



# **ANALYTISCHE BESTIMMUNG UND VORKOMMEN VON REIFENABRIEB AN STRÄßen**

Prof. Dr. Moritz Bigalke



# EINLEITUNG

- 133.000 t Jahr<sup>-1</sup> erzeugte TRWP-Masse in Deutschland (Wagner et al., 2018)
- 1,15 kg Pro-Kopf-Emission pro Jahr in Deutschland (Sieber et al., 2020)
- 58,8–68,2 kt pro Jahr Emissionen in Straßenrandböden in Deutschland (Baensch-Baltruschat et al., 2021)
- 0,1–117 g kg<sup>-1</sup> Konzentrationen in Straßenrandböden (Ding et al., 2023)

Wie viel Reifenabrieb ist im Boden und was passiert dort mit ihm?



\* Pro Person und Jahr. Basierend auf Schätzungen von Fraunhofer UMSICHT 2018

# ANALYTIK

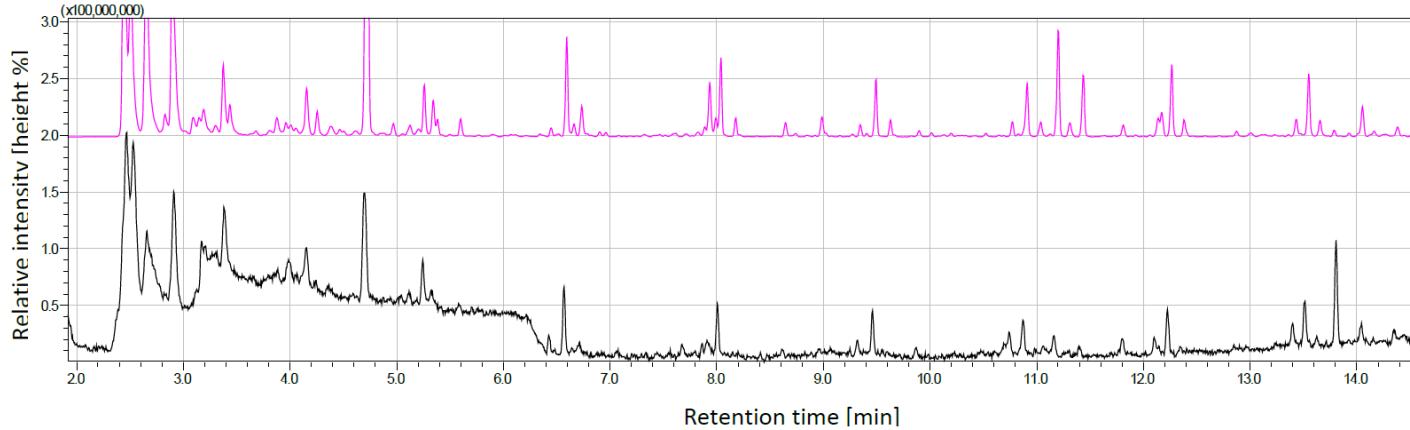


- Massenspektrometrische Methoden = Analyse von spezifischen Markern.
- Partikelbasierte Methoden = Analyse von einzelnen Partikeln.

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile

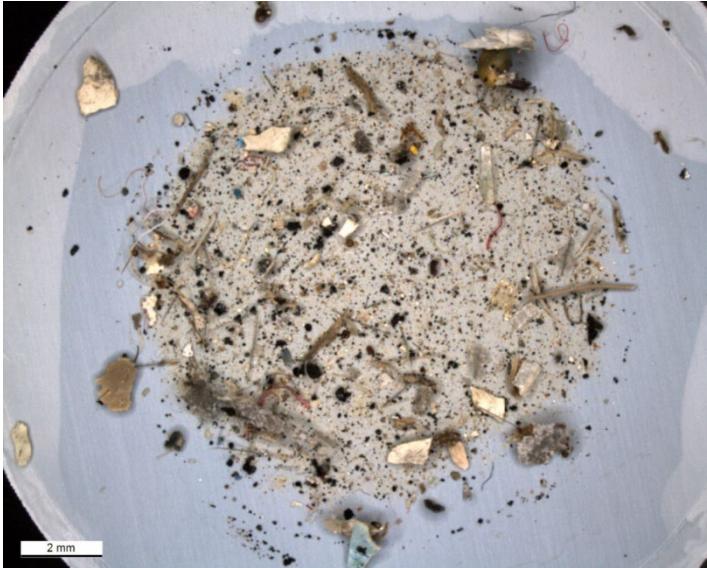
# ANALYTIK

## Massenspektrometrische Methoden



Massenspektrometrische Methoden (z.B. Pyrolyse-Gaschromatographie-Massenspektrometrie) geben als Ergebnis die Massenkonzentration (e.g.  $\text{mg kg}^{-1}$ ) der unterschiedlichen Polymere oder der Additive in der Probe.

