

Mikroplastik-Befunde in kommunalen Kläranlagen mit und ohne nachgeschaltete Filtration

Prof. Dr.-Ing. Holger Scheer, Dr.-Ing. Tim Fuhrmann, Emscher Wassertechnik GmbH, Essen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

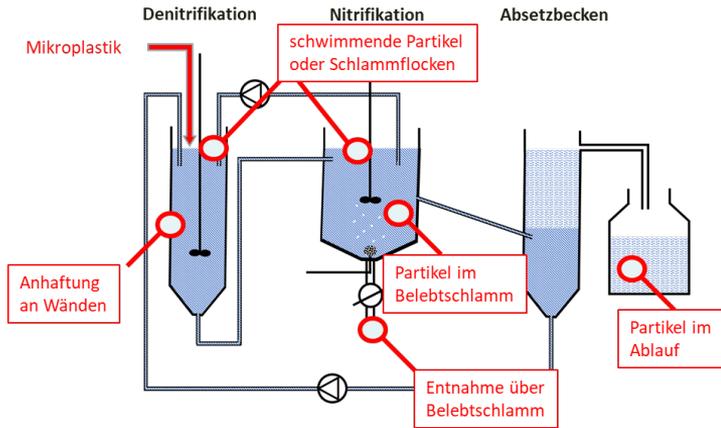
Plastik
in der Umwelt

Quellen • Senken • Lösungsansätze

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Laborkläranlagen: Grundsätzliche Mechanismen

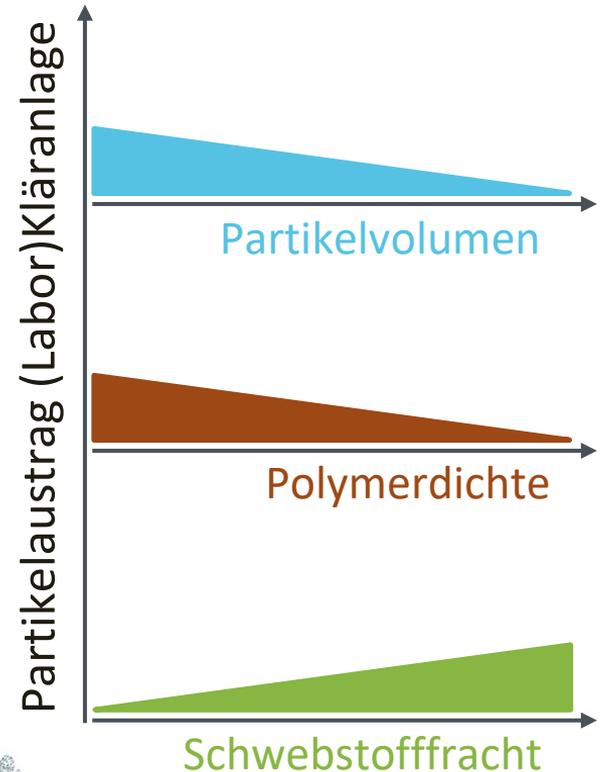


» Rückhalt abhängig von 3 Parametern:

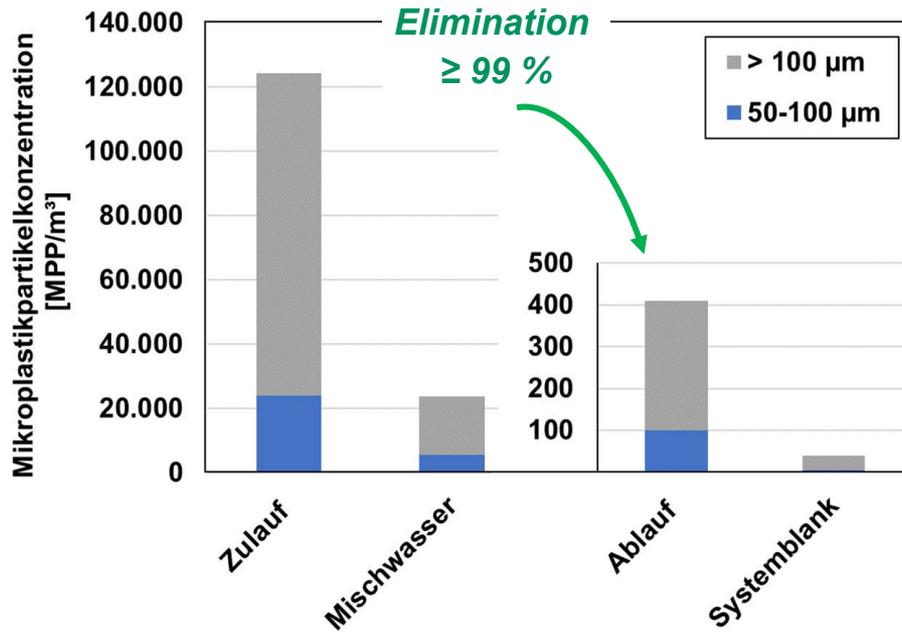
- Partikelvolumen
- Polymerdichte
- Schwebstofffracht



