

# Aufkommen und Transportpfade von Mikroplastik in urbanen Wassersystemen

*Ergebnisse einer umfangreichen Messkampagne*

Attaallah Abusafia, (UNITECHNICS)

Christian Scheid, (RPTU)

Heidrun Steinmetz, (RPTU)

Ulrich Dittmer, (RPTU)

Graz, 24.09.2024



# Inhalt

---

## Hintergrund und Zielsetzung

- MikroPlastic Chronik
- Definition
- Problemstellung

## Methodik

- Probenahme
- Räumliche und zeitliche Hochrechnung

## Ergebnisse

- Einheitsfrachten

## Schlussfolgerungen

---



# Hintergrund: MikroPlastic Chronik



1996



2004 - 2014



Erste Definition in 2004



2015-

*“Feste und **unlösliche** Kohlenwasserstoffmaterialien, die Hochpolymere (**Thermoplaste**) sowie **Additiven** enthalten, mit einer Partikelgröße zwischen **1 und 1.000  $\mu\text{m}$** ”*

(DIN CEN ISO/TR 2020)

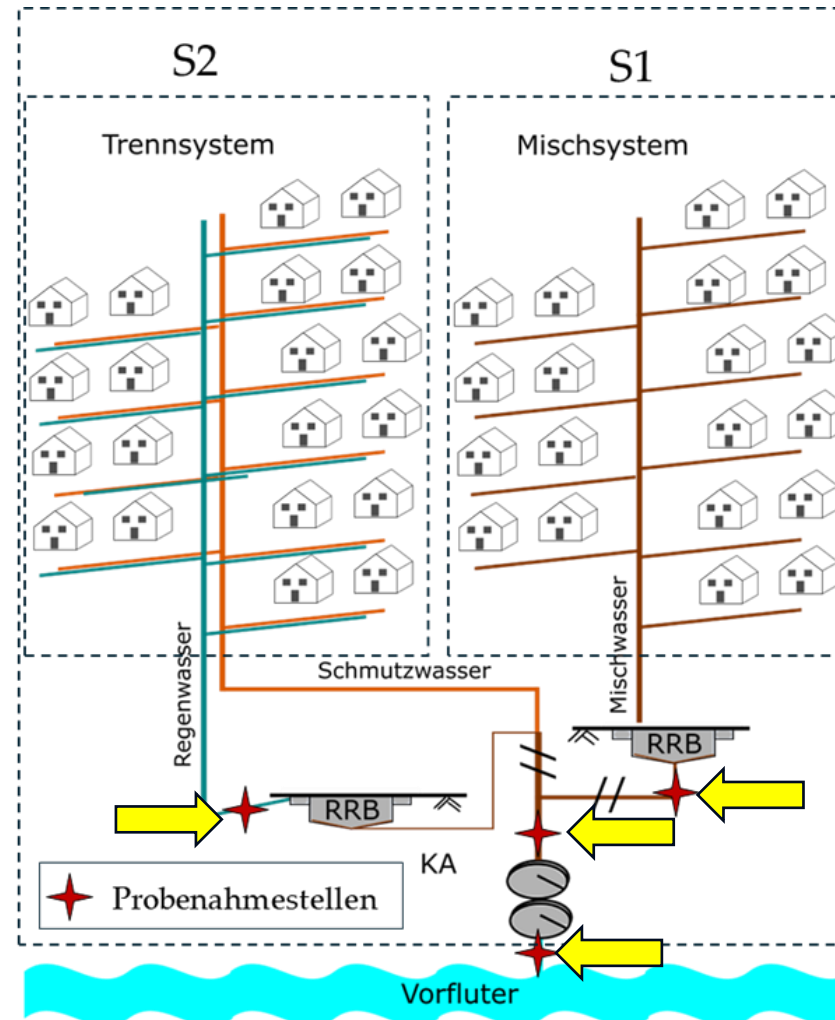
- Vielfältige Quellen
- Fehlende Monitoringstrategien
- Niedrige Konzentrationen
- Komplexe Analytik, bestimmte Marker bekannt !
- Fokus auf kommunalen Kläranlagen → **Kanalnetz / Stofftransport bei Regenwetter?**
  - **Dynamik des Regenwasserabflusses** wurde vernachlässigt.
  - Keine umfassende Untersuchung der **Eintrags- und Transportpfade**

