Prozess zur Umsetzung der Phosphorrückgewinnungspflicht mit Rat und Tat zu unterstützen. Es wurden aber auch einige kritische Aspekte geäussert.

Um die technischen und auch finanziellen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Phosphorrückgewinnung gesamtschweizerisch möglichst optimal zu meistern, ist eine gute Koordination unter den Kantonen aber auch mit den anderen Arbeitsgruppen innerhalb von SwissPhosphor (Finanzierung, Technik und Absatz P-Produkte), von grosser Bedeutung.

1 Einleitung

Gemäss Art. 15 und 51 der VVEA besteht seit dem Jahr 2016 die gesetzliche Pflicht zur Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm sowie aus Tier- und Knochenmehl [1]. Mit einer zehnjährigen Übergangsfrist muss nun ab 1. Januar 2026 die Rückgewinnung erfolgen. In diesem Bericht wird die nur die Rückgewinnung aus Klärschlamm betrachtet.

Im Entscheidungsprozess für das Phosphorrecycling ist eine zentrale Koordination aller betroffenen Akteure notwendig. Um die Entsorgungssicherheit für Klärschlamm auch in Zukunft sicherzustellen und um die Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung in der Schweiz möglichst effizient zu organisieren, hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im September 2018 das Projekt SwissPhosphor gestartet. SwissPhosphor dient als Plattform für alle involvierten Akteure und bringt diese in verschiedenen Arbeitsgruppen zusammen. Das Ziel der Plattform ist die Sicherstellung des Informationsaustausches unter den Akteuren und das Erarbeiten der Grundlagen für die effiziente und termingerechte Umsetzung des Phosphorrecyclings.

Unter der Leitung des Lenkungsausschusses wurde eine Jour fixe «SwissPhosphor» ins Leben gerufen, welcher 6- bis 12-mal jährlich tagt. Dort können sich die vier Arbeitsgruppen (Kantone, Finanzierung, Technik und Absatz P-Produkte) austauschen und koordinieren (siehe Abbildung 1). Im folgenden Bericht hat die Arbeitsgruppe «Umsetzung Kantone» (roter Kasten in Abbildung 1) mittels einer Befragung im ersten Quartal 2023 die wichtigsten Grundlagen zu den Klärschlamm-mengen und -verwertungswegen, den Verantwortlichkeiten bei der Klärschlammverwertung, den Strategien sowie den Koordinations- und Förderinstrumenten in den einzelnen Kantonen und dem Fürstentum Liechtenstein zusammengetragen. Die Angaben zu den Klärschlamm-mengen und -verwertungswegen (Kapitel 2) beziehen sich auf das Jahr 2021. Die Angaben zur Organisation der aktuellen und zukünftigen Klärschlammverwertung beziehen sich auf den Zeitpunkt der Befragung (Q1 2023) Diese Grundlagen sollen den anderen Arbeitsgruppen dienen, ihre Aktivitäten entsprechend zu planen und zu optimieren.

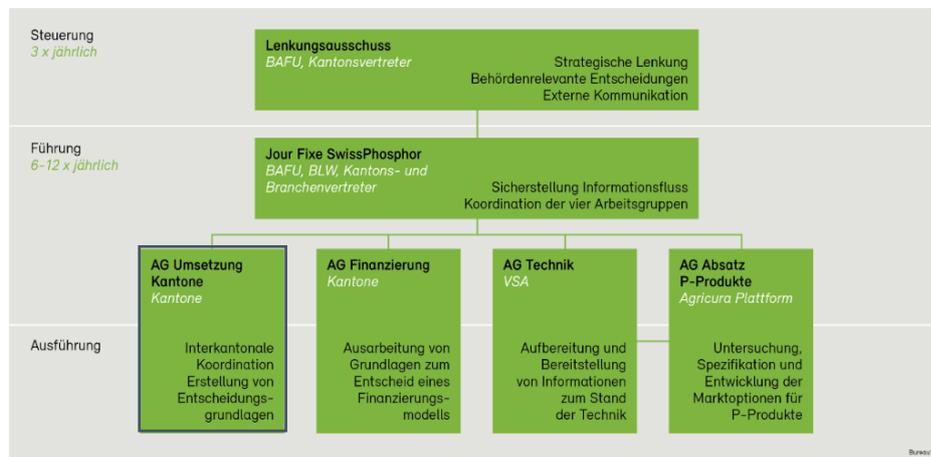


Abbildung 1 Organigramm und Aufgabenverteilung SwissPhosphor, Stand 2022 (BAFU, 08.03.2023).

Eine Liste der zuständigen Fachstellen der Kantone sowie die Ansprechpersonen für Fragen der Arbeitsgruppen SwissPhosphor ist in Beilage B zu finden.

2 Klärschlammengen und -verwertungswege

2.1 Gesamte Schweiz und Fürstentum Liechtenstein

Im folgenden Kapitel werden die Klärschlammengen sowie die dazugehörigen Verwertungswege dargestellt. Im Jahr 2021 sind in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein total **191'270 t TS** an Klärschlamm angefallen. Der grösste Anteil (116'530 t TS/a, rund 61 %) wurde in Schlammverbrennungsanlagen (SVA) verwertet. Die Verwertung via Klärschlamm-trocknung und Zementwerke (TuZ, 41'705 t TS/a, 22 %) oder Kehrrechtverwertungsanlagen (KVA, 33'035 t TS/a, 17 %) macht zusammen etwas mehr als ein Drittel der gesamten Menge aus (siehe Abbildung 2).

Eine Verwertung des Klärschlammes im Zementwerk setzt eine Trocknung voraus. Der Verwertungsweg «Trocknung und Zementwerk» wird im Dokument generell als «TuZ» abgekürzt respektive nachfolgend der Einfachheit halber als «Zementindustrie» bezeichnet.

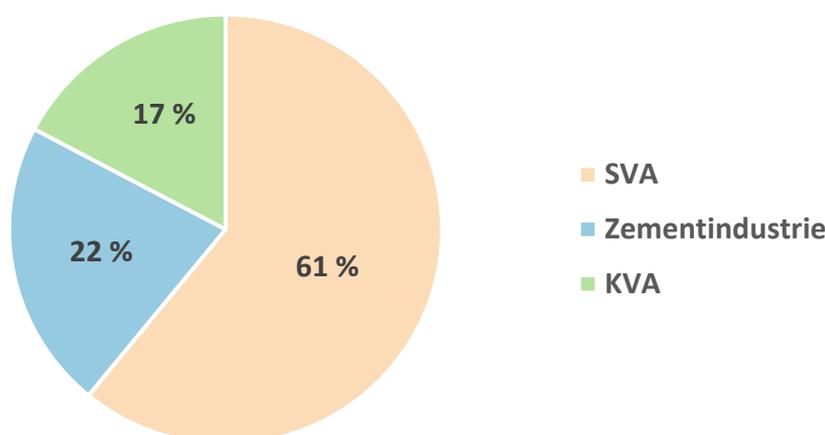


Abbildung 2 Anteil des Klärschlammes aus der gesamten Schweiz, welcher gemäss Angaben der Kantone 2021 den Verwertungswegen SVA, der Zementindustrie und den KVA zugeführt wurde.

Bei den SVA und den KVA findet im engeren Sinn lediglich eine energetische Verwertung dar. Im Folgenden wird jedoch der Einfachheit halber bei allen drei Pfaden von Verwertung gesprochen.

2.1.1 Abgeschätzte Phosphormengen nach Klärschlammverwertungsweg

Da davon auszugehen ist, dass die Kantone weder die anfallende Phosphorfracht noch den genauen -anteil im Klärschlamm kennen, wurde auf eine Abfrage der Phosphorfrachten resp. -gehalte verzichtet. Um die Phosphormengen **abzuschätzen**, wurde der **Umrechnungsfaktor 0.032 t Phosphor pro t TS** gemäss Grundlagenbericht SwissPhosphor [1] verwendet. Die angegebenen Klärschlamm-mengen wurden mit diesem Faktor multipliziert, um die in Tabelle 1 aufgelisteten Werte zu erhalten.

Tabelle 1 Phosphormengen [t P/a], abgeschätzt aus den Klärschlammengen aus Tabelle 2 und einem Umrechnungsfaktor von 0.032 gP/gTS [1].

	SVA	Zementindustrie	KVA	Total
Summe [t P/a]	3'729	1'335	1'057	6'121
Anteil [%]	61	22	17	100

2.2 Übersicht Kantone und Fürstentum Liechtenstein

Eine Übersicht zu den Klärschlamm-mengen und den Verwertungswegen der Kantone und im Fürstentum Liechtenstein ist in den folgenden Kapiteln 2.2.1 bis 2.2.3 grafisch dargestellt. Die Mengen sowie

die prozentuale Aufteilung des anfallenden Klärschlammes in den jeweiligen Kantonen sind zudem in Tabelle 2 zusammengefasst.