Quelle: M. Kunaschk, 2021

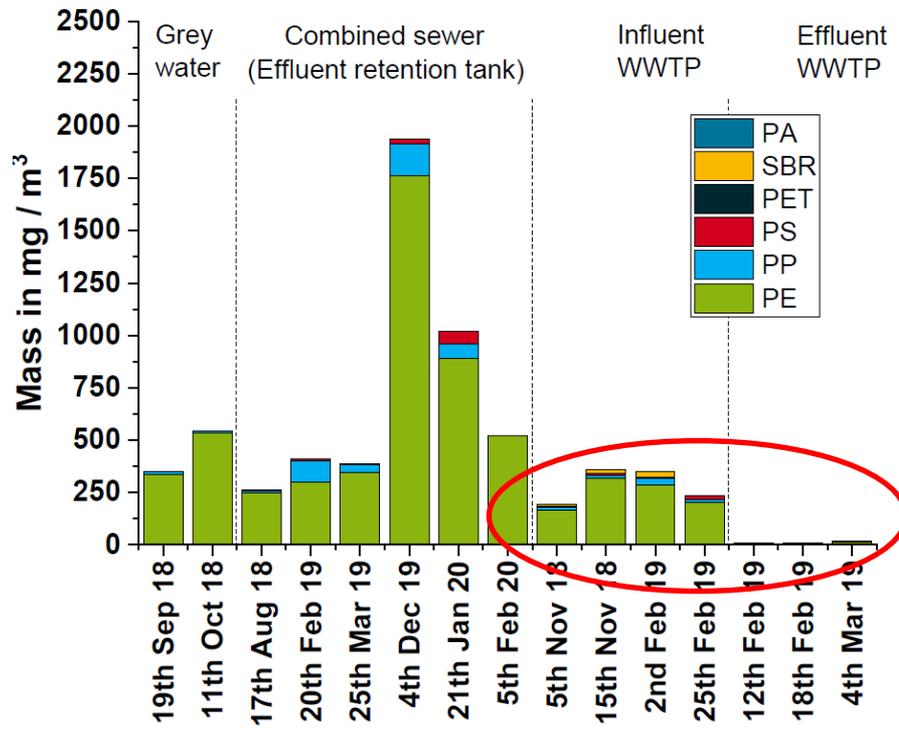


MP-Partikelanzahl bei Kläranlagen: Untersuchungen in „PLASTRAT“



- » Messbereich: 50 – 500 µm
- » Partikelanzahl für PE, PP und PET
- » Rückhalt in Kläranlage > 99 %
- » Korrelation Partikelanzahl mit AFS und CSB

MP-Massenkonzentrationen bei Kläranlagen: orientierende Untersuchungen in „RUSEKU“



- » orientierende Untersuchungen bei Trockenwetter
- » Partikelmasse überwiegend PE, zusätzlich PP, PS, SBR
- » Rückhalt in Kläranlage $\approx 96\%$

