

# Phosphorreiche Abfälle

Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

# Phosphorreiche Abfälle

Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)

# Impressum

## Rechtlicher Stellenwert

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

## Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

## Autoren

Kaarina Schenk, BAFU, Abteilung Abfall und Rohstoffe

Michael Wächter, TBF + Partner AG Zürich

## Begleitung

Claudio Bianculli (Zweckverband Abfallverwertung Bazenheid, ZAB)

Christoph Egli (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, VSA)

Gion Fravi (Amt für Umwelt, AfU Kanton St. Gallen)

Patrick Graf (Dienststelle Umwelt und Energie, UWE Kanton Luzern)

Marc Häni (Amt für Wasser und Abfall, AWA Kanton Bern)

Christian Kopp (Agricura)

Daniel Lehmann (Schweizerischer Verband Kommunale Infrastruktur, SVKI)

Leo Morf (Baudirektion des Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL)

Michael Müller (Agricura)

Robin Quartier (Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen, VBSA)

Etienne Rüegg (Département du territoire et de l'environnement, DTE Kanton Waadt)

Stefan Vannoni (Verband Schweizerischer Cementindustrie, Cemsuisse)

Irene Vonlanthen (Schweizer Bauernverband, SBV)

Michael Zimmermann (Bundesamt für Landwirtschaft, BLW)

## Zitierung

Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg) 2020: Phosphorreiche Abfälle. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug, 19 S.

## Layout

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

## Titelbild

Gemüsedünger

[www.istockphoto.com](http://www.istockphoto.com), gvl

## PDF-Download

[www.bafu.admin.ch/uv-1826-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1826-d)

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2020

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>
------------------	----------

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Ausgangslage	6
1.2	Rechtliche Grundlagen	8
1.3	Ziele und Geltungsbereich	9
1.4	Grundsätze zur Phosphorrückgewinnung	9

---

<b>2</b>	<b>Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung</b>	<b>10</b>
2.1	Quantitative und qualitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung	10
2.1.1	Quantitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung	11
2.1.2	Qualitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung	11
2.2	Zuständigkeiten und Nachweis	11
2.2.1	Zuständigkeiten	11
2.2.2	Nachweis zur Einhaltung der qualitativen Anforderungen	11
2.2.3	Nachweis zur Einhaltung der quantitativen Anforderungen	11
2.3	Ausnahmen von der Phosphorrückgewinnung	12

---

<b>3</b>	<b>Berichterstattung</b>	<b>14</b>
3.1	Berichterstattung	14
3.2	Fachleute	14

---

<b>4</b>	<b>Vollzug durch die Kantone</b>	<b>15</b>
----------	----------------------------------	-----------

---

<b>5</b>	<b>Glossar</b>	<b>16</b>
----------	----------------	-----------

---

<b>6</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>17</b>
6.1	Abkürzungen	17
6.2	Abbildungen	17
6.3	Tabellen	17
6.4	Literatur	17

---

<b>Anhang</b>	<b>19</b>
---------------	-----------

---

# Abstracts

These guidelines are intended to help promote the recovery throughout Switzerland of phosphorus from phosphorus-rich waste. They provide the cantons and the industrial organisations concerned with a framework to recover phosphorus in the most uniform way possible. They explain the statutory requirements and describe the state of the art in phosphorus recovery.

Das vorliegende Vollzugshilfemodul soll dazu beitragen, dass Phosphor aus phosphorreichen Abfällen schweizweit zurückgewonnen wird. Sie gibt den Kantonen und den betroffenen Organisationen der Wirtschaft einen Rahmen für einen möglichst einheitlichen Vollzug bei der Phosphorrückgewinnung. Es werden sowohl die Anforderungen aus der Gesetzgebung erläutert als auch der Stand der Technik bei der Phosphorrückgewinnung beschrieben.

Le présent module d'aide à l'exécution vise à contribuer, dans toute la Suisse, à la récupération du phosphore dans les déchets qui en sont riches. Il offre aux cantons et aux organisations économiques concernées une base sur laquelle se fonder dans le cadre de la récupération du phosphore en vue d'une application la plus homogène possible. Ce document explicite aussi bien les exigences légales que l'état de la technique.

Il presente modulo dell'aiuto all'esecuzione intende fornire un contributo affinché la Svizzera recuperi il fosforo contenuto nei rifiuti. Questo documento offre ai Cantoni e alle organizzazioni dell'economia interessate un quadro di riferimento per un'esecuzione il più possibile uniforme nell'ambito del recupero di fosforo. Il modulo illustra sia i requisiti derivanti dalla legislazione che lo stato della tecnica nel recupero di fosforo.

**Keywords:**

*Phosphorus recovery, sewage sludge, waste water, sludge ash, meat and bone meal*

**Stichwörter:**

*Phosphorrückgewinnung, Klärschlamm, Abwasser, Klärschlammmasche, Tier- und Knochenmehl*

**Mots-clés :**

*récupération du phosphore, boues d'épuration, eaux usées, cendres de boues d'épuration, farines animales et poudres d'os*

**Parole chiave:**

*recupero di fosforo, fanghi di depurazione, acque di scarico, ceneri di fanghi di depurazione, farine animali e ossee*

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Schweiz kann ihren Phosphorbedarf, insbesondere den Bedarf an Phosphordünger, nur mittels Importe aus dem Ausland decken. Es gibt keine primären Phosphorvorkommen in der Schweiz und die direkte Ausbringung des phosphorhaltigen Klärschlammes in die Landwirtschaft ist seit 2006 verboten. Die Phosphorimporte betragen jedes Jahr netto knapp 15 000 Tonnen Phosphor (sämtliche Mengenangaben zum Phosphor beziehen sich auf das Element Phosphor), insbesondere als Mineraldünger (4200 Tonnen) sowie in Tierfutter (6200 Tonnen) und Lebensmitteln (2600 Tonnen). Diese Abhängigkeit ist Anlass zur Sorge. Zwar stehen mittelfristig ausreichend Phosphaterze zur Verfügung, aber die Vorkommen konzentrieren sich auf wenige Länder und geopolitisch instabile Regionen. Die aus Primärvorkommen produzierten Phosphordünger weisen zudem oft unerwünschte Cadmium- und Urankonzentrationen auf, die im Fall von Cadmium häufig die geltenden Grenzwerte gemäss Anhang 2.6 Ziffer 2.2.2 ChemRRV überschreiten. Dem hat der Bund Rechnung getragen, indem nach der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) ab 2026 die Phosphorrückgewinnungspflicht für Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlamm-Asche sowie für Tier- und Knochenmehl gilt. Der detaillierte Phosphorhaushalt der Schweiz ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der wichtigste phosphorreiche Abfall ist das Abwasser. Rund 6500 Tonnen Phosphor gehen in der Schweiz jährlich in diesem Abfallstrom verloren. In der Abwasserreinigung wird der Phosphor gezielt in den Klärschlamm verfrachtet, um eine Überdüngung der Gewässer zu vermeiden. Der Phosphor kann heute aus dem Abwasser, aus dem Klärschlamm sowie aus der Asche des Klärschlammes zurückgewonnen werden. In jedem Fall ist seit dem Verbot 2006 der direkten Ausbringung des Klärschlammes in der Landwirtschaft dieser thermisch zu behandeln. Wird Phosphor aus dem Klärschlamm auf einer zentralen Abwasserreinigungsanlage ARA mit einer entsprechenden Rückgewinnungsanlage gewonnen, muss der Klärschlamm anschliessend einer thermischen Behandlung zugeführt werden. Es fallen jährlich rund 180 000 Tonnen