Bei 10 Kantonen wird zumindest ein Teil des anfallenden Klärschlammes in einem anderen Kanton ausgefault und/oder entwässert und von dort der Verwertung (SVA, KVA, Zementindustrie) zugeführt. In der Summe sind dies knapp 9'000 t TS/a (Tabelle 2). In den Kantonen Appenzell Innerrhoden (100 %), Appenzell Ausserrhoden (99.7 %) und Jura (54 %) ist dies der massgebende kantonale Verwertungsweg. Der Kanton Aargau hingegen entsorgt anteilmässig nur 19 % seines Klärschlammes in einem anderen Kanton, gemessen an der absoluten Menge (> 3'000 t TS/a) jedoch, macht die Menge aus dem Kanton Aargau aber mehr als ein Drittel an dieser ausserkantonalen Entsorgung aus.

Die Schlammfrachten, die über einen anderen Kanton der Verwertung zugeführt werden, sind somit relevant und dürfen in den Bilanzen nicht doppelt gezählt werden. In den folgenden Betrachtungen wird der Schlamm immer demjenigen Kanton zugeordnet, aus welchem er effektiv der Verwertungsanlage (SVA, KVA, Zementindustrie) zugeführt wird. Dies hat zur Folge, dass in Tabelle 2, z. B. beim Kanton AI die Spalte «Total» leer ist, weil die anfallenden 1'240 t TS/a über einen anderen Kanton der Verwertung zugeführt werden.

2.2.1 Verwertungsweg SVA

In Abbildung 3 ist die prozentuale Aufteilung des anfallenden Klärschlammes der verschiedenen Kantone aufgezeigt, welcher in einer SVA verwertet wird. Je nach Farbe unterscheiden sich die prozentualen Anteile gemäss aufgeführter Legende. In den Kantonen Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Luzern, Obwalden, Uri, Zug und Zürich wird der gesamte Klärschlamm (99 %-100 %) in SVA verwertet. Auch in den Kantonen Schwyz (93 %), Freiburg und Wallis (beide 87 %) werden mehr als 80 % des Klärschlammes in SVA verwertet.

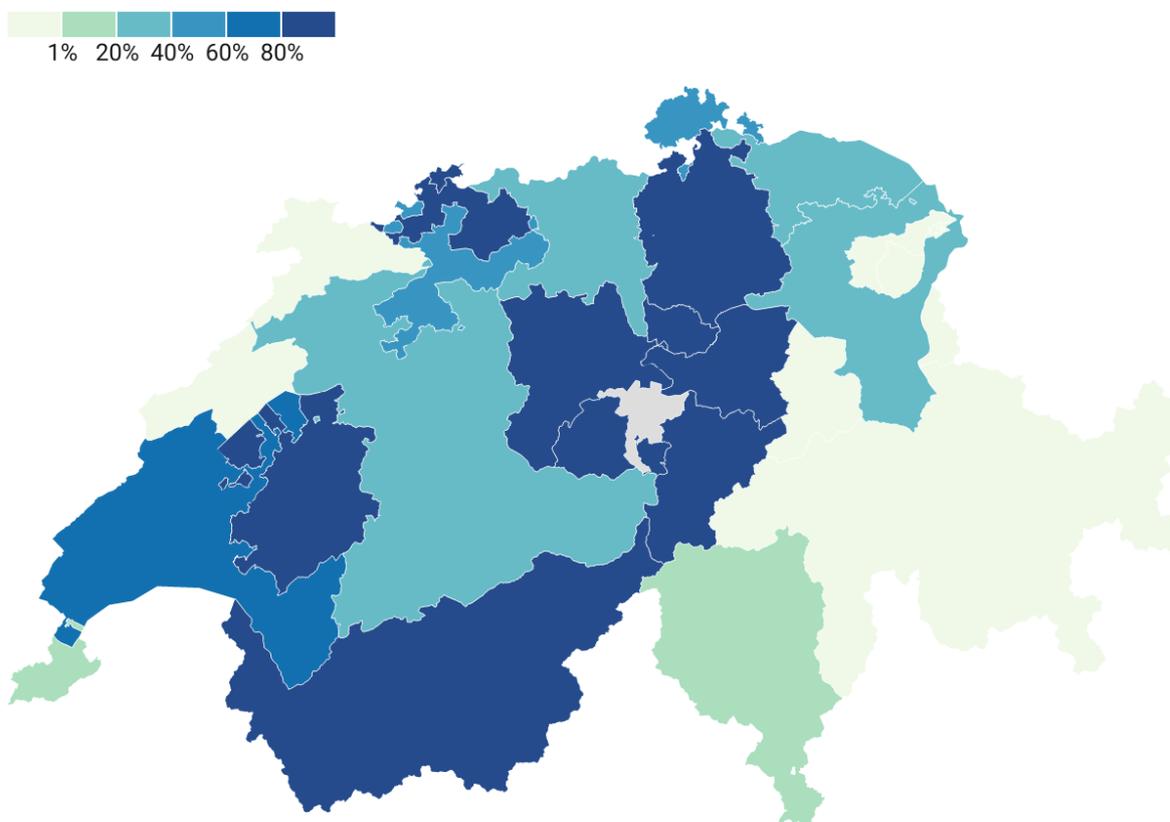


Abbildung 3 Anteil des im Kanton anfallenden Klärschlammes, welcher in SVA verwertet wird.

In der Abbildung 4 sind die effektiven Klärschlammengen ersichtlich. Es gibt 5 Kantone, bei denen mehr als 10'000 t TS/a über SVA verwertet werden (ZH: 25'736 t TS/a, BL: 14'257 t TS/a, BS: 13'141 t TS/a, VD: 11'193 t TS/a, VS: 11'170 t TS/a). Die Klärschlamm-Frachten dieser 5 Kantone machen bereits knapp 65 % der gesamten Klärschlammmenge in SVA aus respektive 40 % der gesamten Klärschlammfracht der Schweiz. Die totale Klärschlammmenge der 21 anderen Kantone und des Fürstentums Liechtenstein beträgt 41'033 t TS/a. Ein Viertel der Klärschlammmenge, welche jährlich über SVA entsorgt wird, kommt aus der Westschweiz (insb. Waadt und Wallis).

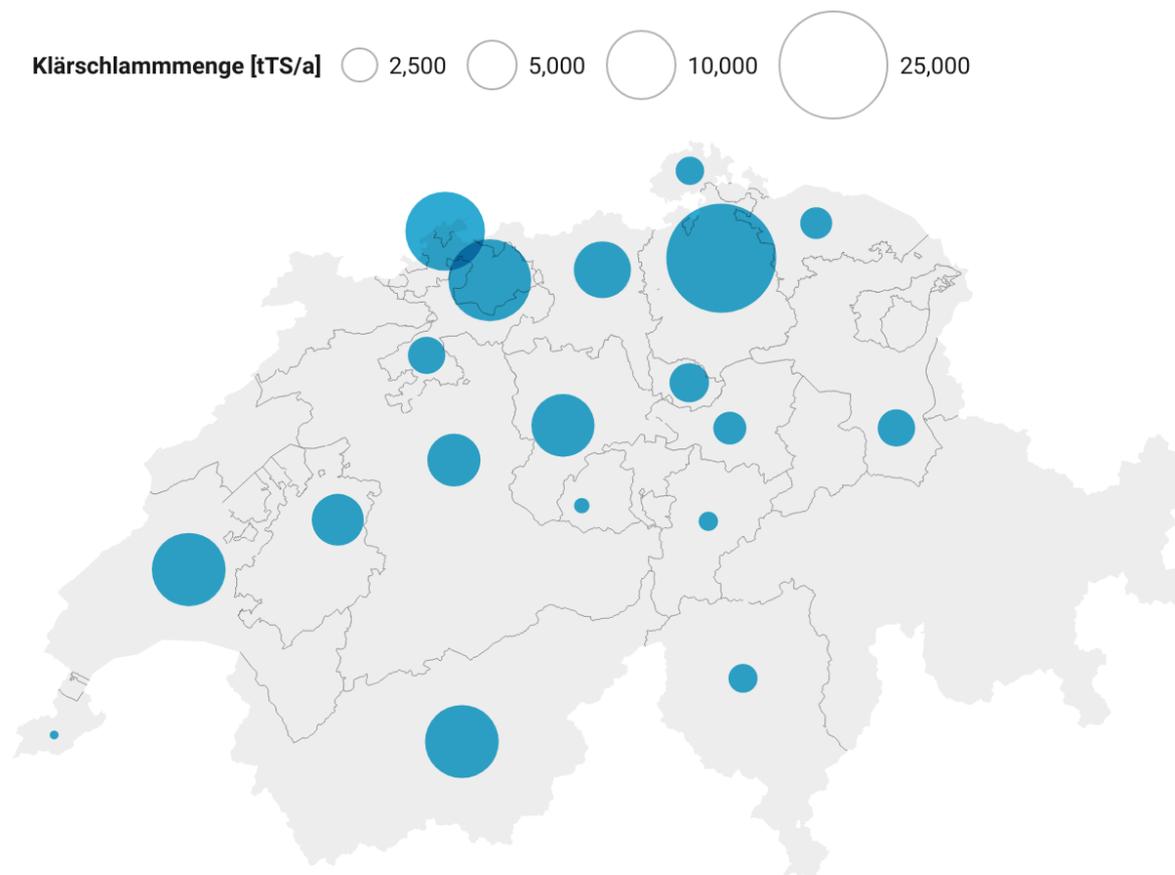


Abbildung 4 Absolute Menge des im Kanton anfallenden Klärschlammes, welcher in SVA verwertet wird.

