

Masterarbeit

Thema: Applicability of a model-based assessment of the removal effectiveness of wastewater treatment plants with regard to pharmaceutical substances

Bearbeiter: Antonia Potreck

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner, M. Sc. Alena Seidenfaden

Datum Abgabe: 30.10.2025

Zusammenfassung

Häufig werden Arzneimittel in Gewässern nachgewiesen, wobei Kläranlagen als bedeutende Punktquelle unter verschiedenen Eintragspfaden identifiziert wurden. Als Reaktion auf diese Herausforderungen fordert die EU-Kommunalabwasserrichtlinie (KARL, 2025) eine verbesserte Entfernung von Mikroschadstoffen, einschließlich Arzneimitteln und eine risikobasierte Bewertung zur Notwendigkeit einer vierten Reinigungsstufe auf Kläranlagen mit 10.000 bis 150.000 Einwohnerwerten. Ziel dieser Studie ist die Evaluierung der Anwendbarkeit des SimpleTreat-Modells für die regulatorische Risikobewertung von Arzneimittelmissionen.

Im Zuge dessen wurden für zehn verschiedene Arzneimittel in vier deutschen Kläranlagen Modellierungen mit SimpleTreat durchgeführt. Die substanzspezifischen Eingangsdaten wurden aus Fachdatenbanken bezogen. Aufgrund der geringen biologischen Abbaubarkeit der betrachteten Substanzen stellte die Sorption im Modell den dominierenden Eliminationsprozess im Modell dar. Die Sensitivitätsanalyse identifizierte sechs wesentliche Eingabeparameter, insbesondere den pH-Wert und den pKa-Wert für ionisierbare Verbindungen. Zusätzliche Modellierungen für Kläranlagen in Finnland und Lettland zeigten eine konsistente Unterschätzung der Eliminationsraten und damit eine Überschätzung der modellierten Konzentrationen im Kläranlagenablauf. Dies ist hauptsächlich auf Unsicherheiten bei der Emissionsratenschätzung und vereinfachte Prozessdarstellungen zurückzuführen.

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass SimpleTreat grundsätzlich in der Lage ist, realistische Vorhersagen zur Eliminationsleistung bezüglich spezifischer Substanzen zu liefern, die spezifische Behandlungsleistung einzelner Kläranlagen jedoch nicht ausreichend abbildet. Eine verbesserte Darstellung biologischer Abbauprozesse sowie eine präzisere Bestimmung stoffspezifischer Parameter würden die Eignung des Modells für Bewertungen im Zusammenhang mit der EU-KARL verbessern.

Summary

Pharmaceuticals are frequently detected in the aquatic environment, with WWTPs acting as a significant point source. In response, the EU Urban Wastewater Treatment Directive (UWWTD, 2025) mandates enhanced removal of micropollutants, including pharmaceuticals, implementing a risk-based assessment for the necessity of quaternary treatment for wastewater treatment plants with a load of 10,000 to 150,000 person equivalents. This study evaluates the applicability of the SimpleTreat model for regulatory risk assessment of pharmaceutical emissions.

SimpleTreat was applied to ten pharmaceuticals in four German WWTPs using substance data primarily from databases. Due to low biodegradability, sorption was the dominant modelled removal process. Sensitivity analysis identified six key input parameters, notably pH and pKa for ionizable compounds. Additional modelling for facilities in Finland and Latvia revealed a consistent underestimation of elimination rates and subsequently overestimation of effluent concentrations, largely driven by uncertainties in emission rate estimates and simplified process representations.

The findings indicate that SimpleTreat possesses the potential to provide adequate predictions on removal efficiencies for particular substances, but insufficiently captures site-specific treatment performance. Improving biodegradation characterization and substance-specific parameter accuracy would strengthen its suitability for UWWTD-related assessments.