Trockensubstanz (TS) Klärschlamm an, die sich auf drei thermischen Behandlungsanlagentypen verteilen. Ein Teil wird heute thermisch in der Kehrichtverbrennungsanlage KVA oder einer Monoverbrennungsanlage behandelt, ein anderer Teil wird zusätzlich stofflich und thermisch in Zementwerken verwertet. Für eine Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm-Asche eignet sich zum heutigen Zeitpunkt nur die Asche aus Monoverbrennungsanlagen. Eine Rückgewinnung von Phosphor aus KVA-Schlacke ist heute weder technisch möglich noch wirtschaftlich. Im Zementwerk entsteht neben Klinker kein Rückstand aus der thermischen Behandlung, aus dem Phosphor zurückgewonnen werden kann, weshalb dieser vorgängig herausgeholt werden muss.

Der zweite wichtige phosphorreiche Abfallstrom sind die tierischen Nebenprodukte. Rund 3700 Tonnen Phosphor gehen in der Schweiz jährlich über diese Abfälle in der Abfallwirtschaft verloren. Diese tierischen Nebenprodukte TNP weisen im Vergleich zu Klärschlamm hohe Phosphorkonzentrationen und geringe Verunreinigungen auf. Entsprechend lässt sich der Phosphor in tierischen Nebenprodukten technisch vergleichsweise einfach stofflich verwerten.

Die Phosphorrückgewinnung kann aus dem Schlammwasser; aus dem Klärschlamm; aus der Klärschlamm-Asche; aus weiteren phosphorhaltigen Stoffen, wie Tier- und Knochenmehl erfolgen. Die Möglichkeiten zur Phosphorrückgewinnung sind in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 1  
Phosphor-Haushalt der Schweiz (2015): P-Flüsse in Tonnen P

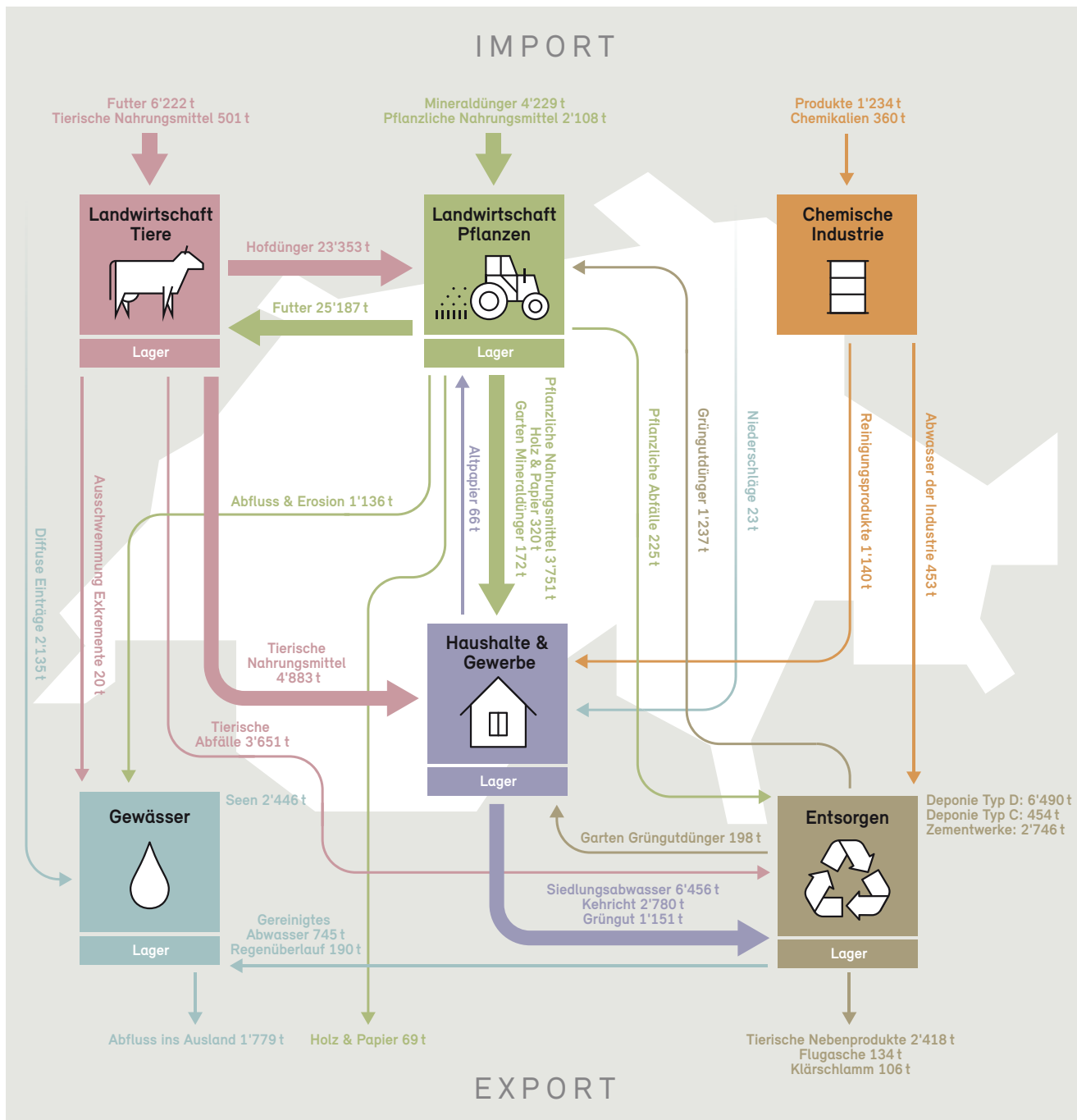
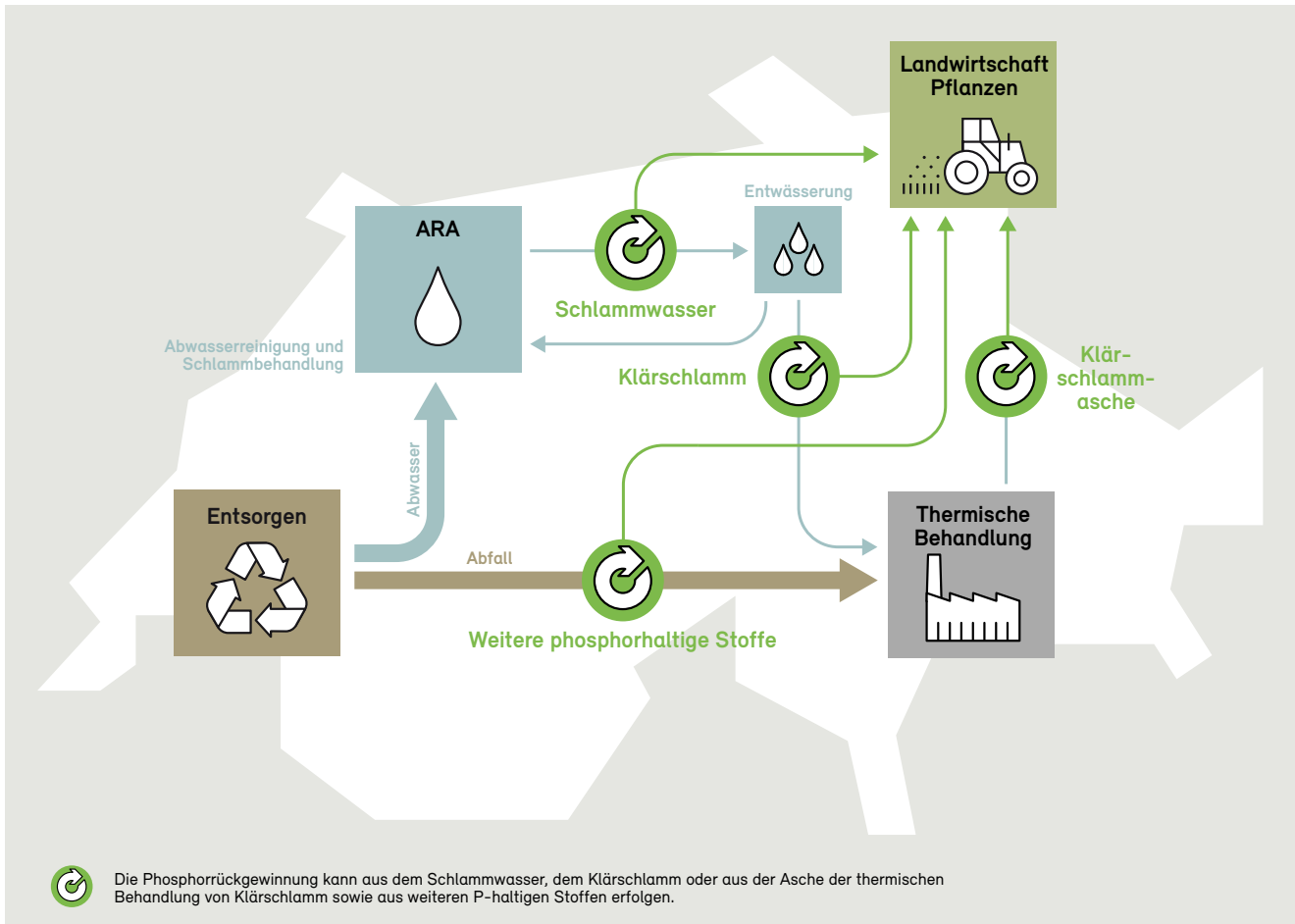


