

# Sludge2P

## Energieautarke Rückgewinnung von Phosphaten durch ganzheitliche Klärschlammverwertung mit integrierter Wasserstoffgewinnung

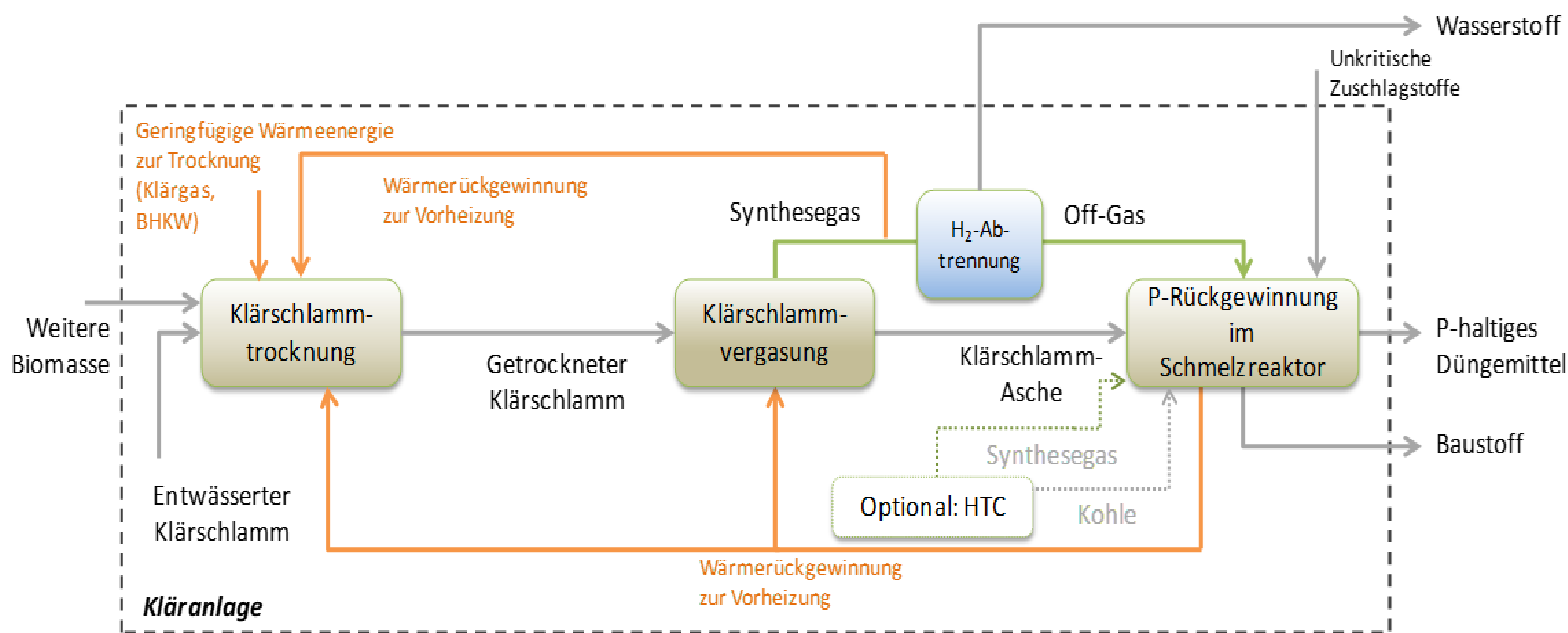


Bild 1: Angestrebter „Sludge2P“ Prozessweg mit effizienter Ausnutzung aller Stoff- und Energieströme.