2.2.2 Verwertungsweg Zementindustrie

In Abbildung 5 wird aufgezeigt, welcher Anteil des im jeweiligen Kanton anfallenden Klärschlammes in Trocknungsanlagen getrocknet und anschliessend in Zementwerken verwertet wird. Im Fürstentum Liechtenstein (100 %) und in den Kantonen Glarus (100 %), Genf (99 %) und Graubünden (99 %) wird praktisch sämtlicher Schlamm in der Zementindustrie verwertet. Auch in den Kantonen Thurgau (62 %), Schaffhausen (55 %), St. Gallen (48 %), Jura (46 %) und Bern (44 %) und Aargau (29 %) werden signifikante Mengen über diesen Verwertungsweg verwertet. Ein Grossteil der Kantone (deren 17) führt gar keinen oder weniger als 1 % des Klärschlammes der Zementindustrie zu.

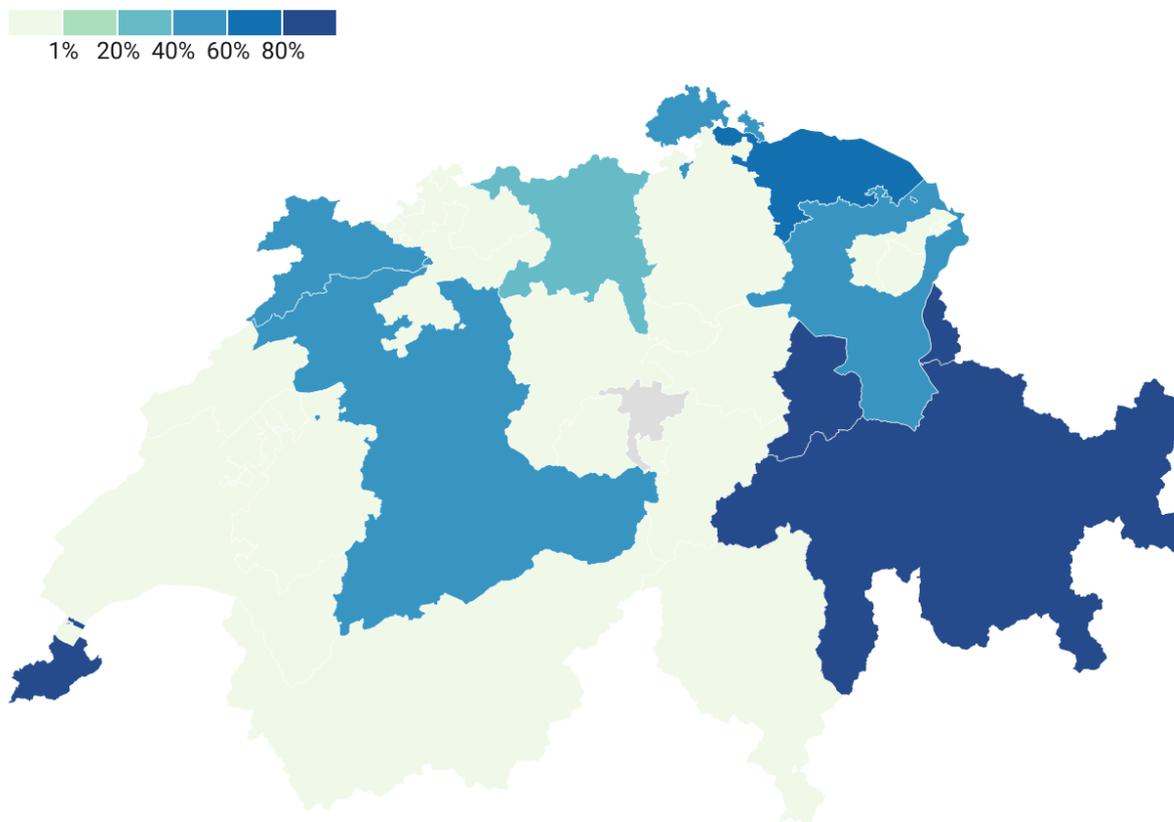


Abbildung 5 *Prozentualer Anteil des im Kanton anfallenden Klärschlammes, welcher über den Weg Zementindustrie verwertet wird.*

Abbildung 6 stellt die absoluten Mengen dar, welcher in jedem Kanton über den Weg Trocknung und Zementwerk verwertet werden. Einzig der Kanton Genf führt jährlich mehr als 10'000 t TS der Zementindustrie zu (10'600 t TS/a). Grosse Klärschlammengen stammen im Weiteren aus den Kantonen Bern (8'504 t TS/a), Aargau (4'736 t TS/a), Graubünden (4'727 t TS/a) und St.Gallen (4'640 t TS/a). Die Klärschlammfrachten dieser 5 Kantone machen bereits knapp 80 % der gesamten Klärschlammfracht der Zementindustrie aus. Die totale Klärschlammmenge der 21 anderen Kantone und des Fürstentums Liechtenstein beträgt 8'498 t TS/a.

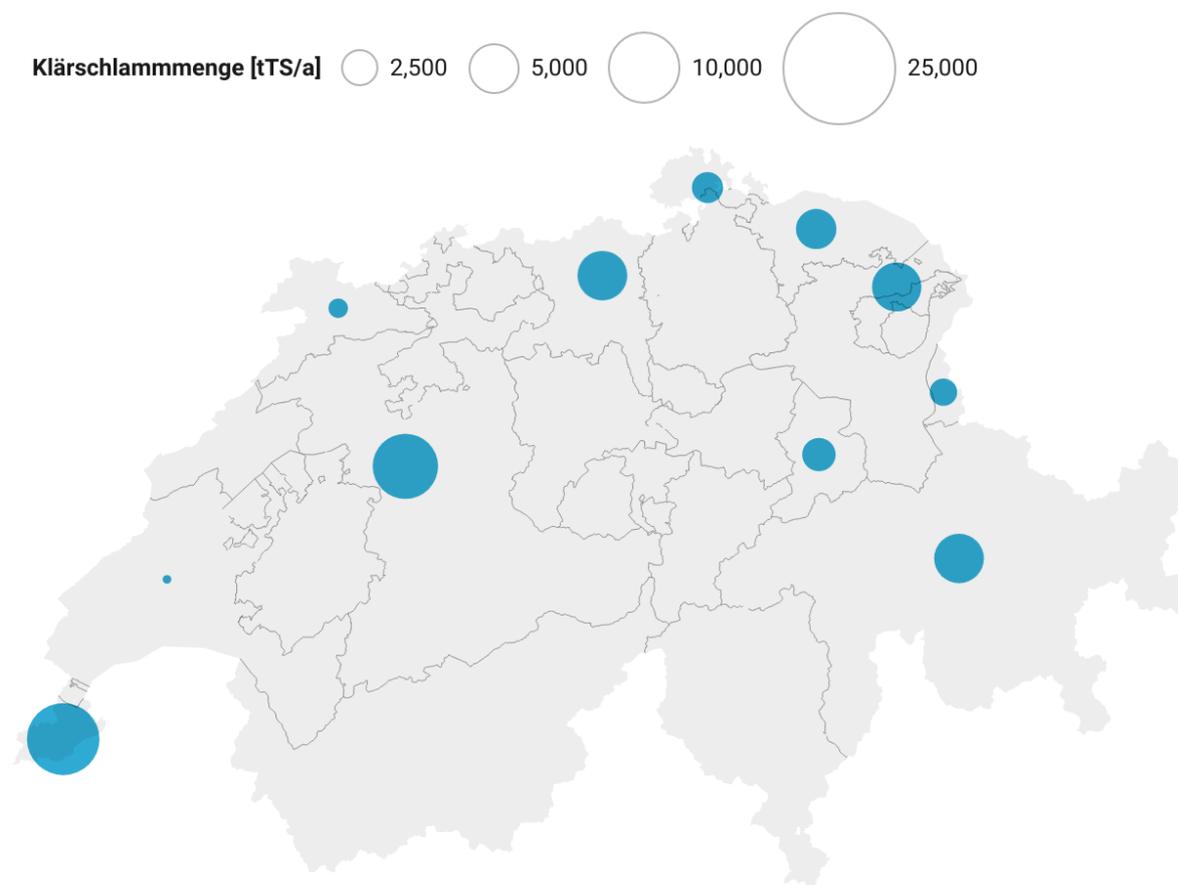


Abbildung 6 Absolute Menge des im Kanton anfallenden Klärschlamms, welcher über den Weg Zementindustrie verwertet wird.