Abbildung 2  
Möglichkeiten der Phosphorrückgewinnung



## 1.2 Rechtliche Grundlagen

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG, SR 814.01), das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20), die Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600), die Verordnung über tierische Nebenprodukte (VTNP, SR 916.441.22) sowie die Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) enthalten die grundsätzlichen Vorschriften für einen umweltverträglichen Umgang mit Abfällen.

Die VVEA enthält technische und organisatorische Vorschriften zur Vermeidung, Verwertung, Behandlung und Ablagerung von Abfällen. Sie hat zum Ziel, die Umwelt vor

schädlichen und lästigen Einwirkungen durch Abfälle zu schützen. Zudem ist die nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen zu fördern. Artikel 15 Absatz 1 VVEA besagt, dass aus Abwasser, aus Klärschlamm zentraler Abwasserreinigungsanlagen oder aus der Asche aus der thermischen Behandlung von solchem Klärschlamm Phosphor zurückzugewinnen und stofflich zu verwerten ist. Gleiches gilt für den Phosphor in Tier- und Knochenmehl, das nicht als Futtermittel verwendet wird (Artikel 15 Absatz 2 VVEA).

Der Bundesrat hat mit Artikel 51 VVEA festgelegt, dass diese Rückgewinnungspflicht für Phosphor ab dem 1. Januar 2026 gilt. Die Verwertung muss nach dem Stand der Technik erfolgen (Artikel 12 Absatz 2 VVEA).



Wird aus den phosphorreichen Abfällen, wie Abwasser, Klärschlamm, Klärschlammasche oder Tier- und Knochenmehl, ein Dünger gewonnen, sind die dazu notwendigen Qualitätsanforderungen in Anhang 2.6 Ziffer 2.2.4 der Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (ChemRRV, SR 814.81) und in den einschlägigen Düngeranforderungen gemäss der Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV, SR 916.171) und der Verordnung des WBF über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung WBF, DüBV, SR 916.171.1) festgelegt.

Im Artikel 18 GSchV sind die Anforderungen an den Klärschlamm-Entsorgungsplan definiert.

Weitere rechtliche Grundlagen sind das Tierseuchengesetz (TSG, SR 916.40) sowie die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610).