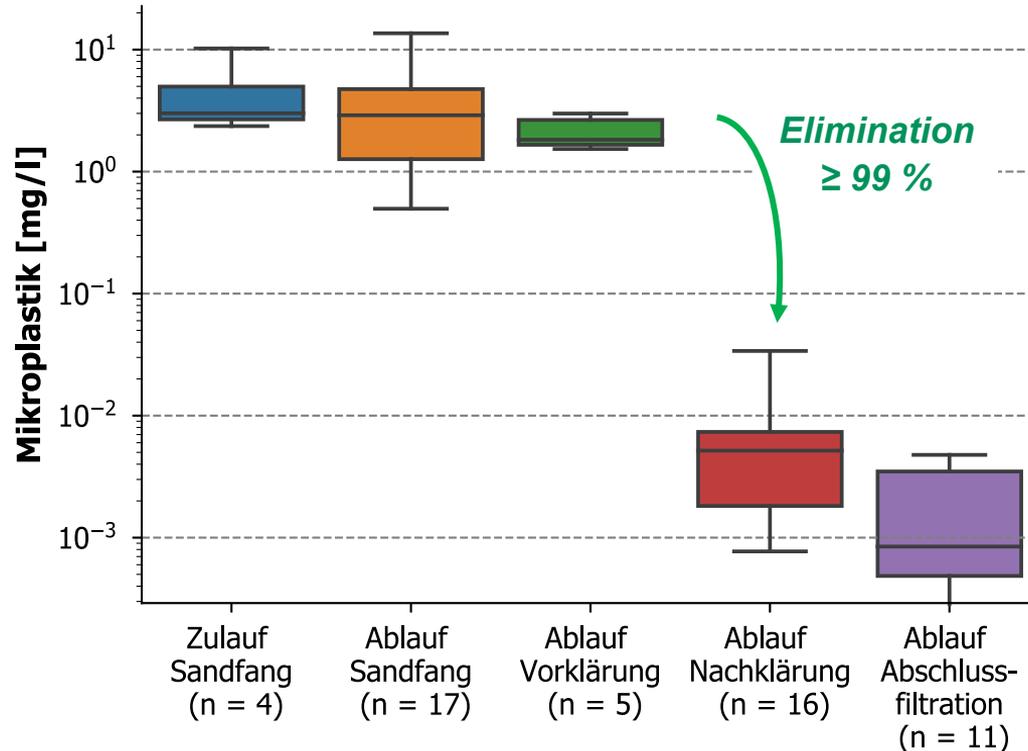
MP im Zul. Sandfang i. M. $\approx 0,3$ mg/l
MP im Abl. Nachkl. i. M. $\approx 0,01$ mg/l

niedriger Zulaufwert, niedrige Elimination



Quelle: K. Altmann, 2021

MP-Massenkonzentrationen bei Kläranlagen: 8 Kläranlagen in „REPLAWA“



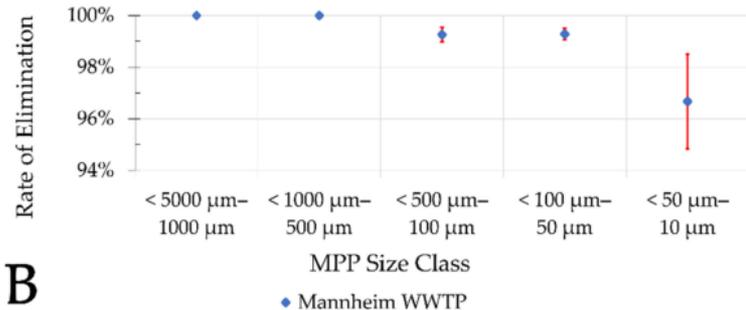
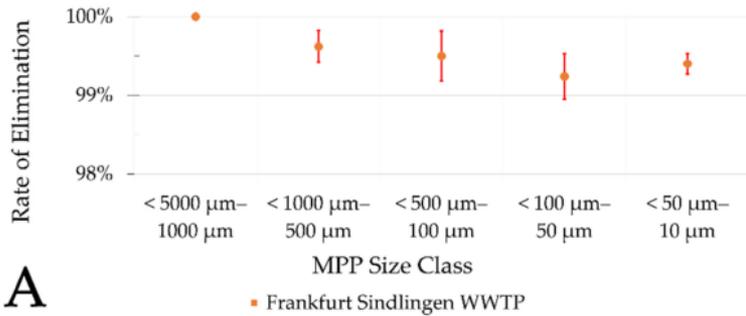
- Reinigungsstufen von acht Kläranlagen mit/ohne Filtration
- **Massen**konzentrationen für fünf Kunststoffarten (PE, PP, PS, PMMA, PET)
- 24-h-Mischproben
- rotierendes Sieb („RoSi“) mit 10 – 1.000 µm
- Gefriertrocknung und Mahlen
- Analytik mit TED-GC/MS

REPLAWA

Daten / Grafik: TU Berlin (2021)

Quelle Fuhrmann et al. (2021)

