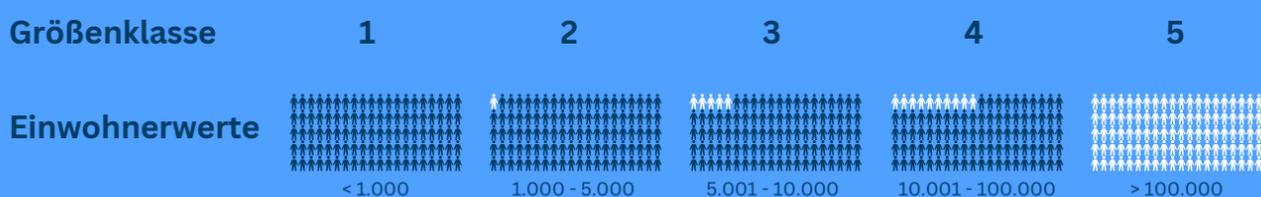


ABWASSER ALS RESSOURCE?

Neben vielen weiteren Nährstoffen ist Phosphor Bestandteil unseres Abwassers und bietet ein großes, bislang wenig genutztes, Recycling-Potential zur Verwendung als Düngemittel in der Landwirtschaft. Eine Hauptrolle spielen die Kläranlagen: Wie groß ist ihr Potential der Phosphorrückgewinnung überhaupt? Ein Überblick und ein Szenario

Kläranlagen - Größenklassen ¹

In Deutschland werden Kläranlagen nach ihrer Kapazität in **fünf unterschiedliche Größenklassen** aufgeteilt. Die Kapazität der Anlagen wird in dabei in Einwohnerwerten (EW) angegeben, wobei ein EW der **durchschnittlichen Belastung des Abwassers eines Einwohners** entspricht.



Doch wie sind diese Größenklassen in Deutschland vertreten? Auch wenn die Anzahl der Anlagen mit zunehmender Größe abnimmt, leisten die Anlagen der **Klassen 4 und 5 den Hauptanteil der Abwasseraufbereitung**.



Abwasserverwertung - Status Quo ²

Klärschlamm ist ein **Nebenprodukt der Abwasseraufbereitung**, das sowohl Schadstoffe als auch wertvolle Nährstoffe wie **Phosphor** enthält. Die Nutzung beziehungsweise Entsorgung von Klärschlämmen erfolgt in Deutschland auf verschiedenen Wegen.



Die "neue" Klärschlammverordnung ³

Seit Oktober 2017 ist in Deutschland eine neue Klärschlammverordnung (AbfKlärV) in Kraft getreten. Sie steht ganz unter dem Motto „Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beenden und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewinnen“. Das wichtigste in Kürze:



Um Schadstoffeinträge in Böden möglichst zu verringern, ist die sogenannte „bodenbezogene Verwertung“, also vor allem die **Düngung von landwirtschaftlichen Flächen mit Klärschlämmen**, ab 2032 für Klärschlämme **aus Anlagen ab Größenklasse 4 nicht mehr zulässig**.

Für Klärschlämme mit einem - auf die Trockenmasse bezogenen - **Phosphorgehalt von 2% und höher** gibt es ab spätestens 2029 eine **Pflicht zur Phosphorrückgewinnung**.

