



## Abschlussbericht: Teil I Kurzbericht

### „UltraSep“: Innovatives Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung von Klärschlamm

BMBF Förderprogramm zur Förderung kleiner und mittelständischer Unternehmen »KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz«

**Kurztitel:** UltraSep  
**Förderkennzeichen:** 02WQ1398  
**Laufzeit:** 01.09.2018 – 30.06.2021



Kooperationspartner	Ansprechpartner / Kontakt
<b>AQUATTRO GmbH</b> Hagener Str. 62 D-58553 Halver	Alexander Hoffmann Telefon: 02353/667957-77 alexander.hoffmann@hsrobotics.com
<b>Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik</b> Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen	Dipl.-Ing. Josef Robert Telefon: 0208/8598-1150 Email: josef.robert@umsicht.fraunhofer.de
<b>Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH(WiW)</b> Untere Lichtenplatzer Straße 100 42289 Wuppertal	Dr. Gerd Kolisch Telefon: 0202/583-292 kol@wuppverband.de

30.09.2021

## **Teil I: Kurzbericht des Vorhabens: UltraSep – 02WQ1398**

### **Aufgabenstellung und Ablauf des Vorhabens**

Bei der kommunalen Abwasserreinigung fallen in Deutschland jährlich rund 1,8 Mio. t Klärschlamm an. Dieser wurde bislang größtenteils landwirtschaftlich verwertet oder zunehmend thermisch in Mitverbrennungsanlagen entsorgt. Durch die seit 2017 in Kraft getretene Novellierung der Klärschlammverordnung ist jedoch eine Neuausrichtung in der Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm notwendig.

Das Verbundprojekt „UltraSep“ setzt an dieser Herausforderung an und hat zum Ziel, Klärschlamm durch eine kombinierte Desintegration mittels Ultraschall aufzuschließen und somit einer zielgerichteten Verwertung zuführen zu können. Dazu sieht das Verfahren vor, den Schlamm durch eine kombinierte thermische, chemische und mechanische Behandlung soweit zu desintegrieren, dass dieser im Anschluss in eine Flüssigkeitsphase mit hohem Anteil gelöster Organik und eine faserreiche Feststofffraktion mechanisch separiert werden kann. Die entstehenden Stoffströme werden daraufhin auf ihre Verwertbarkeit untersucht.

Im Rahmen des Forschungsprojekts soll das angedachte UltraSep-Verfahren entwickelt und weiter optimiert werden. Dazu wurde eine Pilot-Anlage konzipiert und auf der Kläranlage Hückeswagen (Wupperverband) errichtet. Neben der iterativen Optimierung der Prozess- und Anlagenparameter dienen die erzeugten Stoffströme als Probenmaterial für weitere Verarbeitungsschritte. Es wurden Untersuchungen zur Nutzung der Faserfraktion als Brennstoff sowie als Rohmaterial für eine Pyrolyse oder hydrothermale Verkohlung durchgeführt. Die Analyse der Flüssigkeitsphase erfolgte hinsichtlich einer Stickstoff- und Phosphorrückgewinnung. Des Weiteren wurde der Einfluss der Desintegration auf den anaeroben Abbau untersucht und in einer Hochlast-Faulung getestet. Auf Basis der ermittelten Prozess- und Stoffdaten wurde abschließend eine Beurteilung der wirtschaftlichen Verwertungs- und Anschlussfähigkeit erstellt.

### **Wesentliche Ergebnisse**

Die gesamte Anlagentechnik der Pilot-Anlage wurde auf der KA Hückeswagen in zwei 20-Fuß Containern errichtet. In der Anlage erfolgen die Prozessschritte des Aufheizens, der Konditionierung mit NaOH und der Beschallung durch Hochleistungs-Ultraschall. Der desintegrierte Schlamm wird im Anschluss mechanisch separiert. Der Nachweis der technischen Machbarkeit des Kernprozesses konnte erfolgreich und fristgerecht erbracht werden.

Die weiteren Arbeiten fokussierten sich auf den Betrieb und die Optimierung der Pilot-Anlage. Neben der Einstellung der anlagentechnischen Betriebsparameter erfolgten Untersuchungen zum Klärschlammaufschluss in Abhängigkeit der Verfahrensparameter Temperatur, pH-Wert und Ultraschalleintrag. Als Bewertungskriterien wurde zum einen der Aufschlussgrad anhand des Chemischen Sauerstoff Bedarfs (CSB) und zum anderen die Partikelgrößenverteilung verwendet. Zusätzlich wurde der Einfluss der Desintegration auf die im Schlamm enthaltenen Extrazellulären Polymeren Substanzen (EPS) mittels Färbung und Mikroskopie untersucht.