- **Planung und Anpassung der Probenahmestrategien**
- **MP-Charakterisierung**
  - PP, PE, PS, PMMA, Acryl, PTFE, Nylons und Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR)
  - ThermoExtraktionDesorption-GasChromatographie-MassenSpektrometrie (**TED-GC-MS**)
- **MP-Aufkommen:**
  - Konzentrationen, Einheitsfrachten
- **Partikelgrößenverteilung**
  - 5-50, 50-100, 100-500 und 500-1000 µm

## Wenn möglich:

- Retentionsrate bestimmter Anlagen
- Veränderungen in Menge und Verteilung verfolgen
- Vergleich Trocken und -/Regenwetter

# Methodik: Untersuchungsgebiet





# Methodik: Probenahme KA Kaiserslautern

## Zu- und Ablauf bei Trockenwetter

Zulauf KA (Nov. 2018 – Mar. 2019)

Einzugsgebiet der KA KL **210.000 [EWG]**

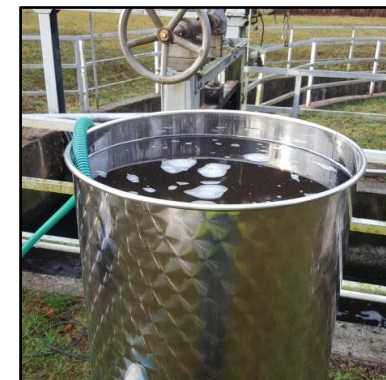
- **Automatischer PN**
- **Zeitproportional**
- **Hinter Rechen**
- **24h Mischproben**
- **25 L**
- **n = 5**



Ablauf KA (Nov 2018 – Juni 2021)

Einzugsgebiet der KA KL **210.000 [EWG]**

- **Zeitproportional**
- **Hinter NKB**
- **4h Mischproben und integrale PN**
- **1-100 m<sup>3</sup>**
- **n = 4**





# Methodik: Ablauf Teileinzugsgebiet S1 im Mischsystem bei Trockenwetter



Einzugsgebiet 5000 [EWG] (März 2019 – März 2020)