1.740.089 t

Klärschlamm

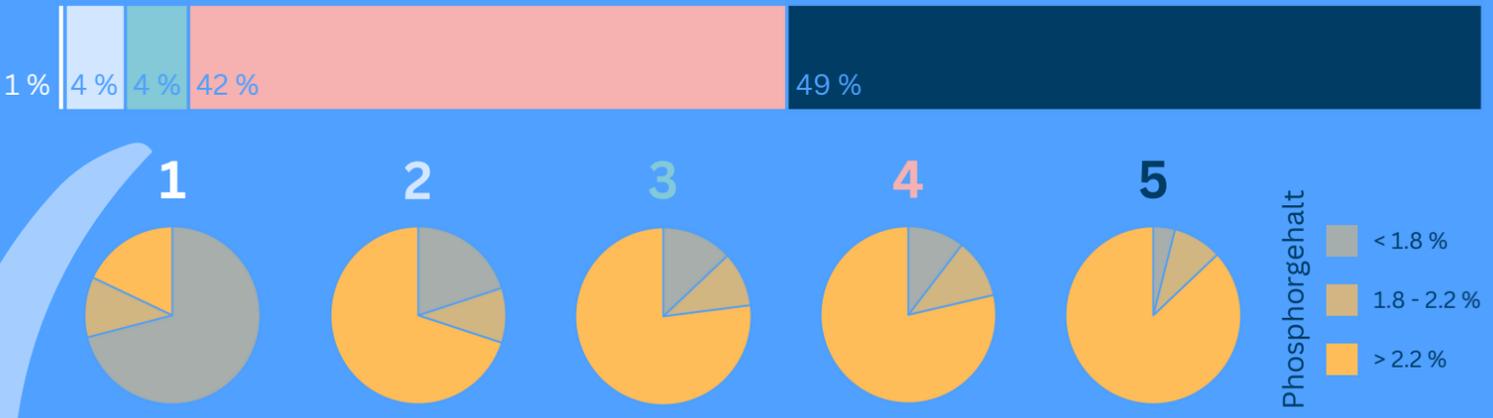
40.022 t
P

Abwasser
9.047.942.000 t

Phosphor im Klärschlamm⁵

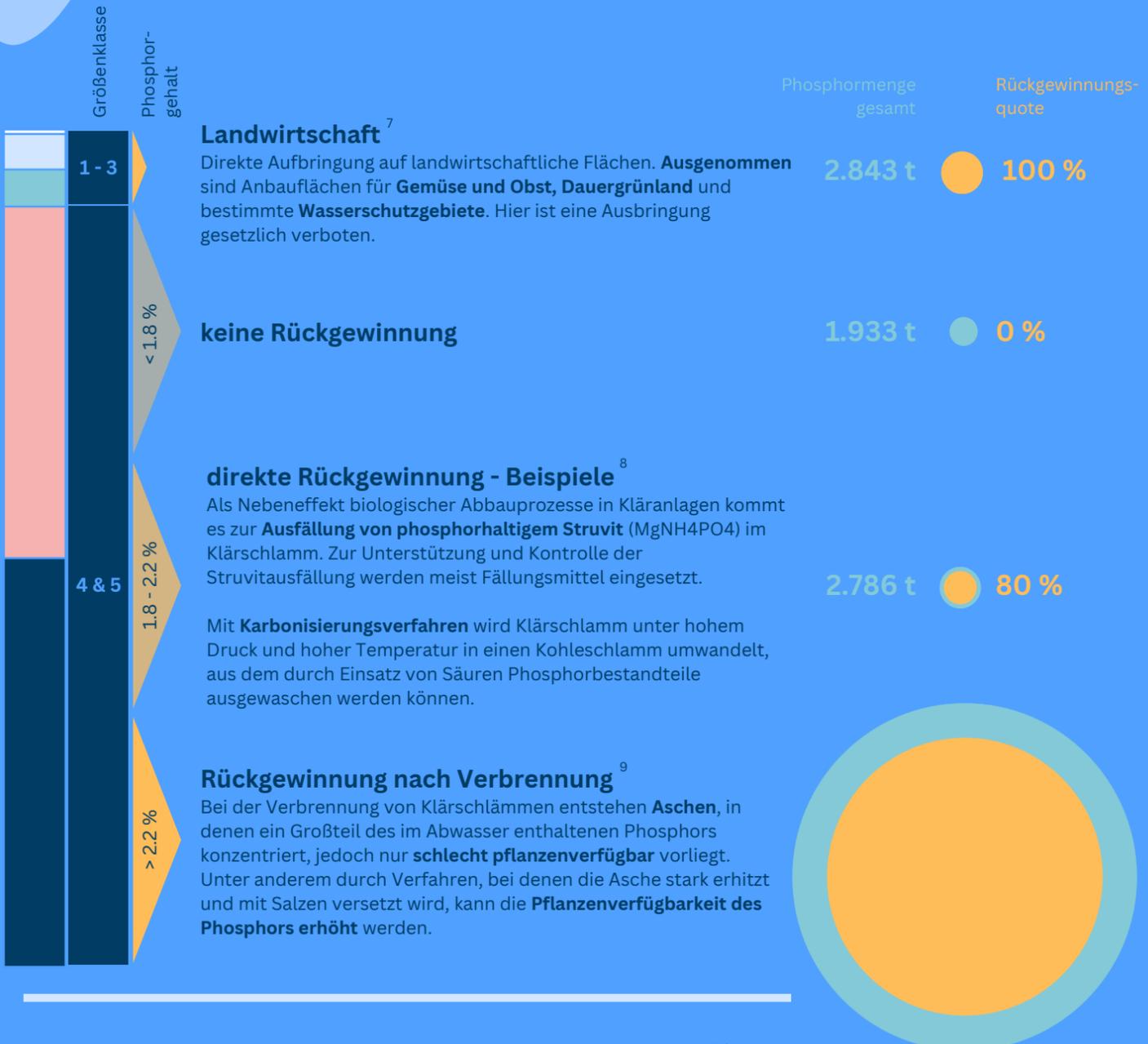
Der Großteil des im Abwasser vorhandenen Phosphors wird während der Aufbereitung in Kläranlagen im Klärschlamm gebunden. Die **Gesamtphosphormenge** verteilt sich dabei nicht gleichmäßig auf die unterschiedlichen Größenklassen und auch die **Höhe der Phosphorgehalte** in den Klärschlämmen unterscheiden sich je nach Größe der Anlage.