### 1.3 Ziele und Geltungsbereich

Das vorliegende Vollzugshilfemodul beschreibt den Stand der Technik bei der Phosphorrückgewinnung und hat zum Ziel, eine harmonisierte Umsetzung der Rückgewinnungspflicht (Artikel 15 VVEA) zu gewährleisten. Dieser Stand der Technik wird regelmässig überprüft und wenn nötig angepasst. In der Schweiz soll mindestens so viel Phosphor zurückgewonnen werden, wie mit Mineraldünger und chemischen Produkten importiert wird. Ziel der Phosphorrückgewinnung ist es, den Phosphorkreislauf in der Schweiz zu schliessen. Der überwiegend aus der Landwirtschaft (Futtermittel, Lebensmittel) stammende Phosphor soll vorrangig wieder in die Landwirtschaft fliessen. Weiter können dadurch unerwünschte Cadmium- und Uranfrachten aus mineralischen Düngern vermieden werden, was dem qualitativen Bodenschutz dient. Daher ist es für die Umwelt von grossem Interesse, wenn die Phosphorrückgewinnung in Form von mineralischem Recyclingdünger in der Schweiz stattfindet und somit die Importe und der Einsatz von Phosphormineraldünger verringert werden. Grundsätzlich ist es natürlich auch zulässig Phosphor in Form anderer Produkte, z. B. Phosphorsäure, wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen.

### 1.4 Grundsätze zur Phosphorrückgewinnung

Die Phosphorrückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm oder aus der Asche aus der thermischen Behandlung von solchem Klärschlamm sowie aus Tier- und Knochenmehl leistet einen Beitrag an eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft. Dafür gelten folgende Grundsätze für die Phosphorrückgewinnung:

- a. Klärschlamm soll stofflich (bezogen auf Phosphor) und energetisch verwertet werden.
- b. Schadstoffe werden bei der Phosphorrückgewinnung ausgeschleust und, wenn möglich, der Verwertung zu geführt.
- c. Mineralische Rückstände aus der Phosphorrückgewinnung, beispielsweise Aschen, aus den Phosphor zurückgewonnen wurde oder Gips, sind je nach ihrer physikalischen und chemischen Eignung der Verwertung zuzuführen.
- d. Es sind nach Möglichkeit marktfähige Phosphorzyklate herzustellen. Dabei sind die Qualitätsanforderungen gemäss Anhang 2.6 Ziffer 2.2.4 ChemRRV zu erfüllen. Ist eine Verwertung in der Landwirtschaft nicht möglich, sind auch andere Formen der Phosphor-Verwertung zulässig (z. B. Herstellung von Phosphorsäure).
- e. Bei der ökologischen Beurteilung der Phosphorrückgewinnungsverfahren sind alle Material- und Energieströme, inklusive Betriebsmittel und die Entsorgung von Rückständen, zu berücksichtigen.
- f. Für die Finanzierung der Phosphorrückgewinnung gilt im Grundsatz das Verursacherprinzip. Die Finanzierung ist dementsprechend sicherzustellen. Dabei soll die finanzielle Belastung der gebundenen Kunden (Abwassergebührenpflichtige können die Entsorgungswege ihres Klärschlammes nicht selbst bestimmen) möglichst gering zu halten und der Wettbewerb darf nicht zuungunsten der privaten Akteure verzerrt werden.
- g. Die bestehende Infrastruktur zur Klärschlamm-Entsorgung sowie zur Entsorgung von Tier- und Knochenmehl in der Schweiz soll nach Möglichkeit weiter genutzt werden.
- h. Klärschlamm darf weiterhin nicht direkt in die Landwirtschaft ausgebracht werden (Anhang 2.6 Ziffer 3.3.1 Absatz 4 ChemRRV).

## 2 Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung

### 2.1 Quantitative und qualitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung

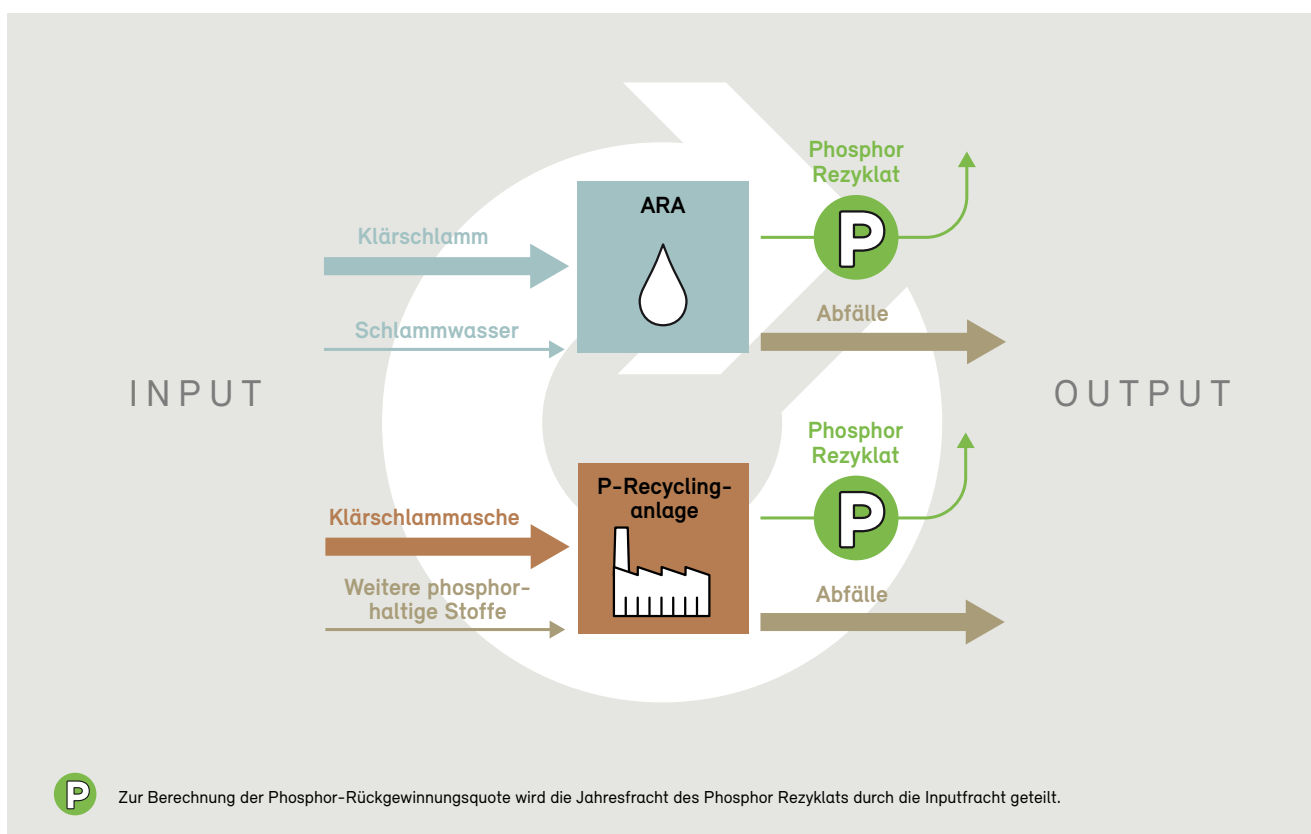
Bei der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser, Klärschlamm oder aus der Asche aus der thermischen Behandlung von solchem Klärschlamm sowie aus Tier- und Knochenmehl handelt es sich um einen neuen Technologiezweig, dessen Entwicklung primär durch die Gesetzgebung getrieben wird. Zwar wird verschiedenen Orts heute bereits Phosphor aus dem Abwasserstrom zurückgewonnen. Dabei handelt es sich aber primär um eine Massnahme zur Verminderung von betrieblichen Problemen im Zusammenhang mit der Ausfällung des Mine-

rals Struvit. Die Rückgewinnungsquoten für Phosphor sind dabei tief, in der Regel unter 20%. Von einer Phosphorrückgewinnung im Sinne einer Kreislaufschliessung kann dabei nicht gesprochen werden.