2.2.3 Verwertungsweg KVA

Die prozentuale Aufteilung des anfallenden Klärschlamms in den verschiedenen Kantonen, welcher in einer KVA verwertet wird, ist der Abbildung 7 zu entnehmen. Einzig in den Kantonen Neuenburg (100 %) und Tessin (81%) werden mehr als 80 % des Klärschlamms in KVA verwertet. In den Kantonen Solothurn (49 %), Waadt (33 %), Bern und St. Gallen (beide 21 %) spielt dieser Verwertungsweg ebenfalls eine signifikante Rolle. Von untergeordneter Bedeutung ist dieser Verwertungsweg in den restlichen 20 Kantonen und im Fürstentum Liechtenstein (15 Kantone und FL liefern gar keinen Schlamm zur KVA.).

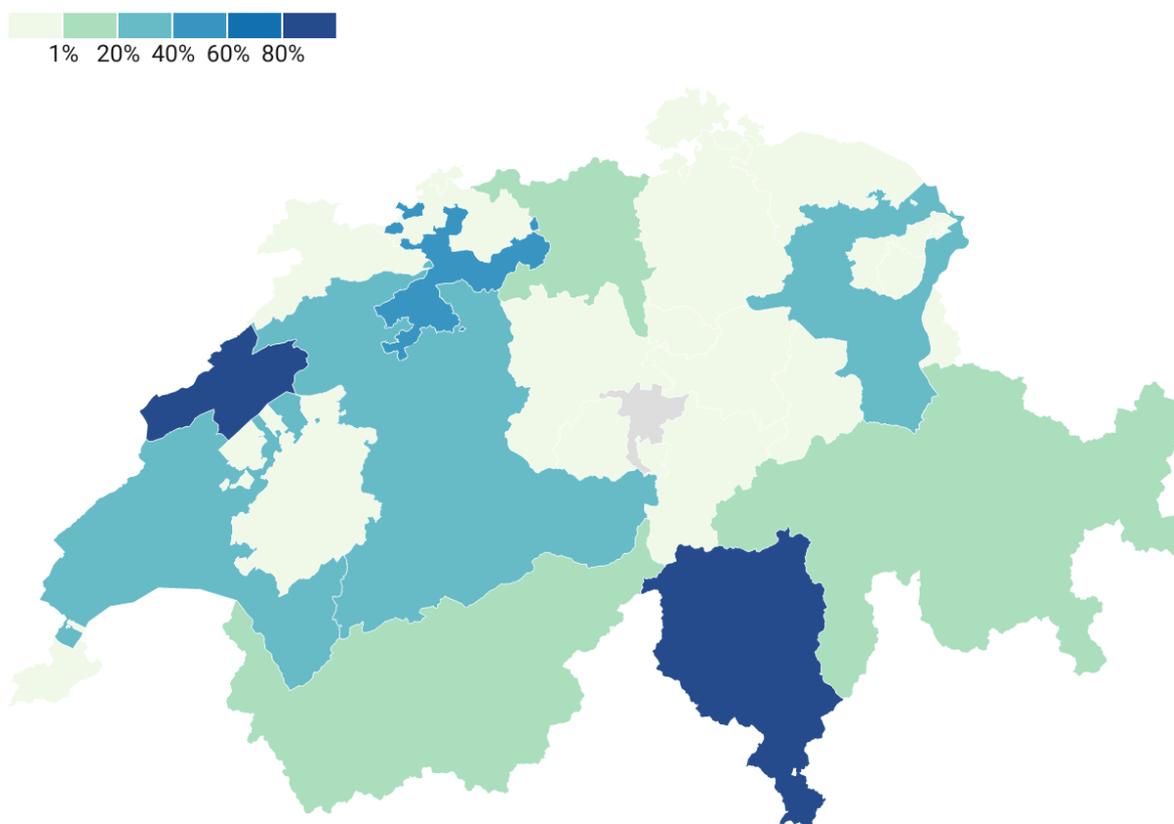


Abbildung 7 Prozentualer Anteil des im Kanton anfallenden Klärschlammes, welcher in KVA verwertet wird.

Abbildung 8 zeigt die absoluten Klärschlamm-mengen, welche über KVA verwertet werden. Grosse Klärschlamm-mengen stammen aus den Kantonen Neuenburg (8'435 t TS/a), Tessin (6'236 t TS/a), Waadt (5'652 t TS/a) und Bern (4'126 t TS/a). Die Klärschlamm-Frachten dieser 4 Kantone machen knapp drei Viertel der gesamten Klärschlamm-menge Richtung KVA aus. Die totale Klärschlamm-menge der 22 weiteren Kantone und des Fürstentums Liechtenstein beträgt 8'586 t TS/a.

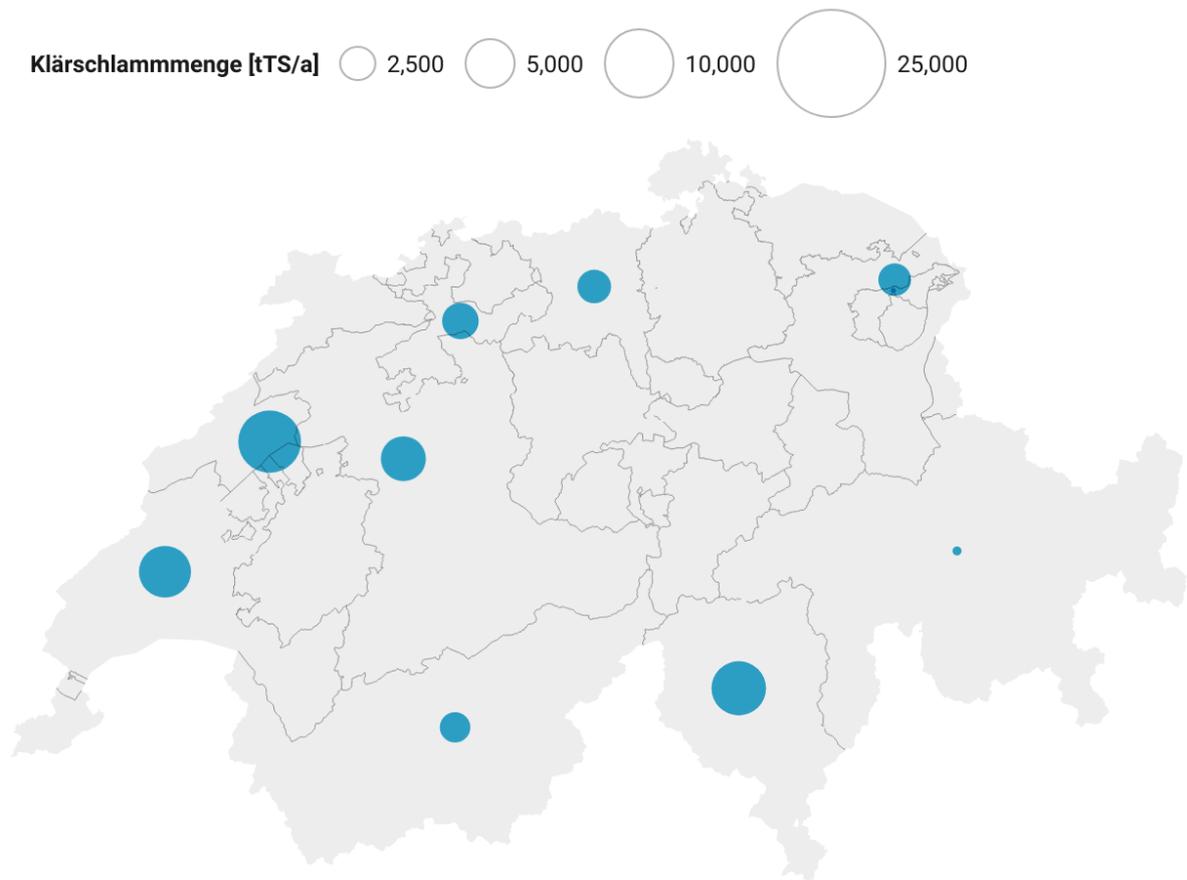


Abbildung 8 Menge des im Kanton anfallenden Klärschlammes, welcher in KVA verwertet wird.

Tabelle 2 Klärschlammengen und Verwertungswege in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein [t TS/a].

