



# Alternativen zur Klärschlamm- (Mit-/Mono-) Verbrennung

30.07.2016

H. Riße

# Inhalt



1) Ausgangspunkt, Ziele, Vorbehandlung

2) Verfahren

    Klärschlammvergasung

    Klassische Pyrolyse

    Gestufte Verbrennung

    HTC-Verfahren

    KS-Vererdung

3) Vergleich und Ausblick



# 1. Ausgangspunkt, Ziele und Vorbehandlung

## **Ausgangspunkt:**

- Weitere Einschränkung der landwirtschaftlichen Klärschlamm (KS-) Verwertung in Aussicht
- Angleichung Anforderungen Klärschlammverordnung und DüMV
- Erfordernis P-Rückgewinnung

## **Ziele:**

- Sichere Entsorgung für KS gewährleisten
- Einschränkungen f. landwirtschaftliche KS-Verwertung kompensieren
- P-Rückgewinnung umsetzen

## **Vorbehandlung:**

- Stabilisierung
- Entwässerung
- Trocknung

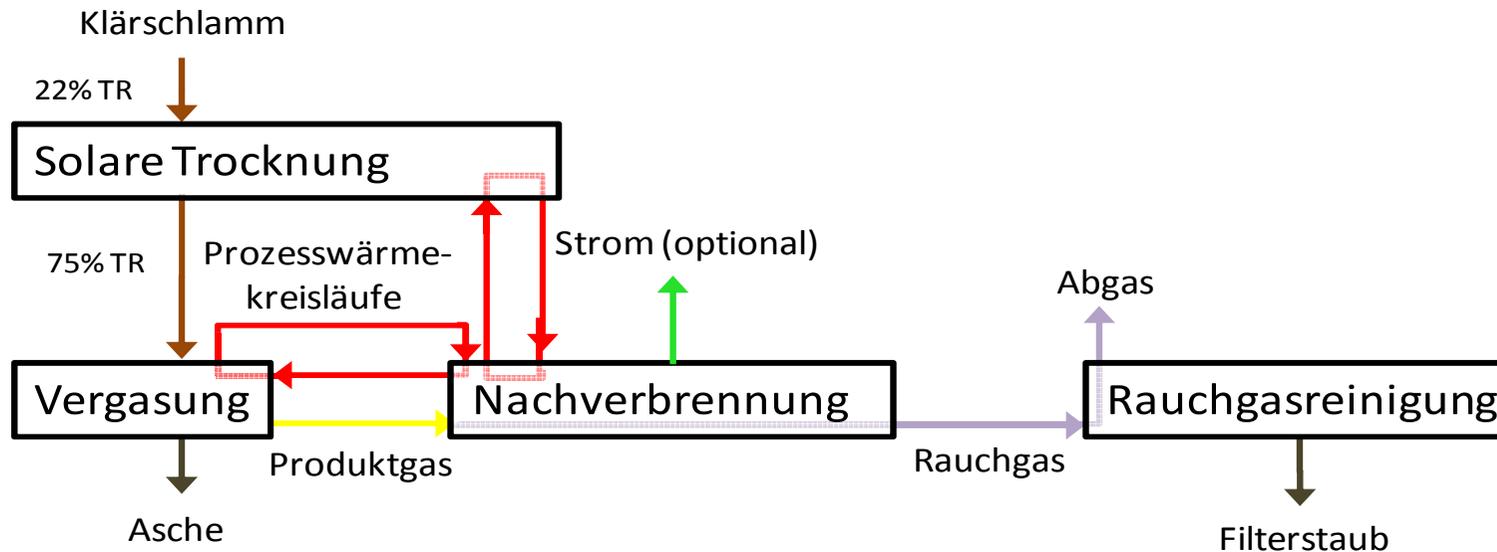
# 1. Ausgangspunkt, Ziele und Vorbehandlung (solare) Trocknung



