



# Herzlich Willkommen

„Beitrag der Steiermark zum Marine Littering“

Dominik Huter

WO AUS FORSCHUNG ZUKUNFT WIRD

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft



# Forschungsfragen

- Wie hoch sind die zu erwartenden Kunststoff-Emissionen der Steiermark?
- Wo sind die relevantesten Quellen, Lager und Senken?
- Welche Eintragspfade sind besonders relevant und wie lassen sich die Transferraten der Kunststoff-Emissionen in Oberflächengewässer und ins Meer abschätzen?

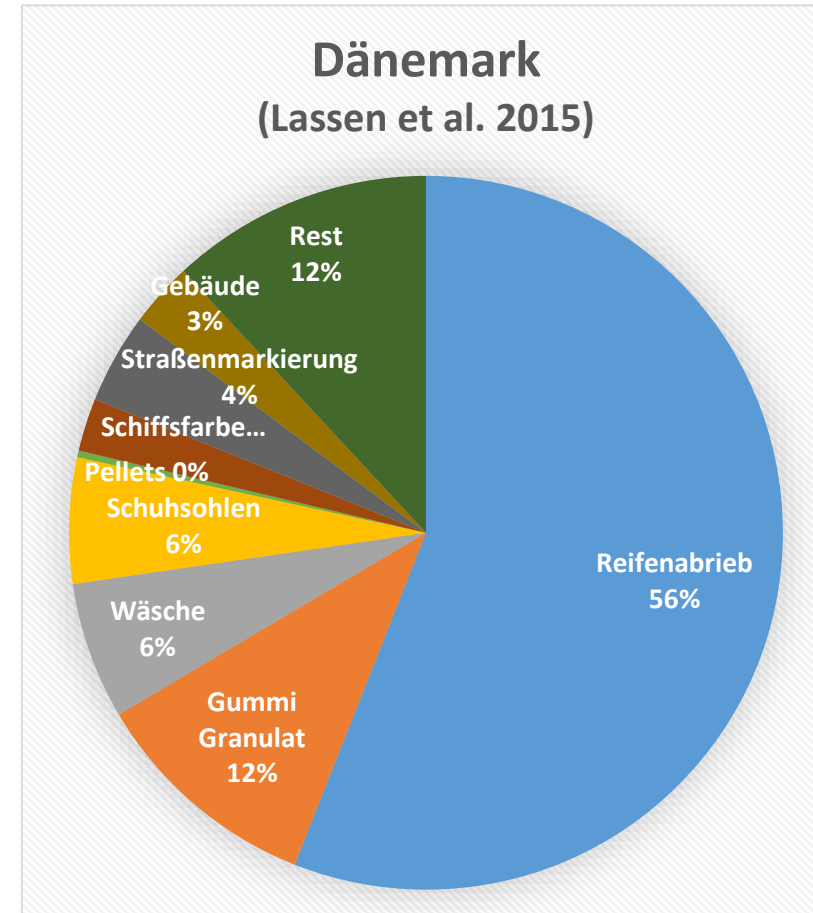
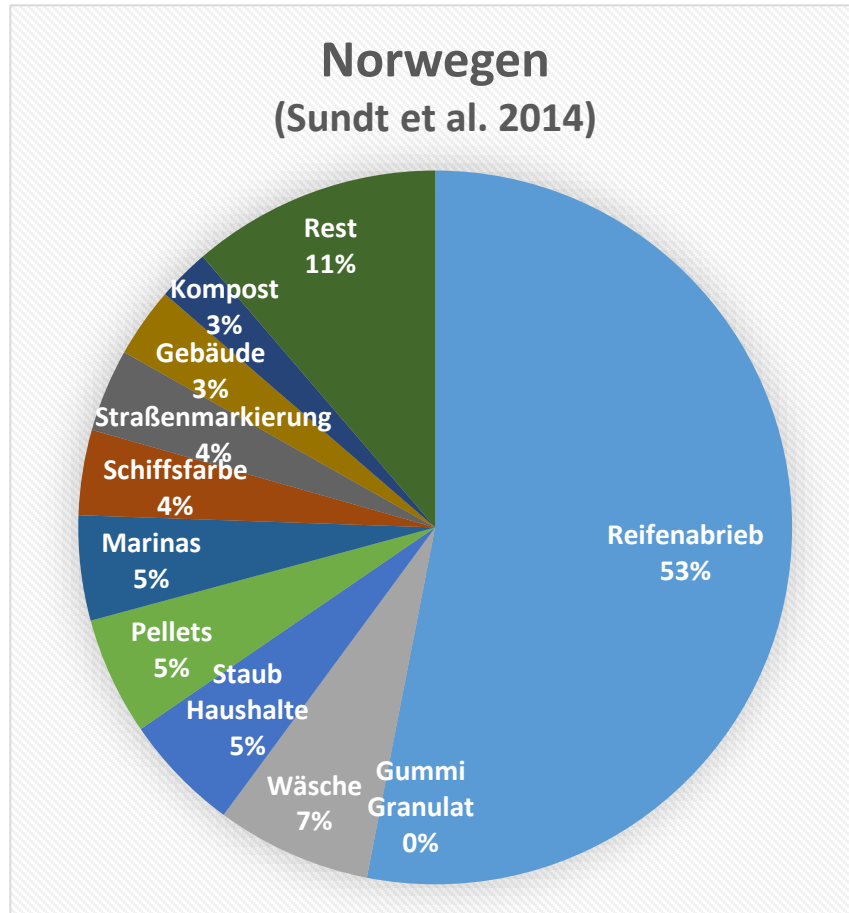
# Rahmenbedingungen

Ziel	Methodik
Identifikation und Quantifizierung relevanter <b>Quellen</b> von Kunststoff-Emissionen	Literaturrecherche: <ul style="list-style-type: none"><li>• Analogien zu vergleichbaren Regionen</li><li>• Mittelwerte &amp; Std.-Abw.</li></ul>
Modellierung der Verbreitungswege ( <b>Transfer</b> ) im Abwasser und in der Umwelt (Böden, Gewässer)	Transfer-Modell (STAN)  Systemgrenze: Steiermark
Berechnung der <b>KS-Einträge</b> ins Flusssystem und in <b>Senken</b>	Einheit: Tonnen pro Jahr [t/a]

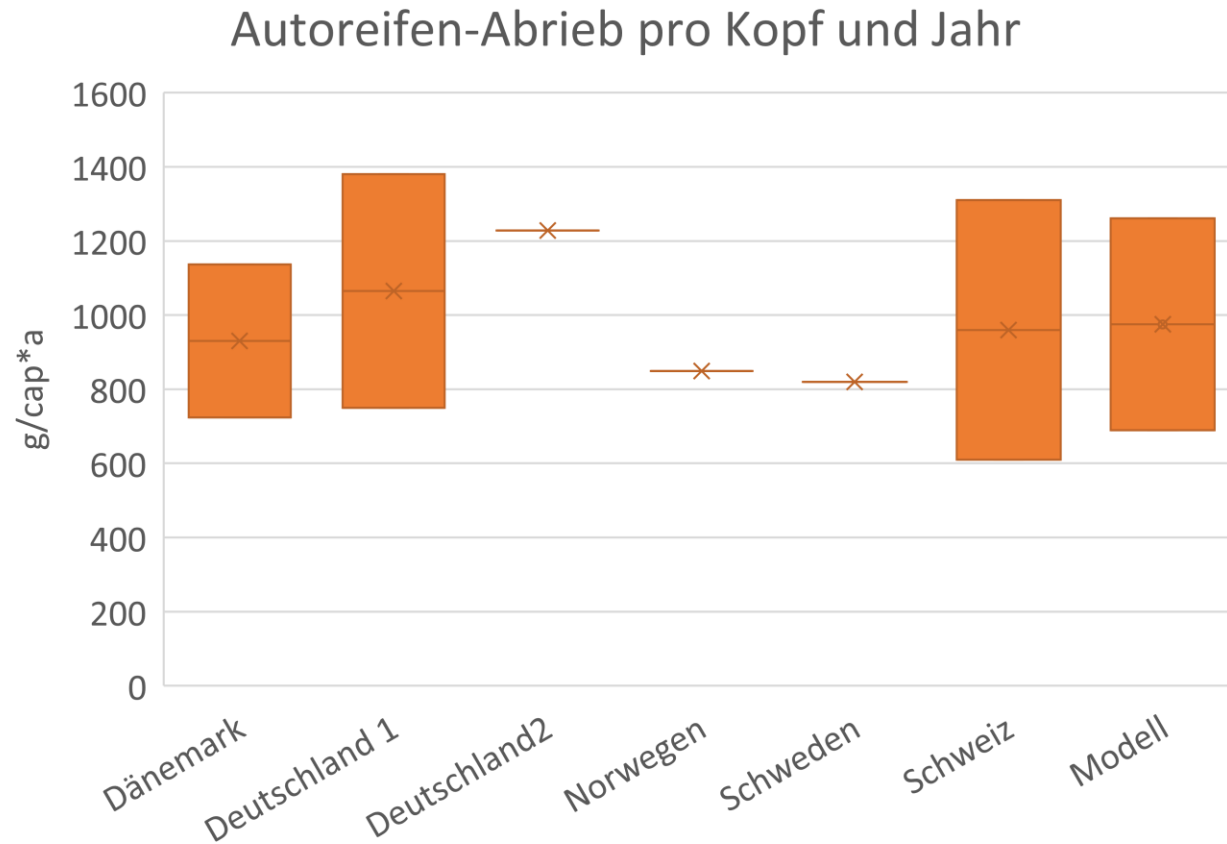


# Quellen

# Quellen



# Methodik



2 Beschränkungen

- Mind. 40 g/cap\*a
- Mind. 2 Autorenwerte

Parameter	Menge [g/cap*a]
MIN	610
AVG	975
STDEV	286
MAX	1.380

# Makroplastik

“Littering bezeichnet das **achtlose Wegwerfen von Abfällen an öffentlichen Plätzen und in der Natur.**“