## Ansatz 1: 3 Stichproben/d

- Zeitproportional
- 12h Mischproben
- 22-25 L
- $n = 3$

## Ansatz 2: 24 Stichproben/d

- Volumenproportional
- 12h Mischproben
- 22-25 L
- $n = 6$



# Methodik: Probenahme Oberflächenabfluss

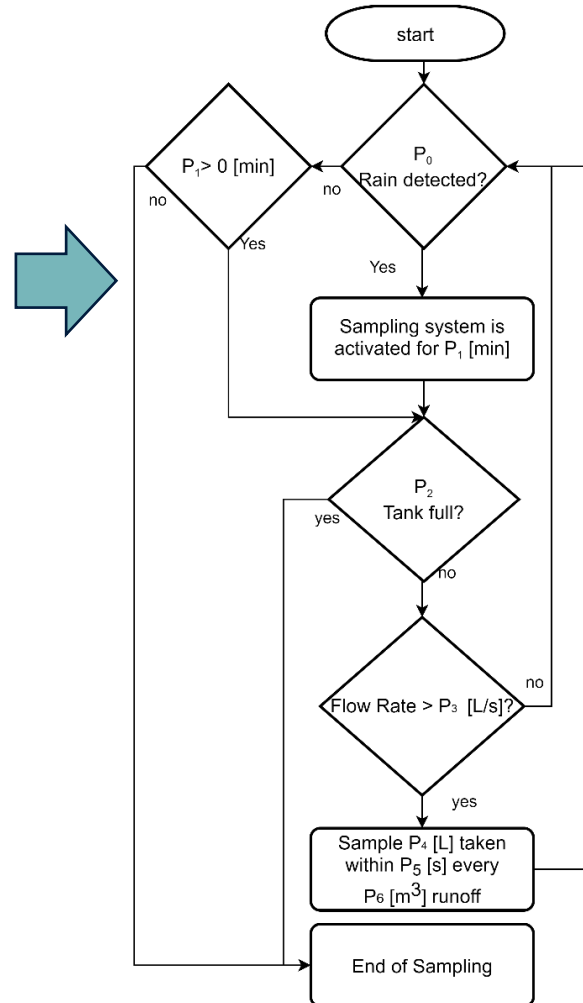
## Probenahmekonzept



### 1. Einzugsgebietsanalyse / Niederschlagsszenarien

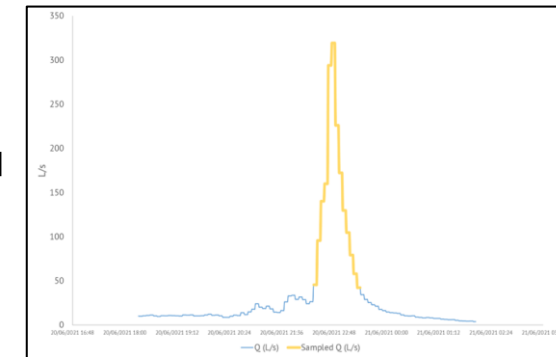
Event date	Runoff volume [m³]	Coverage rate [%] of parametrization scenarios 1-12											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20/12/2019	983	45	181	22	54	15	61	34	102	17	67	11	45
21/12/2019	116	384	1534	190	457	129	517	289	862	142	569	95	379
22/12/2019	73	610	2438	301	726	205	822	459	1370	226	904	151	603
22/12/2019	90	494	1978	244	589	167	667	372	1111	183	733	122	489
24/12/2019	70	636	2543	314	757	214	857	479	1429	236	943	157	629
24/12/2019	50	890	3560	440	1060	300	1200	670	2000	330	1320	220	880
25/12/2019	131	340	1359	168	405	115	458	256	763	126	504	84	336
09/01/2020	64	695	2781	344	828	234	938	523	1563	258	1031	172	688
27/01/2020	411	108	433	54	129	36	146	82	243	40	161	27	107
27/01/2020	416	107	428	53	127	36	144	81	240	40	159	26	106
01/02/2020	455	98	391	48	116	33	132	74	220	36	145	24	97
01/02/2020	144	309	1236	153	368	104	417	233	694	115	458	76	306
02/02/2020	200	223	890	110	265	75	300	168	500	83	330	55	220
03/02/2020	227	196	784	97	233	66	264	148	441	73	291	48	194
03/02/2020	1013	44	176	22	52	15	59	33	99	16	65	11	43
10/02/2020	673	66	264	33	79	22	89	50	149	25	98	16	65
10/02/2020	508	88	350	43	104	30	118	66	197	32	130	22	87
12/02/2020	86	517	2070	256	616	174	698	390	1163	192	767	128	512
13/02/2020	482	92	369	46	110	31	124	70	207	34	137	23	91
19/02/2020	151	295	1179	146	351	99	397	222	662	109	437	73	291
19/02/2020	19	2342	9368	1158	2789	789	3158	1763	5263	868	3474	579	2316
20/02/2020	37	1203	4811	595	1432	405	1622	905	2703	446	1784	297	1189
23/02/2020	123	362	1447	179	431	122	488	272	813	134	537	89	358
24/02/2020	61	730	2918	361	869	246	984	549	1639	270	1082	180	721

### 2. Logik der Steuereinheit



- P<sub>0</sub> Witterung
- P<sub>1</sub> Zeitfenster für PN nach Regen [min]
- P<sub>2</sub> Füllstand PN-Behälter
- P<sub>3</sub> Echtzeit Durchflussmessung [L/s]
- P<sub>4</sub> Menge Probenahme [L]
- P<sub>5</sub> Probenahmezeit
- P<sub>6</sub> Mengenanteil des Regenwasserabflusses für PN [m³]

### 3. Quality Assurance



PN-Dauer, Mengenproportion  
der PN, max. Regenabfluss

# Methodik: Probenahme Oberflächenabfluss

## Einzugsgebiet S1 im Mischsystem bei Regenwetter

(Juni 2021 – Juli 2021)

- Einzugsgebiet: Wohngebiet mit 5000 EWG,  $A_{E,k} = 67.22$  ha und  $A_{b,a} = 34.8$  ha [ $A_T$ ]

- Feststoffsammler
- Tauchpumpe über dem Trockenwasserspiegel
- volumenproportional
- Ereignisabhängig
- 1000 L
- $n = 7$  (16 Regenereignisse)



# Methodik: Probenahme Oberflächenabfluss

## Einzugsgebiet S2 im Trennsystem

(Juli 2020 – April 2021)