Quelle: M. Bux

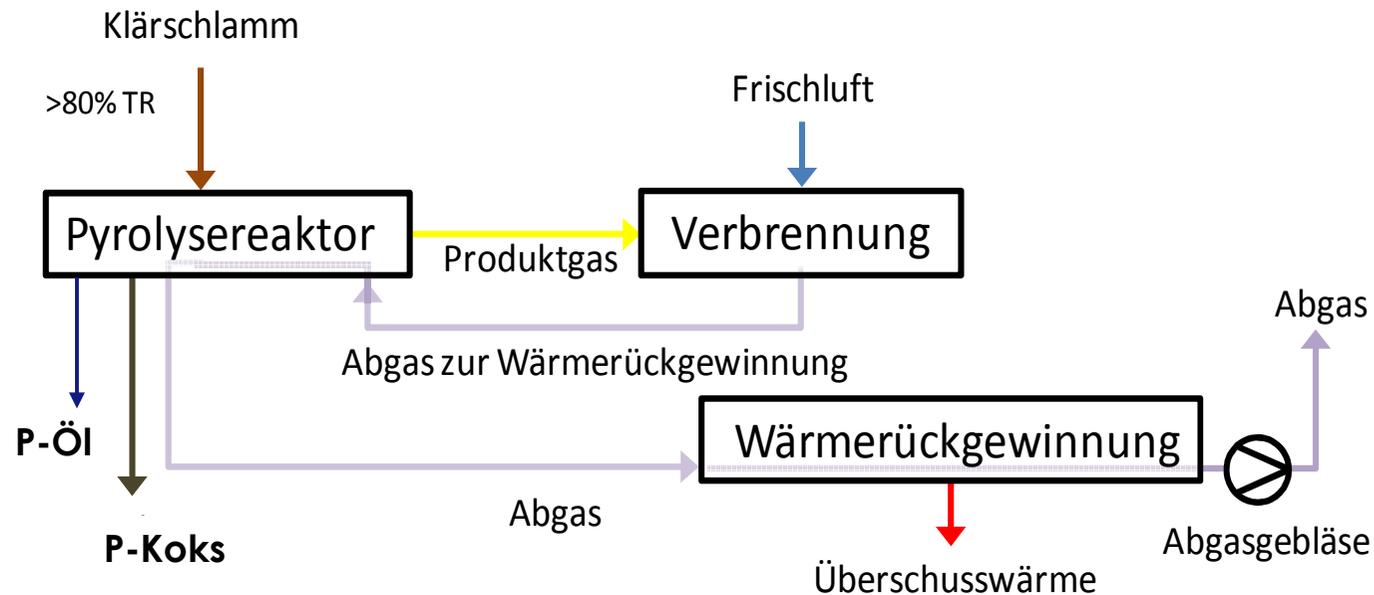
- Klärschlamm trocknung (60 ... 80%) ist für die meisten der thermischen Verfahren notwendig
- Einbindung solarer Strahlungsenergie, Abwärme, Abwasserwärme für Trocknung, um Einsatz fossiler Brennstoffen zu vermeiden/zu mindern
- Trockenschlamm : gut lagerfähig

## 2. Verfahren - Klärschlammvergasung



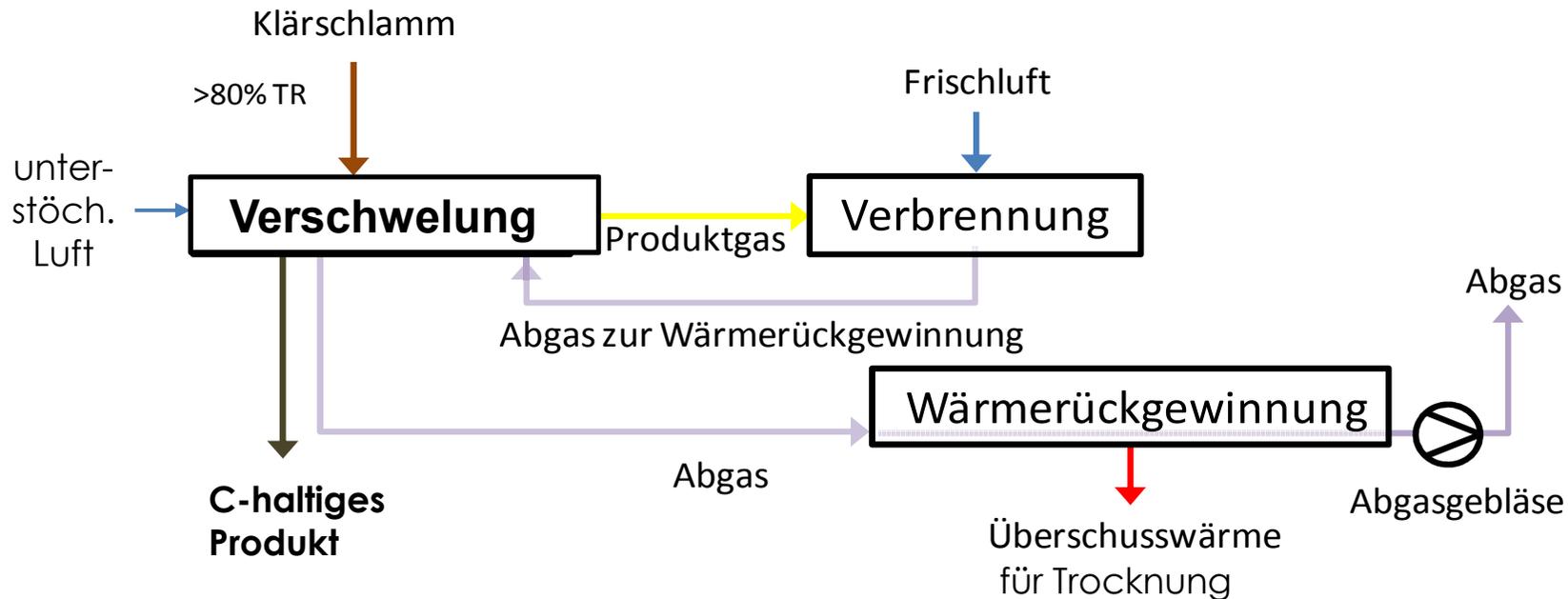
- Vergasung: vollständige Umwandlung der org. Bestandteile in ein Brenngas Vergasung bei niedrigeren Temperaturen
- für Verwertung der Rückstände von Vorteil, da der P besser verfügbar
- Bei Vergasung : thermische Überführung leicht flüchtiger, bevorzugt organischer Bestandteile in die Gasphase
- Schwachgasgemisch (Methan, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und ggf. längerkettige Kohlenwasserstoffe), das im Schwachgasmotor, für die Durchführung des Vergasungsprozesses oder für sonstige therm. Anwendungen genutzt