(Land Steiermark A14)

	Menge [t/a]
<b>MIN</b>	645
<b>AVG</b>	1.490
<b>STDDEV</b>	958
<b>MAX</b>	2.335



# Mikroplastik Punktuell

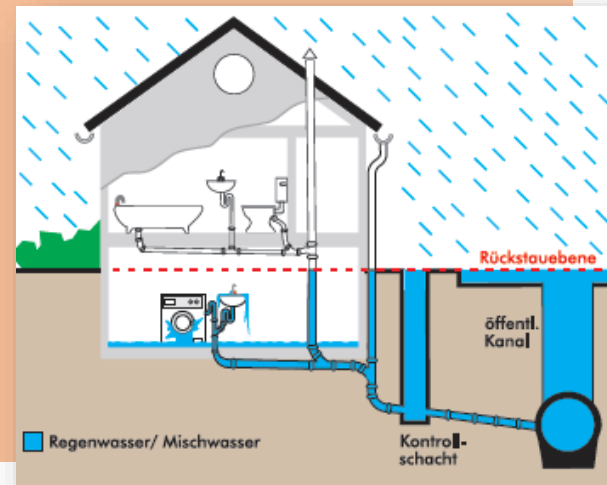
**Quellen:** Haushalte (Wäschen, Innenraumstäube, Microbeads),  
Industrie (nicht modelliert; leitet teilweise auch direkt ein)

**Ziele:** 41 % Böden (Klärschlamm)  
9 % Flusssystem (7 % MW-Überlauf (urban))  
2 % ARA-Ablauf, KKA

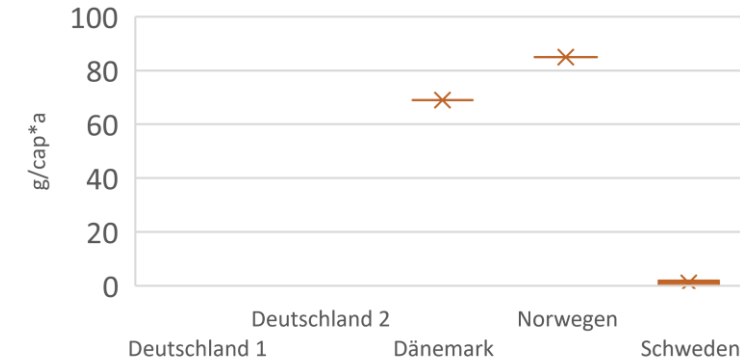
**Daten:** KKA 3 % (Anschlussgrad 97 %)

**Ann.:** 20 % Mischwasserkanal

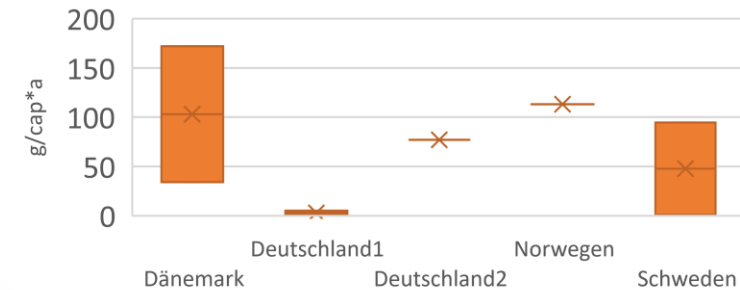
77 % Schmutzwasserkanal



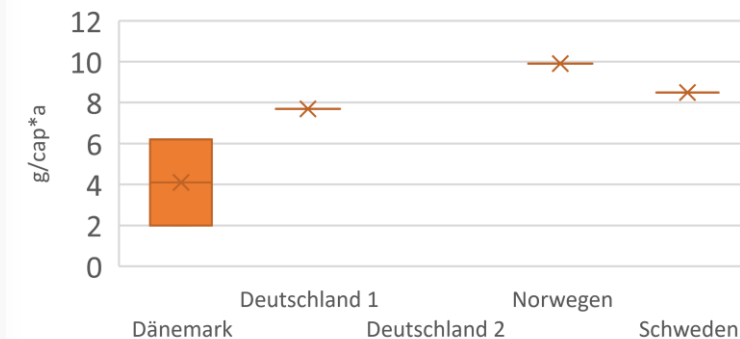
Emissionen Innenraumstäube



Emissionen Abrieb Wäsche



Emissionen Microbeads

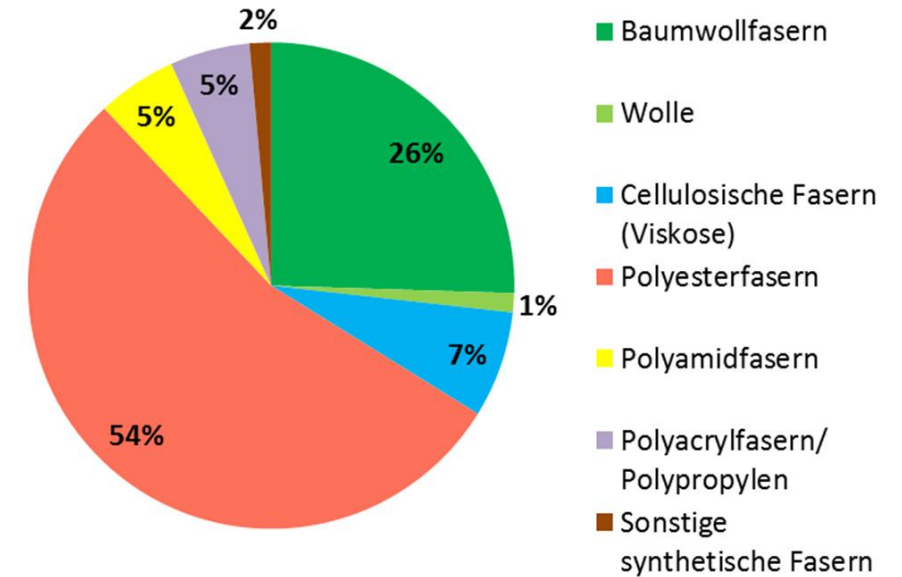




# Abrieb Wäsche

“The second largest source of microplastic inputs to rivers [...] accounting for 29% of the inputs to rivers: rivers exported [...] 1.2 kilotonnes to the Black Sea in the year 2000”

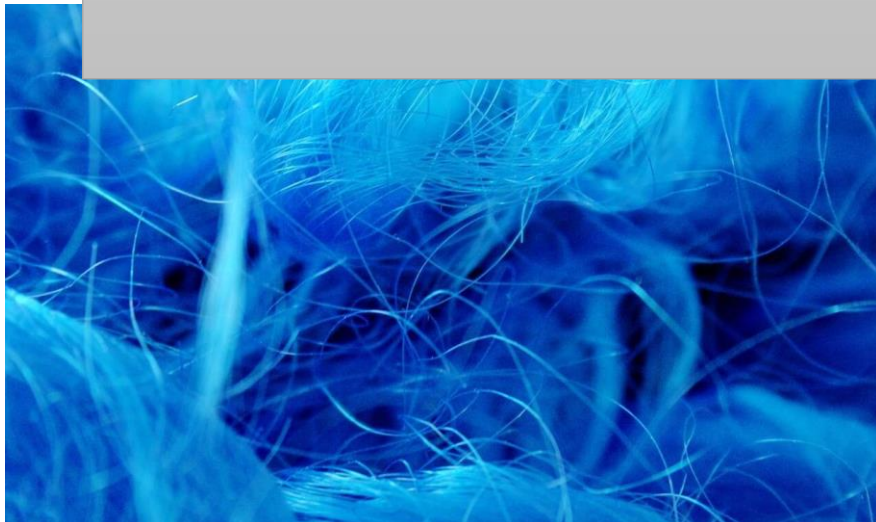
(Siegfried et al. 2017)



(Klasmeier und Wissing 2017)

„Acrylic fibres were on average 14.05  $\mu\text{m}$  in diameter and 5.44 mm in length, giving an average of **763,130 fibres/mg** of dry fibres collected from the effluent.”

(Napper und Thompson 2016)



# Microbeads – doch unterschätzt?

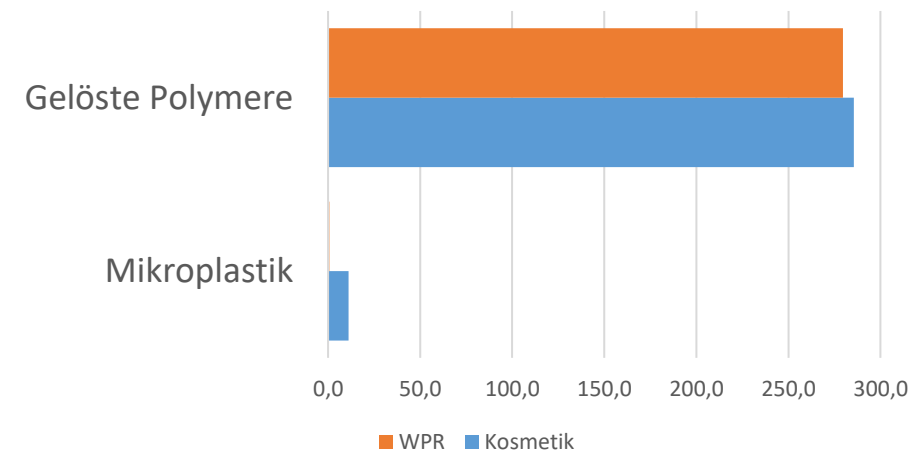
“Losses from Personal Care Products are the **only losses that can be considered as intentional losses**. By contrast other sources generate unintentional losses through abrasion, weathering or unintentional spills during production, transport, use, maintenance or recycling of products containing plastic.”