Phosphorverteilung nach Größenklassen

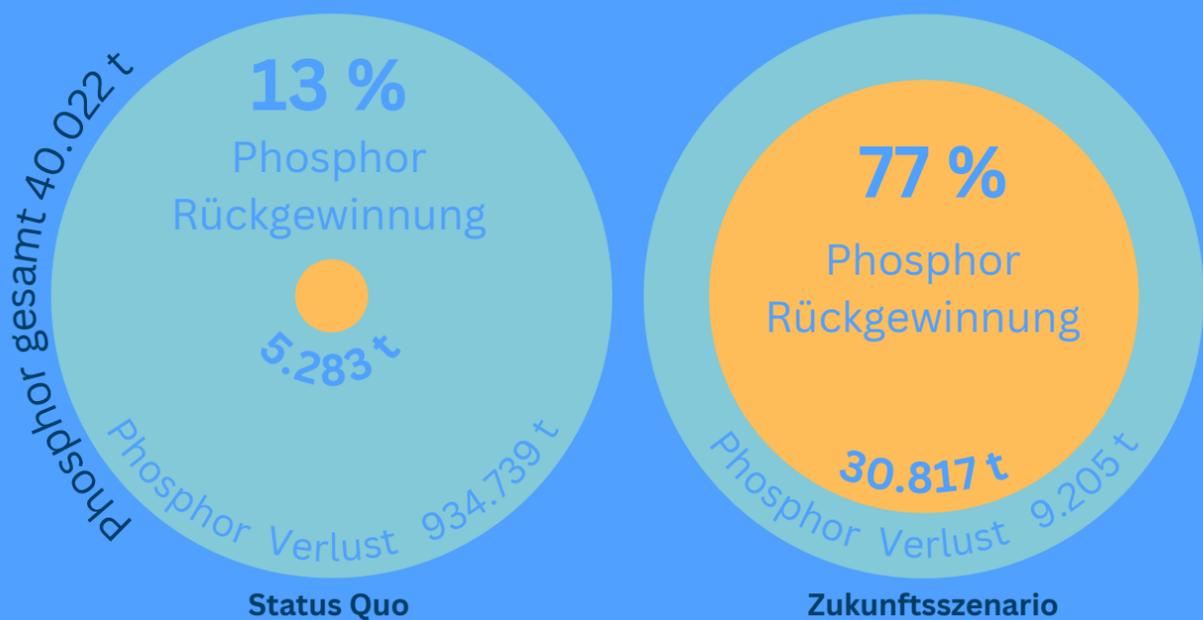


Phosphorrückgewinnung - Zukunftsszenario⁶

In welchem Umfang kann Phosphor aus Klärschlämmen zurückgewonnen werden, zum Beispiel für die Verwendung als Dünger? Im folgenden Szenario wird von einem **moderaten Rückgang der direkten landwirtschaftlichen Nutzung** von Klärschlamm ausgegangen, gemäß neuer Klärschlammverordnung werden dabei nur Schlämme aus Anlagen der Größenklassen **1 bis 3** verwendet. Klärschlämme aus Kläranlagen der Größenklassen **4 und 5** werden **entsprechend ihres Phosphorgehalts verwertet**.



Vergleich mit dem Status Quo¹⁰



Diskussion¹¹

Grenzen des Szenarios

Für die Berechnung der Rückgewinnungsquoten wurden einige vereinfachende Annahmen gemacht: Bei der **Struvitfällung** beispielsweise ist in **Abhängigkeit von der Nährstoffzusammensetzung der Klärschlämme** eine deutlich geringere Qualität des Reaktionsprodukts und somit eine geringere Phosphor-Pflanzenverfügbarkeit möglich.

Ebenso ist zu hinterfragen, ob die direkte landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlämmen mit einer 100 %igen Phosphorrückgewinnung gleichzusetzen ist. Auch hier ist von einer **reduzierten Pflanzenverfügbarkeit** auszugehen.

Zuletzt ist die Wahl von Rückgewinnungswegen in der Realität nicht so streng an die unterschiedlichen Phosphorgehalte bzw. Größenklassen gebunden. Abwasserverbände suchen nach langfristigen Lösungen für alle Kläranlagen und Klärschlämme. So ist es wahrscheinlich, dass zukünftig **auch kleine Kläranlagen und Anlagen mit Schlämmen niedriger Phosphorgehalte Möglichkeiten zur Verbrennung erhalten**.

Was ist mit den ganzen anderen Nährstoffen?

Derzeit liegt der politische Fokus bei der Rückgewinnung von Nährstoffen auf Phosphor, wie auch aus der Neufassung der Klärschlammverordnung hervorgeht. Grund dafür ist, dass technische Verfahren zur Phosphorrückgewinnung bereits am weitesten entwickelt und zum Teil schon auf Kläranlagen realisiert sind. Das **Recycling anderer Nährstoffe erzielt oft nur deutlich geringere Erträge**: Bei Stickstoff treten beispielsweise hohe Verluste bei thermischen Prozessen wie der Verbrennung von Klärschlämmen auf.

Außerdem könnte **aus Klärschlamm zurückgewonnener Phosphor** dem Szenario entsprechend bis zu **43 % der Nachfrage nach Handelsdüngern** abdecken. Die Recycling-Masseanteile anderer Nährstoffe wie Stickstoff, Kalium, Calcium oder Magnesium erreichen dagegen keine so hohe Deckung am landwirtschaftlichen Bedarf und spielen daher nur eine untergeordnete Rolle.

Fazit¹¹

Eine **Vorhersage zukünftiger Entwicklungen** auf dem Sektor der Phosphorrückgewinnung ist unter den genannten Limitierungen und mit den zur Verfügung stehenden Daten **nicht möglich**. Dennoch gibt das Szenario eine grobe Richtung vor, in die sich die Abwasseraufbereitung hin entwickeln könnte.