## Teil I: Kurzbericht des Vorhabens: UltraSep – 02WQ1398

Die durchgeführten Versuchsreihen für die separate Behandlung von Primär- und Überschussschlamm (PS, ÜS) im kombinierte Desintegrationsverfahren zeigen, dass mit Aufschlussgraden bis zu 70 % beide Schlämme effektiv desintegriert und ein erheblicher Anteil an Organik als gelöster CSB in die Flüssigkeitsphase überführt werden kann. Dabei bewirkt die alkalische Hydrolyse in Abhängigkeit des pH-Werts den größten Anteil am Desintegrationsvorgang. Sowohl der thermische als auch mechanische Aufschluss mittels Ultraschall haben einen geringeren Anteil am Aufschlussgrad. Gleichzeitig konnte nachgewiesen werden, dass die Ultraschallbehandlung einen stark beschleunigenden Einfluss auf die alkalische Hydrolyse hat. Dies ist auf die deutliche Reduktion der Partikelgröße (ca. 70 %) und die Zerkleinerung der EPS-Strukturen zurückzuführen. Als Prozessparameter werden 60 °C, ein pH-Wert von 9 – 10 für PS sowie 9,5 – 10 für ÜS und ein spez. Energieeintrag des Ultraschalls von 1.000 kJ / kg TS empfohlen.

Für die Verwertung der Stoffströme zeigt sich, dass die Feststofffraktion effektiv separiert, getrocknet und sowohl als Brennstoff (Brennwert ca. 15 MJ / kg) als auch für eine stoffliche Verwertung in einer Flash-Pyrolyse oder Hydrothermalen Carbonisierung (HTC) genutzt werden kann. Die Rücklösungsraten von Phosphor als gelöste Orthophosphate belaufen sich auf ca. 20 % bis max. 48 % und sind abhängig vom Umfang der chemischen P-Elimination. Das Desintegrationsverfahren kann eine P-Rückgewinnung prinzipiell unterstützen, erfordert jedoch für einen effektiven Nutzen eine vermehrt biologische P-Elimination im Kläranlagebetrieb.

Für den anaeroben Abbau des gesamten aufgeschlossenen PS zeigt sich eine Steigerung der Gasausbeute um 12 %. Die separierte Flüssigkeitsphase weist insgesamt einen höheren spez. Gasertrag auf. Gleichzeitig steht der Faulung durch die Ausschleusung der Feststofffraktion jedoch weniger Organik zur Verfügung. Hieraus resultiert ein reduzierter Gasertrag von etwa 47 % des unbehandelten PS. Bei der Desintegration von ÜS ergibt sich eine deutliche Steigerung der spez. Gasausbeute um bis zu 52 %, die maßgeblich auf die Desagglomeration der Schlammflocken infolge der Ultraschallbehandlung zurückzuführen ist. Darüber hinaus stellen die vorläufigen Versuchsergebnisse zum Einsatz der Flüssigkeitsphase in einer Hochlast-Faulung mit einem Abbau des CSB von bis zu 94 % einen aussichtsreichen Ansatz dar.

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit des UltraSep-Verfahrens wurde anhand der Basisdaten des Pilotbetriebs für eine simultan aerob stabilisierende Anlage (SASS) und eine konventionell betriebene Faulungsanlage (FA) unter Berücksichtigung verschiedener technischer Umsetzungskonzepte betrachtet. Bei einer SASS mit 20.000 E zeigt sich für das UltraSep-Verfahren mit Hochlast-Faulung ein deutliches Einsparpotential von 76.000 € / a. Daher sind hierfür weiterführende Untersuchungen zur Einbindung des Verfahrens in kleineren Kläranlagen zu empfehlen.

Bei einer konventionellen FA mit 50.000 E ergibt sich hingegen kein Kostenvorteil. Dennoch bietet sich potentiell ein Einsatz bei einer Überlastung der Faulung bzw. einer geplanten Erhöhung der Faulraumkapazität an.