(Boucher und Friot 2017)



Transferrate	Quelle
10-50 %	(Sherrington et al. 2016)
50 %	(Gouin et al. 2011)
10 %	(Siegfried et al. 2017)
<10%	(Nizzetto et al. 2016)
46 %	(van der Wal et al. 2015)

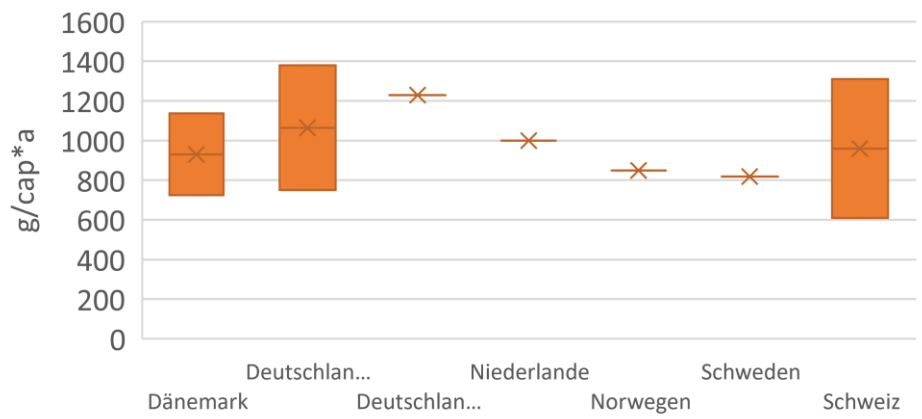
Ein unsichtbares Problem?



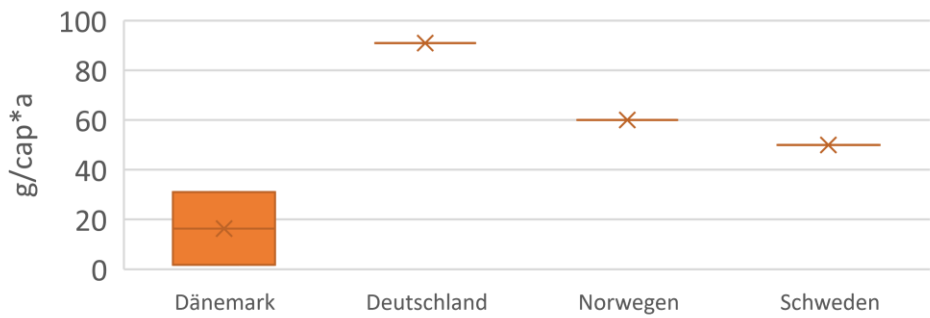
Daten:  
(Juergen Bertling et al. 2018)



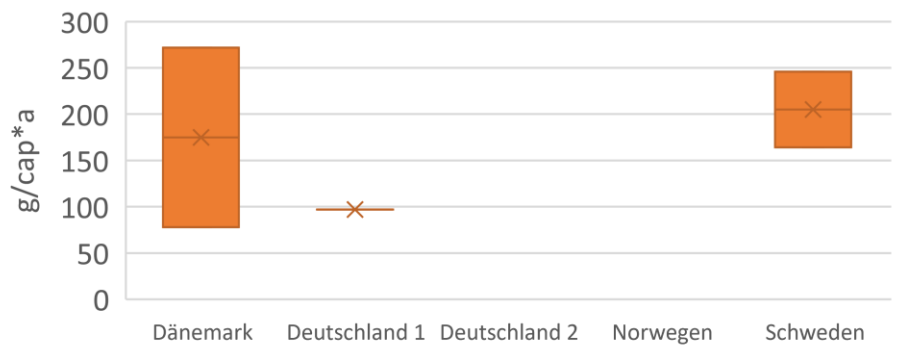
Emissionen Abrieb Reifen



Emissionen Abrieb von Fahrbahnmarkierungen



Emissionen Abrieb Kunstrasen



# Mikro Diffus

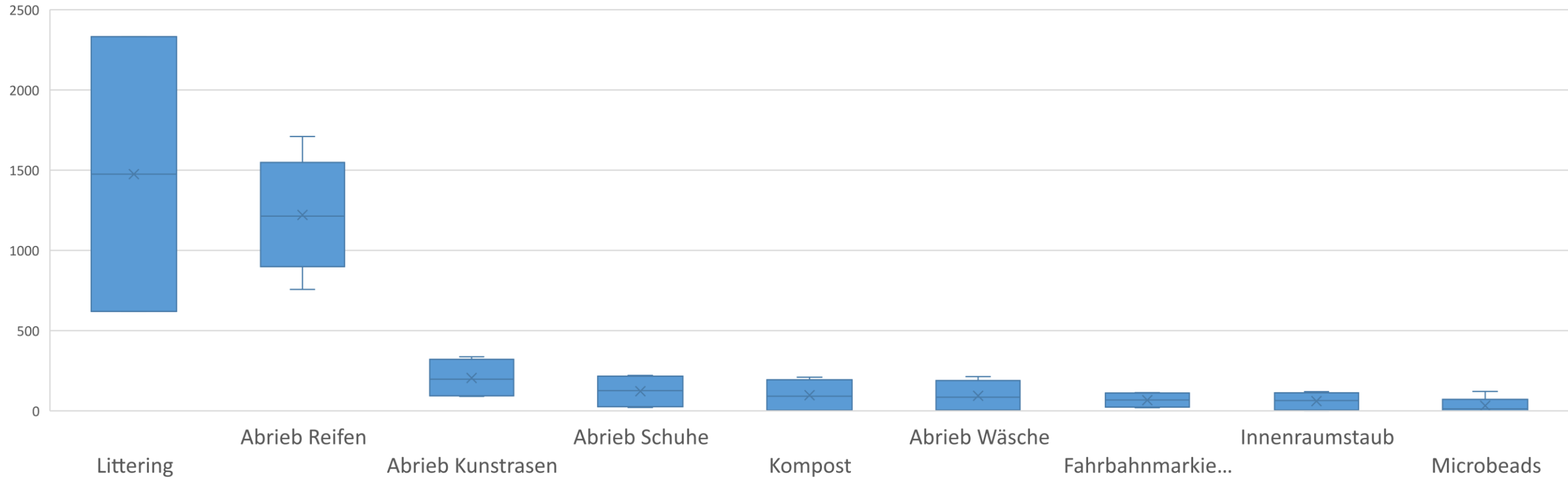
**Quellen:** Verkehr (Reifen & Fahrbahn.), Kunstrasen, ...

**Ziel:** 32 % Böden (straßennahe Versick.)

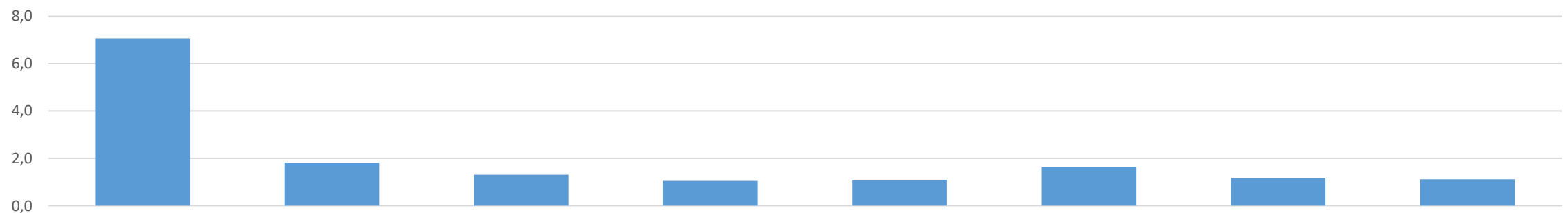
**45 % Flusssystem**  
 (25% außerorts, 17 % Regenw. urban, 3 % MW- Überlauf, < 1% ARA Ablauf)

Reifenabrieb:  
 462 t/a von 1.213 t/a ins Meer ! 38 %

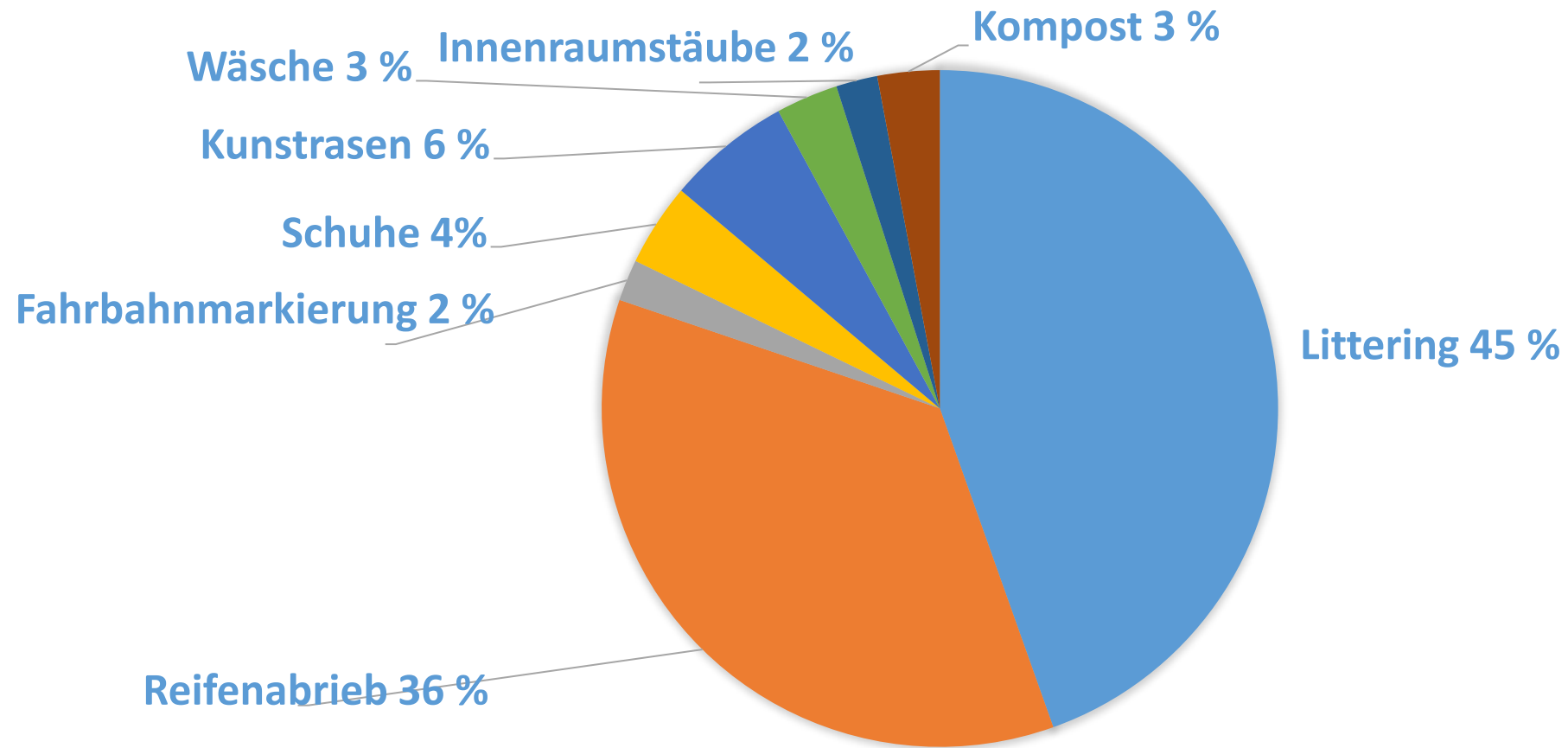
# Kunststoffemissionen der Steiermark: die wichtigsten Quellen