Der Stand der Technik bei der Phosphorrückgewinnung lässt sich somit zum heutigen Zeitpunkt noch nicht anhand von Erfahrungswerten aus grosstechnischen Anlagen beschreiben. Die Verfahrensentwickler und die Entsorgungsunternehmen sowie die kantonalen Behörden, als Vollzugsbehörde und Entscheidungsträger, sind aber für eine zielgerichtete Entwicklung und Umsetzung der Pflicht der Phosphorrückgewinnung auf konkrete

Abbildung 3

Stoffflüsse für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm oder Schlammwasser auf einer zentralen ARA sowie die Systemgrenze für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm-Asche auf einer Phosphorrückgewinnungsanlage



qualitative und quantitative Anforderungen angewiesen. Auf der Basis diverser Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie der bestehenden rechtlichen Vorgaben können bereits heute sinnvolle quantitative und qualitative Anforderungen hergeleitet werden, welche den derzeitigen Stand der Technik beschreiben.

### 2.1.1 Quantitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung

Grundsätzlich soll so viel Phosphor aus dem jeweiligen Abfallstrom zurückgewonnen werden, wie nach dem Stand der Technik machbar ist. In der Schweiz soll langfristig mindestens so viel Phosphor zurückgewonnen werden, wie zurzeit mit Mineraldünger und chemischen Produkten importiert wird. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, ist eine Rückgewinnungsquote erforderlich. Das übergeordnete Ziel, mindestens so viel Phosphor aus Abwasser, Klärschlamm oder aus der Asche aus der thermischen Behandlung von solchem Klärschlamm sowie aus Tier- und Knochenmehl zurückzugewinnen, ist mit diesem Vorgehen nicht gefährdet.

Aus Schlammwasser, Klärschlamm zentraler Abwasserreinigungsanlagen oder aus der Asche der thermischen Behandlung von Klärschlamm zentraler Abwasserreinigungsanlagen ist die Phosphorfracht im Prozessinput zurückzugewinnen. In diesem Input (= Prozessinput = Schlammwasser = Klärschlamm = Asche) hat es Phosphor (= Phosphorfracht). Dieser Phosphor, der im Input vorhanden ist, muss zurückgewonnen werden, wie in Abbildung 3 dargestellt ist. Nach dem Stand der Technik gilt, dass für Anlagen der Anteil der zurückgewonnenen Phosphorfracht mindestens **50 %** beträgt.

Der in Tier- und Knochenmehl enthaltene Phosphor ist mindestens zu **50 %** bezogen auf die Phosphorfracht im Prozessinput zurückzugewinnen und stofflich zu verwerten, sofern das Tier- und Knochenmehl nicht als Futtermittel verwendet wird.

### 2.1.2 Qualitative Anforderungen an die Phosphorrückgewinnung

Bei der Rückgewinnung von Phosphor aus phosphorreichen Abfällen sind Schadstoffe gemäss Artikel 15 Absatz 3 VVEA grundsätzlich nach dem Stand der Technik zu entfernen, wenn der zurückgewonnene Phosphor zur

Herstellung eines Düngers verwendet werden soll. Diese Vorgabe gilt dann als erfüllt, sofern die Anforderungen Anhang 2.6 Ziffer 2.2.4 ChemRRV eingehalten werden.

Wird der zurückgewonnene Phosphor anderweitig stofflich verwertet (z. B. als Phosphorsäure), ergeben sich die Vorgaben bezüglich Schadstoffentfernung aus den jeweiligen marktseitigen, für den Verwendungszweck spezifischen Anforderungen.

## 2.2 Zuständigkeiten und Nachweis

### 2.2.1 Zuständigkeiten

Nachweispflichtig sind die Inhaberinnen und Inhaber von Phosphorrückgewinnungsanlagen. Wenn jedoch Klärschlamm zu einer anderen zentralen ARA zur Phosphorrückgewinnung transportiert wird, sind die Inhaberinnen und Inhaber des gelieferten Klärschlamm für die Bestimmung der Phosphorfracht in diesem Klärschlamm verantwortlich.

Wenn eine Monoverbrennungsanlage beliefert wird, ist eine Bestimmung nicht nötig, weil die Phosphorfracht in der Asche massgebend ist.

Zeigt der Nachweis Auffälligkeiten auf, kann die kantonale Behörde die Durchführung von Kontrollmessungen zwecks Überprüfung und Plausibilisierung veranlassen. Die Kosten sind durch die Inhaberinnen und Inhaber der Phosphorrückgewinnungsanlage zu tragen.

### 2.2.2 Nachweis zur Einhaltung der qualitativen Anforderungen

Zur Kontrolle der Einhaltung der qualitativen Anforderungen gemäss Kapitel 2.1.2 sind die für das Inverkehrbringen entsprechender Phosphor-Rezyklate erforderlichen Nachweise zu erbringen, wie z. B. für mineralische Recyclingdünger der Nachweis, dass die Grenzwerte gemäss Anhang 2.6 Ziffer 2.2.4 ChemRRV eingehalten sind.