## 2. Verfahren - „klassische“ Pyrolyse



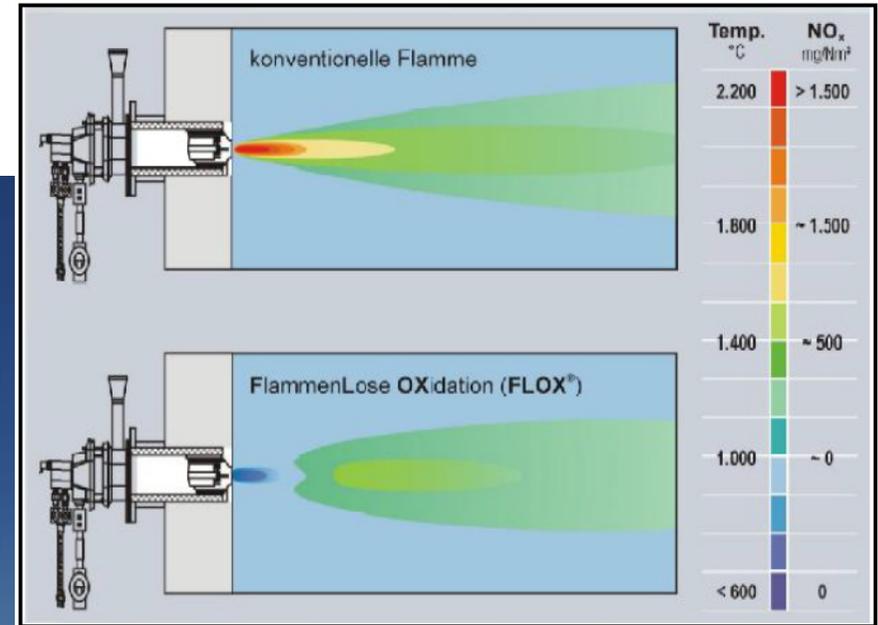
- Pyrolyse: Umwandlung der org. Bestandteile in Brenngas + Koks + Öl unter Luftabschluss
- Pyrolyse bei mittleren Temperaturen
- Für Entsorgung Koks weitere Stufe (therm. ) Stufe notwendig
- Schwachgasgemisch in einem Schwachgasmotor, für die Durchführung des Pyrolyseprozesses oder für sonstige therm. Anwendungen genutzt

## 2. Verfahren - gestufte Verbrennung



- Bei T. bis 650 °C wird der Klärschlamm mit geringer Luftzufuhr verschwelt und zu einem mit Kohlenstoff angereichertem Produkt mineralisiert
- In zweiter Stufe werden entstehenden Schwelgase mittels FLOX-Brenners zur Vermeidung hoher NOx Emissionen bei ca. 1.250 °C vollständig verbrannt.
- Abgas wird zur Wärmenutzung durch den Außenmantel des Reaktors + Auskopplung von Prozesswärme durch zusätzl. Wärmetauscher geleitet