Faktor: AVG / STDEV

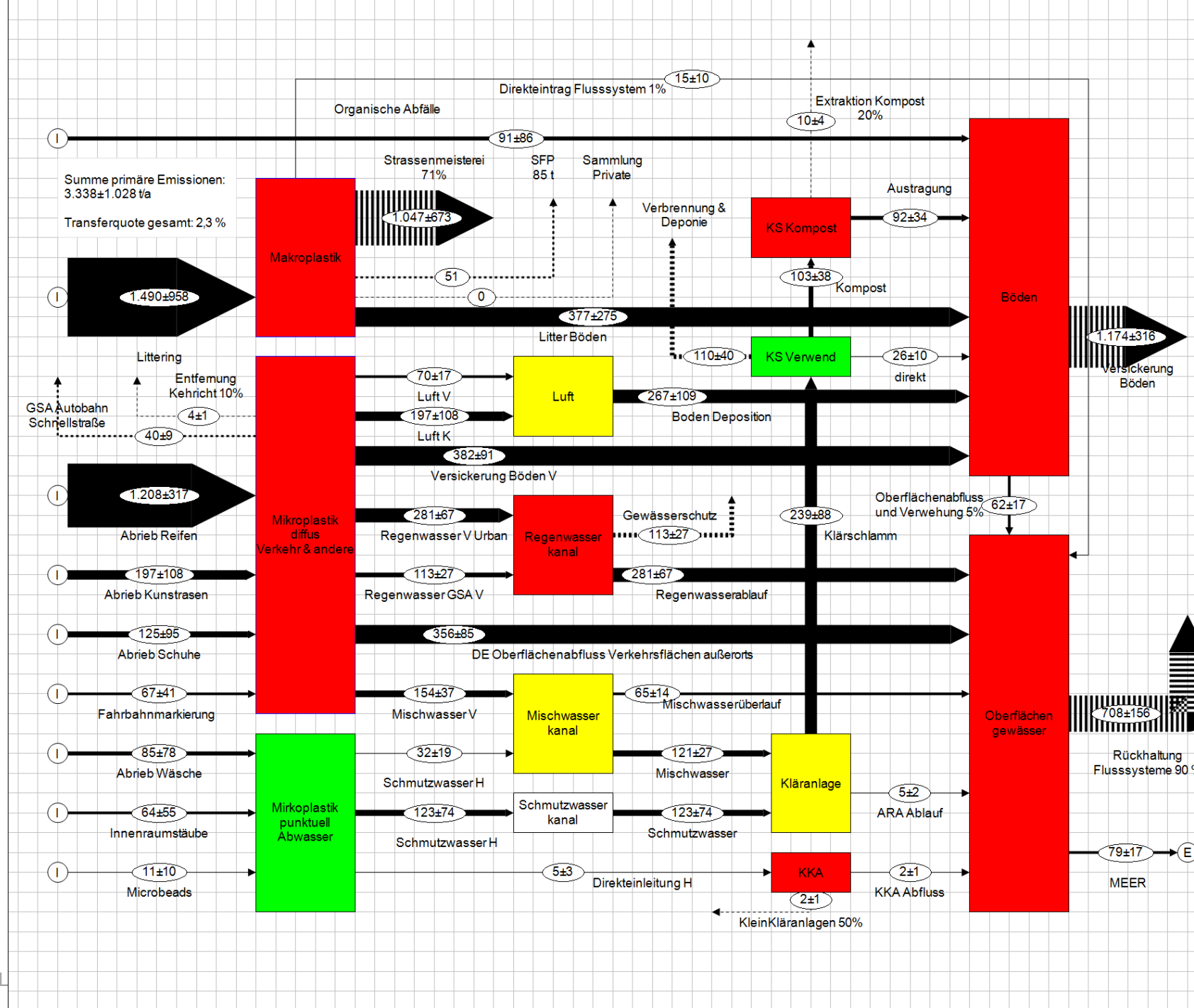


# Zusammenfassung Emissionsquellen

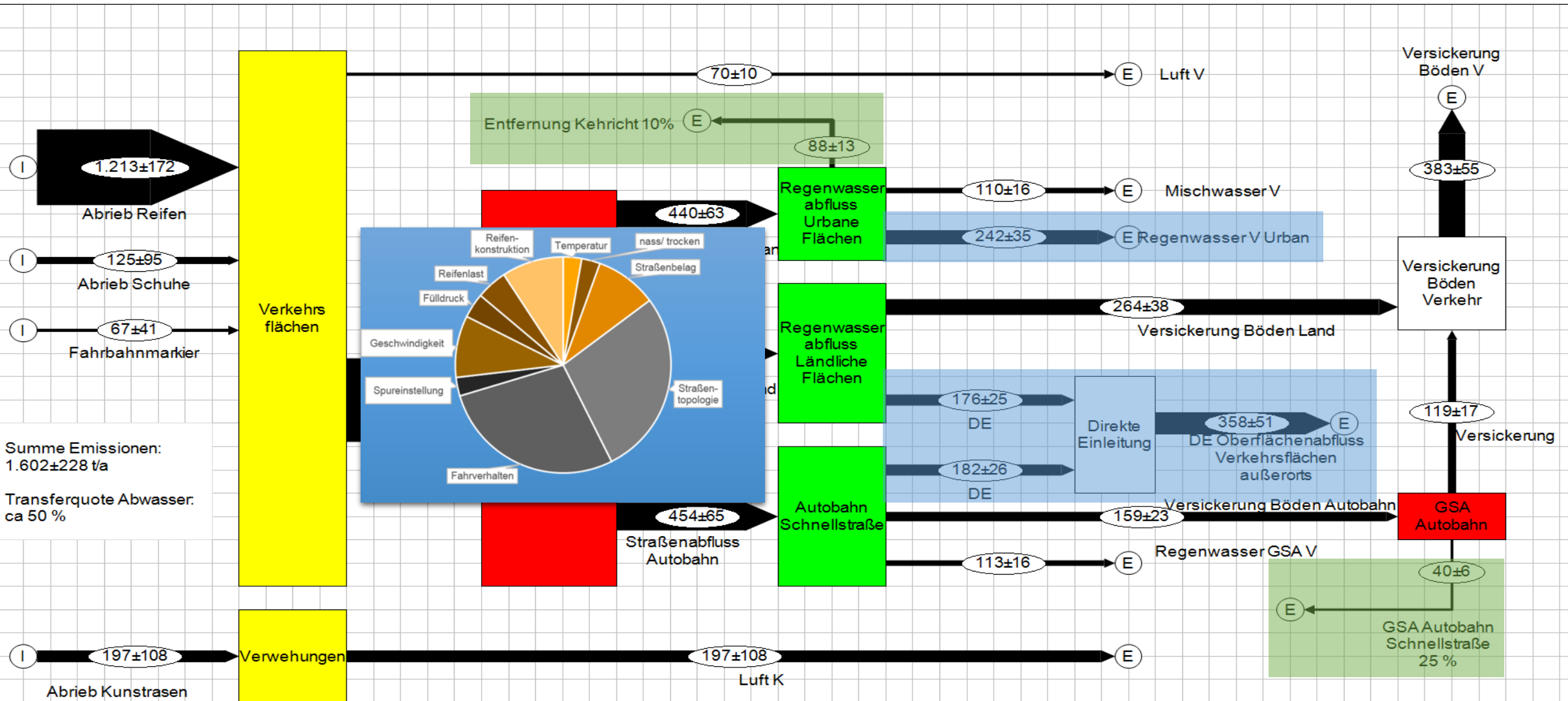




**Transfer**



# Subsystem Mikroplastik diffus (Verkehr)





# Kanalisation

## Schmutzwasser

Haushalte, Industrie

Weiterleitungsgrad KA: 100 %

## Mischwasser

Haushalte, Industrie

Regenwasser (Verkehrsflächen)

Weiterleitungsgrad KA: 70 % (ÖWAV RB 19)