Kanton	SVA	%	Zement- industrie	%	KVA	%	Total	Anderer Kanton*	%
AG	6'514	39	4'736	29	2'171	13	13'421	3'181	19
AI								1'240	100
AR					3	0.3	3	828	99.7
BE	5'570	29	8'504	44	4'126	21	18'200	1'229	6
BL	14'257	100					14'257		
BS	13'141	100					13'141		
FR	5'304	87					5'304	764	13
GE	55	1	10'600	99			10'655		
GL			1'964	100			1'964		
GR			4'727	99	65	1	4'792		
JU			557	46			557	660	54
LU	8'052	100	0				8'052		
NE					8'435	100	8'435		
NW									
OW	308	100					308		
SG	2'586	27	4'640	48	2'024	21	9'249	416.5	4
SH	1'388	45	1'672	55			3'060		
SO	2'572	49			2'600	49	5'172	96.5	2
SZ	1'953	93					1'953	145	7
TG	1'809	38	3'005	62			4'814		
TI	1'451	19			6'236	81	7'688		
UR	559	100					559		
VD	11'193	66	52	0.3	5'652	33	16'897		
VS	11'170	87			1'723	13	12'894		
ZG	2'912	100					2'912		
ZH	25'736	99					25'736	296	1
FL			1'249	100			1'249		
Total	116'530		41'705		33'035		191'270	8'856	
Anteil		61		22		17	100		

* Die Spalte «Anderer Kanton» enthält diejenigen Schlammengen, welche in einem anderen Kanton ausgefault und/oder entwässert werden. Diese Schlammengen sind in den Angaben des aufnehmenden Kantons enthalten und somit in den einzelnen Entsorgungswegen (SVA, Zementindustrie und KVA) bereits enthalten.

2.3 Einzelne Kantone

Wie in Tabelle 2 dargestellt, unterscheiden sich die Anteile der möglichen Verwertungswege (SVA, Zementindustrie, KVA). Für jeden Kanton wurde eine Übersicht analog zu Abbildung 9 erstellt (Beilage C), damit die kantonalen Verwertungswege direkt ersichtlich sind. Unter Umständen wird ein Teil des Klärschlammes in einem anderen Kanton ausgefault und/oder entwässert und von dort der Verwertung zugeführt. Auch diese Mengen sind in Beilage C aufgeführt.

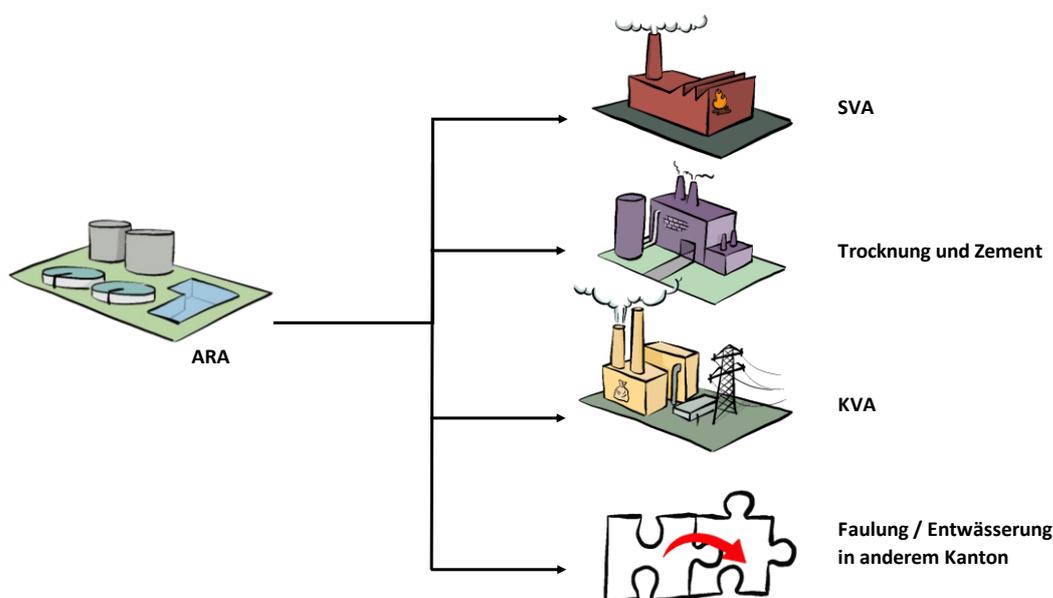


Abbildung 9 Beispiel Übersicht Verwertungswege (inkl. Schlamm, welcher in einem anderen Kanton [ausgefault und] entwässert wird).

2.4 Klärschlammengen und -herkunft nach Verwertungsanlage

Die nachfolgend aufgeführten Angaben entsprechen den im Jahre 2021 in der jeweiligen Anlage verwerteten Klärschlammfrachten und geben keine Auskunft über die eigentliche Kapazität der Anlage. Die Grundlagendaten stammen aus den Rückmeldungen der Kantone und wurden bei den Betreibern der Verwertungsanlagen (SVA, Zementwerke, KVA) nicht verifiziert.

Die (Faulung und) Entwässerung stellt keinen eigenen Verwertungsweg dar (s. auch Kapitel 2.1.1). Diese Schlammengen sind jedoch in den Zahlen desjenigen Kantons enthalten, welcher den Schlamm aufnimmt und der entsprechenden Verwertung zuführt. Somit enthalten die nachfolgend aufgeführten Mengen der Verwertungswege (SVA, Zementindustrie und KVA) aller anfallenden Schlamm.

2.4.1 Verwertungsweg SVA

Wie in der Abbildung 2 ersichtlich, werden 61 % respektive 116'530 t TS/a des gesamten Klärschlammes in SVA verwertet. Aus Abbildung 10 ist ersichtlich, dass 12 SVA im Jahr 2021 Klärschlamm angenommen haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Der grösste Teil (57 %) wurde von den vier Anlagen KSV Werdhölzli (27'780 t TS/a), Pro Rheno (17'453 t TS/a), Real (11'674 t TS/a) und ARA Rhein (10'000 t TS/a) verwertet.
- Die ARA Rhein, die Epura und die drei Anlagen im Kanton Wallis (ARA Visp, CIMO und Enevi) verwerten nur Klärschlamm aus dem eigenen Kanton. Aus den Ostschweizer Kantonen und dem Tessin gelangt kein Schlamm in die Monoverbrennung.

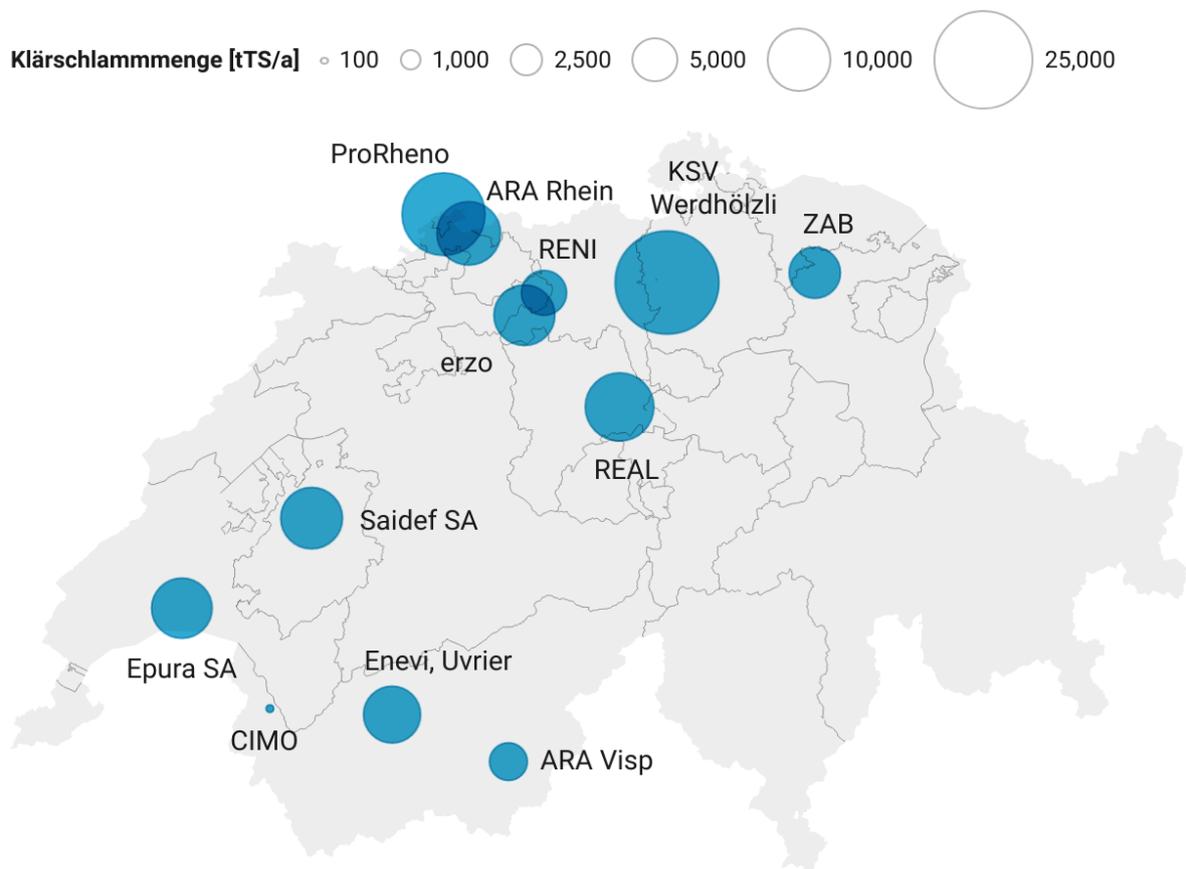


Abbildung 10 Summen der Abgabeschlammengen, welche in SVA verwertet werden, nach SVA (Jahr 2021).