### 2.2.3 Nachweis zur Einhaltung der quantitativen Anforderungen

Zur Kontrolle der Einhaltung der quantitativen Anforderungen ist die erzielte Phosphor-Rückgewinnungsquote jährlich zu ermitteln und zuhanden der kantonalen Behörde

de zu dokumentieren. Hierfür stellt das BAFU den Betreibern und Behörden als Hilfsmittel eine Dokumentations- und Berechnungsvorlage zur Verfügung (Anhang). Die jährliche Rückgewinnungsquote wird dabei wie folgt berechnet:

$$\text{Jährliche Rückgewinnungsquote [\%]} = \frac{\text{P im Rezyklat [kg P pro Jahr]}}{\sum \text{P in Inputs [kg P pro Jahr]}} \times 100$$

Als Input in den Prozess der Phosphorrückgewinnung kommen folgende Stoffe in Frage:

- Klärschlamm (eigener oder angenommener Frisch-, Überschuss- oder Faulschlamm, flüssig oder entwässert)
- Schlammwasser
- Klärschlammasche aus einer thermischen Behandlung von Klärschlamm zentraler Abwasserreinigungsanlagen

- Weitere P-haltige Stoffe im Zulauf der P-Rückgewinnungsanlage (z. B. Tier- und Knochenmehl)

Als Rezyklat ist das Produkt aus der Phosphorrückgewinnungsanlage definiert. Dies kann z. B. Phosphorsäure, Phosphordünger oder ähnliches sein. Die Anforderungen zur Bestimmung der oben genannten Stoffströme sind in nachfolgender Tabelle 1 beschrieben.

### 2.3 Ausnahmen von der Phosphorrückgewinnung

Aus Gründen der Verhältnismässigkeit sind Inhaberinnen und Inhaber einer zentralen ARA mit weniger als 1000 Einwohnerwerten (EW) entsprechend dem derzeitigen Stand der Technik generell von der P-Rückgewinnungspflicht ausgenommen.

**Tabelle 1**  
Anforderungen zur Bestimmung der Phosphorstoffströme

Stoffstrom	Zu bestimmende Grösse	Vorgaben zur Bestimmung / Messung
<b>Prozessinputs</b>		
Klärschlamm	P im Klärschlamm (in kg pro Jahr)	Der Stoffstrom P im Klärschlamm ergibt sich durch Subtraktion der Phosphorfracht im Ablauf von der Phosphorfracht im Zulauf (Gesamtphosphor):  <b>Fracht P<sub>tot, Zulauf</sub> – Fracht P<sub>tot, Ablauf</sub> = P im Klärschlamm</b>  Die Phosphorfracht im Klärschlamm wird berechnet aus der Zulauf- und Ablauffracht. Für die Bestimmung der Fracht im Rohabwasser und im gereinigten Abwasser sind die unten genannten Bestimmungsmethoden zu verwenden. Für Kläranlagen, auf denen kein Phosphor gefällt wird, gilt als Input die P-Fracht im Zulauf.
Rohabwasser	P im Rohabwasser (in kg pro Jahr)	Der Stoffstrom P im Rohabwasser ergibt sich durch Multiplikation des Rohabwasserzuflusses zur ARA mit der Gesamtphosphorkonzentration im Rohabwasser (jeweils Gesamtphosphor):  <b>Konzentration P<sub>tot, Zulauf</sub> × Zufluss<sub>ARA</sub> = Fracht P<sub>tot, Zulauf</sub></b>  Die Messung des Gesamtphosphors erfolgt wie heute üblich mittels Küvettentests. Diese müssen den Gesamtphosphor gemäss Anhang 3.1 Ziffer 3 GSchV nach Aufschluss messen. Die Messungen haben gemäss der BAFU-Vollzugshilfe «Betrieb und Kontrolle von Abwasserreinigungsanlagen» zu erfolgen.

Stoffstrom	Zu bestimmende Grösse	Vorgaben zur Bestimmung / Messung
<b>Prozessinputs</b>		
Gereinigtes Abwasser	P im Ablauf der ARA (in kg pro Jahr)	<p>Der Stoffstrom P im gereinigten Abwasser ergibt sich durch Multiplikation des Abflusses von der ARA mit der Gesamtphosphorkonzentration im gereinigten Abwasser (jeweils Gesamtphosphor):</p> <p><b>Konzentration <math>P_{\text{tot, Ablauf}}</math> × Ablauf<sub>ARA</sub> = Fracht <math>P_{\text{tot, Ablauf}}</math></b></p> <p>Die Messung des Gesamtphosphors erfolgt wie heute üblich mittels Küvettentests. Diese müssen den Gesamtphosphor gemäss Anhang 3.1 Ziffer 3 GSchV nach Aufschluss messen. Die Messungen haben gemäss der BAFU-Vollzugshilfe «Betrieb und Kontrolle von Abwasserreinigungsanlagen» zu erfolgen.</p>
Schlammwasser	P im Schlammwasser (in kg pro Jahr)	<p>Der Stoffstrom P im Schlammwasser ergibt sich durch Multiplikation der Schlammwassermenge mit der Phosphorkonzentration im Schlammwasser (Gesamtphosphor):</p> <p><b>Konzentration <math>P_{\text{tot, Schlammwasser}}</math> × Menge<sub>Schlammwasser</sub> = P im Schlammwasser</b></p> <p>Analog der Messungen für Rohabwasser und gereinigtem Abwasser.</p>
Asche	P in der Asche (in kg pro Jahr)	<p>Der Stoffstrom P in der Asche ergibt sich durch Multiplikation der jährlichen Aschemenge mit der durchschnittlichen Phosphorkonzentration in der Asche (Gesamtphosphor):</p> <p><b>Konzentration <math>P_{\text{tot, Asche}}</math> × Menge<sub>Asche</sub> = P in der Asche</b></p> <p>Die Messung der Gesamtphosphorkonzentration in der Asche hat auf Basis einer Jahresmischprobe zu erfolgen. Diese ist auf Basis von Wochenstichproben zu erstellen. Sofern eine Phosphorrückgewinnungsanlage Aschen mehrerer Monoverbrennungsanlagen verwertet, sind sämtliche Aschen unterschiedlicher Herkunft mengenproportional in die Erstellung der Wochenmischproben miteinzubeziehen. Für die Erstellung der Jahresmischprobe sind die Bestimmungen gemäss BAFU-VVEA-Vollzugshilfemodul «Probenahme fester Abfälle», einzuhalten. Für die Messung der Gesamtphosphorkonzentration sind die Bestimmungen gemäss BAFU-Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» einzuhalten. Rückstellproben der Jahresmischproben sind zu archivieren.</p>
Weitere P-haltige Inputs	P in weiteren P-haltigen Inputs (in kg P pro Jahr)	<p>Der Stoffstrom P in weiteren phosphorhaltigen Inputs ergibt sich durch Multiplikation der jährlichen Menge des jeweiligen weiteren P-haltigen Inputs mit der jeweiligen durchschnittlichen Phosphorkonzentration im entsprechenden Input (Gesamtphosphor):</p> <p><b>Konzentration <math>P_{\text{tot}}</math> × <math>M_{\text{Input}}</math> = P in weiteren P-haltigen Inputs</b></p> <p>Die Messung des Gesamtphosphors in weiteren P-haltigen Inputs hat mit einer für den jeweiligen Input geeigneten Methode auf Basis einer Jahresmischprobe zu erfolgen. Diese ist auf Basis von Wochenstichproben zu erstellen. Sofern die Anlieferung des entsprechenden Inputs in längeren Intervallen erfolgt, sind Stichproben sämtlicher Chargen in die Erstellung der Jahresmischprobe einzubeziehen. Für die Erstellung der Jahresmischprobe sind die Bestimmungen gemäss BAFU-VVEA-Vollzugshilfemodul «Probenahme fester Abfälle» einzuhalten. Für die Messung der Gesamtphosphorkonzentration sind die Bestimmungen gemäss BAFU-Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» einzuhalten. Die kantonale Behörde entscheidet über die Rückstellung von Wochenstichproben und Jahresmischproben in Abhängigkeit des jeweiligen P-haltigen Inputs.</p>
<b>Rezyklat</b>		
Phosphor-Rezyklat	P im Rezyklat (in kg pro Jahr)	<p>Der Stoffstrom P im Rezyklat ergibt sich durch Multiplikation der jährlichen Menge des Phosphor-Rezyklates mit der durchschnittlichen Gesamtphosphorkonzentration im Phosphor-Rezyklat.</p> <p><b>Konzentration <math>P_{\text{tot, P-Rezyklat}}</math> × Menge<sub>P-Rezyklat</sub> = P im Rezyklat</b></p> <p>Die Messung der Gesamtphosphorkonzentration im Phosphor-Rezyklat hat mit einer für das jeweilige P-Rezyklat geeigneten Methode auf Basis einer Jahresmischprobe zu erfolgen. Diese ist auf Basis von Wochenstichproben zu erstellen. Handelt es sich beim P-Rezyklat um einen Feststoff, sind die Bestimmungen gemäss BAFU-VVEA-Vollzugshilfemodul «Probenahme fester Abfälle» einzuhalten. Für die Messung der Gesamtphosphorkonzentration sind die Bestimmungen gemäss BAFU-Vollzugshilfe «Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich» einzuhalten. Rückstellproben der Jahresmischproben sind zu archivieren.</p>