- Wohngebiet mit ca. 550 EWG,  $A_{E,k} = 17$  ha und  $A_{b,a} 6,67$  ha [ $A_T$ ]
  - Feststoffsammler
  - Peristaltische Pumpe
  - volumenproportional
  - Ereignisabhängig
  - bis 1000 L
  - $n = 9$  Ereignisproben





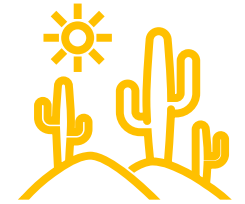
## Einheitswert MP Aufkommen:

- Einheitswert **Trockenwetter** je EWG

$$b_{TW,a,MP,EWG} = \frac{C_{m,total} \times [Q_{TW,m,0mm} \times 365]}{EWG} \quad (13)$$

- Einheitswert **Regenwetter** je Einheit befestigte angeschlossene Fläche,  $A_{b,a}$

$$b_{R,a,MP,EWG} = \frac{C_{m,total} \times Q_R}{A_{b,a}} \quad (14)$$



## zeitliche Hochrechnung der Einheitswerte auf Jahrbasis, $b_{R,a,MP,i}$

- Saisonale Faktoren für nicht verkehrsbedingte MP (d. h. PE, PP, PS, PVC usw.)  
→ 1 für Sommer, 0.9 für Herbst und Frühling und 0.7 für Winter
- Keine Saisonale Faktoren für verkehrsbedingte MP



Räumliche Hochrechnung der Einheitswerte auf das gesamte Einzugsgebiet KA Kaiserslautern



$A_{E,k} = \sum$  **64 Teileinzugsgebiete, Einwohnerdichte** (Schmutzfrachtsimulation) (Scheid 2022; Schmitt 2004),  
**Verkehrsdichte**

**F1: Einwohnerdichte** im Teileinzugsgebiet

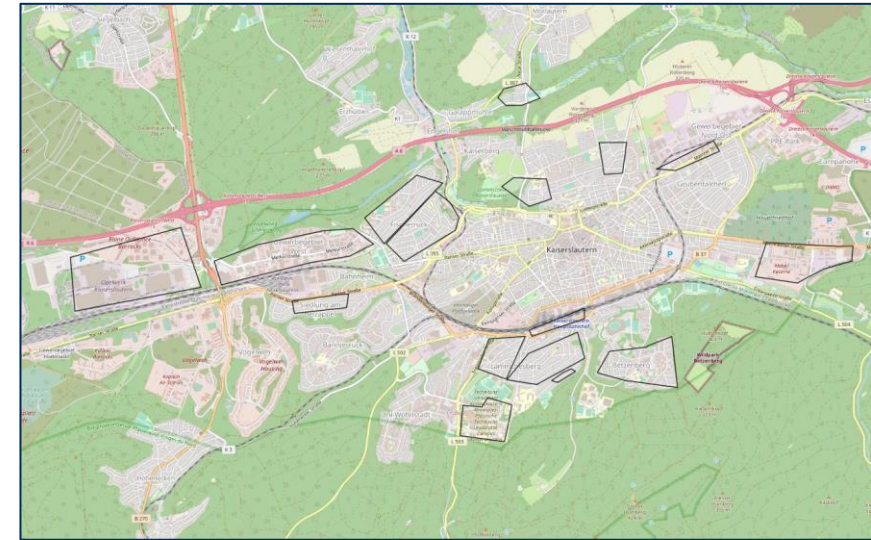
→ Range **0.1 – 2**

**F2: Verkehrsdichte** im Teileinzugsgebiet

→ Range of **0.8 – 1.2**

**F3: Entfernung** des Teileinzugsgebietes vom **Stadtzentrum**

→ Range **1 – 1.2**

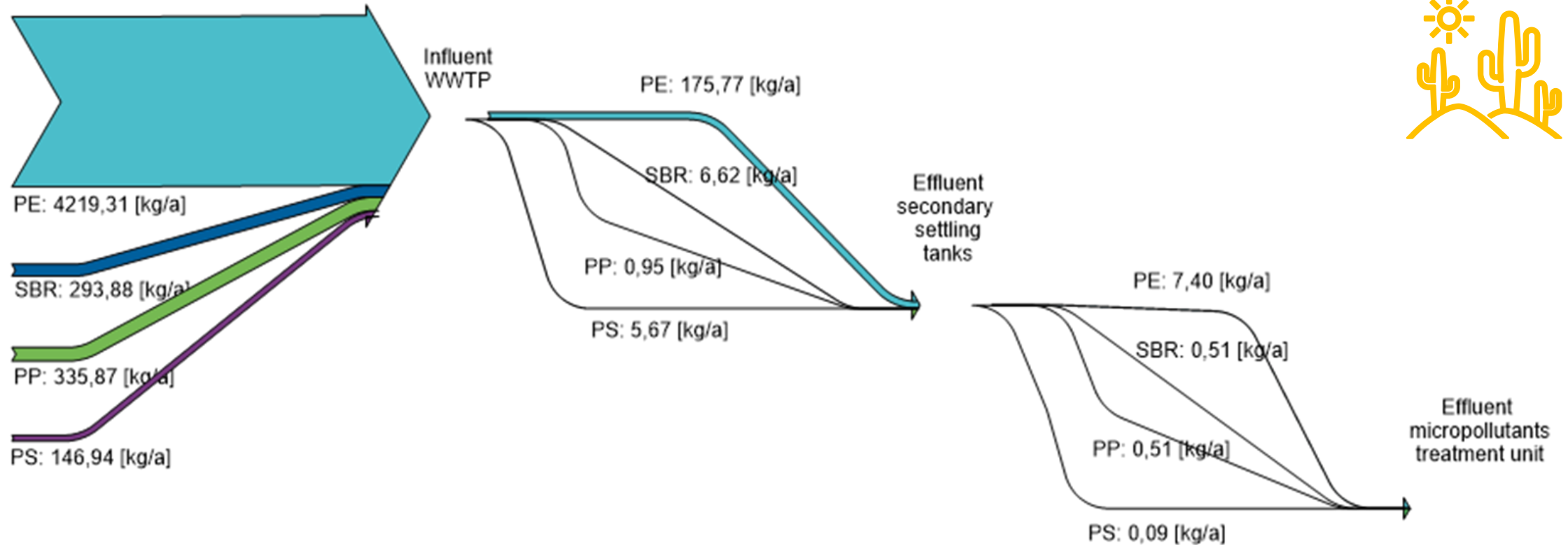


$$b_{R,a,MP,i} = \frac{\sum_{n=1}^{64} \left[ \left( (B_{SBR,ha,a} \times F_1 \times F_2) + (B_{MP-SBR,ha,a} \times F_3) \right) \times A_{b,a} \right]}{A_{b,a,gesamt}} \quad (17)$$



# Ergebnisse der TW-Kampagne

## Zusammenfassung der Frachten aus Trockenwetterabflüssen



Zulauf KA  
24-31 g/E/a

Ablauf NKB  
3.8 % or 0.94 g/E/a

Ablauf GAC-Filter  
0.17 % or 42 mg/E/a

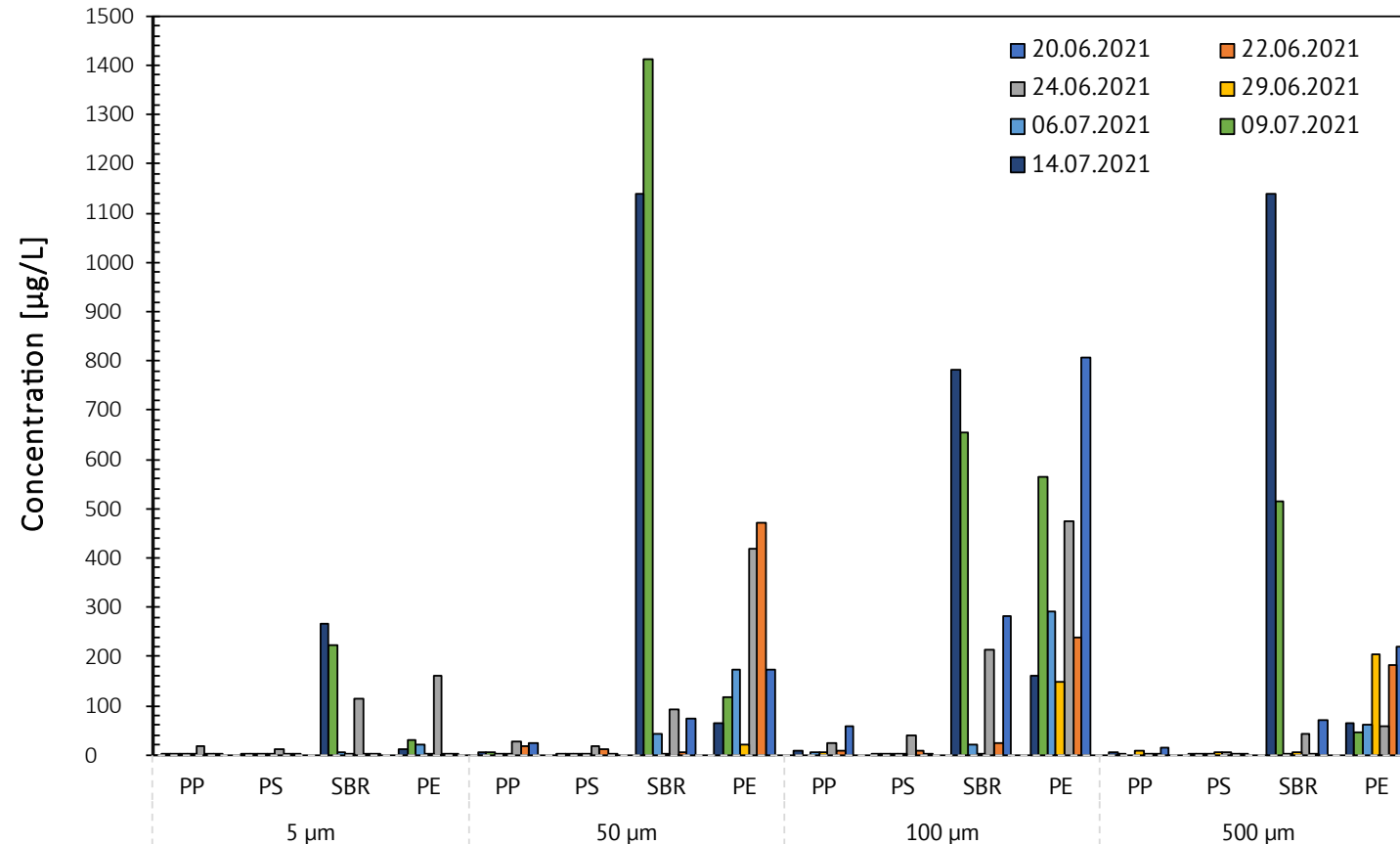
Vorfluter

# Ergebnisse der Oberflächenabflüsse S1 im Mischsystem



- **PE reichlich** in der Fraktion 100-500  $\mu\text{m}$  (54%/PE) und **SBR** in 50-100  $\mu\text{m}$  (49%) zusammen 96 % des MP
- **MP<sub>gesamt</sub> 554  $\mu\text{g/L}$  (n=7)**
- Jährlicher Stoffabtrag MP  
**2913  $\text{g}_{\text{MP}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$**

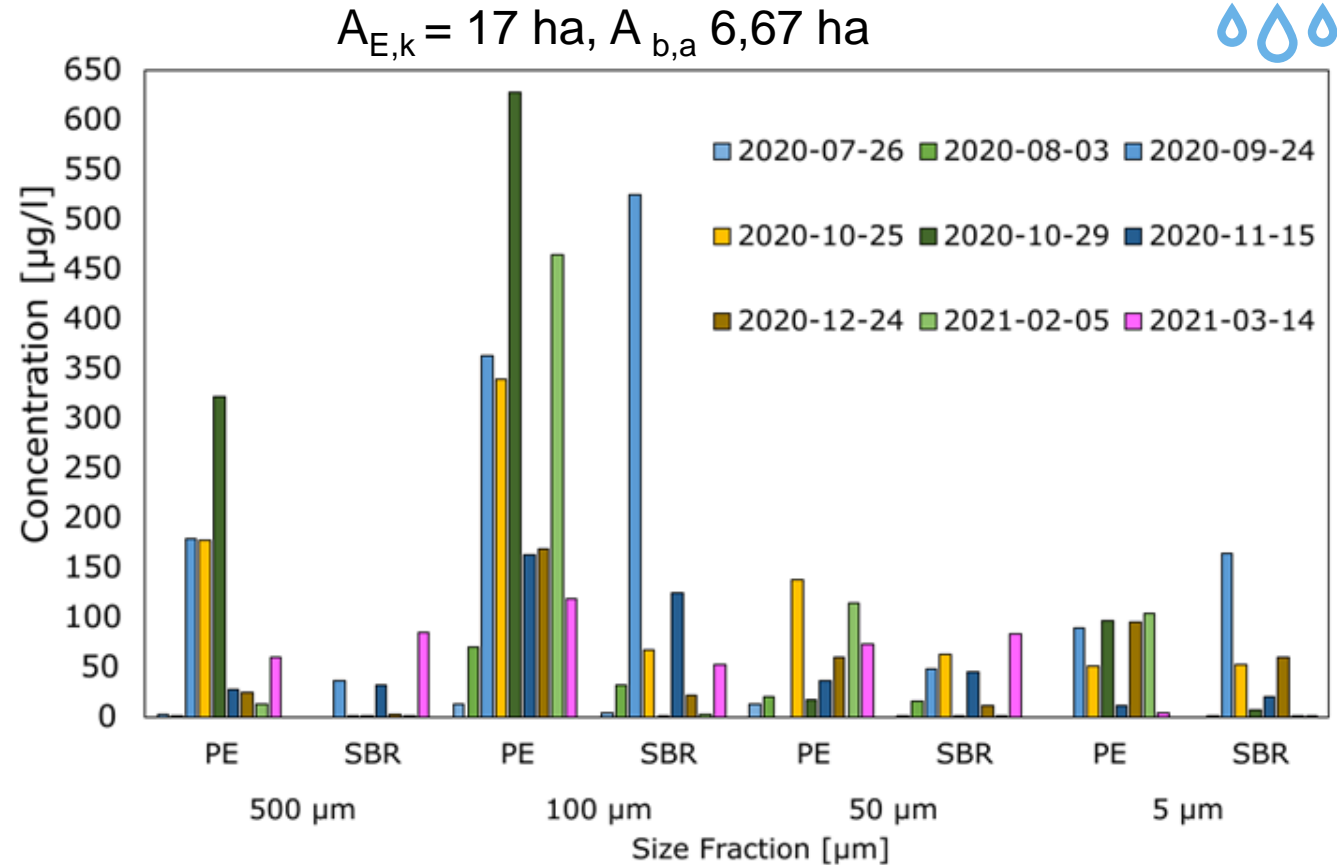
$A_{E,k} = 67.22 \text{ ha}$ ,  $A_{b,a} 34.8 \text{ ha}$



# Ergebnisse der Oberflächenabflüsse

## S2 im Trennsystem

- **PE** ist dominant (**44-249  $\mu\text{g/L}$** )
- **SBR** (**9- 89  $\mu\text{g/L}$** )
- PE und SBR reichlich in der Fraktion 100 – 500  $\mu\text{m}$  (58% and 45%)
- **MP<sub>gesamt</sub> 122  $\mu\text{g/L}$  (n=7)**
- Jährlicher Stoffabtrag MP **796  $\text{g}_{\text{MP}}/(\text{ha}\cdot\text{a})$**



