

Projekt KlimaPhoNds beendet erste Projektphase

Unter dem Leitsatz „**Klärschlamm ist nicht bloß Abfall, sondern Rohstoff**“ wird seit dem 01.10.2020 im Projekt KlimaPhoNds intensiv an einem Verfahren zur reststofffreien Klärschlammverwertung geforscht. Im Fokus steht dabei die Rückgewinnung des kritischen Rohstoffs Phosphor unter Einhaltung des gesetzlichen Grenzwerts von 20 g P/kg TM im entwässerten Klärschlamm. Die Rückgewinnung soll dabei dezentral auf der Kläranlage erfolgen und möglichst klima- sowie ressourceneffizient gestaltet werden.

Der erste, oftmals limitierende Schritt der Phosphorrückgewinnung ist die Rücklösung gebundener Phosphate, denn nur freies Phosphat kann als verwertbares Produkt rückgewonnen werden. KlimaPhoNds setzt hier auf eine thermisch intensivierete Versäuerung von eingedicktem Überschussschlamm. Die wesentlichen Vorteile an dieser Technik sind zum einem, dass infolge der Eindickung nur ein kleiner Volumenstrom mit hohen Phosphatgehalten behandelt werden muss und zum anderen, dass ein Großteil der Phosphatfracht rückgelöst werden kann. Letzteres ist allerdings nur möglich, wenn ein erheblicher Teil der im Abwasser enthaltenen Phosphorfracht biologisch als Bio-P im Überschussschlamm gespeichert wird.

Erste Rücklösungsversuche aus Überschussschlamm der Kläranlage Northeim zeigten trotz vermeintlich guter Voraussetzungen (vorrangig biologische P-Elimination) nur geringe Rücklöseraten. Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass eine erhöhte Calciumphosphat-Fällung in der Vorklärung sowie eine zu hohe Dosierung von Eisenfällmitteln in der Belebung ursächlich hierfür waren. Mit der Eisen/Kalk-Konditionierung des Klärschlammes gelangten erhöhte Mengen an gelöstem Calcium über den Filtratwasserrücklauf in die Vorklärung, wodurch dort mehr Phosphate ausgefällt wurden. Die so reduzierte Phosphatfracht wurde in der Belebung teilweise auch als Eisenphosphat gefällt, wodurch weniger Bio-P im Überschussschlamm gespeichert wurde. Zur Optimierung der P-Rückgewinnung wurde deshalb zunächst die Bio-P-Elimination der Kläranlage optimiert, indem weniger Phosphat gefällt und den P-akkumulierenden Mikroorganismen mehr Phosphat angeboten wurde.

Mittels einer Umstellung der Klärschlammkonditionierung von Eisen/Kalk auf polymere Flockungsmittel wurde die Phosphatfällung in der Vorklärung erheblich reduziert. Weitere positive Nebeneffekte waren eine Reduzierung der zu verwertenden Klärschammmenge um rd. 33 % sowie eine Verbesserung des Schlammindex. Weiterhin erfolgte eine fortlaufende Reduzierung der zugegebenen Menge an Fällmittel durch Verbesserung der Dosierungsautomatik und Erneuerung von Messtechnik.



Insgesamt wurde dadurch der rücklösbare Bio-P-Anteil im Überschussschlamm so deutlich gesteigert, dass ausreichend hohe Rücklösungsraten erzielt werden. Aus Sicherheitsgründen wurde die Technik um den Einsatz von Zitronensäure zur Rücklösung chemisch gebundener Phosphate erweitert. Diese Erweiterung kann auch von Kläranlagen mit teilweise biologischer P-Elimination genutzt werden.

Bei der thermisch intensivierten Versäuerung auf der Kläranlage Northeim wird Wärme aus dem Heizkreis des dortigen BHKWs genutzt. Die aus dem Schlamm rückgelösten Phosphate werden mit dem Schlammwasser abgetrennt und durch Zugabe von Magnesiumchlorid und Natronlauge als Magnesiumammoniumphosphat (MAP) ausgefällt. Der versäuerte Schlamm weist gute Entwässerungseigenschaften auf, was eine weitreichende Abtrennung der gelösten P-Fracht mit dem Schlammwasser ermöglicht. In Kombination mit einer nahezu vollständigen Fällung können ausreichende Mengen an Phosphaten abgetrennt und verwertet werden. Die Entwässerung des versäuerten Schlamms erfolgt mittels eines Zentrifugendekanters und die Fällung mit einem selbst entworfenen ca. 3,5 m hohen Fällungsreaktor. Die Aufteilung des Reaktors in eine schmale Reaktions- und eine breite Sedimentationszone ermöglicht eine kontinuierliche Fällung und Rückgewinnung selbst feinsten Kristalle. Aktuelle Bilanzierungen ergeben P-Restgehalte im entwässerten Klärschlamm von ca. 17 g P/kg TM für die Kläranlage Northeim. Entsprechend gut stehen die Chancen, ab 2024 erstmalig eine großtechnische dezentrale Phosphorrückgewinnung gemäß den gesetzlichen Anforderungen ab 2029 bzw. 2032 nachzuweisen.