Sichtbar ist bereits heute – auch auf internationaler Ebene – ein zunehmender **Rückgang der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung**. Es ist wahrscheinlich, dass Klärschlammverbrennung mit angeschlossener Phosphorrückgewinnung in Zukunft die Regel sein wird und **Rückgewinnungsquoten in Deutschland zwischen 70 und 80 %** liegen werden.

Verweise & Quellen

- 1 Stand 2016 (Sichler et al. 2022a)
- 2 Stand 2021 (Destatis 2023a, 2023b)
- 3 (BMUV 2017)
- 4 Annahmen: Die statistische Erhebung der Jahresabwassermengen erfolgt in Kubikmetern. Da Abwasser zu ca. 99 % aus Wasser besteht, erfolgte eine Umrechnung in Tonnen mit dem Faktor 1. Die Phosphormenge wurde mit einem Masseanteil von 2,3 % am Klärschlamm berechnet. Stand 2019, Basisdaten Stand 2016 (Destatis 2023a, Sichler et al. 2022b, UNESCO 2017)
- 5 Stand 2016 (Sichler et al. 2022b)
- 6 Stand 2019, Basisdaten Stand 2016, (Destatis 2023a, Sichler et al. 2022b)
- 7 (BMUV 2017)
- 8 (Metcalf & Eddy, Inc 2014, Gerner et al. 2021)
- 9 (Wang et al. 2020)
- 10 Annahme: Landwirtschaft derzeit als einziger Verwertungspfad mit Phosphorrückgewinnung. Stand 2019, Basisdaten Stand 2016 (Destatis 2023a, Sichler et al. 2022b)
- 11 (Sichler et al. 2022)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV, 2017): Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung. Online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/gesetz/verordnung-zur-neuordnung-der-klaerschlammverwertung>, aktualisiert 04.10.2017 [13.07.2023].

Gerner, Gabriel; Meyer, Luca; Wanner, Rahel; Keller, Thomas; Krebs, Rolf (2021): Sewage Sludge Treatment by Hydrothermal Carbonization: Feasibility Study for Sustainable Nutrient Recovery and Fuel Production. *Energies*, 14 (9), 2697. <https://doi.org/10.3390/en14092697>

Metcalf & Eddy, Inc (2014): Wastewater engineering. Treatment and resource recovery. 5. edited, international student edition. New York, NY: McGraw-Hill.

Sichler, Theresa Constanze; Adam, Christian; Ehm, Jan-Hendrik; Montag, David (2022a): Abschätzung zusätzlich aus Abwasser und Klärschlämmen kommunaler und gewerblicher Herkunft extrahierbarer Wertstoffe. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/abschaetzung-der-in-deutschland-noch-vorhandenen> [13.07.2023].

Sichler, Theresa Constanze; Adam, Christian; Montag, David; Barjenbruch, Matthias (2022b): Future nutrient recovery from sewage sludge regarding three different scenarios - German case study. In: *Journal of Cleaner Production* 333, S. 130130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130130> .

Statistisches Bundesamt (Destatis, 2023a): Entsorgungswege des Klärschlammes nach Bundesländern 2010, 2015 bis 2021. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/liste-klarschlammverwertungsart.html#> [13.07.2023].

Statistisches Bundesamt (Destatis, 2023b): Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen und Jahresabwassermenge. Erhebung der öffentlichen Abwasserbehandlung und -entsorgung nach Ländern 2019. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/oeffentliche-aba-7k.html> [13.07.2023].

UNESCO World Water Assessment Programme (UNESCO, 2017): Weltwasserbericht der Vereinten Nationen. 2017: Abwasser: die ungenutzte Ressource. Zusammenfassung. Online verfügbar unter: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_ger [13.07.2023].

Yipeng Wang, Lu Yu, Haiping Yuan, Diwen Ying, Nanwen Zhu (2020): Improved removal of phosphorus from incinerated sewage sludge ash by thermo-chemical reduction method with CaCl₂ application, *Journal of Cleaner Production*, Volume 258, 120779. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120779>.