Die absoluten Mengen sind in Tabelle 3 zusammengefasst; sieben SVA nehmen nicht nur Schlamm aus dem Standortkanton, sondern auch solchen aus anderen Kantonen an. In Tabelle 3 sowie in den Grafiken in Beilage D ist ersichtlich, aus welchen Kantonen welche Schlammengen stammen

Tabelle 3 SVA: Anlagen und Schlammengen [t TS/a].

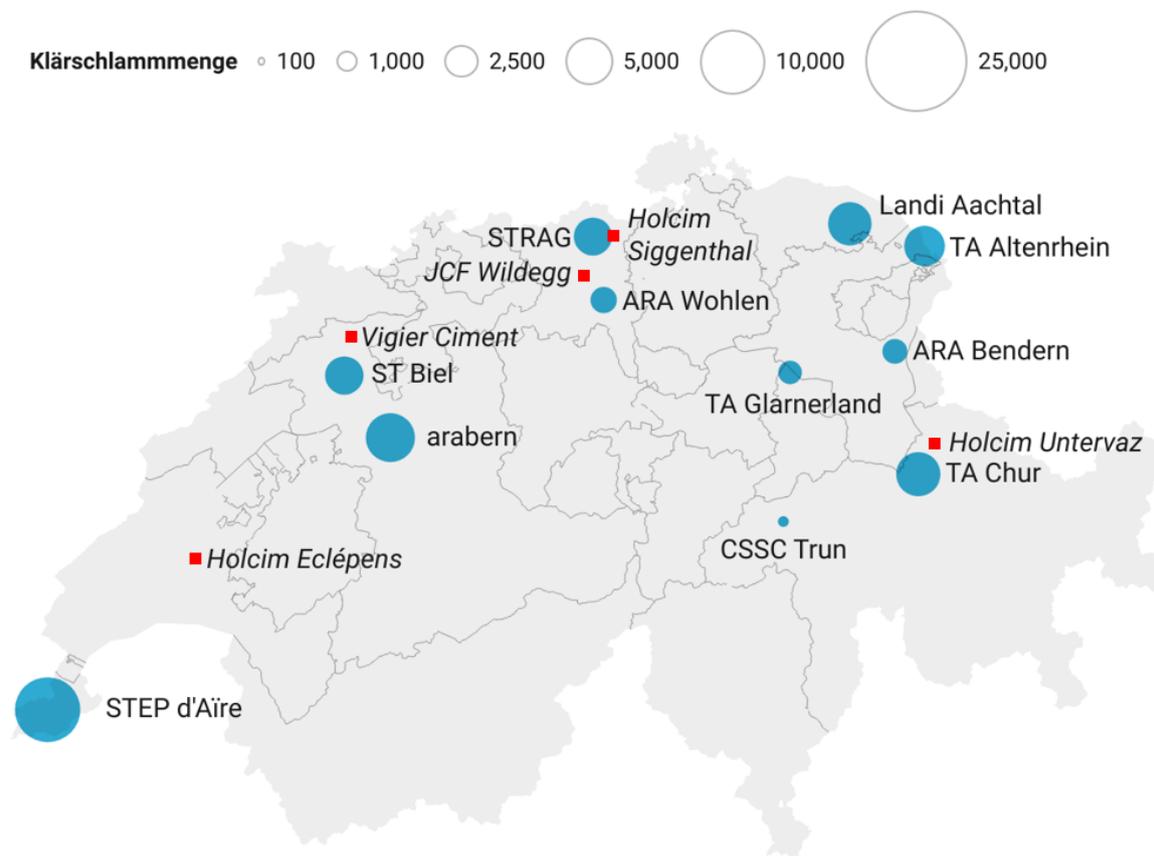
Kanton	Pro Rheno, BS	ARA Rhein, BL	Real, LU	KSV Werd- hölzli, ZH	Epura, VD	ZAB, SG	Saidef, FR	erzo, AG	ARA Visp, VS	RENI, SO	CIMO, VS	Enevi, VS
AG								4'096		2'419		
BE							1'816	3'170		584		
BL	4'257	10'000										
BS	13'141											
FR							5'304					
GE	55											
LU			7'028					1'024				
OW			308									
SG						2'586						
SH						1'388						
SO								800		1'771		
SZ			1'012	447		494						
TG						1'809						
TI				1'451								
UR			559									
VD					8'966		2'228					
VS									3'227		42	7'902
ZG			2'766	146								
ZH				25'736								
Summe	17'453	10'000	11'673	27'780	8'966	6'277	9'347	9'090	3'227	4'774	42	7'902

2.4.2 Verwertungsweg Zementindustrie

Aus Abbildung 2 folgt, dass im Jahr 2021 rund 22 % respektive 41'705 t TS/a des gesamten Klärschlammes in der Zementindustrie verwertet wurden. Es waren Anlagen an 12 Standorten involviert (Trocknungsanlagen und Zementwerke). In Abbildung 11 sind neben den Klärschlamm-mengen auch die Standorte der Trocknungsanlagen (blaue Kreise) und der Zementwerke (rote Vierecke, nur Standorte) dargestellt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- Die einzige Anlage, welche über 10'000 t TS verwertet hat, ist die STEP d'Aire in Genf (10'600 t TS). Diese Anlage war somit für 25 % des durch diesen Weg verwerteten Klärschlammes verantwortlich.
- Weitere Anlagen, welche über 4'000 t TS verwerteten, sind die arabern (5'760 t TS), die TRAC Chur (4'587 t TS) und die Landi Aachtal (4'412 t TS). Diese drei Anlagen verwerteten 35 % (14'759 t TS) des durch den Weg Zementindustrie verwerteten Klärschlammes.



Created with Datawrapper

Abbildung 11 Anlagen und Schlamm-mengen im Jahr 2021 des Verwertungspfad Zementindustrie: Trocknungsanlagen (blaue Kreise, Mengen gemäss Legende), Zementwerke (rote Vierecke, nur Standorte).

In Beilage E werden die drei Trocknungsanlagen, welche Klärschlamm aus mehreren Kantonen angenommen und verwertet haben, grafisch dargestellt. Die absoluten Mengen davon sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4 Zementindustrie (Trocknung und Zementwerk, TuZ): Anlagen und Schlammengen [t TS/a].

Kanton	STEP d'Aire, GE	Arabern, BE	STRAG, Würenlingen, AG	TA Altenrhein, SG	TA Glarnerland, GL	TRAC Chur, GR	ST Biel, BE	ARA Wohlen, AG	Landi Aachtal, TG	CSSC Trun, GR	ARA Bendern, FL
AG			3'314					1'422			
BE		5'708					2'796				
GE	10'600										
GL					1'964						
GR						4'587				140	
JU							557				
SG				3'548	1'091						
SH									1'672		
TG				265					2'740		
VD		52									
FL											1'249
Summe	10'600	5'760	3'314	3'813	3'055	4'587	3'353	1'422	4'412	140	1'249

2.4.3 Verwertungsweg KVA

Aus Abbildung 2 folgt, dass 2021 rund 17 % respektive 33'035 t TS/a des gesamten Klärschlammes in 11 KVA verwertet wurden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

- 80 % dieser Gesamtmenge wurden den folgenden vier Anlagen zugeführt: Vadec (9'978 t TS/a), ACR Giubiasco (6'298 t TS/a), SATOM (5'819 t TS/a) und AVAG (4'126 t TS/a).
- 4 der 11 KVA haben weniger als 1'000 t TS/a verwertet: KVA Buchs SG (732 t TS/a), KEZO (267 t TS/a), Tridel (13 t TS/a) und GEVAG Trimmis (3.3 t TS/a).
- Die meisten Anlagen (8/11) verwerten den Klärschlamm aus einem einzigen Kanton.