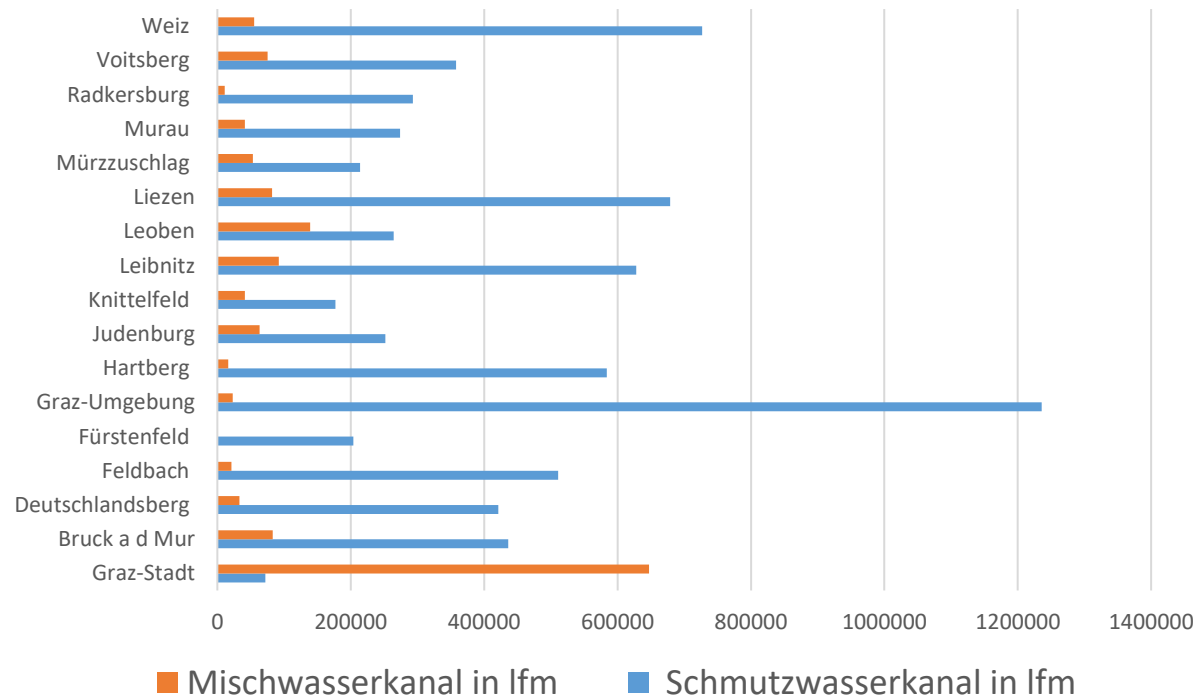
Mischwasserentlastung: 30 %

## Regenwasser

GSA (Autobahnen/Schnellstraßen; selten im ländlichen Raum)

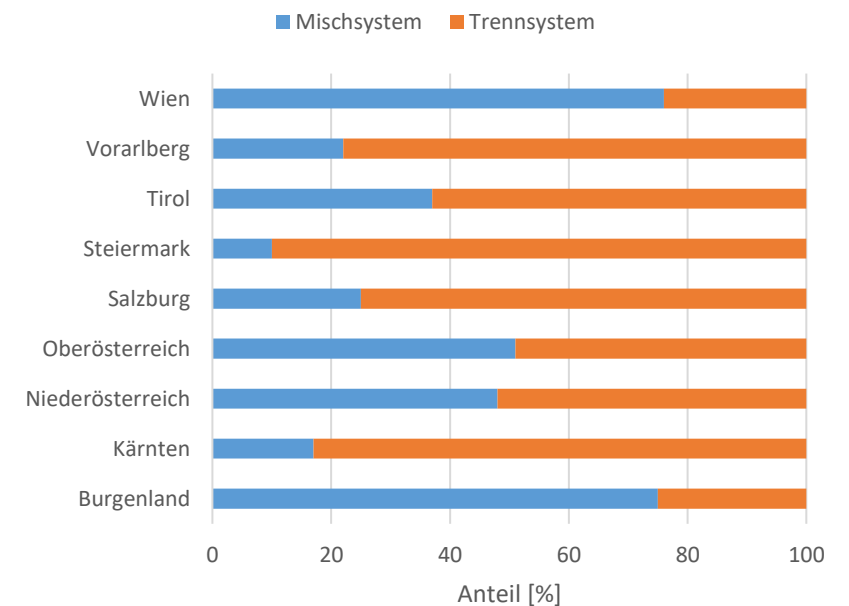
# Kanalisation: Stadt vs. Land

## Misch- und Schmutzwasser in Bezirken der Steiermark



Daten: (Land Steiermark)

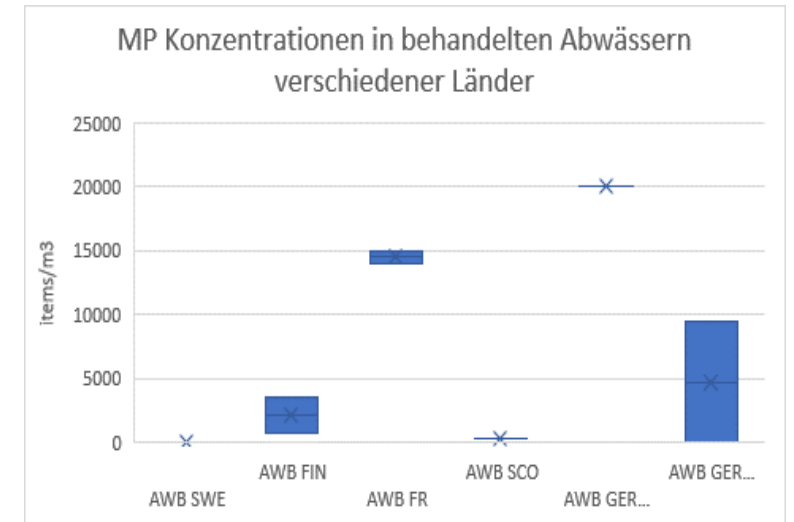
## Verteilung der Entwässerungssysteme nach Bundesländern



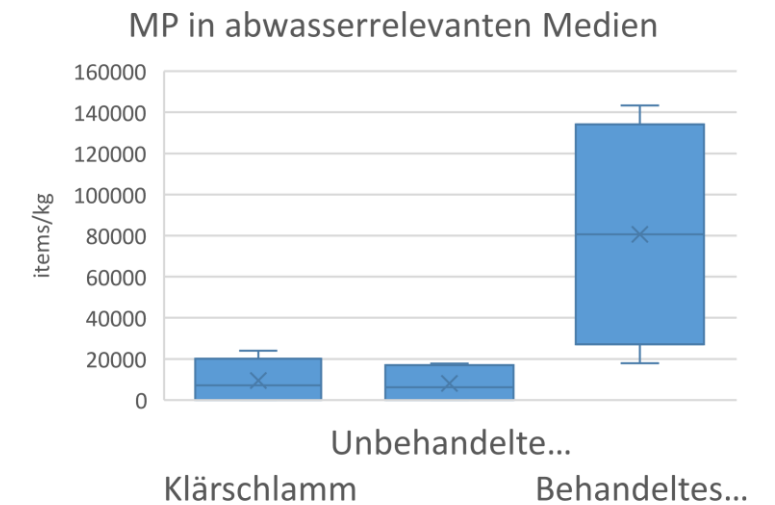
Daten: (Clara et al. 2014)

# Kläranlage

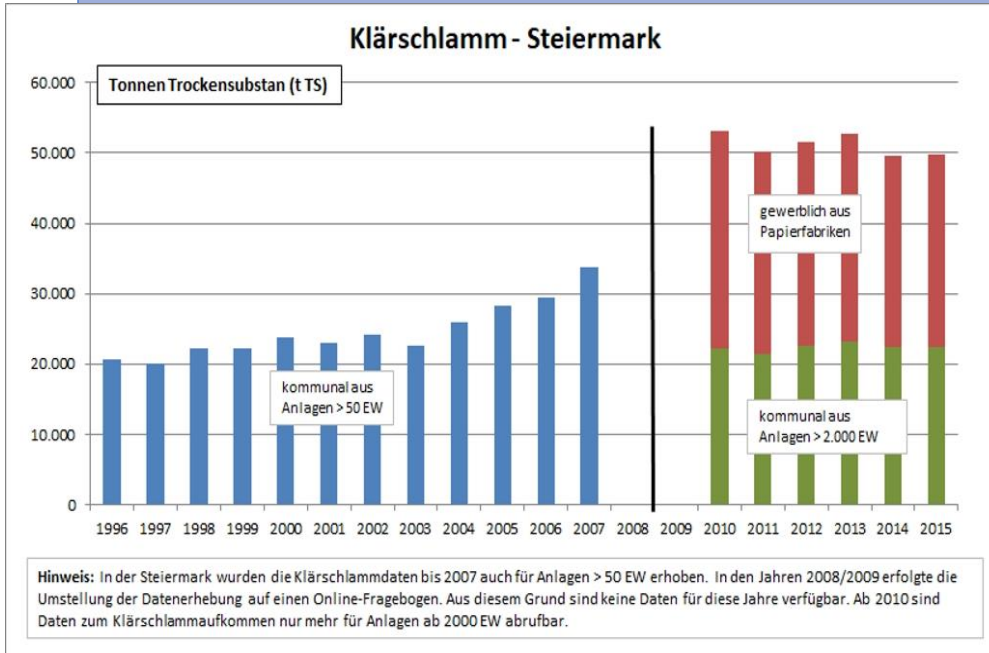
Rückhalteraten	Autor	Kommentar
98.41 %	(Murphy et al. 2016)	650.000 EW (Glasgow)
97 %	(Mintenig et al. 2017)	post-filtration (tertiary treatment)
>95 %	(Siegfried et al. 2017)	review
60-99,9 %	(Ngo et al. 2019)	review
>99 %	(Klasmeier und Wissing 2017)	Osnabrück



(Bläsing und Amelung 2018)