---

## 3 Berichterstattung

### 3.1 Berichterstattung

Die Kantone erstellen gemäss Artikel 18 GschV einen Klärschlamm-Entsorgungsplan, der auch die Phosphorrückgewinnung nach Artikel 15 VVEA berücksichtigt. Die Klärschlamm Entsorgung mit den entsprechenden Anlagen ist ein integraler Bestandteil der kantonalen Abfallplanungen. Darin ist nach Artikel 4 VVEA der Bedarf an Anlagen zur Phosphorrückgewinnung auszuweisen und die notwendigen Einzugsgebiete festzulegen. Zudem erstellen die Kantone jährlich öffentlich zugängliche Verzeichnisse mit Angaben zu Mengen von Abfällen und Abfallanlagen (Artikel 6 VVEA). Für das Phosphorrecycling sind dazu folgende Angaben erforderlich:

Inhaberinnen und Inhaber von Abfallanlagen, die eine Phosphorrückgewinnung betreiben, legen der kantonalen Behörde jährlich per 28. Februar einen Bericht über die Phosphorrückgewinnung für das vorangegangene Kalenderjahr mit folgenden Kennzahlen vor:

1. Kurzer Anlagenbeschrieb der Anlage zur Phosphorrückgewinnung mit den möglicherweise erfolgten Änderungen gegeben über dem vergangenen Berichtszeitraum
2. Mengenströme (Abfälle, Produkte, eingesetzte Hilfsmittel inkl. Nachweis zur Einhaltung der quantitativen Anforderungen)
3. Energiebilanz über die gesamte Anlage zur Phosphorrückgewinnung
4. Entsorgungswege inkl. Entsorgungsanlagen der verbliebenen Abfälle
5. Resultate der Qualitätsuntersuchungen gemäss Anhang 2.6 Ziffer 2.4.4 ChemRRV

Für die Berichterstattung ist die durch das BAFU zur Verfügung gestellte Vorlage zu verwenden (vgl. Anhang dieser Vollzugshilfe).

Die kantonale Behörde leitet die Berichterstattung bis zum 30. Juni des jeweiligen Kalenderjahres an das BAFU weiter. Das BAFU wertet die Berichterstattungen 5-jähr-

lich aus und informiert in geeigneter Form über den Stand der Zielerreichung gemäss Ziffer 1.3 dieser Vollzugshilfe.

### 3.2 Fachleute

Inhaberinnen und Inhaber von Anlagen zur Phosphorrückgewinnung müssen gemäss Artikel 27 Absatz 1 Buchstabe f VVEA sicherstellen, dass sie selber und das Personal über die erforderlichen Fachkenntnisse für den fachgerechten Betrieb der Anlagen verfügen und der kantonalen Behörde auf deren Verlangen die entsprechenden Aus- und Weiterbildungszeugnisse vorweisen.

---

## 4 Vollzug durch die Kantone

Die Erstellung der Abfallplanung sowie deren Vollzug und die Entsorgung der Siedlungsabfälle fällt in den Aufgabenbereich der Kantone (Artikel 31, Artikel 31a und 31b USG). Die Kantone legen für Abfälle aus der öffentlichen Abwasserreinigung, also auch für den Klärschlamm, Einzugsgebiete fest und sorgen für einen wirtschaftlichen Betrieb der Abfallanlagen. Auch der Vollzug des Klärschlamm-Entsorgungsplans gemäss Artikel 18 GschV fällt in den Zuständigkeitsbereich der Kantone.

## 5 Glossar

### **Abfallanlagen**

Anlagen, in denen Abfälle behandelt, verwertet, abgelagert oder zwischengelagert werden, ausgenommen sind Materialentnahmestellen, in denen Aushub- und Ausbruchmaterial verwertet wird (Artikel 3 Buchstabe g VVEA).

### **Abfallinhaberinnen und Abfallinhaber**

Natürliche oder juristische Person in Besitz von Abfall.

### **Chemischer Sauerstoffbedarf**

Der chemische Sauerstoffbedarf ist ein Mass für die Summe aller oxidierbaren Stoffe in einer wässrigen Lösung.

### **Entsorgung**

Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung (Art. 7 Abs. 6<sup>bis</sup> USG).

### **Klärschlamm**

Klärschlamm ist der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserreinigungsanlagen anfallende Schlamm (z. B.: Überschussschlamm, Frischschlamm, Faulschlamm)

### **Gesamtposphorgehalt $P_{\text{tot}}$**

Gesamtposphor nach Aufschluss

### **P-Rezyklat**

Ein mittels Phosphorrückgewinnung produziertes Phosphor-Produkt wird als Phosphor-Rezyklat oder vereinfacht P-Rezyklat bezeichnet.