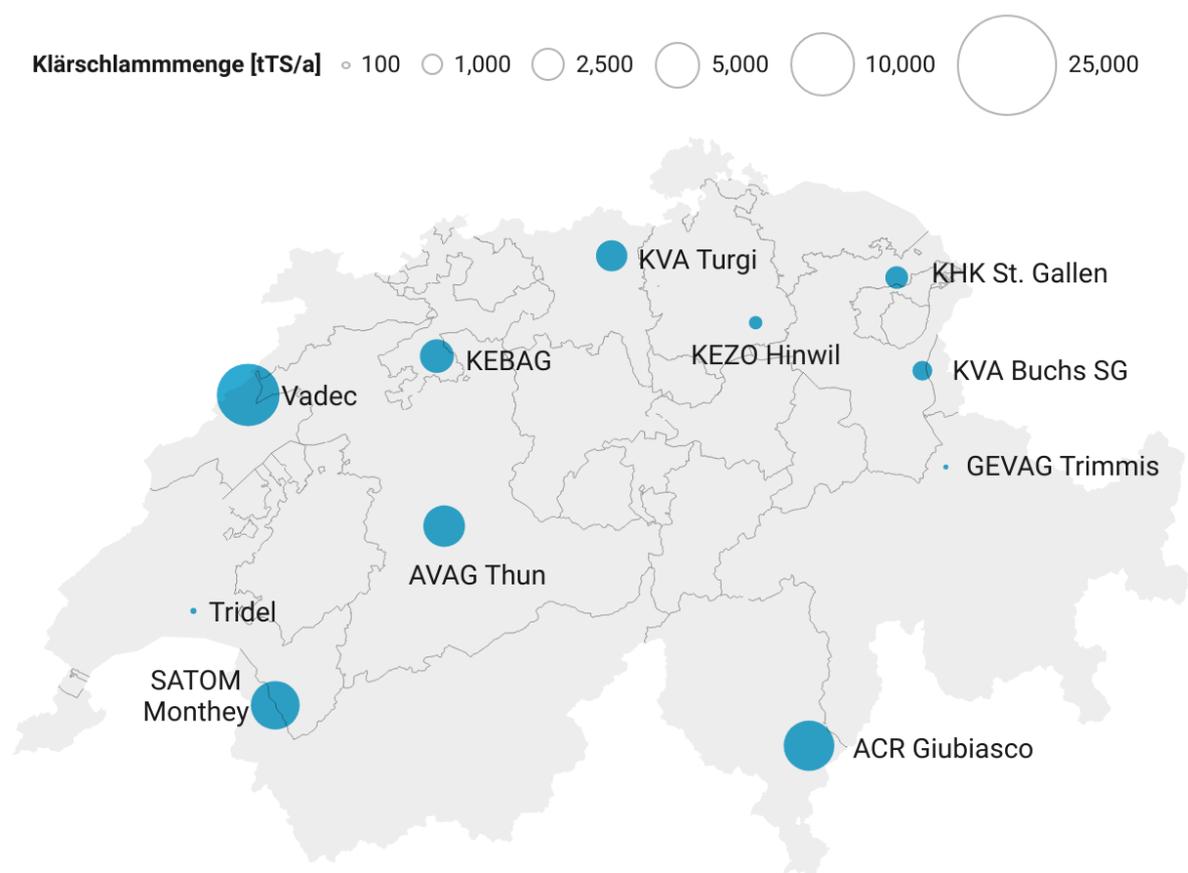


Abbildung 12 Summen der Abgabeschlammengen, welche in KVA verwertet werden, nach KVA (Jahr 2021).

Die absoluten Mengen davon sind in Tabelle 5 zusammengefasst. In Beilage F wird für diejenigen KVA, welche Klärschlamm aus mehreren Kantonen angenommen und verwertet hat, grafisch dargestellt, aus welchen Kantonen sie wieviel Klärschlamm zugeliefert bekommen hat.

Tabelle 5 KVA: Anlagen und Schlammengen.

Kanton	KHK St.Gallen, SG	ACR Giubi- asco, TI	AVAG, Thun, BE	KEBAG Zuchwil, SO	VADEC, La Chaux-de- Fonds, NE	SATOM SA, Mon- they, VS	KVA Turgi, AG	KVA Buchs, SG	KEZO Hin- wil, ZH	GEVAG Trimmis, GR	Tridel Lausanne, VD
AG							2'171				
AR	3										
BE			4'126								
GR		62								3	
NE					8'435						
SG	1'025							732	267		
SO				2'600							
TI		6'236									
VD					1'543	4'096					13
VS						1'723					
Summe	1'028	6'298	4'126	2'600	9'978	5'819	2'171	732	267	3	13

3 Organisation der aktuellen und zukünftige Klärschlammverwertung

3.1 Aktuelle Klärschlammverwertung: Aufgabenverteilung Kanton – ARA-Betreibende

Alle Angaben in diesem Kapitel stellen den Stand zum Zeitpunkt der Befragung der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein durch die Arbeitsgruppe Umsetzung Kantone im ersten Quartal 2023 dar.

Gemäss Tabelle 6 können die kantonalen Strategien grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt werden: Kantone,

- die über eine Zuweisungsbefugnis verfügen (17 Kantone, 161'828 t TS/a, 85 % der totalen Klärschlammmenge der Schweiz und Fürstentum Liechtenstein)
 - Davon haben vier Kantone (Bern, Schaffhausen, Zug, Basel-Stadt) in der Befragung vermerkt, dass sie die Zuweisungsbefugnis momentan nicht nutzen (4 Kantone, 37'313 t TS/a).
- und solche, die die Wahl der Weiterverwertungsart und -anlage den Betreibenden überlassen (9 Kantone, 29'442 t TS/a, 15 % der totalen Klärschlammmenge der Schweiz und Fürstentum Liechtenstein)

In den Kantonen, welche die Zuweisungsbefugnis wahrnehmen, führen die ARA-Betreiber diese auch aus. Die ARA-Betreiber in den Kantonen Basel-Landschaft und Luzern haben jedoch noch einen gewissen Handlungsspielraum bei der Wahl der Verwertungsanlage. Da der Kanton Jura nur bei rechtlichen Verstössen tätig wird, verfügen die ARA-Betreiber im Kanton über freie Wahl der Weiterverwertungsart und -anlage.

In den Kantonen ohne Zuweisungsbefugnis, respektive wo diese nicht wahrgenommen wird, können die ARA-Betreiber selbst über die Verwertungsart (SVA, Zementindustrie, KVA) und/oder die jeweilige Verwertungsanlage entscheiden. Dabei nehmen die Behörden meist eine beratende oder koordinative Rolle ein (in 2 Fällen haben sie nur eine beobachtende Rolle). In keinem Kanton nimmt der Kanton eine operative Rolle ein.

Die zusätzlichen Bemerkungen der Kantone zu ihren Aufgaben und diejenigen der ARA-Betreibenden können der Beilage G entnommen werden.

Tabelle 6 Aufgaben der kantonalen Fachstellen und der ARA-Betreibenden zur aktuellen Klärschlammverwertung. Häkchen bedeutet Antwort «ja».

Kantone	Aufgaben kantonale Fachstellen						Aufgaben ARA-Betreibende				
	Zuweisungsbefugnis	Zuweisungsbefugnis, aber vermerkt, dass zurzeit nicht genutzt	Beratung	Koordination	Operative Verantwortung	Andere	Umsetzung kantonale Zuweisung	Entscheid über Weiterverwertungsart (TuZ, SVA, KVA)	Entscheid Weiterverwertungsanlage	Andere	
JU	✓		✓	✓			✓	✓	✓		
TI	✓		✓	✓			✓	✓			
VS	✓		✓	✓			✓				
ZH	✓		✓	✓		✓	✓				
BL	✓		✓						✓	✓	
FR	✓		✓				✓				
LU	✓		✓				✓		✓		
NE	✓			✓			✓			✓	
GR	✓						✓				
SG	✓					✓	✓				
AI	✓						✓				
GE	✓						✓			✓	
VD	✓						✓			✓	
BE		✓	✓	✓				✓	✓		
BS		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	
SH		✓	✓	✓				✓			
ZG		✓	✓					✓			
AG			✓	✓				✓	✓		
AR			✓	✓		✓		✓	✓	✓	
GL			✓	✓				✓			
TG			✓	✓				✓	✓	✓	
SZ			✓			✓		✓	✓		
UR			✓					✓	✓		
SO						✓		✓	✓		
O W						✓		✓	✓		
N W											
FL			✓	✓				✓	✓		

3.2 Zukünftige Klärschlammverwertung: Kantonale Strategien und Instrumente

Tabelle 7 zeigt eine Übersicht zu den kantonalen Strategien und den Instrumenten, welche den Kantonen zur Verfügung stehen. Gemäss Art. 18 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [3] müssen die Kantone einen Klärschlamm Entsorgungsplan erstellen.

In 16 Kantonen ist die Klärschlammverwertung in der kantonalen Abfallplanung definiert. In 8 Kantonen und im Fürstentum Liechtenstein gibt es, meist zusätzlich zur Abfallplanung, einen Klärschlamm Entsorgungsplan gemäss GSchV.

Der Kanton Uri sowie die Zentralschweizer Kantone (Nidwalden, Obwalden, Schwyz, Luzern) klären derzeit ab, welche Abfallthemen – und so auch die Klärschlammverwertung und Phosphorrückgewinnung – mit Vorteil auf überkantonaler Ebene koordiniert werden sollten. Umfang und genauer Inhalt sind noch nicht festgelegt.

Die von den Kantonen genutzten Instrumente zur Koordination der Schlammverwertung unter den Kläranlagen sind in Tabelle 7 aufgeführt. In der Beilage H sind zusätzlich alle Bemerkungen der Kantone zu diesem Thema aufgeführt.

Tabelle 7 Übersicht der Antworten die Fragen «Gibt es eine kantonale Strategie bzgl. zukünftiger Klärschlammverwertung?» und «Welche Instrumente nutzt Ihr Kanton, um die zukünftige Schlammverwertung unter den ARA zu koordinieren?». Häkchen bedeutet Antwort «ja».