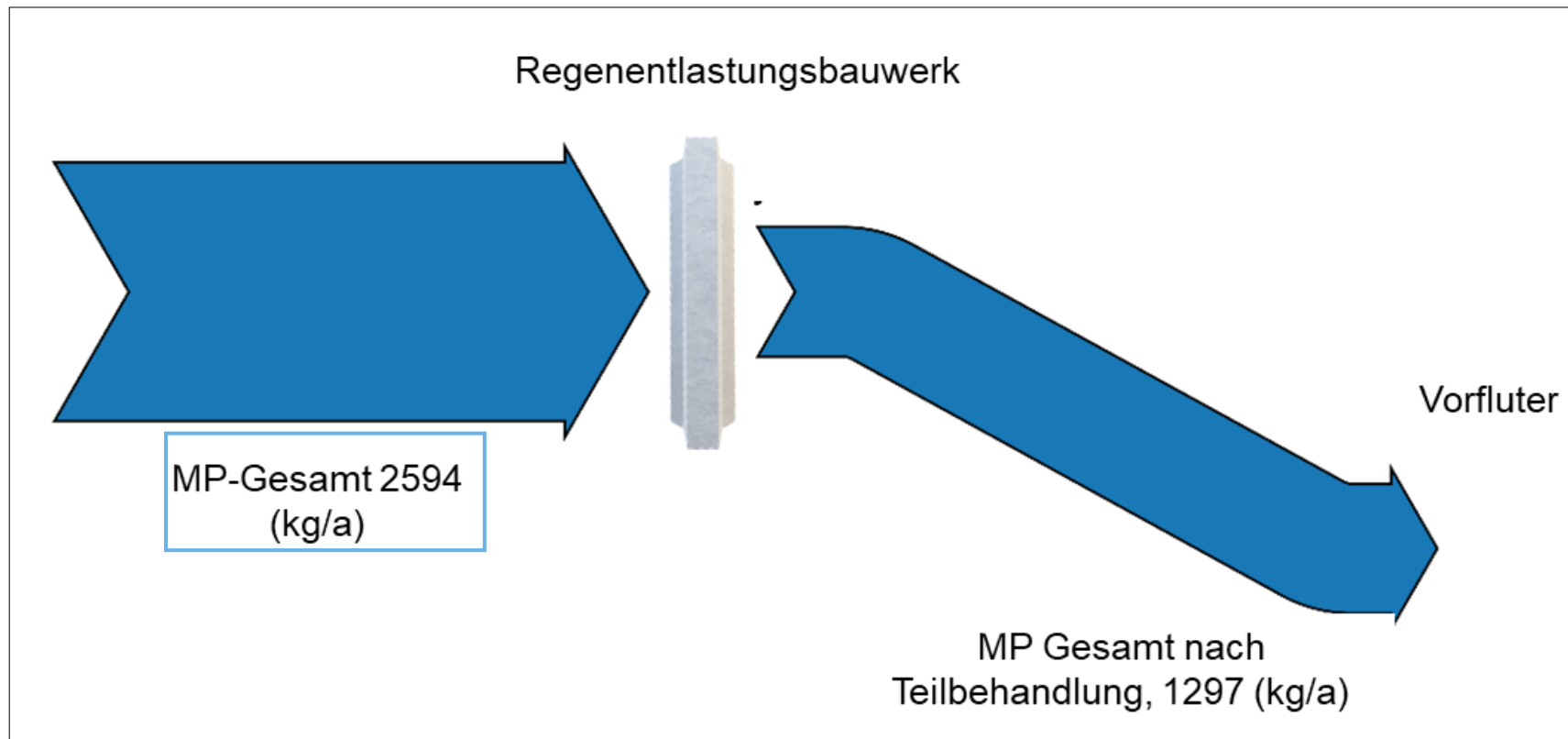
# Zusammenfassung der spezifischen Frachten aus Regenwetterabflüssen



MP	Mischsystem (S1)		Trennsystem (S2)	
	Gesamtfracht	Einheitsfracht	Fracht	Spezifische Fracht
	(kg/a)	(g/ha/a)	(kg/a)	(g/ha/a)
PE	30,3 (30%)	922	3,97 (74%)	517
SBR	62,4 (62%)	1.903	1,94 (37%)	253
$\Sigma$ MP	95,6	<b>2.913</b>	6,1	<b>796</b>

# Ergebnisse: Verbleib der jährlichen Mikroplastik-Emissionen

Annahme: 100 % der Regenentlastungsbauwerke mit Überlauf im Einzugsgebiet haben eine Rückhalteleistung von 50 %



# Schlussfolgerungen

- **Trockenwetterpfad**

- weniger bedeutsam
- PE: 86 % im Zulauf und 77 % im Ablauf der KA  
→ PE als Leitparameter

- **Regenwetterpfad**

- Höchste Frachten von **PE** und **SBR**, SBR beeinflusst durch Trockenwettertage und Verkehrsdichte
- MP aus Regenwetterabflüssen erreicht den Vorfluter um den Faktor **3 bis 4**

- **Allgemeine Anmerkungen:**

- Die Rückhalterate von **MP** ist mit AFS vergleichbar!
- Neue Senke entstehen → Blau-grüne Infrastruktur



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---

Dr.-Ing. Attaallah Y. A. Abusafia  
[a.abusafia@unitechnics.de](mailto:a.abusafia@unitechnics.de)