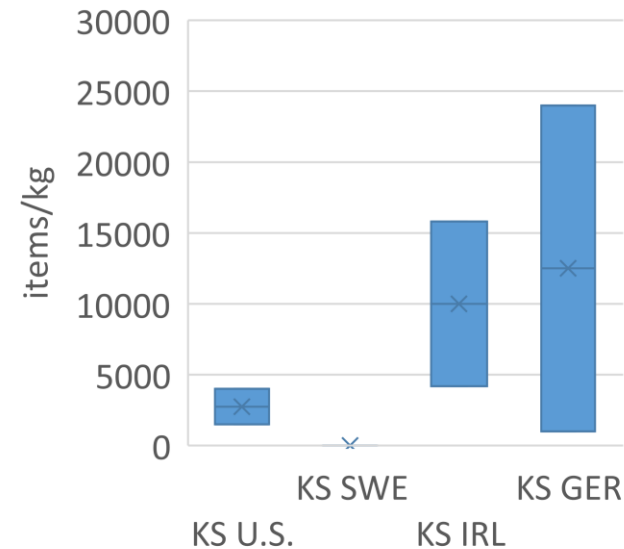


# Klärschlamm



(Land Steiermark A 14)

## Mikroplastik im Klärschlamm



(Bläsing und Amelung 2018)

	Anteil
Verbrennung	45 %
Bodenverbesserun g	37 %
Dünge zwecken	17 %
Deponierung	ca. 2 %

(Land Steiermark A 14)

“Particle size analyses of the influent and effluent confirmed that **smaller particles** (up to 60–70  $\mu\text{m}$ ) are captured within activated sludge while bigger particles were detected in the effluent.” (Kalčíková et al. 2017)

# Kompost

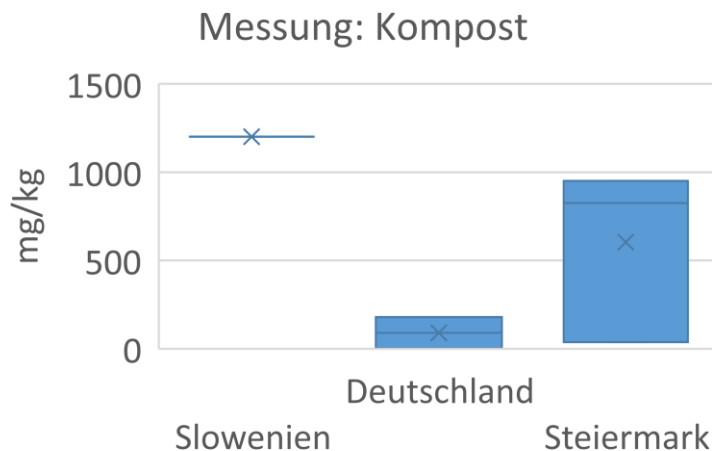
“All fertilizer samples from plants converting biowaste contained plastic particles, but amounts differed significantly with substrate pretreatment, plant, and waste type (for example, household versus commerce).”

(Weithmann et al. 2018)

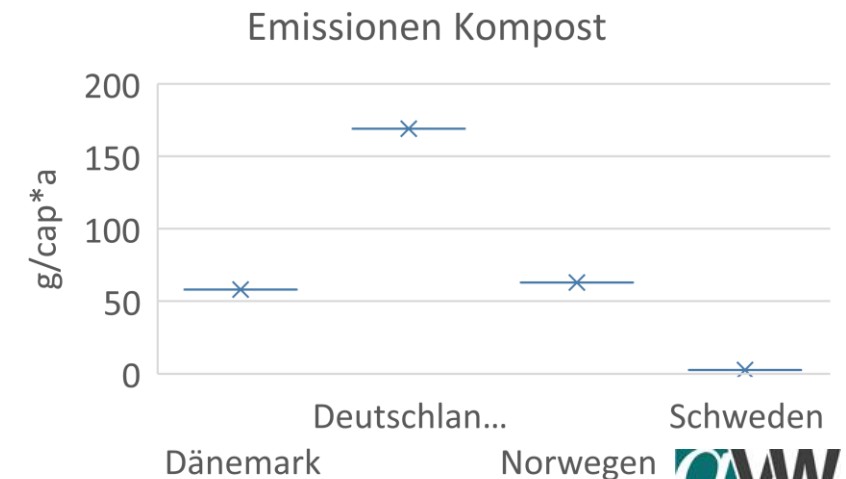


“[...] applied in agriculture and gardening worldwide, are a neglected source of microplastic in the environment.”

(Weithmann et al. 2018)



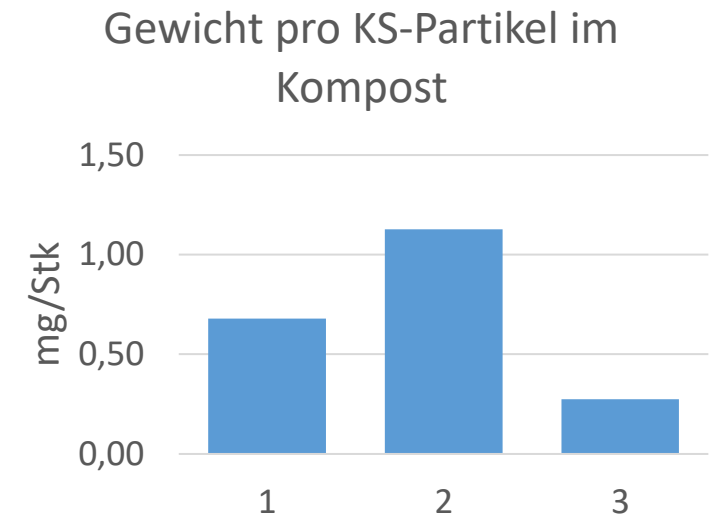
	Kunststoff-Emission [t/a]	
	Messungen	Literatur
MIN	3,2	0,3
AVG	90	60
STDEV	87	59
MAX	209	135



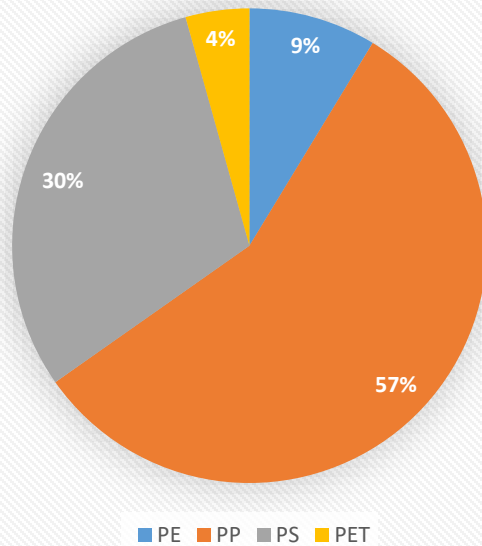
# Kompost

## Prüfbericht steirischer Komposterden

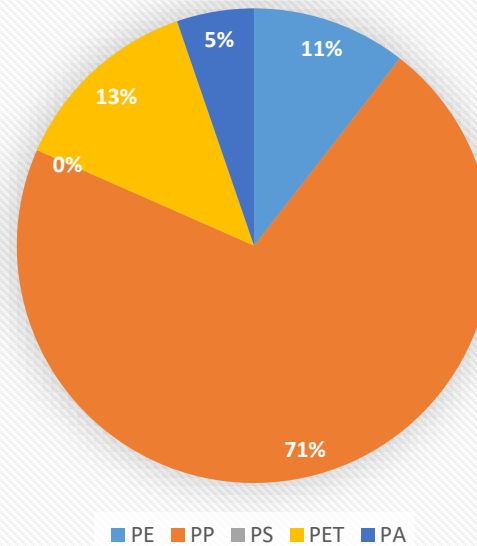
Komposterden 2 & 3 vom gleichen Produzenten