Für die Verwertung des erzeugten Phosphat-Rezyklats MAP werden in KlimaPhoNds zwei Optionen untersucht und bewertet. Ein Verwertungsweg ist die Direktverwertung als alternatives Düngemittel in der Landwirtschaft. Analysen zeigen, dass das Fällungsprodukt geringe Verunreinigung aufweist und als Düngemittel ist. Fundierte Aussagen können erst getroffen werden, sobald ausreichende Produktmengen für entsprechende Qualitätsanalysen vorliegen. Diese erfolgen mit Beginn des Betriebs der großtechnischen Anlage im Herbst 2024. Aktuelle Berechnungen zufolge könnten auf der Kläranlage Northeim jährlich mehr als 70 t MAP erzeugt und als Recyclingdünger verwertet werden. Für eine flexiblere und ressourceneffizientere Verwertung wird alternativ eine zweistufige Veredelung des MAPs zu Phosphorsäure, Magnesiumchloridlösung und Ammoniakwasser untersucht. In der ersten Stufe wird das MAP kalziniert, um organische Verunreinigungen und den in Form von Ammonium im MAP gebundenen Stickstoff für die anschließende Veredelung zu entfernen. Der freigesetzte Stickstoff soll als Ammoniakwasser rückgewonnen und verwertet werden. Kalzinierungsversuche zeigten, dass die Temperatur ausschlaggebend für die Reinigung des MAPs ist.



Während Stickstoff und Wasser bereits bei geringeren Temperaturen von ca. 200 °C entweichen, erfordert die Entfernung organischer Verunreinigungen deutlich höhere Temperaturen, was zu einem energieintensiveren Prozess führt. Die MAP-Fällung in KlimaPhoNds erfolgt aus dem feststofffreien Schlammwasser, wodurch organische Verunreinigungen gering sind. Mittels der PARFORCE-Technologie, ein nasschemisches Verfahren zur Verarbeitung von phosphorhaltigen Primär- oder Sekundärrohstoffen, wird das kalzinierte MAP, also das ammoniumfreie Magnesiumphosphat (MP), zu Phosphorsäure und einer Magnesiumchloridlösung veredelt. Versuche mit dem Northeimer MAP aus Technikumsversuchen zeigten hohe Rückgewinnungsquoten und gute Produktqualitäten. Anhand fortlaufender Optimierungsarbeiten können nach aktuellem Stand aus einer Tonne kalziniertem MAP rd. 880 kg Phosphorsäure (75 %) sowie rd. 4 t Magnesiumchlorid-Lösung (15 %) erzeugt werden, was einer P-Ausbeute von ca. 95 % und einer Mg-Ausbeute von ca. 80 % entspricht. Aus dem Northeimer MAP könnten somit jährlich bis zu 30 t hochwertige Phosphorsäure erzeugt und ca. 70 % des auf der Kläranlage benötigten Fällmittels zurückgeführt werden.

Der Klärschlamm mit einem P-Gehalt kleiner 20 g P/kg TM unterliegt keiner weiteren P-Rückgewinnungspflicht und kann flexibel verwertet werden. Im Projekt KlimaPhoNds ist eine zukünftige Verwertung in der Zementindustrie geplant. Dort kann der Klärschlamm sowohl energetisch als Ersatzbrennstoff als auch stofflich als Zuschlagstoff reststofffrei verwertet werden. Eine Trocknung des Klärschlammes ist hier von Vorteil. Vollgetrockneter Klärschlamm besitzt einen mit Braunkohle vergleichbaren Heizwert und stellt einen wertvollen Brennstoff dar. Zudem wird durch die Trocknung das Volumen des Klärschlammes stark reduziert, wodurch nur ein Bruchteil der ursprünglichen Schlammmasse transportiert werden muss. Die Schlamm-trocknung auf der Kläranlage Northeim wird erstmalig mittels Wirbelschichtverdampfungstrocknung im Pilotmaßstab erprobt. Die Wirbelschichtverdampfungstrocknung ist aus der Trocknung von Zuckerrüben bekannt und trocknet in reiner Wasserdampf-atmosphäre. Der abgeführte Trocknerbrüden besteht nur aus Wasserdampf, wodurch eine einfache Kondensation und eine nahezu vollständige Rückgewinnung der eingesetzten Wärme umsetzbar ist. Der im Bau befindliche Pilot-trockner wird auf der Kläranlage mit Hochtemperaturwärme aus dem Abgasstrom des BHKWs versorgt. Die Kondensation des Trocknungsbrüden erfolgt im Faulbehälter der Kläranlage Northeim, wodurch die für die Trocknung eingesetzte Wärme nahezu verlustfrei zur Erwärmung des Faulschlammes genutzt wird.

Kontakt für mehr Informationen zum Projekt KlimaPhoNds:

Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers (michael.sievers@cutec.de)

René Schumann (rene.schumann@cutec.de)