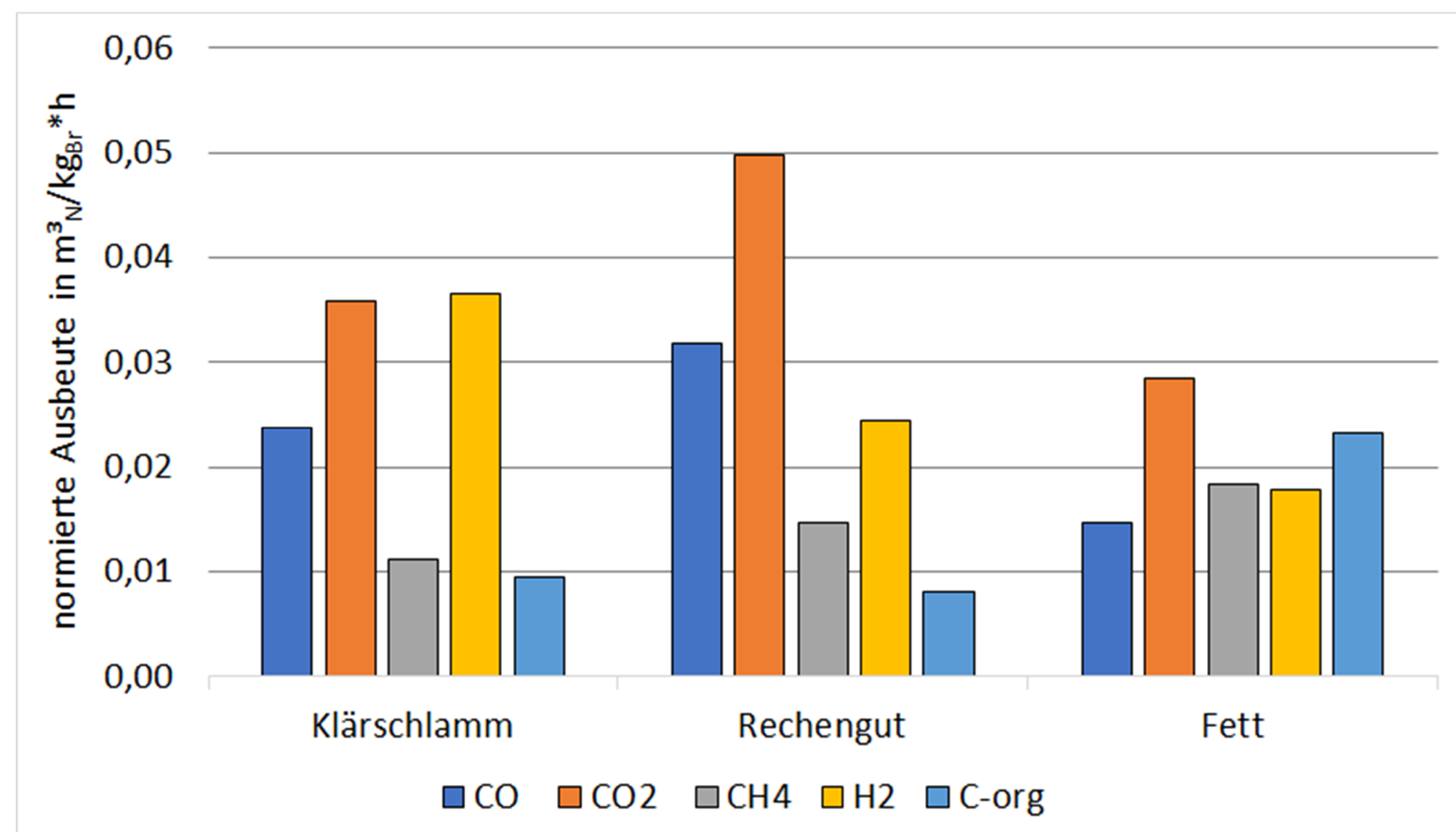