MP-Partikelanzahl bei nachgeschalteter Sandfiltration: Beispiel „EmiStop“

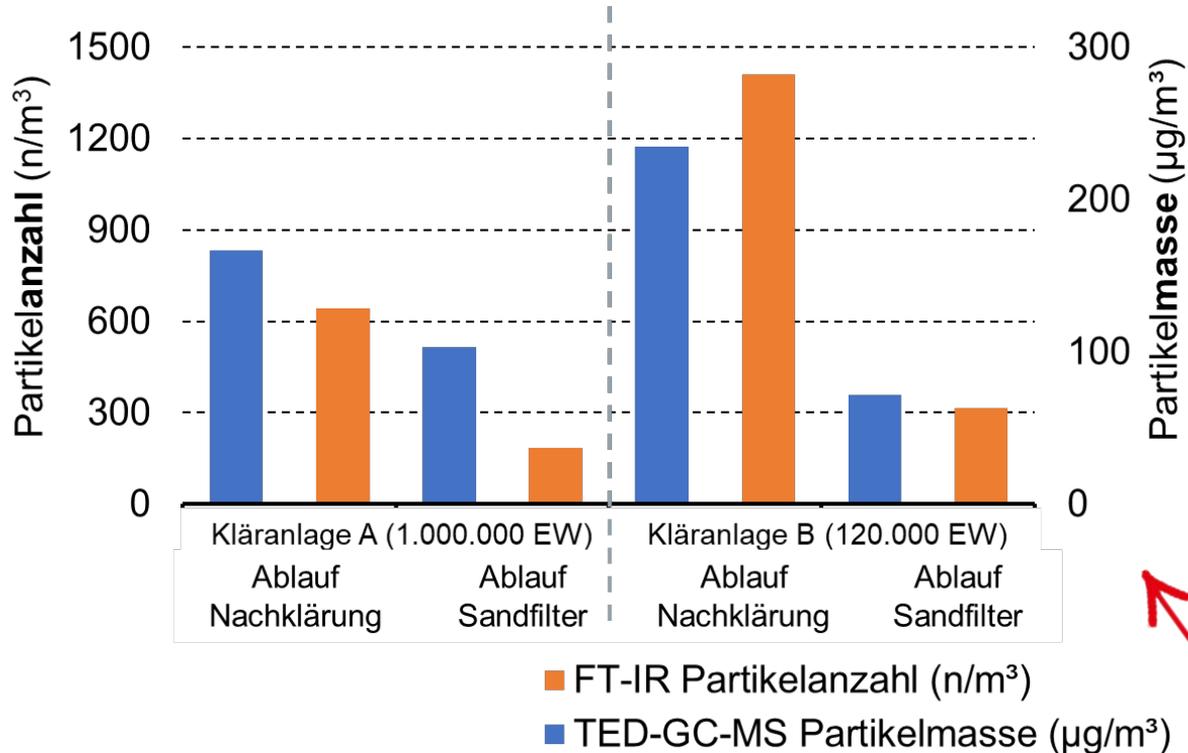


- » 2 kommunale Kläranlagen mit 2-Schichten-Sandfiltration
- » Messbereich: 10 – 500 µm
- » MP-Analyse mit Raman-Mikrospektroskopie
- » Elimination Partikelanzahl im Sandfang über alle Größenklassen 99.2 % bzw. 99.4 %



Quelle: S. Wolff et al., 2021

MP-Partikelanzahl und Massenkonzentrationen bei nachgeschalteter Sandfiltration: Beispiel „Sub μ Track“



- » 2 komm. Kläranlagen mit Sandfiltration
- » Probenahme: Kaskadenfiltration, 100 & 50 μ m
- » PE, PS, PP und PET



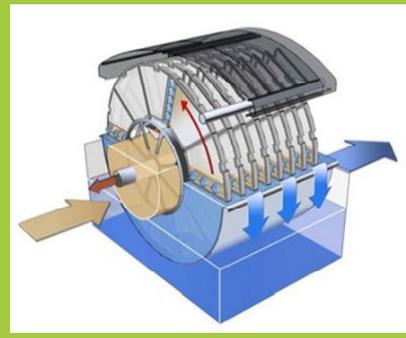
Quelle: O. Knoop (TUM), 2021

MP nach NK \approx 0,2 mg/l
MP nach Sandf. \leq 0,1 mg/l

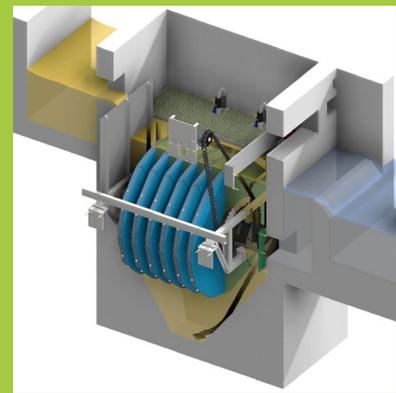
MP-Partikelanzahl und Massenkonzentrationen bei nachgeschalteten Filtrationen: Beispiel „REPLAWA“