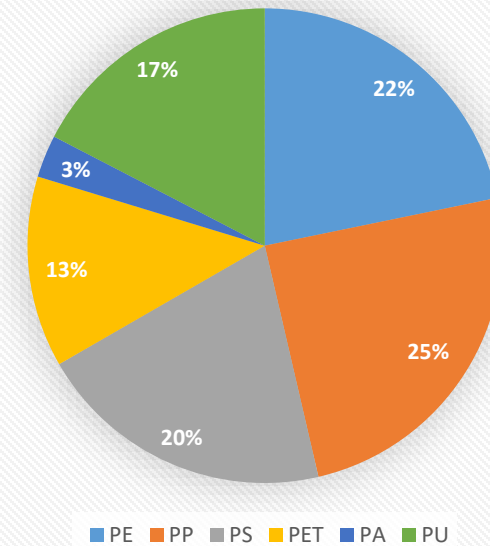
Komposterde 1



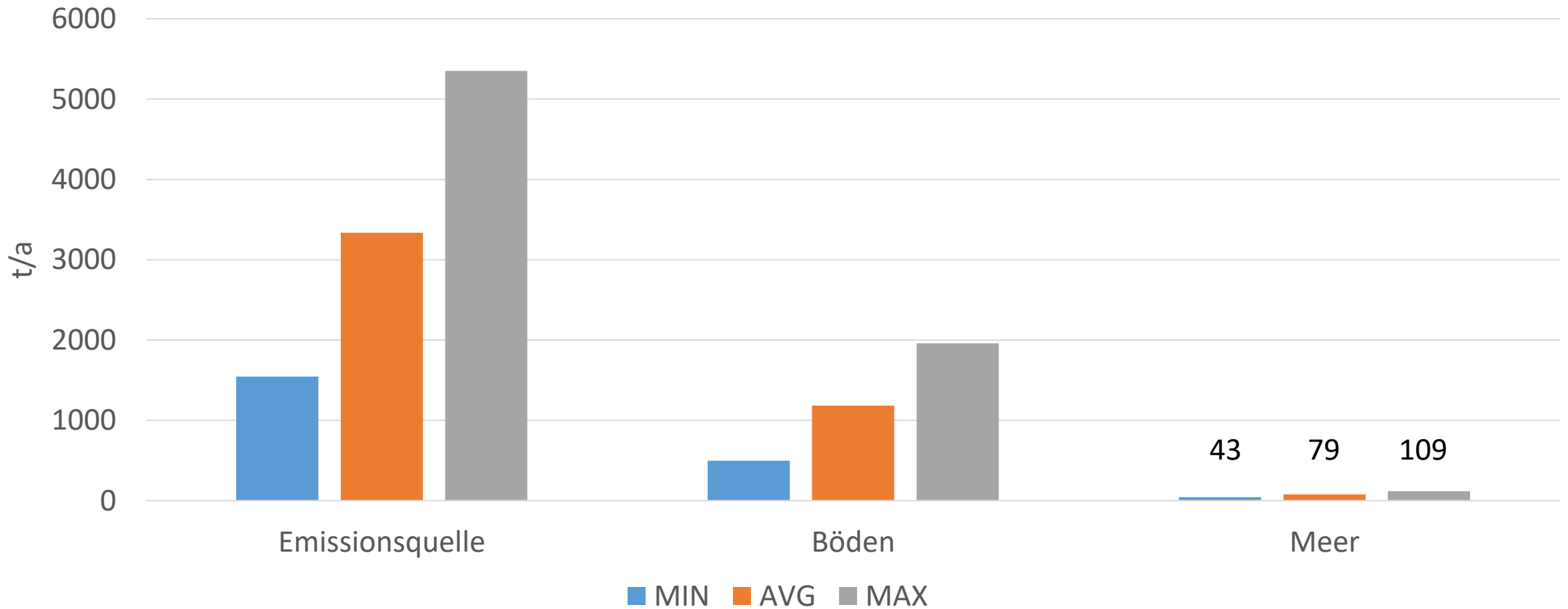
Komposterde 2



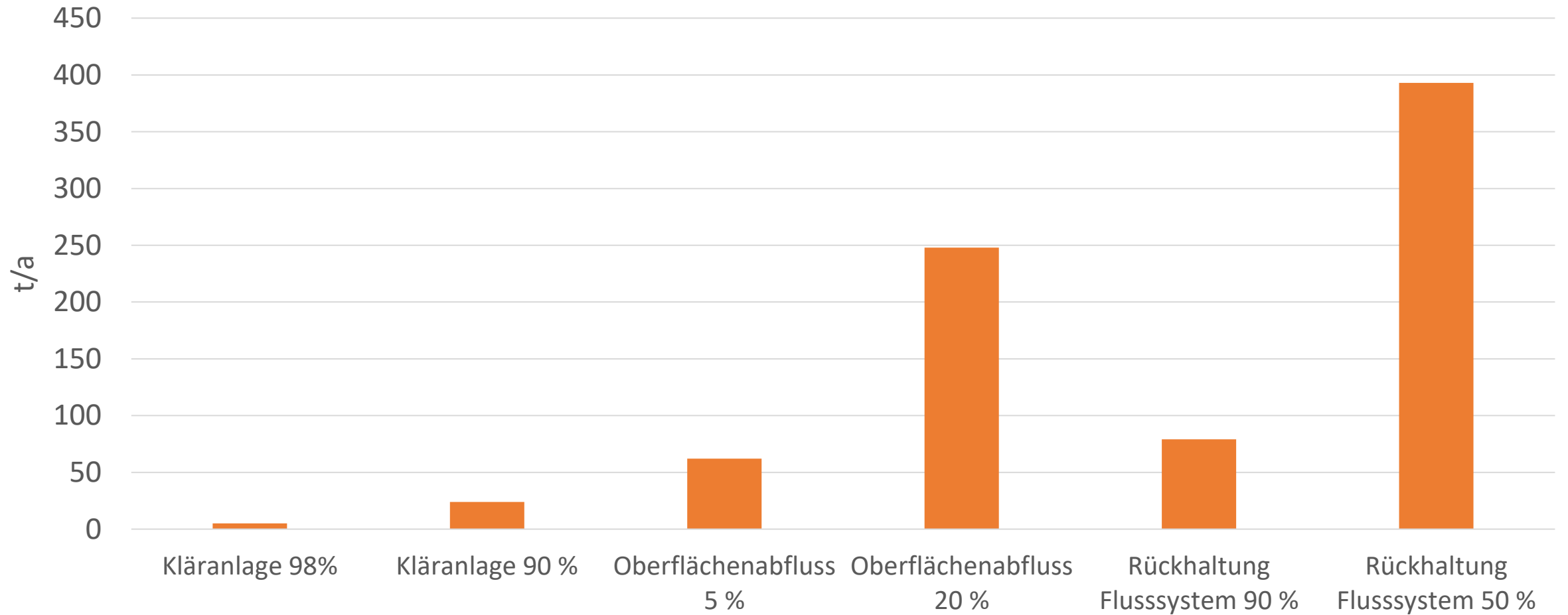
Komposterde 3



# Szenarien



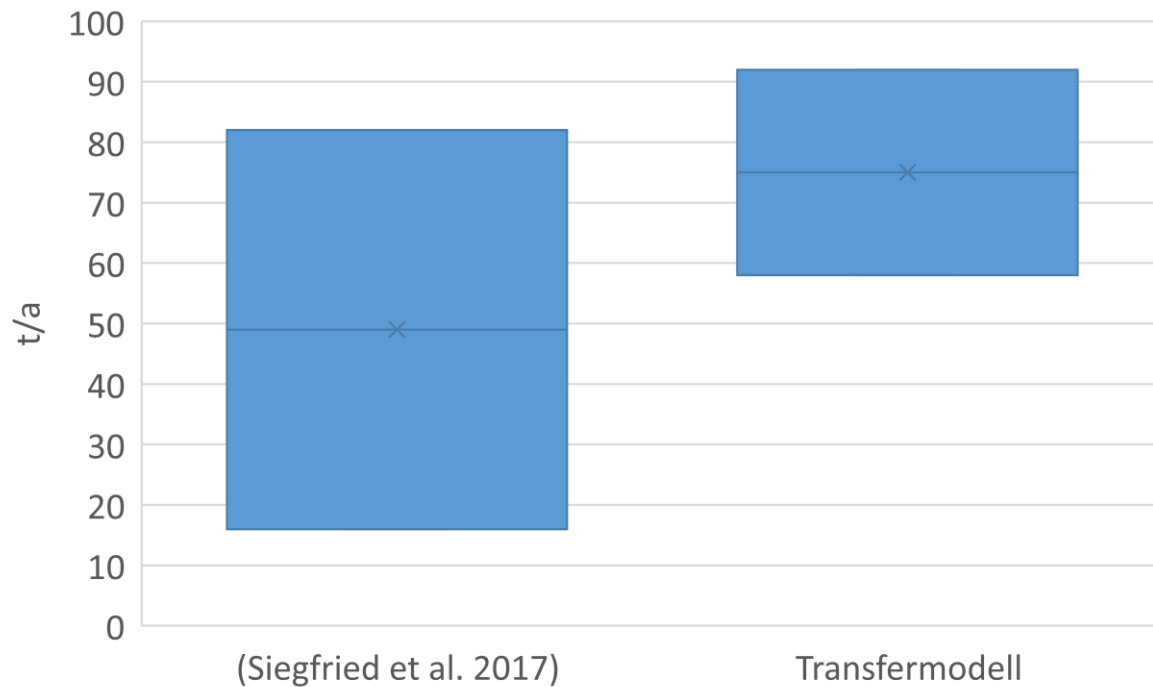
# Sensitivität



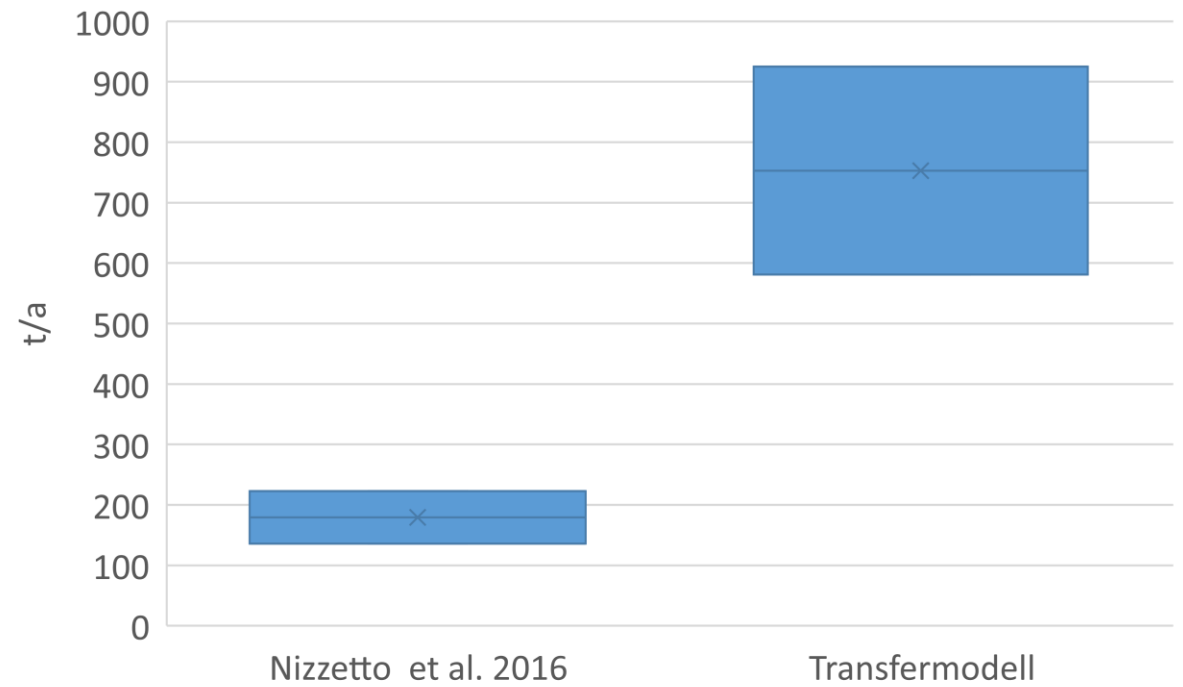


# Vergleiche

## Kunststoff-Emissionen der Steiermark ins Meer

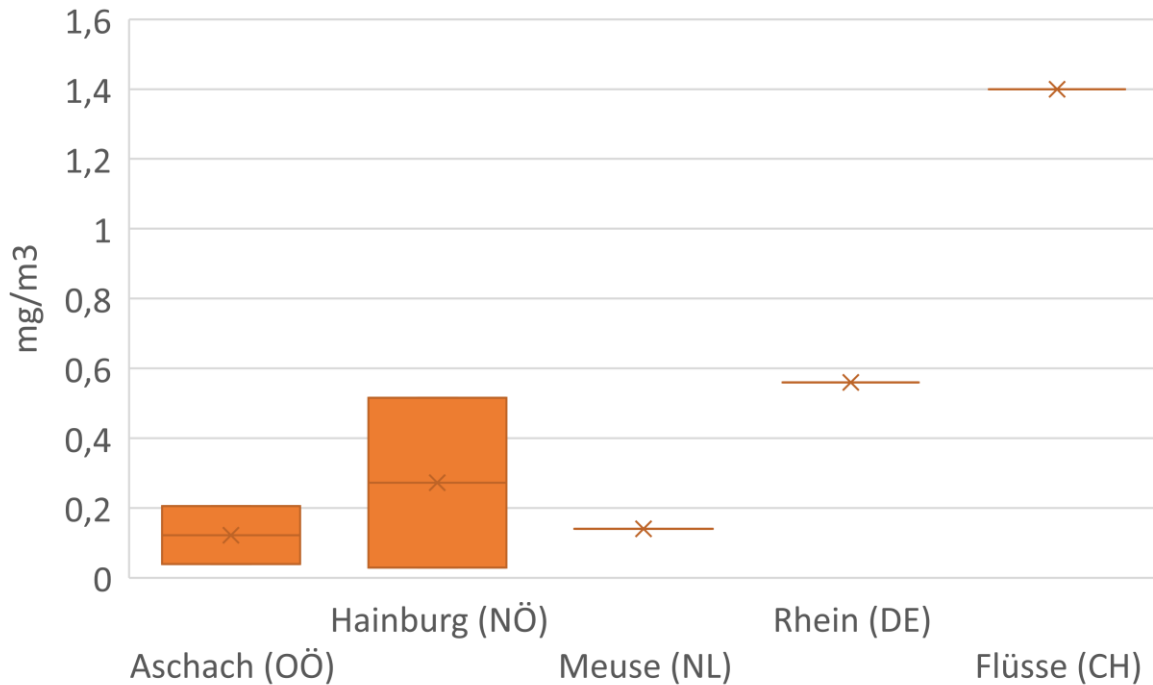


## Mikroplastik-Emissionen der Steiermark in Oberflächengewässer

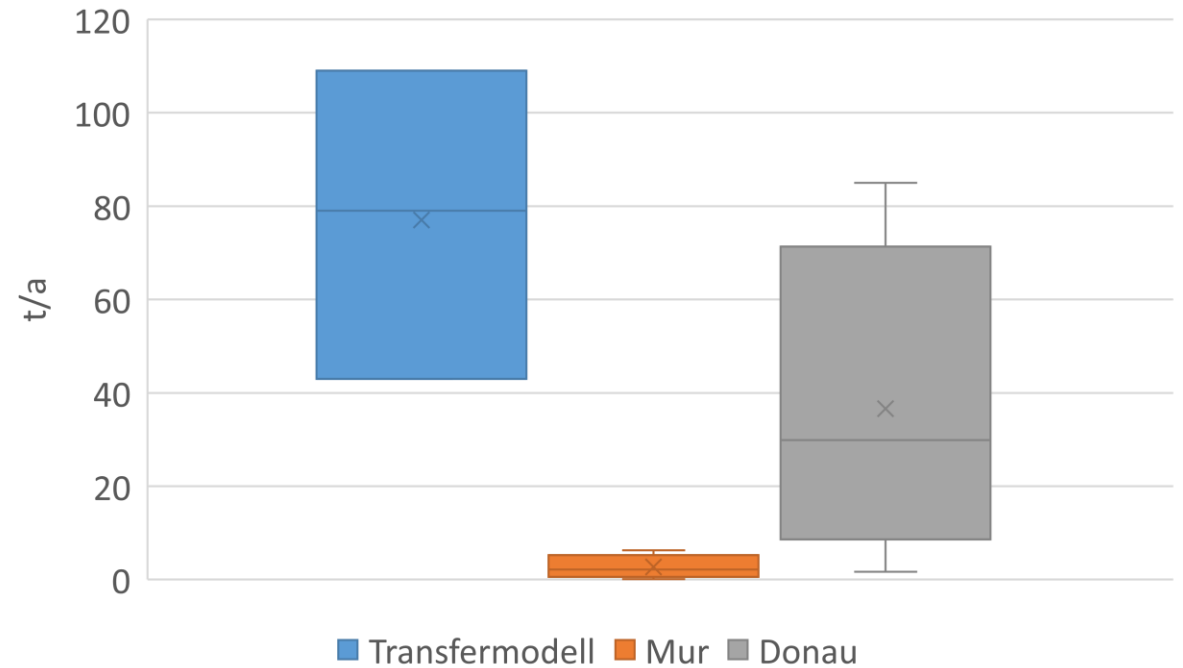


# Vergleiche

Mikroplastik-Emissionen europäischer Flüsse  
(Liebmann 2019)



Emissionen ins Meer: Hochrechnung der berichteten Emissionen (links) auf heimische Flüsse & Berechnungen Transfermodell



# Zusammenfassung

<b>Emissionen an Land</b>	1.545 – 5.353	t/a	Kunststoffe
Davon	532 – 2.448	t/a	Makroplastik
und	1.058 – 2.630	t/a	Mikroplastik
<b>Oberflächengewässer</b>	427 – 1179	t/a	
<b>Emissionen ins Meer</b>	43 – 109	t/a	Transferquote 2,3 %
Steiermark:	35 – 88	g/cap*a	

-> 16-fache (7 – 48) weniger als ein durchschnittlicher Mensch der Erde.

-> ca. 0,0001 % der weltweiten Kunststoff-Emissionen vom Land ins Meer

# Interpretation / Erkenntnisse

- Vergleichbarkeit der Emissionen in die Umweltkompartimente über Landesgrenzen hinweg
- Kompost und Klärschlamm stellt eine Besonderheit in der Modellierung dar
- Mikroplastik-Konzentrationen in steirischem Klärschlamm:  
239 ± 88 t/a Mikroplastik auf ca. 22.000 t/a Klärschlamm (theoretische Konzentration in etwa 1,5 % TS).
- Konzentration des gereinigten Ablaufes steirischer Kläranlagen: 0,05 g/m<sup>3</sup>
- Konzept von „Quellen, Lager und Senken“ nur bedingt auf Kunststoffe anwendbar
- Ad Hochrechnungen gemessener Konzentrationen: Hochwasser und die Partikelgröße spielen eine bedeutende Rolle im Transport

# Literatur

- Bertling, Juergen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt. Mikro- und Makroplastik.
- Bertling, Juergen; Hamann, Leandra; Hiebel, Markus (2018b): Mikroplastik und synthetische Polymere in Kosmetikprodukten sowie Wasch-, Putz- und Reinigungsmitteln. Hg. v. Fraunhofer UMSICHT.
- Bläsing, Melanie; Amelung, Wulf (2018): Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. In: *Science of The Total Environment* 612, S. 422–435. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086.
- Boucher, Julien; Friot, Damien (2017): Primary microplastics in the oceans. A global evaluation of sources. Gland: IUCN.