## Partikelbasierte Methoden

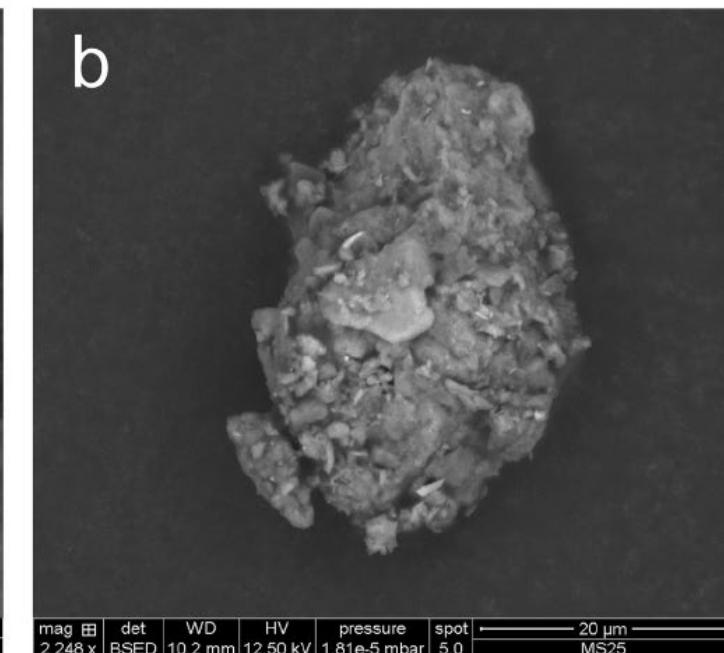
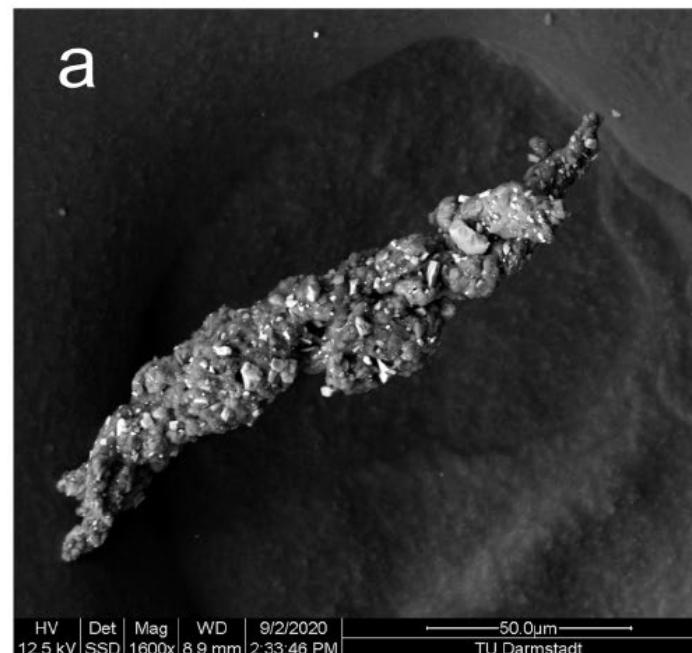


Partikelbasierte Methoden z.B. Rasterelektronenmikroskopie (SEM) oder digitale Mikroskopie machen es möglich die Partikeleigenschaften zu erfassen. Ergebnis ist Partikelanzahl ( $N \text{ kg}^{-1}$ ), Größe, Form etc. Die Massenkonzentration lässt sich höchstens abschätzen.