Dynam. Sandfilter



Mikrosieb



Tuchfilter



Membrantechnik

Abscheidegrade ca. 80 – 99 % bezogen auf Zulauf Filter

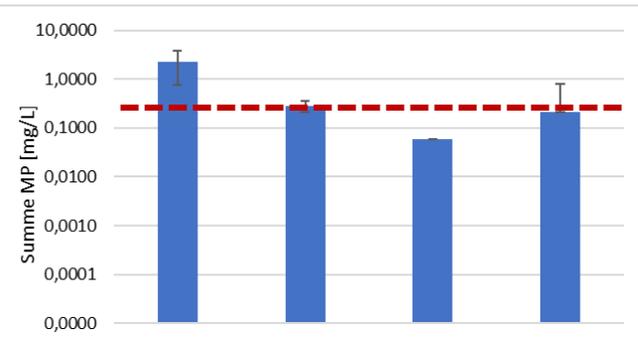
Abscheidegrad bis 100 %

Quelle: Meyer, Bauerfeld, 2020, unveröffentlicht

MP-Partikelanzahl: Ergebnisse aus mehreren Verbänden

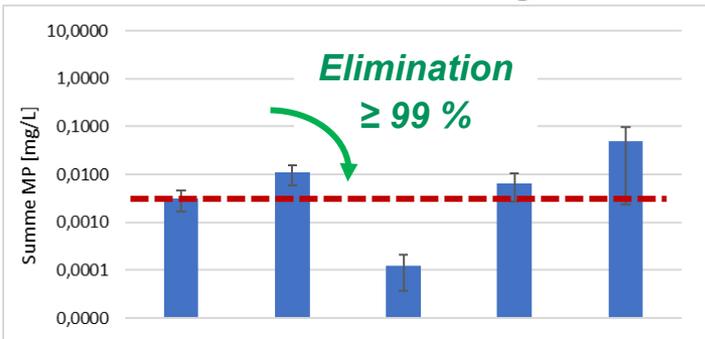
» Ergebnisse aus thermoanalytischen Verfahren im BMBF-Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“, anonymisiert

Zulauf



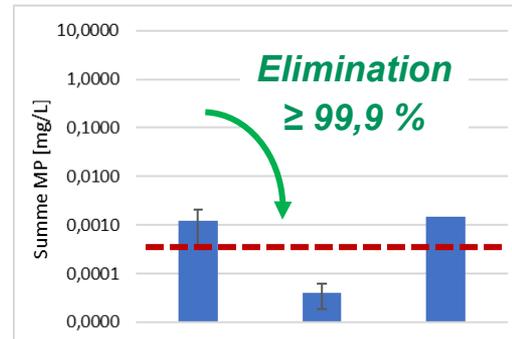
Kunststoffe	PE,PP,PS, PMMA,PET	PE,PP,PS,PET, SBR,PA,Acr.	PE,PP,PS, PET	PE,PP,PS,PET, SBR,PA,Acr.
Größe [µm]	10-1000	5-1000	6-5000	5-1000
Analyse	TED-GCMS	TED-GCMS	Pyr-GCMS	TED-GCMS

Ablauf Nachklärung



Kunststoffe	PE,PP,PS, PMMA,PET	PE,PP,PS,PET, SBR,PA,Acr.	PE,PP,PS, PET	PE,PP,PA, PET	PE,PP,PS, PET
Größe [µm]	10-1000	5-1000	10-5000	10-5000	6-5000
Analyse	TED-GCMS	TED-GCMS	TED-GCMS	DSC	Pyr-GCMS