- Clara, M.; Ertl, T.; Giselbrecht, G.; Gruber, G.; Hofer, T.; Humer, F. et al. (2014): Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. BMLFUW. Wien.
- Kalčíková, G.; Alič, B.; Skalar, T.; Bundschuh, M.; Gotvajn, A. Žgajnar (2017): Wastewater treatment plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater. In: *Chemosphere* 188, S. 25–31. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.08.131. Land Steiermark
- Klasmeier, Jörg; Wissing, Melanie (2017): Waschmaschinenablauf als mögliche Eintragsquelle von Textilfasern (Mikroplastik) in Gewässer. Hg. v. Niedersächsischen Landesbetriebs für. Institut für Umweltsystemforschung. Osnabrück.
- Liebmann, Bettina (2019). Mikroplastik: Daten aus aktuellen Untersuchungen. Präsentation. Retrieved from [https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2019/FG\\_Plastik/03\\_Liebmann\\_Fachgesprach\\_Plastik.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2019/FG_Plastik/03_Liebmann_Fachgesprach_Plastik.pdf)

# Literatur

- Lassen, Carsten; Steffen Foss Hansen; Kerstin Magnusson; Fredrik Norén; Nanna Isabella Bloch Hartmann; Pernille Rehne Jensen et al. (2015): Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Hg. v. The Danish Environmental Protection Agency.
- Magnusson; Karin Eliasson; Anna Fråne; Kalle Haikonen; Johan Hultén; Mikael Olshammar, Johanna Stadmark, Anais Voisin (2017): Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment. Hg. v. Swedish Environmental Research Institute.
- Napper, Imogen E.; Thompson, Richard C. (2016): Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. In: Marine Pollution Bulletin 112 (1), S. 39–45. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025.
- Siegfried, M.; Koelmans, A. A.; Besseling, E.; Kroeze, C. (2017): Export of microplastics from land to sea. A modelling approach. In: Water research 127, S. 249–257. DOI: 10.1016/j.watres.2017.10.011.Sundt; Schulze; Syversen (2014): Sources of microplastic- pollution to the marine environment. Hg. v. Norwegian Environment Agency
- UBA (2019): Prüfbericht Nr. 1912/0844. Auftrag A 15976 – Projekt-Nr. 20299. Umweltbundesamt.
- Weithmann, Nicolas; Möller, Julia N.; Löder, Martin G. J.; Piehl, Sarah; Laforsch, Christian; Freitag, Ruth (2018): Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. In: *Science Advances* 4 (4), eaap8060. DOI: 10.1126/sciadv.aap8060.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Fragen, Anmerkungen und Kritik  
sind willkommen!**