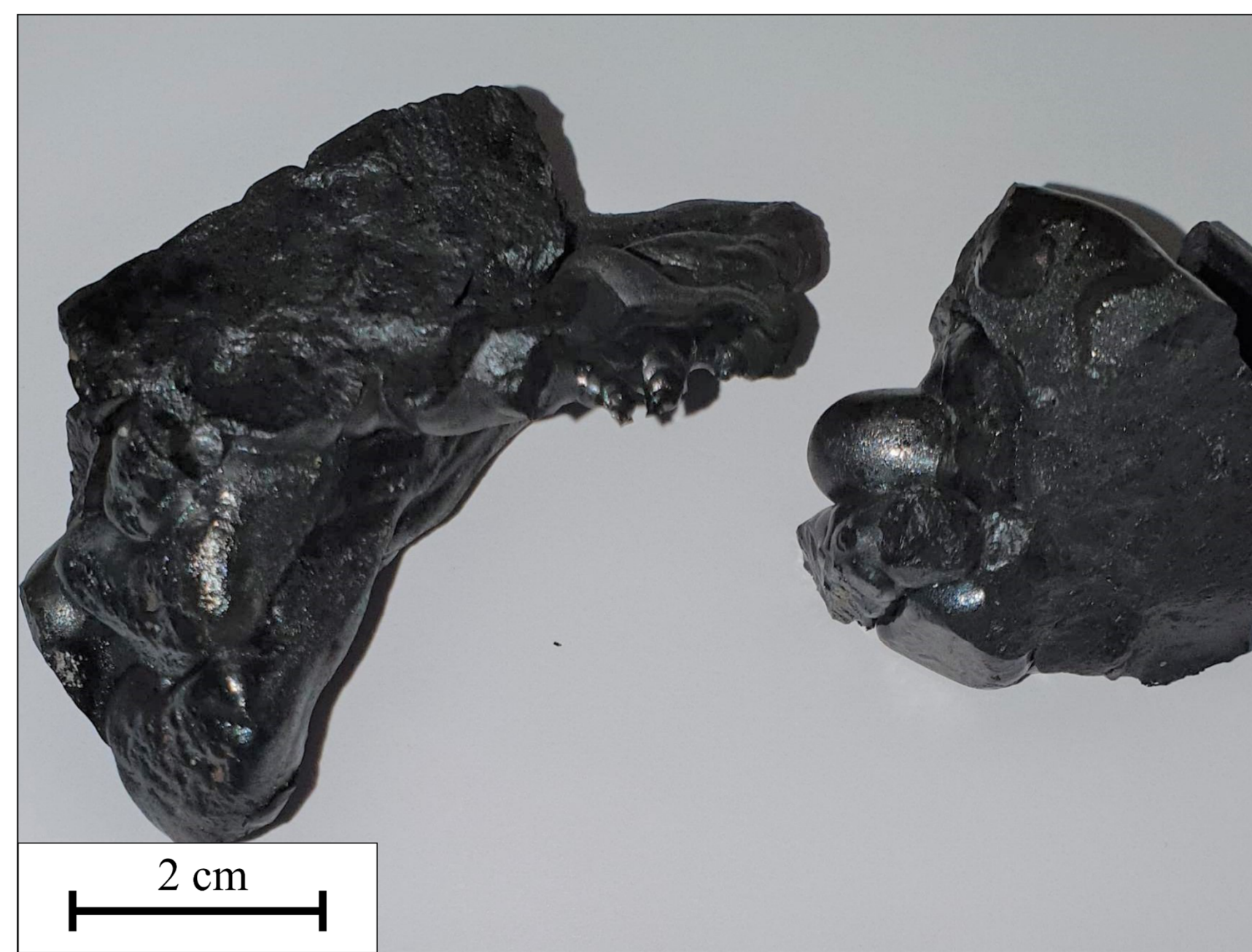