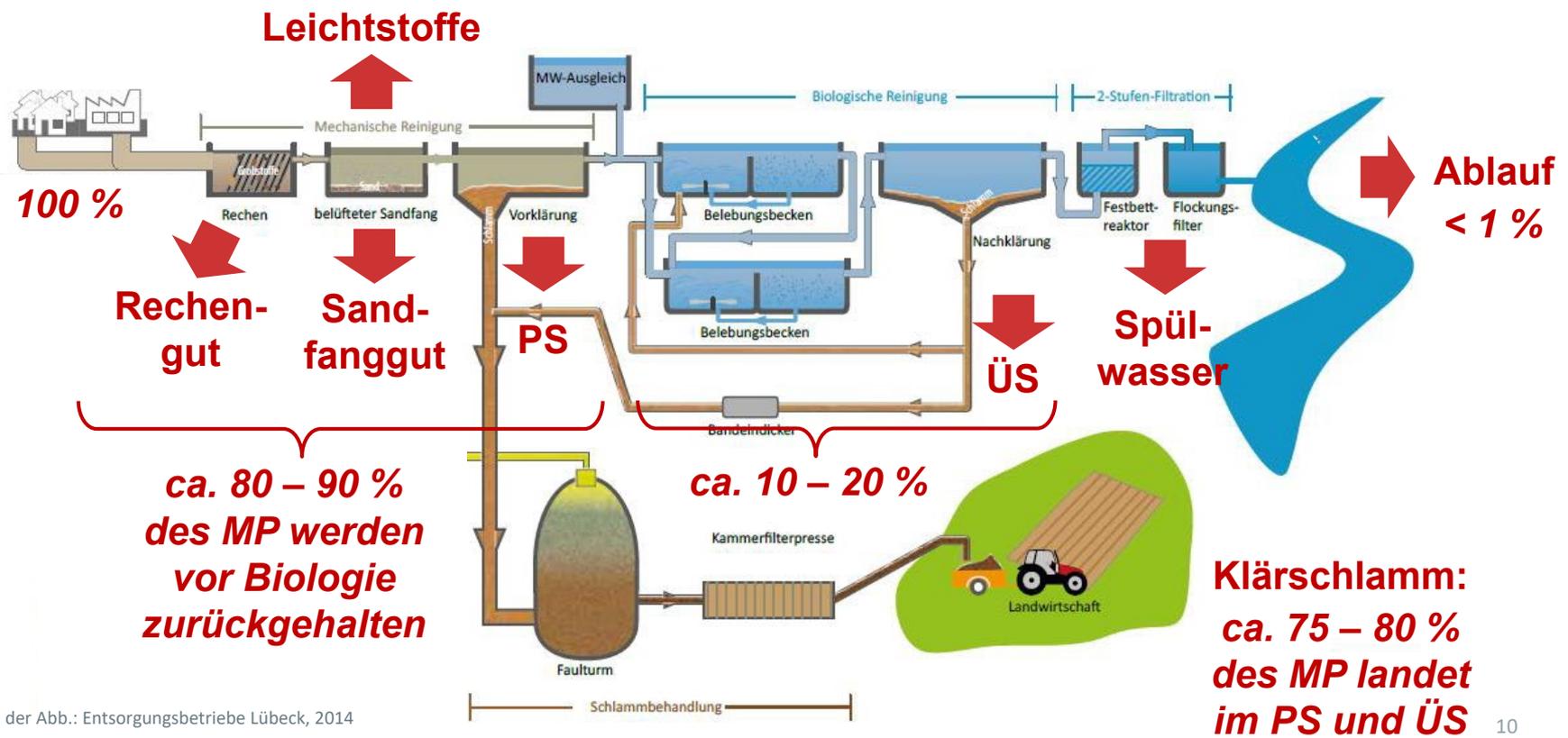
Ablauf Filtration



Kunststoffe	PE,PP,PS, PMMA, PET	PE,PP,PS, PET	PE,PP,PS
Größe [µm]	10-1000	10-5000	10, 50, 100
Analyse	TED-GCMS	TED-GCMS	Pyr-GCMS