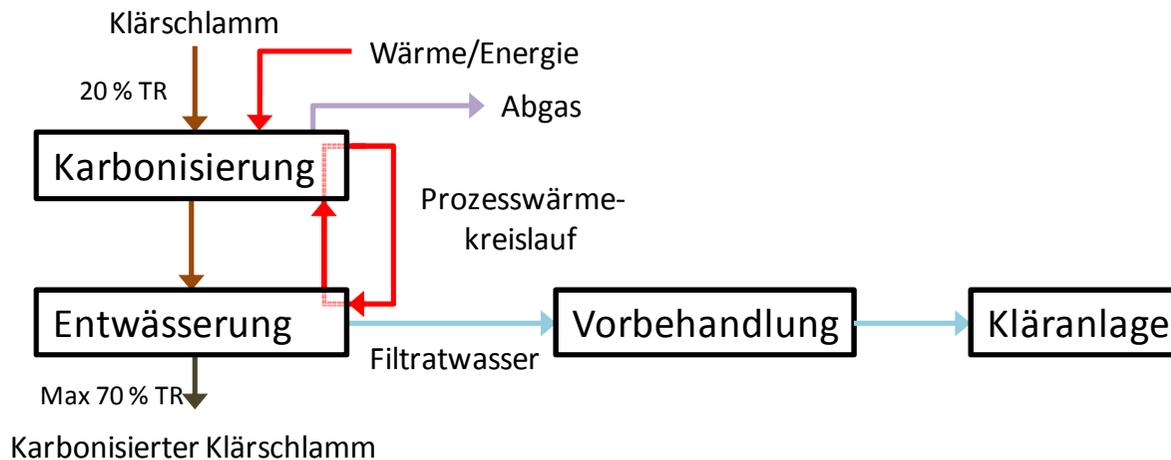
## 2. Gestufte Verbrennung z.B. PYREG



Flox-Brenner

Quelle: H. Gerber et al.

## 2. Verfahren-hydrothermale Carbonisierung (HTC)



HTC-Kohle entwässert



Quelle: C. Koller et. al.

- Klärschlamm wird bei erhöhtem Druck 20-30 bar und erhöhter Temperatur (ca. 200°C) innerhalb weniger Stunden karbonisiert
- in nachfolgender mechanischer Stufe Abtrennung des Schlammwassers aus der Kohle-Slurry
- im Filterkuchen: 60-70% TR erreichbar; Trocknung des karbonisierten Klärschlammes vor der Verbrennung kann entfallen
- exothermen Umsetzung von Kohlenstoff, dadurch geringer Wärmebedarf
- Prozesswasser mit hoher DOC-Belastung (inert!), wird in KA nachbehandelt

## 2. Verfahren - Klärschlammvererdung



Quelle: eigene Aufnahme



- aerob stabilisierter Schlamm wird mit Hilfe von Schilfbewuchs vererdet
- Becken ca. 20 Jahre nutzbar
- landwirtschaftliche Verwertung abhängig von rechtlichen Randbedingungen und Schadstoffgehalten

### 3. Vergleich und Ausblick



	KS-Vergasung	Pyrolyse	Gestufte Verbrennung	HTC	KS-Vererdung
<b>Anwendungsbereich</b>	>1000t TS/a	ab ca. 1000 t TS/a	ab ca. 1000 t TS/a	>1000t TS/a	500 bis 20.000 E
<b>KS-Trocknung</b>	ca. 70 bis 80%	ca. 70 bis 80%	ca. 70 bis 80%	nicht notwendig	keine
<b>Reststoffe</b>	KS-Asche	P-Koks, ggf. Öl	C-haltiger Mineralstoff	Kohle-Slurry Prozesswasser	KS+Schilfkompst
<b>P-Rückgewinnung</b>	analog KS-Asche durch Lösung mit Säure	analog KS-Asche durch Lösung mit Säure	direkte Ausbringung in Landwirtschaft	aus Flüssigphase, Fällung	direkte Verwertung des KS + Schilfkompstes
<b>Schadstoffentfrachtung</b>	Hg, Cd, AOX, PAK	Hg, Cd, AOX, PAK	Hg, Cd, AOX, PAK	Keine bzw. Verlagerung ins Prozesswasser	kaum Schwermetallentfrachtung

- Bei Verfahrenswahl lokale Randbedingungen prüfen
- Für Schlamm-trocknung Abwärme, Solarenergie, Abwasserwärme usw. einsetzen
- Phosphorrückgewinnung sollte möglichst unkompliziert möglich sein
- Rückbelastung für KA prüfen





**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Forschungsinstitut für Wasser- und  
Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.**

Henry Riße

Kackertstraße 15 – 17 · 52056 Aachen  
Tel.: +49 (0) 241 80 2 68 18  
risse@fiw.rwth-aachen.de  
[www.fiw.rwth-aachen.de](http://www.fiw.rwth-aachen.de)