
Zusammenfassung

Vorbehaltlich einer Trennung von Grau- und Schwarzwasser in Siedlungsgebieten können Toilettenabwässer vorteilhaft durch den Einsatz der Unterdruckentwässerung gesammelt und abgeleitet werden. Infolge der hohen Konzentrationen durch geringe Spülwassermengen lassen sich nach adäquater Behandlung Nährstoffe und Energie gewinnen und die Gesamtkosten reduzieren. Aus den betrieblichen Erfahrungen bestehender Schwarzwasserunterdrucksysteme im Siedlungsbereich sind Verstopfungen der Leitungen bekannt, deren Genese in der Bildung von Feststoffen an der Rohrwandung vermutet wird; systematische Untersuchungen der chemischen und physikalischen Prozesse der Feststoffbildung sowie der relevanten Einflussgrößen fehlen bislang.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Identifizierung dieser Prozesse sowie die Erstellung von geeigneten Konzepten, um die betriebliche Sicherheit der Unterdruckentwässerung von Schwarzwasser zu erhöhen. Hierzu wurden Untersuchungen an bestehenden Unterdruckanlagen durchgeführt und die Bildung von Ablagerungen (Inkrustierung) unter Verwendung von Modellschwarzwasser abgebildet.

Anhand von Proben aus verschiedenen Unterdrucksystemen konnte gezeigt werden, dass Inkrustationen sowohl organische als auch anorganische Bestandteile aufweisen, wobei die organische Fraktion auf eine Ablagerung der suspendierten Cellulose und Fäzesbestandteile im Schwarzwasser infolge einer Dünnschichtverdunstung auf der Rohrwandung zurückgeführt werden kann. Als Hauptbestandteile der anorganischen Fraktion wurden die Mineralien Hydroxylapatit, Struvit und Calcit identifiziert. Durch Implementation der chemischen und physikalischen Vorgänge in ein thermodynamisches Modell konnten diese auf Präzipitationsprozesse deduziert werden, welche aus der Hydrolyse des im Schwarzwasser enthaltenen urinhaltigen Harnstoffs initiiert werden. Während der überwiegende Anteil des entstehenden Präzipitats als Suspension im Schwarzwasser verbleibt, kristallisiert ein geringer Anteil durch mikrobielle Stoffwechselaktivitäten an der Rohroberfläche und bildet dort Inkrustationen.

Nach Etablierung von Modellschwarzwassersystemen konnte der mehrphasige Bildungsprozess erfolgreich im labor- sowie halbtechnischen Maßstab abgebildet sowie die chemischen, physikalischen Einflussfaktoren auf die Inkrustierung identifiziert werden.

Entgegen bisheriger Literaturangaben sind die Auswirkungen der Spülwasserhärte, der Temperatur sowie des Unterdruckes hinsichtlich einer Feststoffbildung

als geringfügig zu bewerten. Hoher Einfluss konnte hingegen der Rohroberflächenrauheit, Schubspannungen sowie dem Luft:Wasser-Verhältnis zugeordnet werden. Weiterführend wurde das bislang schwierig abbildbare, hochturbulente 2-Phasengemisch im Unterdrucksystem durch CFD-Simulationen simuliert, als deren Ergebnis fluviatile Effekte in Interaktion mit der Inkrustation nachgewiesen werden konnten.

Während eine chemische Beseitigung nur geringfügige Erfolge aufwies, wurde eine hohe Reinigungsleistung beim Einsatz mechanisch-abrasiver Verfahren aufgezeigt. Im Zuge des Projektes KREIS erfolgt in Zukunft eine großtechnische Umsetzung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten bau- und betrieblichen Vermeidungskonzepte im Siedlungsgebiet Jenfelder Au (Hamburg).

Schlagwörter: Schwarzwasser, Inkrustation, Ablagerung, Unterdrucktoilette, Vakuumtoilette, Ausfällung, Harnstoffhydrolyse, CFD
Strömungssimulation