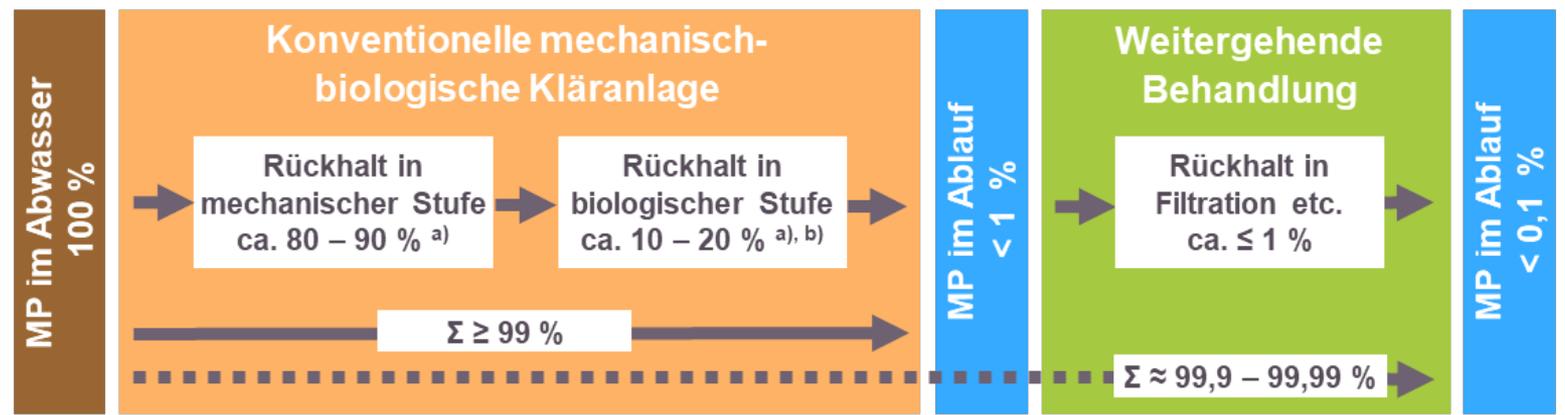
→ Schwankungen um ca. eine 10er-Potenz!

Rückhalt von Mikroplastik in Kläranlagen: Übersicht

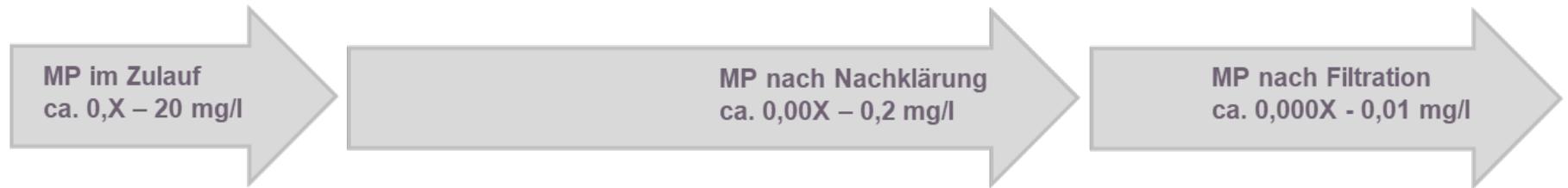


Quelle der Abb.: Entsorgungsbetriebe Lübeck, 2014

Rückhalt von Mikroplastik in Kläranlagen: Zusammenfassung



a) Talvitie u. Heinonen, 2014
b) Bauerfeld u. Meyer, 2020



MP-Emissionen aus Kläranlagen ohne Filtration: Einordnung der Größenordnung

CSB	$\leq 100 \text{ mg/l}$
Stickstoff	$\leq 10 \text{ mg/l}$
Phosphor	$\leq 1 \text{ mg/l}$
Mikroplastik	$\leq 0,1 \text{ mg/l}$

Faustwert:

Bei 5 – 6 mg/l **AFS** liegt der **MP-Anteil**
größenordnungsmäßig **im Promillebereich**.

Zahlenspiele MP-Frachten:

- Überschlägige Hochrechnung bei einer MP-Konzentration im Kläranlagenablauf
von 0,1 mg/l MP $\rightarrow 4 \text{ g}/(E \cdot a) \text{ MP} \rightarrow \text{ca. } 500 \text{ t/a MP in Dtl.}$
von 0,01 mg/l MP $\rightarrow 0,4 \text{ g}/(E \cdot a) \text{ MP} \rightarrow \text{ca. } 50 \text{ t/a MP in Dtl.}$
- Zum Vgl.: Breitbarth u. Urban, 2018: Hochrechnung großes MP: 2,4 t/a (bzw. 5,2 Mrd. Partikel/a) werden jährlich bundesweit in die Vorfluter abgeleitet
- Zum Vgl.: Fraunhofer UMSICHT, 2018; Venghaus et al., 2021: ca. 100.000 t/a Reifenabrieb

Fazit zu Mikroplastik in Kläranlagen

- » Befunde vor allem von PE, PP, PS und PET;
SBR (Reifenabrieb) meist nur geringe Anteile
- » Kommunale mech.-biolog. Abwasserreinigung weist eine hohe
MP-Elimination (Masse-bezogen) von $\geq 99\%$ auf (ca. 2 – 3 Zehnerpotenzen)
- » Nachgeschaltete Filtrationen (Tuchfilter, Mikrosieb, Sand- bzw. DynaSand-
Filter) verringern die MP-Ablaufkonz. um ca. 1 weitere Zehnerpotenz;
Membranverfahren erbringen eine bis zu 100 %ige Elimination
- » Klärschlamm dient als Senke für das abgeschiedene Mikroplastik

Literaturquellen

- » Altmann, K. (2021): Repräsentative Untersuchungsstrategien für ein integratives Systemverständnis von spezifischen Einträgen von Kunststoffen in die Umwelt (RUSEKU). Präsentation auf Abschlusskonferenz zum BMBF-Förderschwerpunkt "Plastik in der Umwelt", April 2021. <https://bmbf-plastik.de/de/veranstaltung/abschlusskonferenz-plastik-der-umwelt-quellen-senken-loesungsansaezte>
- » Belz, S., Bianchi, I., Cella, C., Emteborg, H., Fumagalli, F., Geiss, O., Gilliland, D., Held, A., Jakobsson, U., La Spina, R., Mèhn, D., Ramaye, Y., Robouch, P., Seghers, J., Sokull-Kluettgen, B., Stefaniak, E. and Stroka, J., (2021): Current status of the quantification of microplastics in water – Results of a JRC/BAM inter-laboratory comparison study on PET in water. EUR 30799 EN, Hrsg.: Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-40957-1, doi:10.2760/27641, JRC125383, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125383>
- » Breitbarth, M.; Urban, A. I. (2018): Kunststoffe in kommunalen Kläranlagen, Eintrag und Verteilung in ausgewählten Kläranlagen. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2018 (65), Nr. 9, S. 800 – 807
- » Fuhrmann, T.; Urban, I.; Scheer, H.; Lau, P.; Reinhold, L.; Barjenbruch, M.; Bauerfeld, K.; Meyer S. (2021): Mikroplastik-Emissionen aus Kläranlagen – Welche Rolle spielt die Abwasserbehandlung? In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg. 69, Nr. 9, 2021, S 730-741
- » Knoop, O.; Drewes, E. (2021): Tracking von (Sub-)Mikroplastik - Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung. Präsentation auf Abschlusskonferenz zum BMBF-Förderschwerpunkt "Plastik in der Umwelt", April 2021. <https://bmbf-plastik.de/de/veranstaltung/abschlusskonferenz-plastik-der-umwelt-quellen-senken-loesungsansaezte>
- » Schaum, C. et al. (2022): Lösungsstrategien zur Verminderung von Einträgen von urbanem Plastik in limnische Systeme. Synthesebericht. Mitteilungen Nr. 134, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München, Download unter <https://athene-forschung.unibw.de/doc/137063/137063.pdf>
- » Spelthahn, V.; Dolny, R.; Giese, C.; Griebel, K.; Lechthaler, S.; Pinnekamp, J.; Linnemann, V. (2019): Mikroplastik aus Mischsystemen. 52. Essener Tagung für Wasserwirtschaft, 20.-22. März 2019, Aachen, In: Gewässerschutz, Wasser, Abwasser (GWA), Bd. 250, Hrsg.: Pinne-kamp, J.; Ges. zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V., 2019, ISBN 978-3-938996-56-0, S. 29/1 – 29/13
- » Venghaus, D., Schmerwitz, F., Reiber, J., Sommer, H., Lindow, F., Herper, D., Barjenbruch, M.: Reifenabrieb Hot Spots im urbanen Straßenraum – Möglichkeit zur Identifizierung und Bewertung. Im Begutachtungsprozess bei GWF Wasser/Abwasser, 2021
- » Wolff, S.; Weber, F.; Kerpen, J.; Winkhofer, M.; Engelhart, M.; Barkmann, L. (2021): Elimination of Microplastics by Downstream Sand Filters in Wastewater Treatment. In: Water 2021, 13, 33, <https://doi.org/10.3390/w13010033>