### **Phosphorrückgewinnung**

Unter Phosphorrückgewinnung wird jeder Prozess verstanden, welcher den in Stoffströmen der Abfallwirtschaft enthaltenen Phosphor (oftmals auch «sekundärer» Phosphor genannt) in ein Produkt überführt, welches dem Wirtschaftskreislauf zugeführt wird und dort eine äquivalente Menge Phosphor aus primären Quellen ersetzt.

### **P-Rückgewinnungsquote**

Anteil des Phosphors, welcher aus dem Stoffstrom der Abfallwirtschaft in das P-Rezyklat überführt wird. Sofern

der Phosphor aus dem Abwasser zurückgewonnen wird, ist die Bezugsgrösse die Phosphorfracht im Rohabwasser abzüglich der Phosphorfracht im gereinigten Abwasser.

### **Recycling**

vgl. Verwertung, stoffliche

### **Rohabwasser**

Das einer Abwasserreinigungsanlage zufließende Abwasser.

### **Thermische Behandlung**

Die Behandlung von Abfällen mit so hoher Temperatur, dass umweltgefährdende Stoffe zerstört oder durch Mineralisierung physikalisch oder chemisch gebunden werden (Art. 3 Bst. I VVEA).

### **Verwertung, stofflich**

Verfahren, auch Recycling genannt, bei dem die stofflichen Eigenschaften von Abfällen genutzt werden. Dabei werden bestimmte Stoffe bzw. Abfälle getrennt gesammelt oder nachträglich sortiert, aufbereitet und als Sekundärrohstoffe oder -produkte wieder in den Wirtschaftskreislauf geführt.

### **Verwertung, energetisch**

Einsatz von Abfällen als Ersatz für herkömmliche Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung.

### **Zentrale Abwasserreinigungsanlage**

Als zentrale Abwasserreinigungsanlagen gelten gemäss Artikel 10 Absatz 1 GSchG Abwasserreinigungsanlagen, welche die anfallenden Abwässer aus Bauzonen oder aus bestehenden Gebäudegruppen ausserhalb der Bauzonen reinigen.



---

# 6 Verzeichnisse

## 6.1 Abkürzungen

**ARA**

Abwasserreinigungsanlagen

**ChemRRV**

Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung

**CSB**

Chemischer Sauerstoffbedarf in mg/l

**DüBV**

Düngerbuch-Verordnung WBF

**DüV**

Dünger-Verordnung

**EW**

Einwohnerwert

**GSchG**

Gewässerschutzgesetz

**P**

Phosphor

**TS**

Trockensubstanz

**TSG**

Tierseuchengesetz

**USG**

Umweltschutzgesetz

**VeVA**

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen

**VTNP**

Verordnung über tierische Nebenprodukte

**VVEA**

Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

## 6.2 Abbildungen

**Abbildung 1**

P-Haushalt der Schweiz (2015): P-Flüsse in Tonnen P.

**Abbildung 2**

Möglichkeiten der Phosphorrückgewinnung

**Abbildung 3**

Stoffflüsse für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm oder Schlammwasser auf einer zentralen ARA sowie für die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm- asche auf einer Phosphorrückgewinnungsanlage.

## 6.3 Tabellen

**Tabelle 1**

Anforderungen zur Bestimmung der Phosphorstoffströme

## 6.4 Literatur

**USG**

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983

**VVEA**

Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 4. Dezember 2015

**GSchG**

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991

**GSchV**

Gewässerschutzverordnung (GSchV), vom 28. Oktober 1998

---

### **DüV**

Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngern (Dünger-Verordnung, DüV) vom 10. Januar 2001

### **DüBV**

Verordnung des WBF über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuch-Verordnung WBF; DüBV) vom 16. November 2007

### **ChemRRV**

Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV) vom 18. Mai 2005

### **TSG**

Tierseuchengesetz (TSG), vom 1. Juli 1966

### **VTNP**

Verordnung über tierische Nebenprodukte (VTNP), vom 25. Mai 2011

### **VeVA**

Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA), vom 22. Juni 2005

### **BAFU (Hrsg.) 2017**

Messmethoden im Abfall- und Altlastenbereich. Stand 2017. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1715: 82 S.

### **BAFU (Hrsg.) 2019**

Probenahme fester Abfälle. Stand 2019. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1826: 65 S.

### **Binder und Mehr 2016**

Phosphorflüsse in der Schweiz 2015: Stand Entwicklungen und Treiber. Endbericht. EPFL im Auftrag des BAFU

### **EN ISO 6878 2004**

Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Phosphor – Photometrische Verfahren mittels Ammoniummolybdat

### **Merkblatt DWA-M 383 2008**

Kennwerte der Klärschlammwässerung

# Anhang

## Datendokumentation für Betreiber von Phosphorrecyclingsanlagen

für P-Recycling aus Klärschlamm, Schlammwasser oder Klärschlammasche

Für die Berechnung der P-Rückgewinnungsquote müssen vom Betreiber der Recyclinganlage folgende Schritte durchgeführt werden:

**1**

Eingabe der Daten zum zugeführten **Klärschlamm, Schlammwasser** oder zur **Asche** in die gelb markierten Felder eines der folgenden Formulare.

Formular für Dateneingabe  
P-Recycling aus **Klärschlamm**

Formular für Dateneingabe  
P-Recycling aus **Schlammwasser**

Formular für Dateneingabe  
P-Recycling aus **Klärschlammasche**

**2**

Eingabe von weiteren **P-haltigen Inputs** in das untenstehende Formular

Formular für Dateneingabe  
von weiteren **P-haltigen Inputs**

**3**

Eingabe der Daten zum **Rezyklat** in die gelb markierten Felder des untenstehenden Formulars

Formular für Dateneingabe  
**Rezyklat**

### Übersicht und Berechnung der jährlichen Rückgewinnungsquote

#### Beispiel

In die Recyclinganlage eingehende Phosphorfracht im Klärschlamm pro Jahr (kg/Jahr):	1510.3
In die Recyclinganlage eingehende Phosphorfracht in der Klärschlammasche pro Jahr (kg/Jahr):	0.0
In die Recyclinganlage eingehende Phosphorfracht im Schlammwasser pro Jahr (kg/Jahr):	0.0
In die Recyclinganlage eingehende weitere P-haltige Inputs (kg/Jahr):	0.0
Phosphorfracht im Rezyklat pro Jahr (kg/Jahr):	1040.0
<b>Jährliche Rückgewinnungsquote:</b>	<b>68.9%</b>