Kantone	Kantonale Strategien				Instrumente zur Koordination unter den ARA				
	Klärschlammorganisationsplan gemäss Gewässerschutzverordnung Art. 18	Kantonale Abfallplanung gemäss VVEA Art. 4	Kantonales Strategiepapier	Sonstiges Strategiepapier	Foren	Info-Veranstaltungen	Koordinationsplattformen	Kantonale gesetzliche Vorgaben (z. B. Gewässerschutzgesetz)	andere
VS	✓	✓	✓			✓	✓		✓
AR	✓	✓				✓	✓	✓	✓
SG	✓	✓				✓			
ZH	✓	✓				✓	✓		✓
NE	✓	✓					✓		
GR	✓			✓					
SZ	✓					✓		✓	
AI	✓				✓	✓	✓		
BE		✓							
BL		✓					✓		✓
O W		✓							✓
TI		✓					✓		
ZG		✓							✓
AG		✓				✓	✓		
BS		✓		✓					✓
FR		✓						✓	
GE		✓						✓	
VD		✓				✓		✓	
SH		✓			✓	✓	✓		
SO		✓			✓	✓	✓		✓
LU		✓					✓		
JU		✓				✓	✓		
GL		✓							✓
TG		✓							✓
UR				✓					
NW									
FL	✓	✓							✓

3.3 Zukünftige Klärschlammverwertung: Strategien der Klärschlammverwerter und der (grossen) Kläranlagen

Aufgrund der kantonalen Zuweisungsbefugnis erübrigt sich in vielen Kantonen eine Strategieplanung auf ARA-Ebene. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Strategien der im Kanton ansässigen Klärschlammverwerter respektive der massgebenden Kläranlagen den kantonalen Behörden bekannt sind. Die detaillierten Rückmeldungen sind im Beilage I aufgeführt.

3.4 Rolle der Kantone in den Projekten Phos4life, REALphos und ZAB

Projekte zur Phosphorrückgewinnung werden grundsätzlich im Bericht der Arbeitsgruppe Technik beschrieben. Die Arbeitsgruppe Technik hat während der Erarbeitungszeit dieses Berichtes drei Projekte zur Phosphorrückgewinnung identifiziert, die Potenzial für eine baldige Umsetzung haben: Phos4life, REALphos und ZAB. Informationen wie Projektbeschreibung, Projektstatus und Projektstand dieser drei Projekte sind dem Bericht der Arbeitsgruppe Technik zu entnehmen.

Im Rahmen der Erarbeitung dieses Berichtes wurden die Kantone zu Projekten, die Ihnen bekannt sind oder an denen sie beteiligt sind, befragt. Basierend auf diesen Rückmeldungen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit wird in der Tabelle 8 ein Überblick zur Rolle der Kantone in den drei von der Arbeitsgruppe Technik identifizierten Projekten gegeben.

Tabelle 8 *Rolle der Kantone in den drei von der Arbeitsgruppe Technik identifizierten Projekten zur Phosphorrückgewinnung mit Potenzial zur baldigen Umsetzung.*

Phos4Life	
Aktiv beteiligte Kantone	ZH, GE, VD, FR
Standortkanton	SO
Rolle Kt. ZH	<ul style="list-style-type: none"> – Vollzugsbehörde bzgl. Umsetzung der P-Rückgewinnungspflicht durch die Stadt Zürich (Beobachter) – Koordination/Information zu den indirekt betroffenen Klärschlammlieferanten (ARAs) – Koordinator (für die Projekt-Finanzierung des Teils aus dem Kanton Zürich)
Rolle Kt. GE	Der Kanton Genf finanziert über SIG einen Teil des Vorprojekts und hat als solcher einen Platz für den Fall reserviert, dass er dem Projekt endgültig beitrifft.
Rolle Kt. VD	Der Kanton fungierte als finanzielle Unterstützung für die Beteiligung von EPURA (ARA Vidy) und SAIDEF am Vorprojekt von Phos4Life.
Rolle Kt. SO	Der Kanton hat keine aktive Rolle im Projekt, ist aber im regelmässigen Austausch mit den Akteuren.

REALphos (Phosphor 26 / ENPHOR)	
Aktiv beteiligte Kantone	AG, LU
Standortkanton	AG
Projekt	<p>Erzo verfolgt mit diesem Projekt konkret folgende Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung eines Düngerausgangproduktes nach Marktanforderungen – Erfüllung der gesetzlichen Pflicht zum Phosphorrecycling – Möglichst tiefe Kosten für alle Klärschlamm-Kunden – Errichtung starker Partnerschaften zum Nutzen gegenseitiger Synergien.
Rolle Kt. AG	– Unterstützend und beratend bei spezifischen Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Projekt, insbesondere in der Planungsphase.

	– Bewilligungsbehörde (Umweltrecht, Richtplanung) in Ergänzung zu baurechtlichen Bewilligungen (Nutzungs- und Baubewilligung) der Gemeinde.
Rolle Kt. LU	Wartet auf die Grundlagen der Finanzierung

ZAB	
Aktiv beteiligte Kantone	SG
Standortkanton	SG
Rolle Kt. SG	Beratung, Bewilligung, Vollzug
Rolle Kt. TG	Der Kanton Thurgau hat keine aktive Rolle in diesem Projekt; es erfolgt aber ein regelmässiger Informationsaustausch.

Neben den oben beschriebenen Projekten sind die Kantone in weiteren Projekten involviert, welche gemäss heutigem Kenntnisstand kein Potenzial für zeitnahe Umsetzung haben. Diese Projekte sind in der Beilage J zu finden.

3.5 Phosphorrückgewinnung: Förderprogramme

Derzeit verfügen nur zwei Kantone über Förderprogramme:

- Im Kanton Bern können Projekte zur Phosphorrückgewinnung mit Mitteln aus dem kantonalen Abfallfonds unterstützt werden.
- Im Kanton Zürich werden zurzeit keine Projekte unterstützt. Der Kanton Zürich beteiligte sich jedoch an den Kosten zur Entwicklung des Projekts «leachphos» und an der Pilotierung von «Phos4Life».

4 Einschätzungen der Kantone zur P-Rückgewinnung

Die überwiegende Mehrheit der Kantone stuft die Phosphorrückgewinnung als sinnvoll ein. Folgende Hauptgründe sprechen aus Sicht dieser Kantone für die Umsetzung der Phosphorrückgewinnungspflicht:

- Verringerung der Dünger-Importe von geopolitisch instabilen Weltregionen
- Verringerung der Schwermetallbelastungen im Phosphor-Dünger
- Stärkung der Versorgungssicherheit mit Phosphor-Dünger (und Aufwertung des Düngers)
- Schliessen des Phosphor-Kreislaufes
- Ressourcenschonung
- Verringerung der Umweltbelastung durch Förderung des Rohphosphats
- Endlichkeit der Phosphor-Vorkommen und Lebenswichtigkeit für Menschen und Tiere

Bei aller Unterstützung der Kantone für die Sache, gab es auch einige kritische Anmerkungen, welche es zu berücksichtigen gilt. Folgend ein kurzer Auszug:

- Kosten-Nutzen-Verhältnis fraglich
- Der gesetzlich festgelegte sehr enge Zeitrahmen könnte zu unausgereiften Lösungen führen
- Verwendungszweck der Produkte aus der Phosphorrückgewinnung noch unklar
- Phosphor als mengenmässig kleine Fraktion, verglichen mit der mineralischen Fraktion im Klärschlamm

Eine Übersicht der jeweilig angegebenen Gründe der Kantone ist der Beilage K zu entnehmen.

5 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Dank den Rückmeldungen aller Kantone und des Fürstentums Liechtensteins ist ein aktueller Überblick (Stand 2021) über die aktuellen Verwertungswege für Klärschlamm vorhanden.

Die kantonalen Strategien zur Verwertung des Klärschlammes sind sehr unterschiedlich. Um die technischen und auch finanziellen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Phosphorrückgewinnung gesamtschweizerisch möglichst optimal zu meistern, ist eine gute Koordination unter den Kantonen zwingend erforderlich.

Im Weiteren stellt der Bericht eine wichtige Grundlage dar, um zusammen mit den Erkenntnissen der drei anderen Arbeitsgruppen (Finanzierung, Technik und Absatz P-Produkte) in einem nächsten Schritt mögliche Szenarien für die Phosphorrückgewinnung in der Schweiz zu entwickeln. Anschliessend ist der Lösungsweg resp. die Umsetzung zu konkretisieren.

Literaturverzeichnis

- [1] Grundlagenbericht SwissPhosphor, BAFU, 2020
- [2] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015 (VVEA)
- [3] Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)

Abkürzungsverzeichnis

ARA	Abwasserreinigungsanlage
GSchG	Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 (Gewässerschutzgesetz)
GSchV	Gewässerschutzverordnung
KVA	Kehrichtverwertungsanlage
SVA	Schlammverbrennungsanlage
TuZ	Trocknung und Zementwerk
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen