



# Berichte nach §3a AbfKlärV und aktueller Stand der Phosphorrückgewinnung

Simone Wollenberg  
Dr. Wolfgang Waldmüller

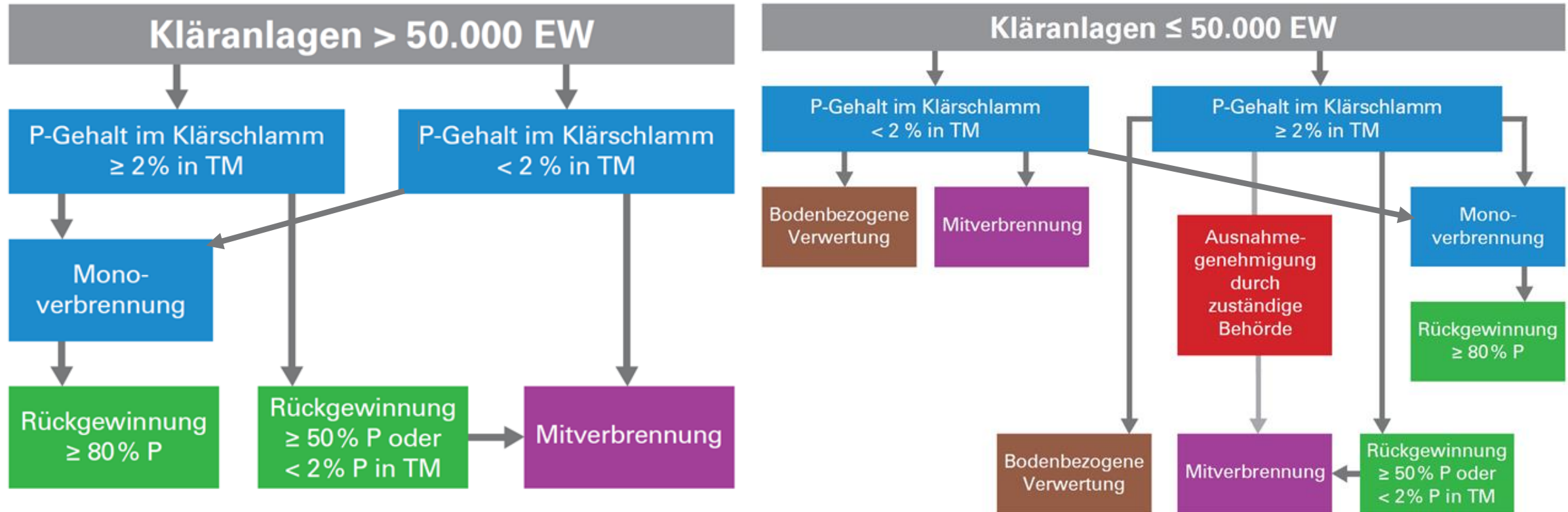


## Die Beratungsstelle Phosphorrückgewinnung am LfU

- Schaffung einer aktuellen Datengrundlage für die Belange der Phosphorrückgewinnung
  - Klärschlammaufkommen
  - Verbrennungskapazitäten
  - Trocknungsanlagen
  - Daten weiterer relevanter Fachbereiche, wie Landwirtschaft, Boden
  - Kritische Betrachtung der Technologien
- Darstellung und Verschneidung der Daten im Raumbezug (GIS)
- Schaffung einer zentralen Anlaufstelle (Telefon, E-Mail)
- Unterstützung bei Förderanträgen
- Publikationen und Workshops



## Verpflichtung zur Phosphorrückgewinnung gemäß Klärschlammverordnung





## § 3a AbfKlärV Ergebnisse

- Alle Kläranlagen der GK 5 haben einen Bericht abgegeben.
- Bei den Kläranlagen der GK 3 und 4 liegen ca. 93% der Berichte vor.
- Eine Aussage bezüglich der Vollständigkeit über die Berichtsabgabe der Kläranlagen der Größenklasse 1 und 2 ist nicht möglich.
  - Wir wissen nicht, was 100% sind, weil nur Kläranlagen, die Klärschlamm mit abgeschlossener Behandlung im Sinne der AbfKlärV entsorgen, berichtspflichtig sind.



## Was erschwerte die Auswertung?

- Eingabefehler:
  - TM? Beschreibt den Klärschlamm **OHNE** Wasser.
  - Alle Angaben sind auf 100% TM (oder TS) zu beziehen.  
**GRUNDSÄTZLICH**
- Falsche P-Gehaltsangaben: gefragt wurde nach **g/kg** TM.
- Widersprüchliche Angaben:
  - Angabe Verbrennung und gleichzeitige Eingabe bei Maßnahmen „weiter bodenbezogene Verwertung“  
**Ordnungswidrigkeit !?**



## Berichte der Kläranlagen der GK 5

- In den Anlagen der GK 5 fallen ca. 133.656 Mg/a Klärschlamm an.
- Mit einem durchschnittlichen P-Gehalt von 34,08 g/kg TM.
- Die Bandbreite der P-Gehalte liegen zwischen 15 und 69 g/kg TM.
- Kein Klärschlammherzeuger hat sich bisher auf ein eigenes P-Rückgewinnungsverfahren festgelegt und 87% wollen die Leistung vergeben.

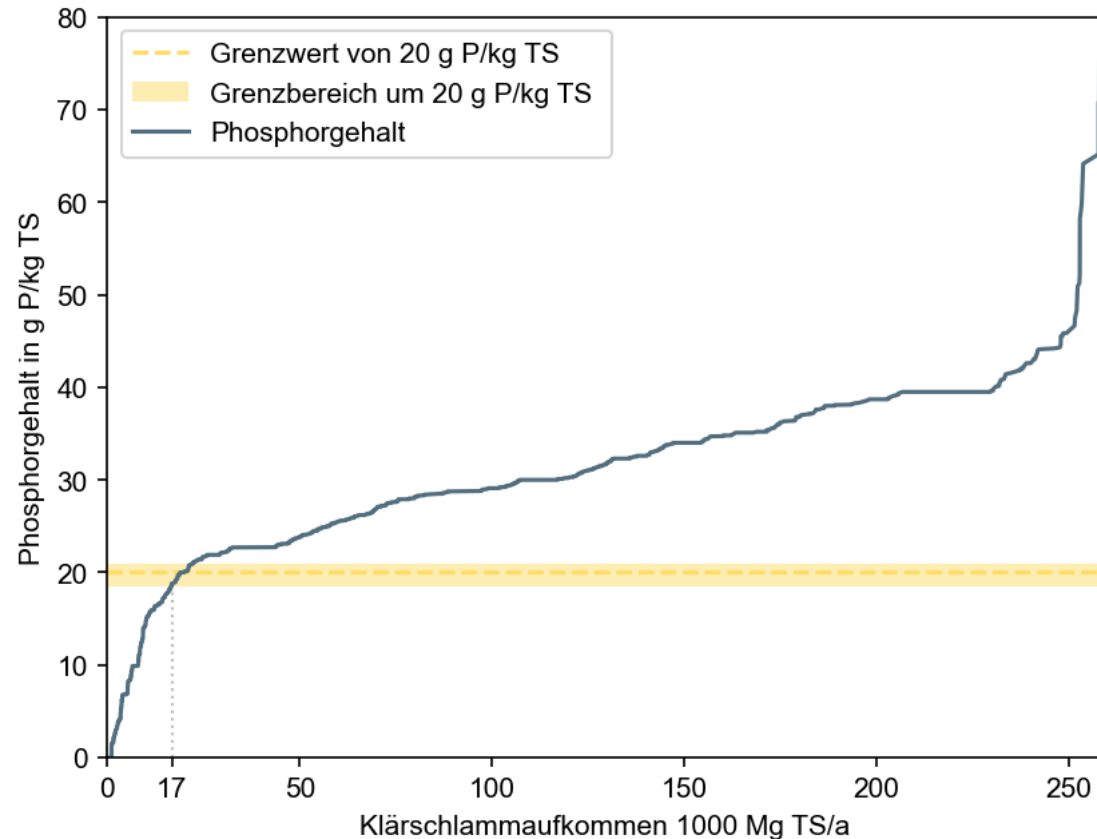




## Berichte der Kläranlagen der GK 3 und 4

- Der durchschnittliche P-Gehalt liegt bei ca. 25 g/kg P TM.
- Der maximale Werte liegt bei ca. 58 g/kg P TM.
- Ca. 83 % der Betreiber geben an die Rückgewinnung durch Vergabe durchführen zu wollen.

## Phosphorgehalt im Klärschlamm



- Mittlerer P-Gehalt (nach Klärschlammmenge):  
32 g P/kg TS
- Über 90 % der Klärschlammmenge unterliegen der Rückgewinnungspflicht.
- Mittlerer P-Gehalt nimmt mit Ausbaugröße tendenziell zu.



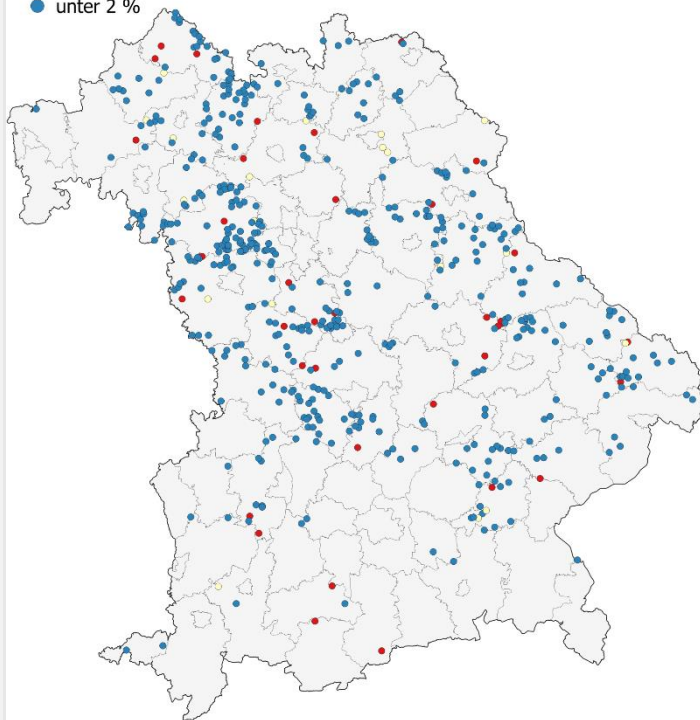


## Phosphorgehalt in den unterschiedlichen Größenklassen (GK)

Übersicht über die Kläranlagen der Größenklasse 1

**Phosphorgehalt**

- über 2 %
- um 2 %
- unter 2 %



Autor: Frederik Pfahler  
KBS: ETRS89 / UTM zone 32N - EPSG:25832

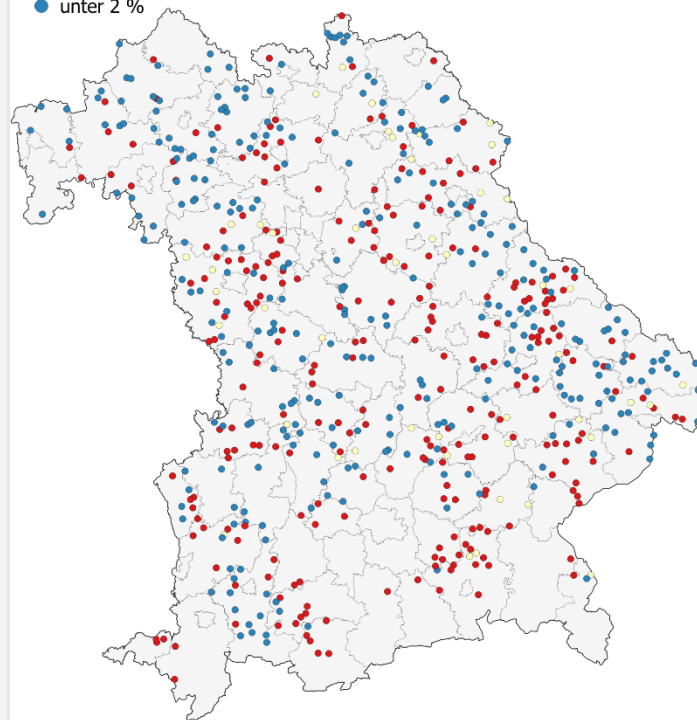


0 25 50 km

Übersicht über die Kläranlagen der Größenklasse 2

**Phosphorgehalt**

- über 2 %
- um 2 %
- unter 2 %



Autor: Frederik Pfahler  
KBS: ETRS89 / UTM zone 32N - EPSG:25832

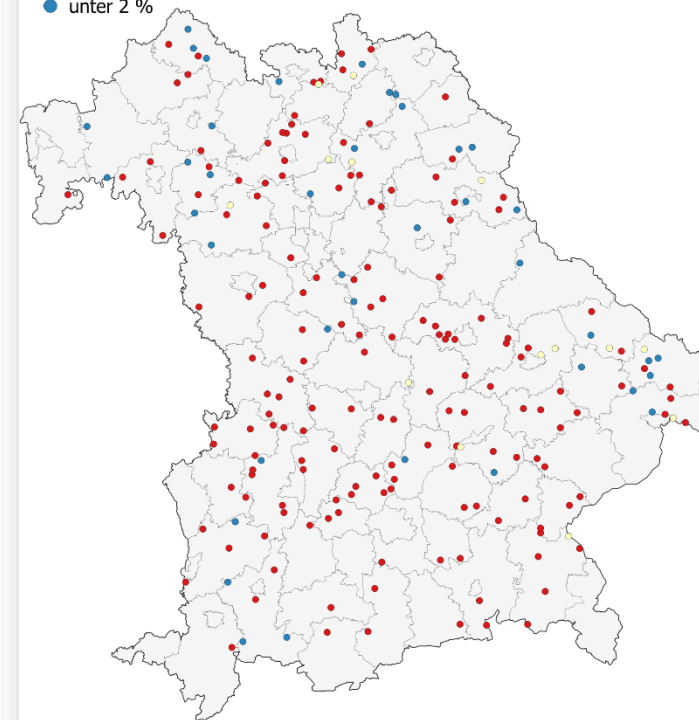


0 25 50 km

Übersicht über die Kläranlagen der Größenklasse 3

**Phosphorgehalt**

- über 2 %
- um 2 %
- unter 2 %



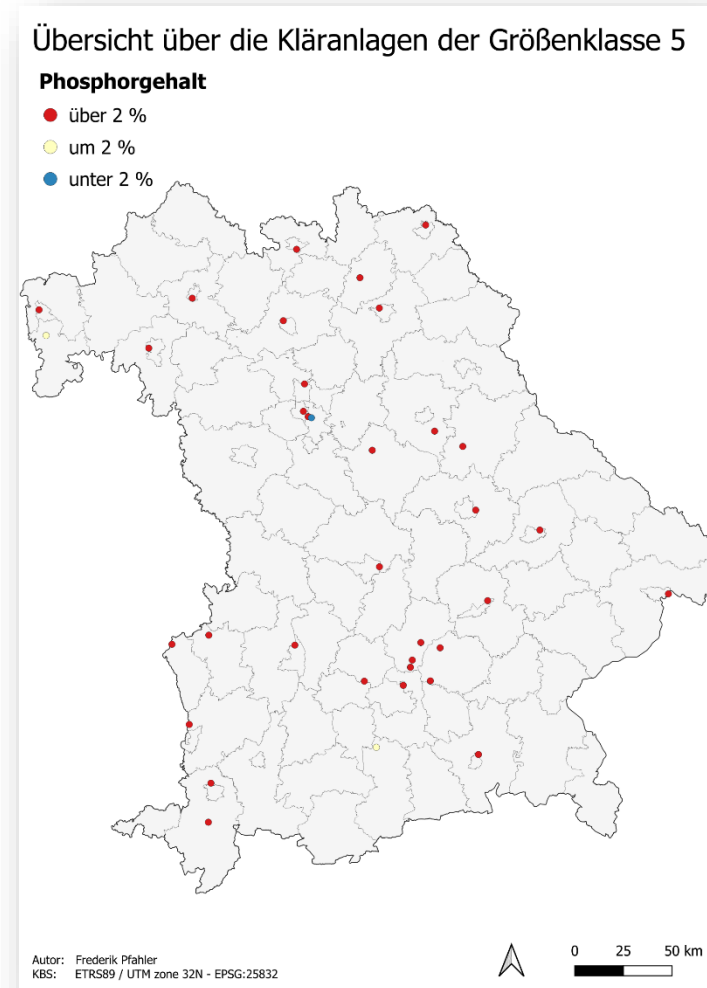
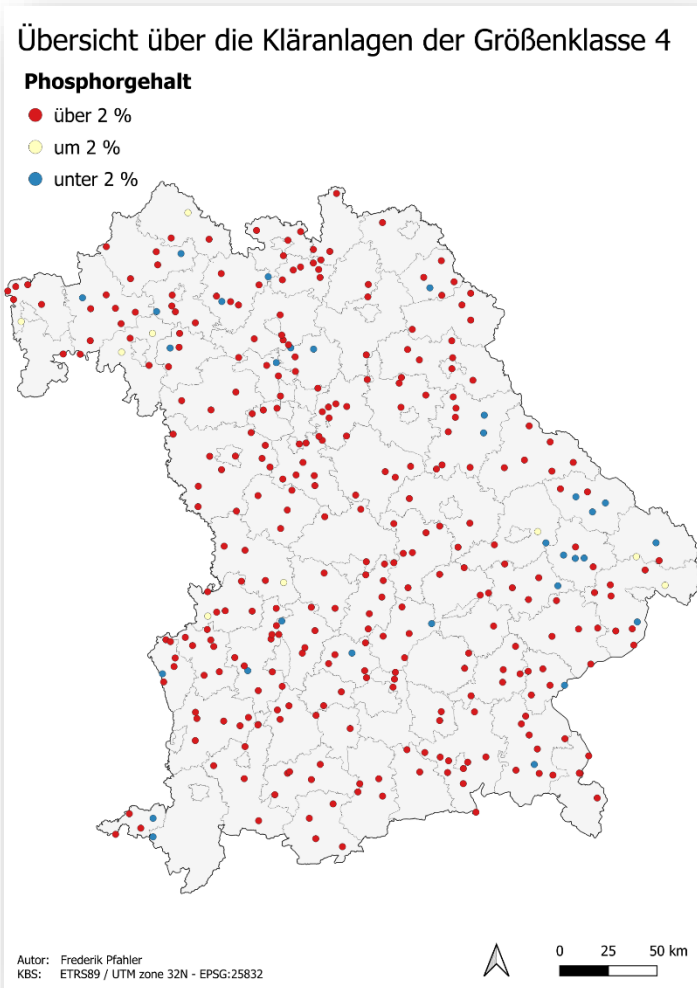
Autor: Frederik Pfahler  
KBS: ETRS89 / UTM zone 32N - EPSG:25832



0 25 50 km



## Phosphorgehalt in den unterschiedlichen Größenklassen (GK)



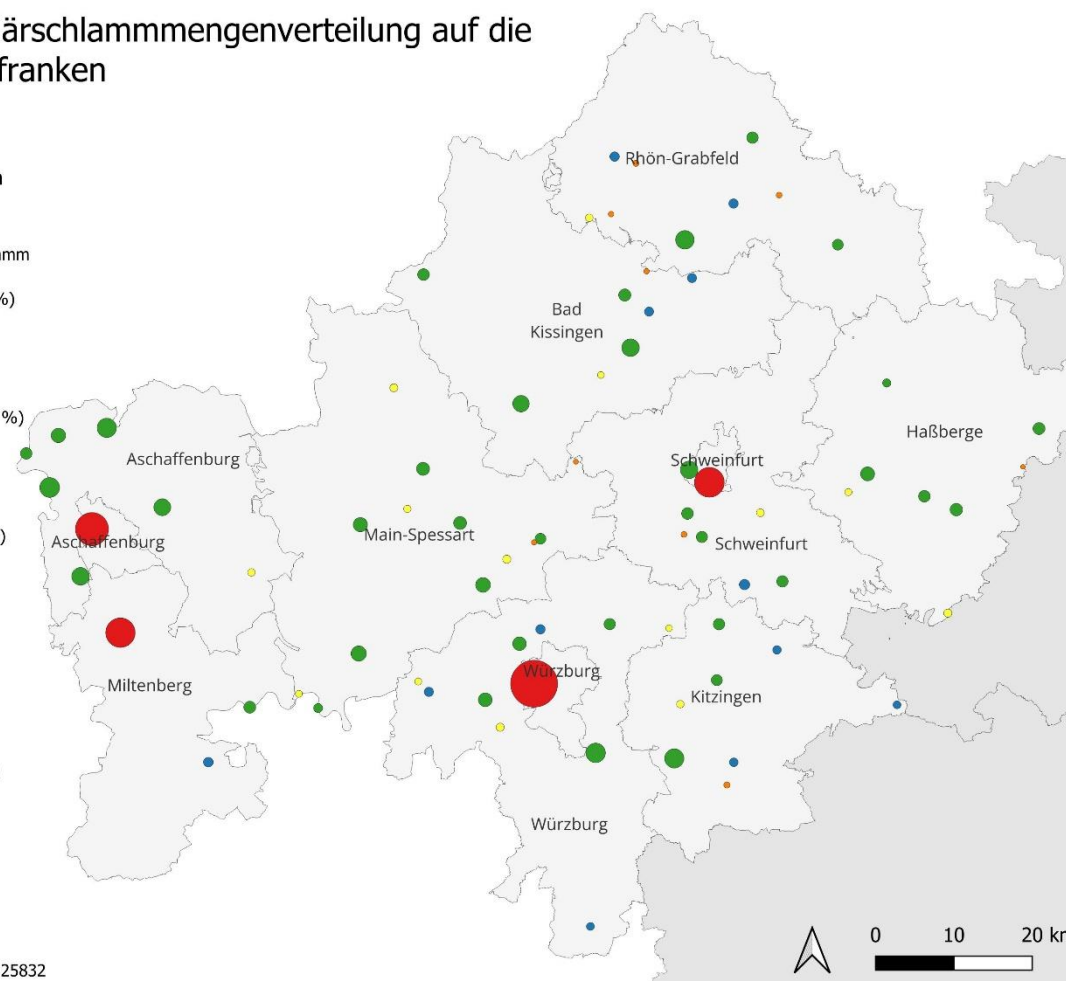


## Klärschlammverteilung Unterfranken um/über 2 %

Übersicht über die Klärschlammverteilung auf die Kläranlagen in Unterfranken

**76 Kläranlagen**  
**22.700 Mg/a TS Klärschlamm**

- **Größenklasse 5**  
 1.640 bis 4.176 Mg/a TS Klärschlamm  
 4 Kläranlagen (5 %)  
 9.573 Mg/a TS Klärschlamm (42 %)
- **Größenklasse 4**  
 58 bis 694 Mg/a TS Klärschlamm  
 37 Kläranlagen (49 %)  
 11.470 Mg/a TS Klärschlamm (51 %)
- **Größenklasse 3**  
 49 bis 129 Mg/a TS Klärschlamm  
 12 Kläranlagen (16 %)  
 1.007 Mg/a TS Klärschlamm (4 %)
- **Größenklasse 2**  
 24 bis 59 Mg/a TS Klärschlamm  
 14 Kläranlagen (18 %)  
 571 Mg/a TS Klärschlamm (3 %)
- **Größenklasse 1**  
 2 bis 16 Mg/a TS Klärschlamm  
 9 Kläranlagen (12 %)  
 79 Mg/a TS Klärschlamm (≈ 0 %)



Autor: Frederik Pfahler  
KBS: ETRS89 / UTM zone 32N - EPSG:25832

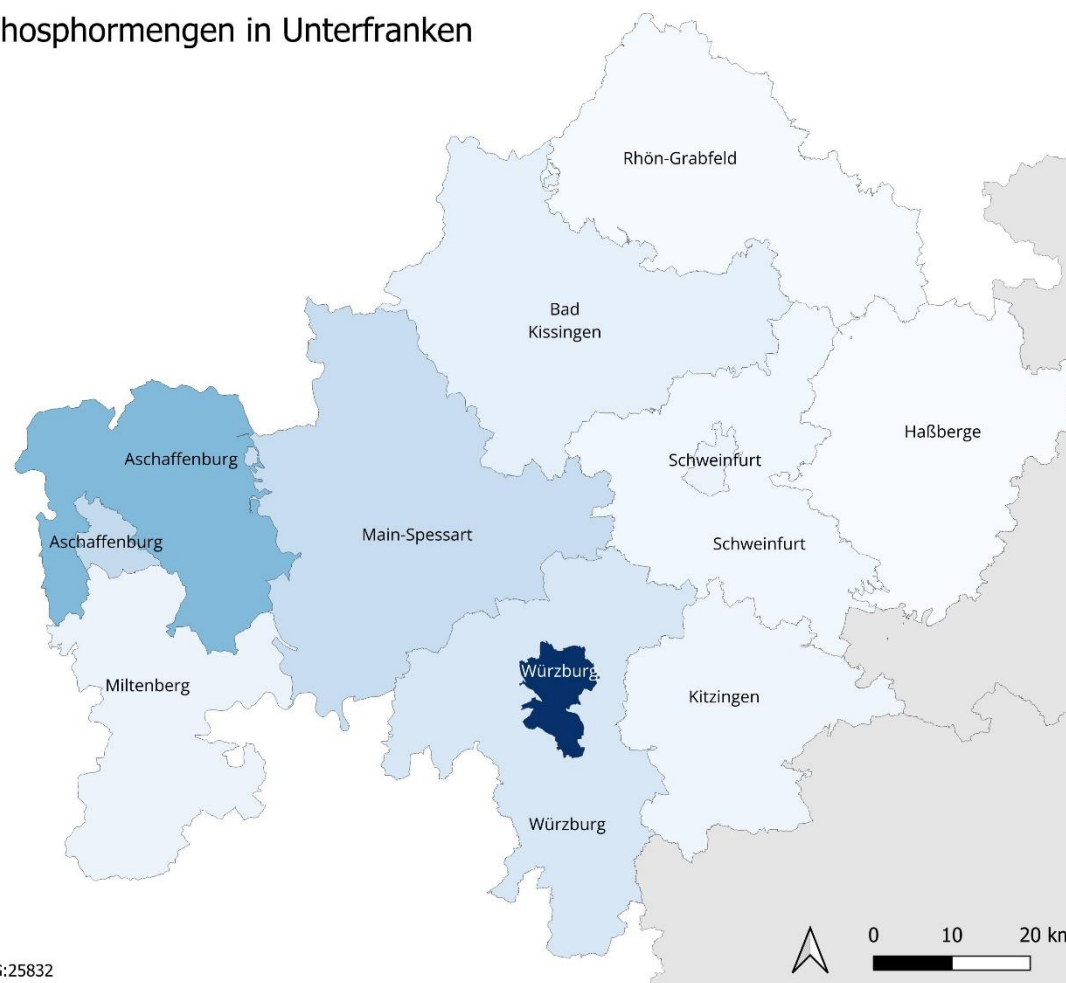


## Phosphormengenverteilung Unterfranken

Übersicht über die Phosphormengen in Unterfranken

### 631 Mg/a Phosphor

- Landkreis Haßberge  
29 Mg/a Phosphor (5 %)
- Landkreis Rhön-Grabfeld  
31 Mg/a Phosphor (5 %)
- Landkreis Schweinfurt  
34 Mg/a Phosphor (5 %)
- Landkreis Kitzingen  
35 Mg/a Phosphor (6 %)
- Kreisfreie Stadt Schweinfurt  
37 Mg/a Phosphor (6 %)
- Landkreis Miltenberg  
37 Mg/a Phosphor (6 %)
- Landkreis Bad Kissingen  
40 Mg/a Phosphor (6 %)
- Landkreis Würzburg  
48 Mg/a Phosphor (8 %)
- Landkreis Main-Spessart  
57 Mg/a Phosphor (9 %)
- Kreisfreie Stadt Aschaffenburg  
60 Mg/a Phosphor (9 %)
- Landkreis Aschaffenburg  
82 Mg/a Phosphor (13 %)
- Kreisfreie Stadt Würzburg  
141 Mg/a Phosphor (22 %)

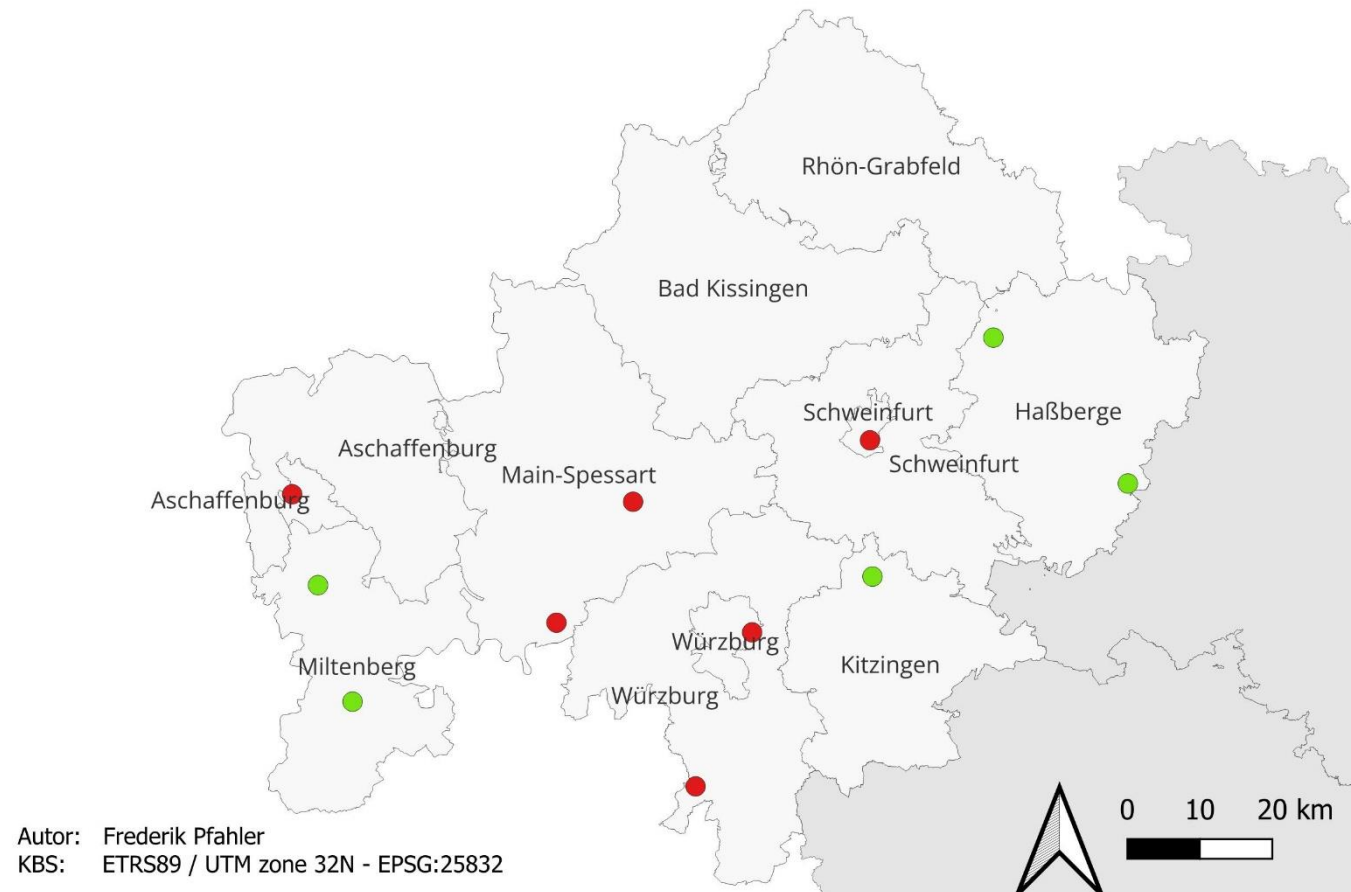


Autor: Frederik Pfähler  
KBS: ETRS89 / UTM zone 32N - EPSG:25832



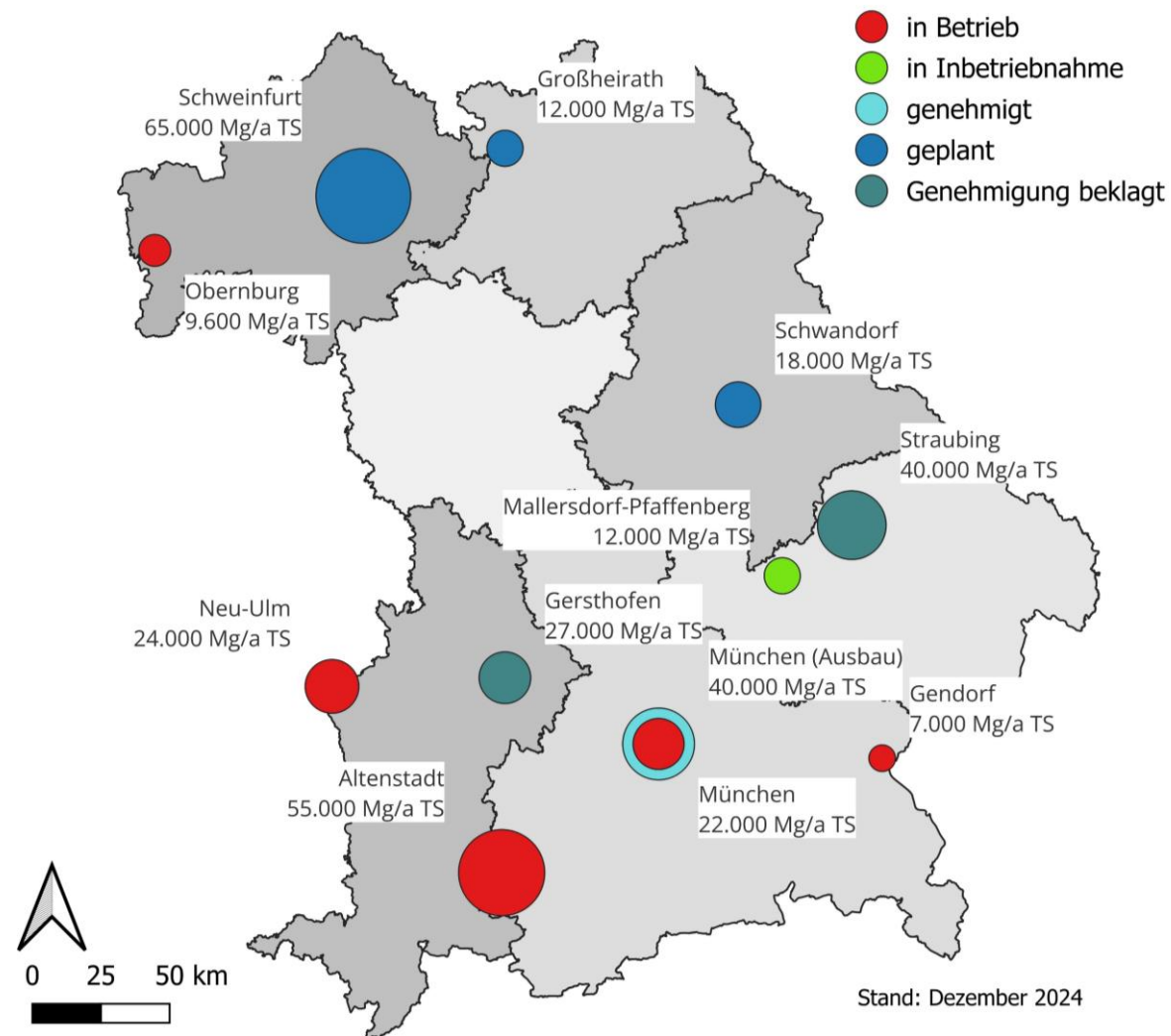
## Übersicht über die Klärschlamm-trocknungsanlagen in Unterfranken

- Klärschlamm-trocknungsanlagen
- Kläranlagen und Zweckverbände, die ihren Klärschlamm selbst trocknen





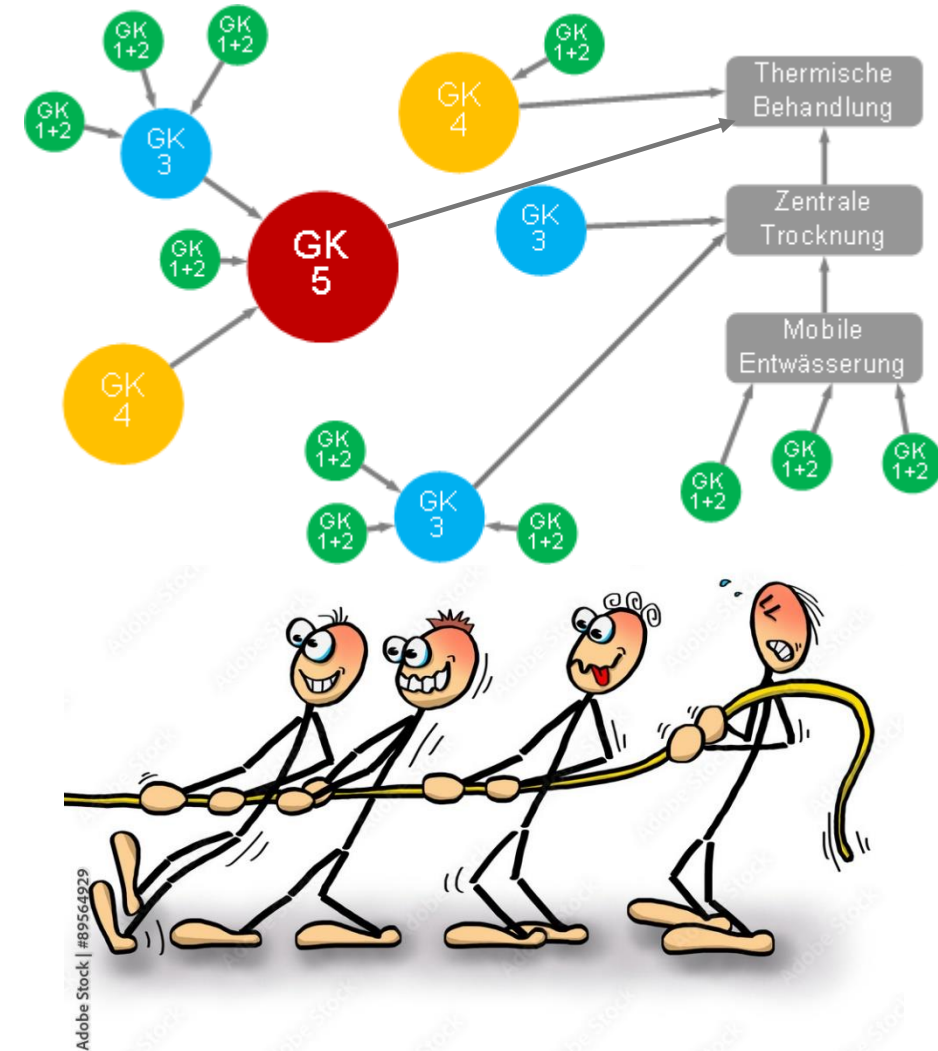
## Klärschlammmonoverbrennungsanlagen mit Kapazitäten





## Klärschlammkooperationen als wichtige Voraussetzung

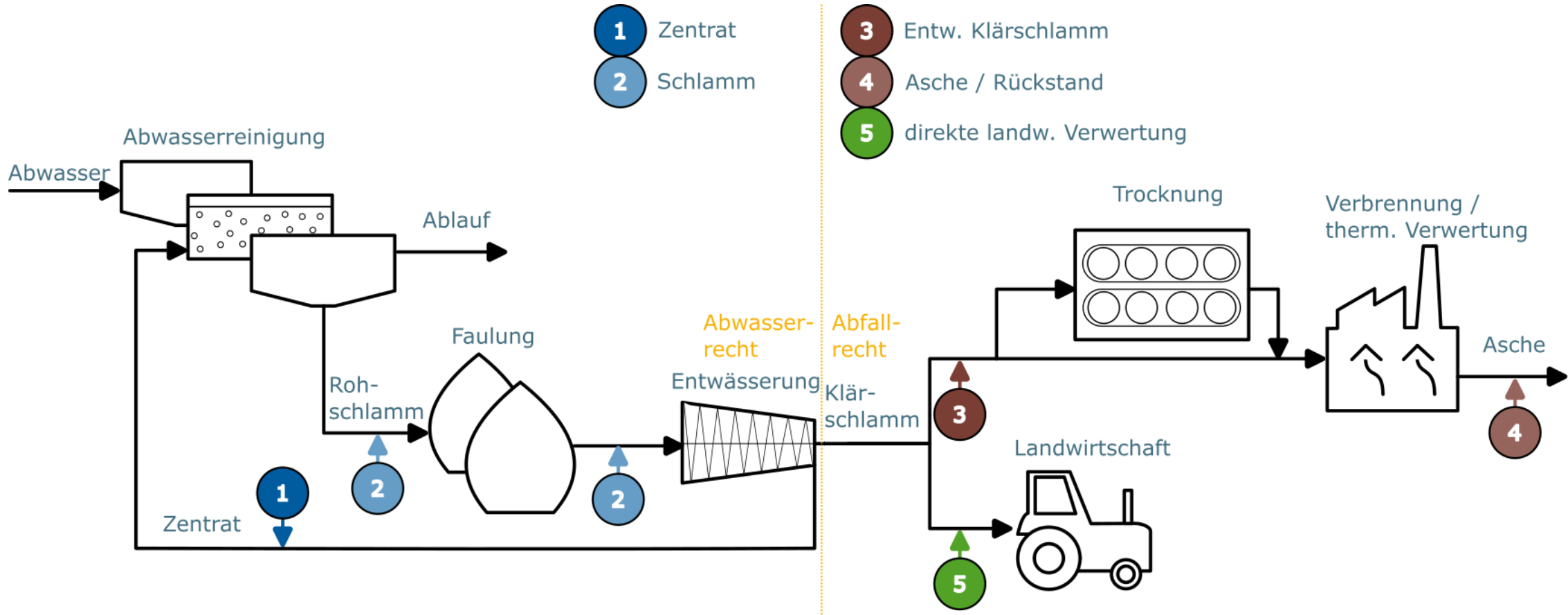
- Zunehmender Grad der Verarbeitung des Klärschlammes sollte mit einer zunehmenden Zentralisierung der Anlagen einhergehen.
- Wirtschaftlichkeit oft nur mit großen Anlagen zu erzielen.
  - Steigende Transportkosten müssen gegengerechnet werden.
- Klärschlamm Trocknung kann unabhängig vom Phosphorrückgewinnungsverfahren geplant werden.



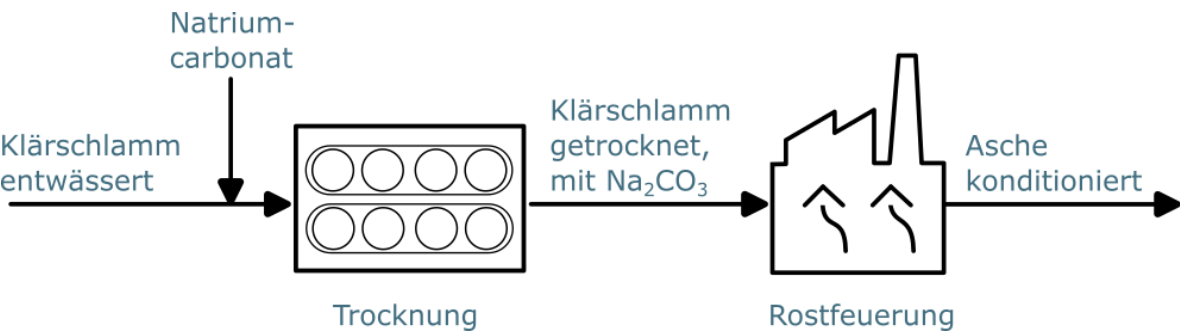




## Ansatzpunkte zur Phosphorrückgewinnung



# Thermochemische Behandlung von Klärschlamm (Ashdec Variante B)



3

Entw. Klärschlamm

Technologiereife	Pilotierung (TRL 7-8)
Standort	In Monoverbrennung (Rostfeuerung) integriert
Ausgangsmaterial	entw. Klärschlamm, ggf. limitiert durch Schwermetallgehalte
Energie, Chemikalien	Natriumcarbonate
Abfälle	-
P-Ausbeute	> 95 %
P-Produkt	Konditionierte Asche, erhöhte Pflanzenverfügbarkeit, keine SM-Entfrachtung

# Thermochemische Behandlung von Klärschlamm (EuPhoRe)

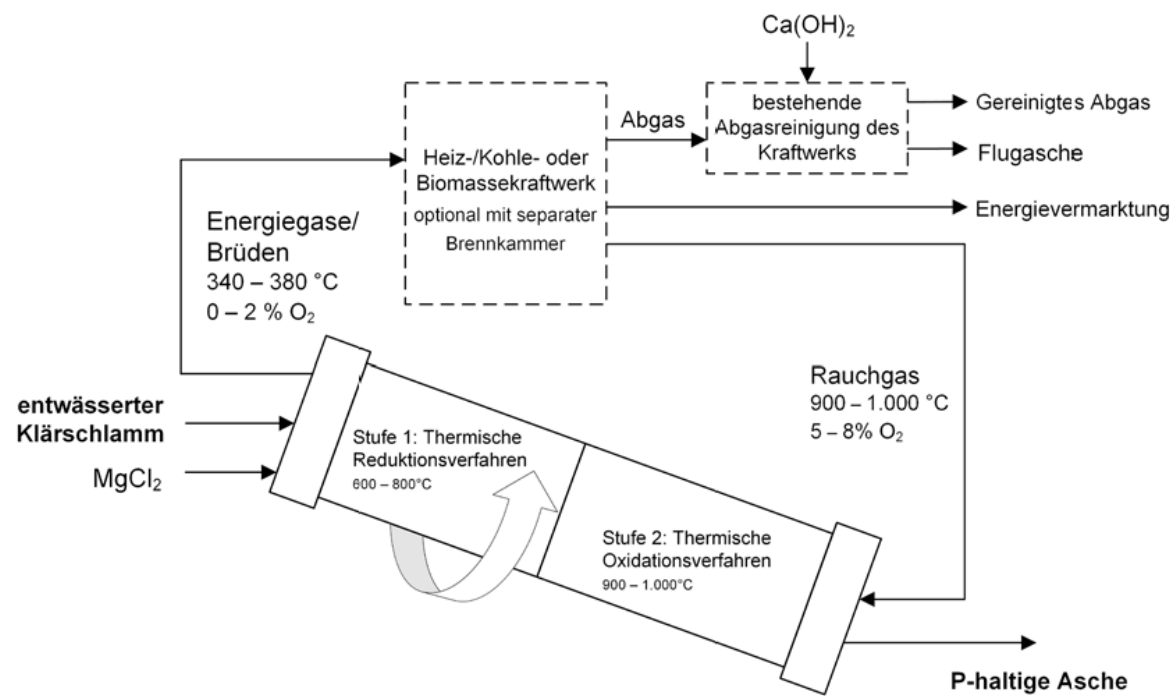


Abbildung: Lodwig, Claudia (2020): Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm und Klärschlammasche. Eigenschaften verschiedener Verfahren. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV). Recklinghausen.

3

Entw. Klärschlamm

Technologiereife	Pilotierung (TRL 7-8)
Standort	Anbindung an thermisches Kraftwerk
Ausgangsmaterial	entw. Klärschlamm, ggf. limitiert durch Schwermetallgehalte
Energie, Chemikalien	(Erd-)Alkalisalze, Carbonate
Abfälle	Flugasche, über Abgasreinigung des thermischen Kraftwerks
P-Ausbeute	> 95 %
P-Produkt	Konditionierte Asche, Pflanzenverfügbarkeit fraglich

# Konditionierung von Klärschlammmasche (Phos4Green)

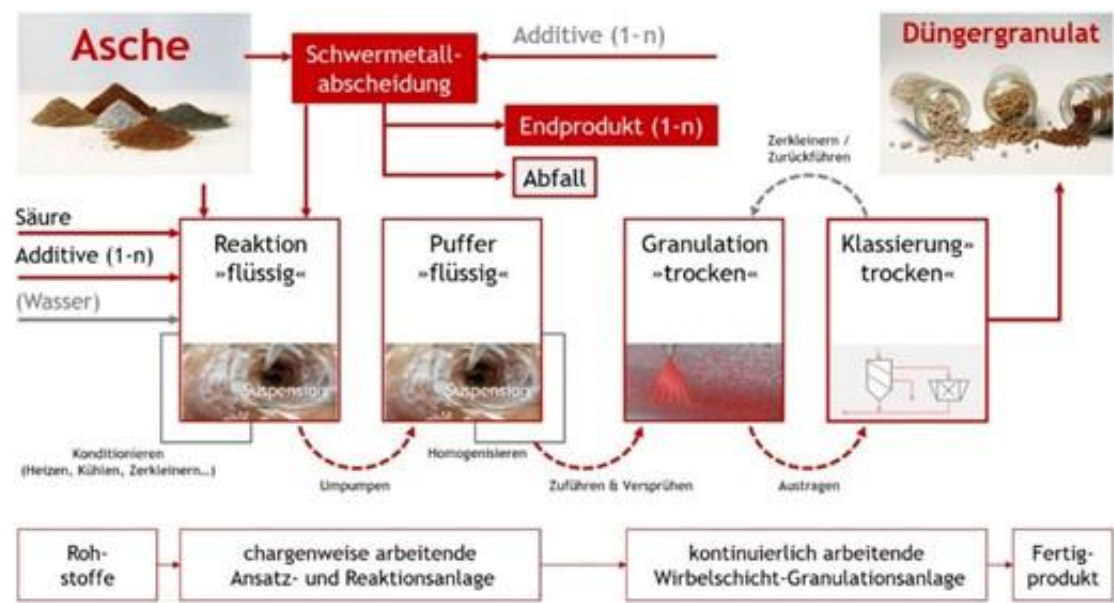
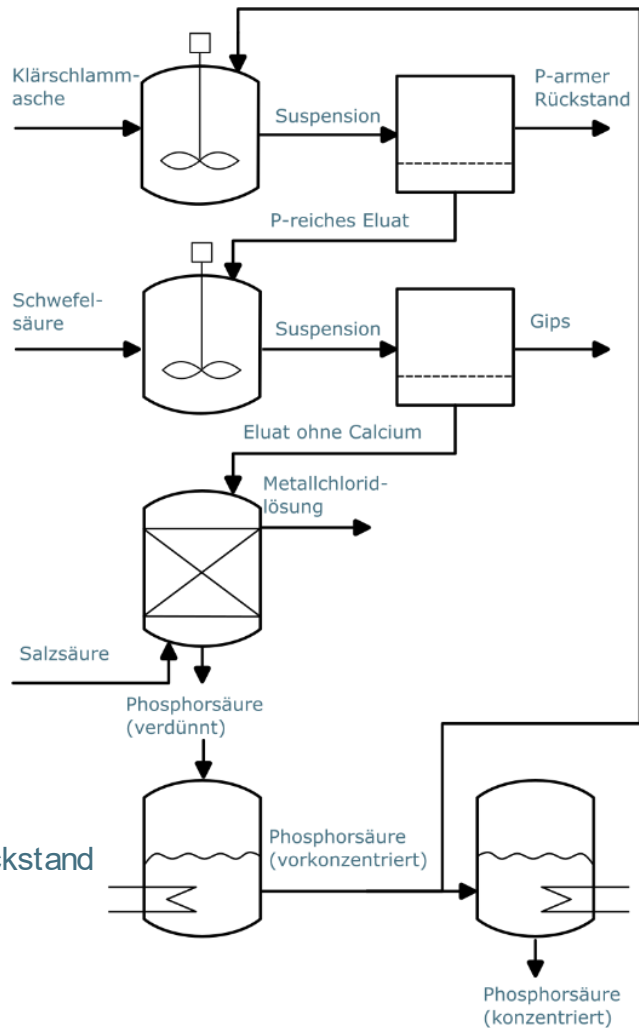


Abbildung: <https://phos4green.glatt.com/de/technologie/funktionsweise/>

Technologiereife	Eine Anlage im Vollmaßstab (aktuell Stillstand, TRL 8)
Standort	Bei Wärmequelle (für Trocknung)
Ausgangsmaterial	Klärschlammmasche, konform zur DüMV, AbfKlärV
Energie, Chemikalien	Wärme zur Trocknung, weitere düngende Stoffe
Abfälle	keine
P-Rückgewinnungsquote	> 95 %
P-Produkt	Marktfähiger Phosphor- oder Mehrfachdünger

# Nasschemische Verfahren aus der Klärschlammasche (Tetraphos)



Technologiereife	Eine Anlage im Vollmaßstab (TRL 8)
Standort	Monoverbrennung oder Chemiestandort
Ausgangsmaterial	Klärschlammasche
Energie, Chemikalien	Salzsäure, Schwefelsäure, Verdampferwärme
Abfälle	Laugungs- und Fällungsabfälle
P-Ausbeute	> 90 %
P-Produkt	technische Phosphorsäure, hohe Marktfähigkeit

# Nasschemische Verfahren aus der Klärschlammmasche (Ash2Phos)

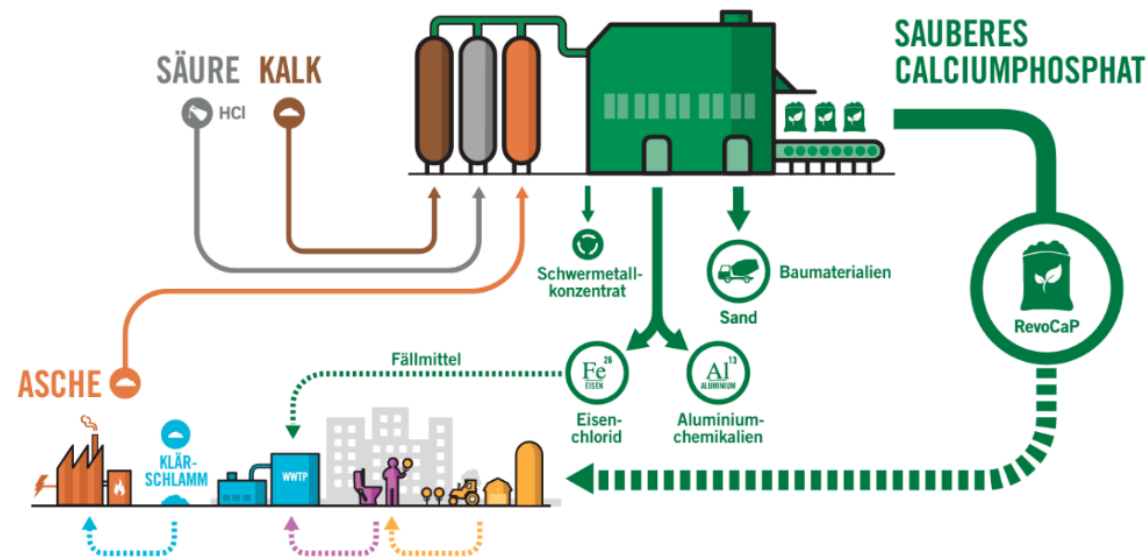


Abbildung: [https://www.easymining.com/globalassets/easymining.com/documents/ash2phos\\_folder\\_2310\\_de\\_2.pdf](https://www.easymining.com/globalassets/easymining.com/documents/ash2phos_folder_2310_de_2.pdf)

4

Asche / Rückstand

Technologiereife	Pilotanlage (TRL 7)
Standort	Monoverbrennung oder Chemiestandort
Ausgangsmaterial	Klärschlammmasche
Energie, Chemikalien	Salzsäure, org. Lösemittel, Fluoride, Verdampferwärme
Abfälle	Laugungs- und Fällungsabfälle
P-Ausbeute	> 90 %
P-Produkt	technische Phosphorsäure oder Calciumphosphat



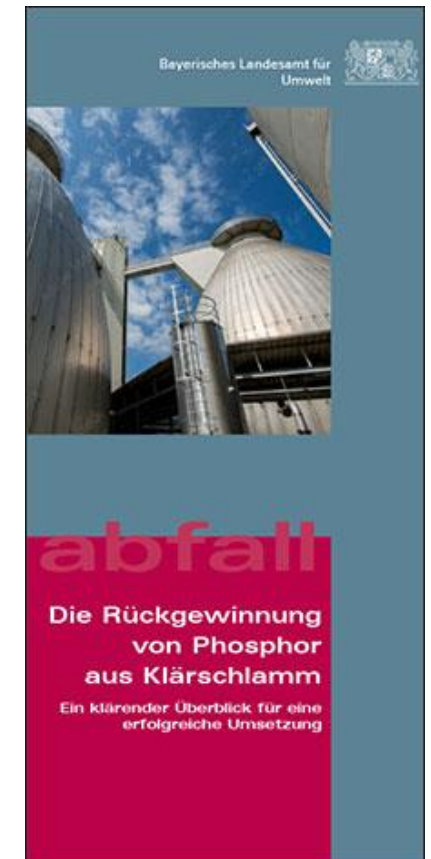
## Gegenüberstellung verschiedener Verfahren

	EuPhoRe	Phos4Green	Ashdec Variante B	Ash2Phos TetraPhos
Entwicklungsstand (TRL)	8	8	8	7/8
Anforderungen Klärschlamm	Grenzwerte (AbfKlärV, DüMV)	Grenzwerte (AbfKlärV, DüMV)	Grenzwerte (AbfKlärV, DüMV)	-
Standort	Zentral	Zentral	Zentral	Zentral
Produktqualität (Verwertbarkeit, Pflanzen- verfügbarkeit)	Pflanzen- verfügbarkeit fraglich	Pflanzen- verfügbarkeit fraglich	Konditionierte Asche, als Dünger verwertbar	marktfähiges (Zwischen-) Produkt





## Publikationen des LfU zum Thema Klärschlamm und Phosphorrückgewinnung



<https://www.lfu.bayern.de/publikationen/index.htm>



# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontakt: [klaerschlamml@ifu.bayern.de](mailto:klaerschlamml@ifu.bayern.de)