Bild 2: Ergebnisse zur normierten Gasausbeute in bei Vorversuchen zur Pyrolyse bei 850°C von verschiedenen Brennstoffen (wf).

Bild 3: Im Laborofen aus KSA und CaO-reicher, feinkörnig zerfallenden Schlacke im Verhältnis 40/60 erschmolzenes Produkt. Ziel der schmelztechnischen Behandlung ist die deutliche Verbesserung des pflanzenverfügbaren P-Anteils durch mineralische Neubildung.



### Literatur

- (1) AbfKlärV, Klärschlammverordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist.
- (2) Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27. September 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 65, ausgegeben zu Bonn am 2. Oktober 2017

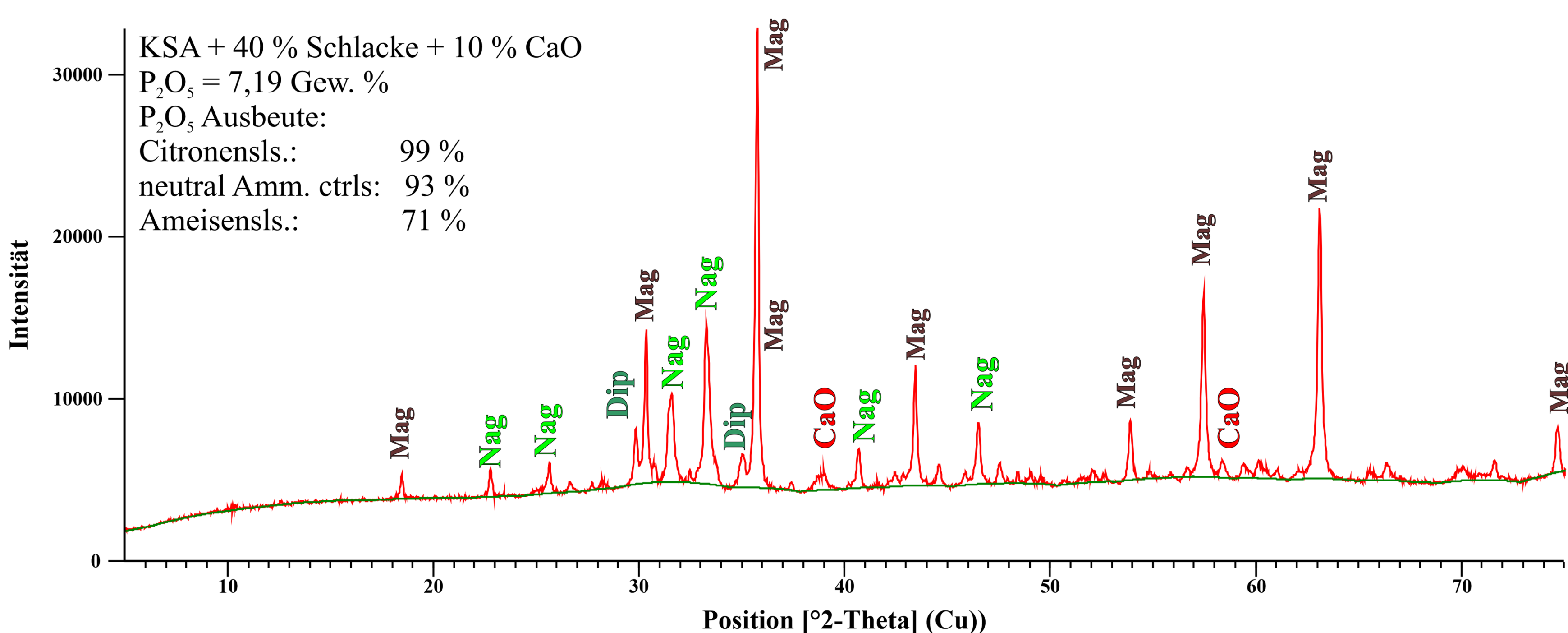


Bild 4: Darstellung der Mineralphasen und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Löslichkeiten in düngerechtlich relevanten Extraktionsmitteln nach der schmelztechnischen Behandlung der KSA. Die neu gebildete, P-haltige Mineralphase Nagelschmidtit ((Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)<sub>2</sub>(Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)) weist eine bessere P-Löslichkeit auf, als der in der KSA vertretene Whitlockit.

### Einleitung

Phosphor ist ein essenzieller Pflanzennährstoff und daher ein wichtiger Bestandteil in Düngemitteln. Der Großteil des in Deutschland benötigten Phosphors wird derzeit importiert. Bedingt durch die Novellierung der Abfallklärschlammverordnung (AbfKlärV) und die zugehörige Verordnung zur Neuordnung sind Kläranlagenbetreiber dazu verpflichtet, den im Abwasser enthaltenen Phosphor spätestens ab 2029 zurückzugewinnen. Hier setzt Sludge2P an, indem ein energieautarkes mehrstufiges Verfahren, siehe Bild 1, zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm mit integrierter Wasserstoffgewinnung durch die Projektpartner konzeptioniert und erforscht wird.

### Thermochemische Verwertung

Die thermo-chemische Verwertung des Klärschlammes und der biogenen Rest- und Abfallstoffe, die auf dem Betriebsgelände der Entsorgungsbetriebe Siegen (ESi) anfallen, erfolgt mit dem am Lehrstuhl für Energie- und Umweltverfahrenstechnik der Universität Siegen (LEUVT) entwickelten IPV-Verfahren (Integrierte Pyrolyse und Verbrennung). Hierbei wird der Brennstoff zunächst pyrolysiert. Die aufsteigenden Gase und Teere werden mit Hilfe von überhitztem Wasserdampf reformiert, um die Wasserstoffausbeute zu erhöhen. Der erzeugte Koks wird intern einer Wirbelschichtverbrennung zugeführt und verbrannt. Zusammen mit im System befindlichem Bettmaterial wird ein Teil der heißen Asche über eine gasdichte Verbindung zurück in den Pyrolyse-Reaktor gefördert, um die benötigte Wärme zur Pyrolyse bereit zu stellen.

### Schmelzflüssige Behandlung

Aus der im IPV-Reaktor erzeugten Asche wird über eine schmelzflüssige Behandlung (FEhS) bei 1.600 °C eine Schlacke mit hoher P-Pflanzenverfügbarkeit erzeugt, siehe Bild 3. Dies wird erreicht über die Zugabe von Ca-Trägern wie Branntkalk und fein zerfallenden Ca-reichen Schlacken aus der Stahlerzeugung. Verschiedene Mischungen von Asche und Kalk zeigten Schmelztemperaturen zwischen 1.230 °C und maximal 1.430 °C. Es zeigten sich im Laborversuch der untersuchten Asche-Ca-Träger Mischungen hohe Ausbeuten für P gegen verschiedene Extraktionsmittel oberhalb der durch die EU geforderten Minimalwerte, siehe Bild 4. Kontaminanten wie Cr<sup>VI</sup>, As, Ti und Hg liegen deutlich unterhalb der geforderten Grenzwerte und Nachweisgrenzen.

### Ausblick

Im weiteren Projektverlauf sollen die im IPV-Reaktor gewonnen Erkenntnisse und Materialien zur Behandlung der Klärschlammaschen in Technikumsversuchen (40 L TBRC) reproduziert werden. Die Pflanzenverfügbarkeit wird mit dem so gewonnen Material in Gefäßversuchen an Raps- und Weizenpflanzen überprüft. Parallel zu den Versuchen werden am LEUVT die Stoff- und Energieflüsse bilanziert und modelliert, um so die Energieautarkie des gesamten Prozesses nachzuweisen und Daten für ein Up-Scaling zu erhalten.