# REIFENABRIEB IN DER LUFT

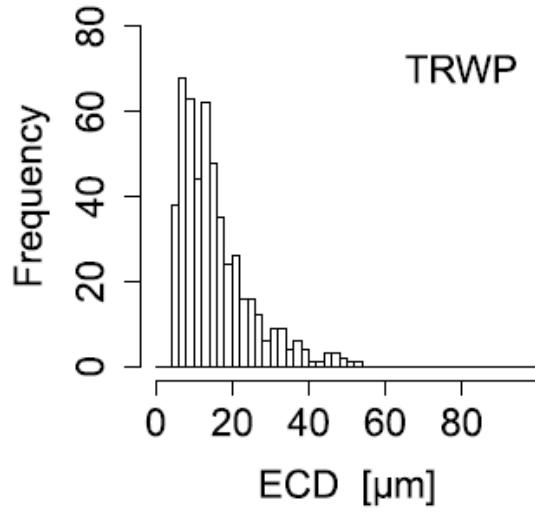


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

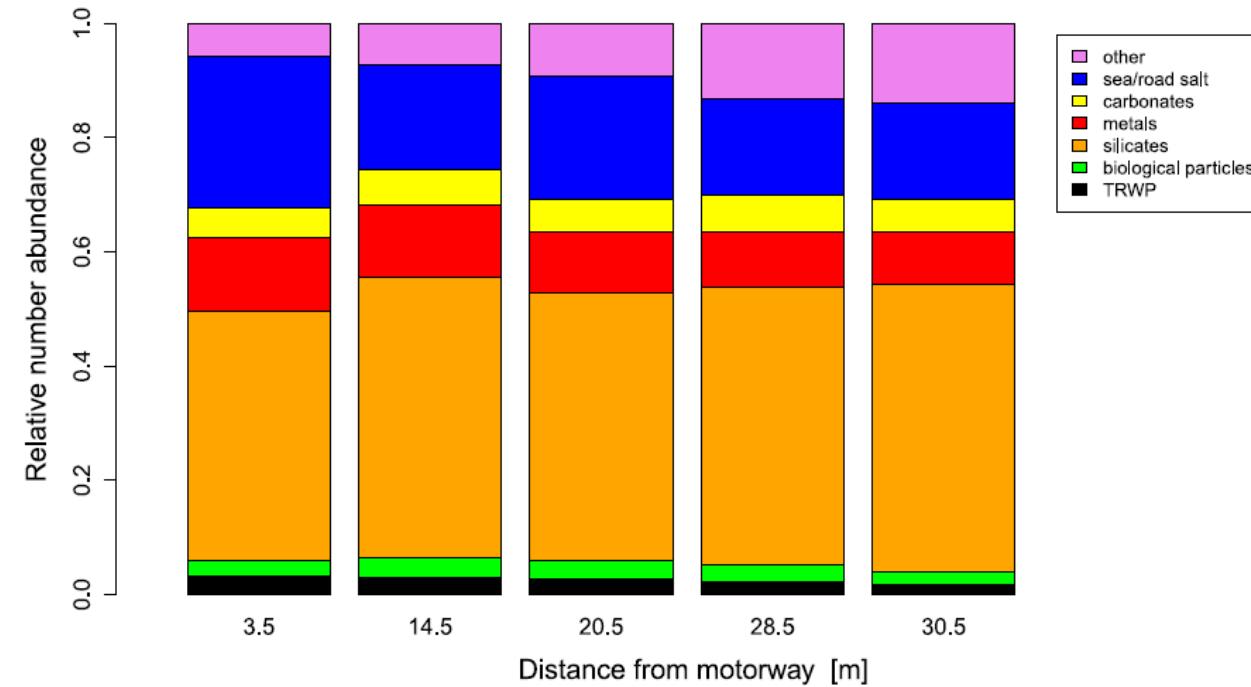
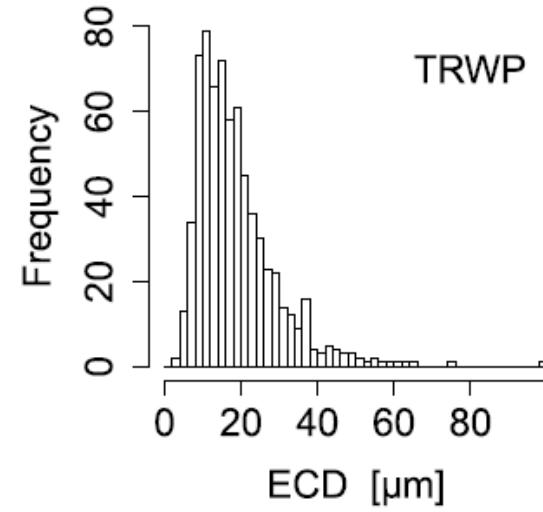


Probenahme an der A5 nördlich von Frankfurt ca. 120.000 Fahrzeuge am Tag

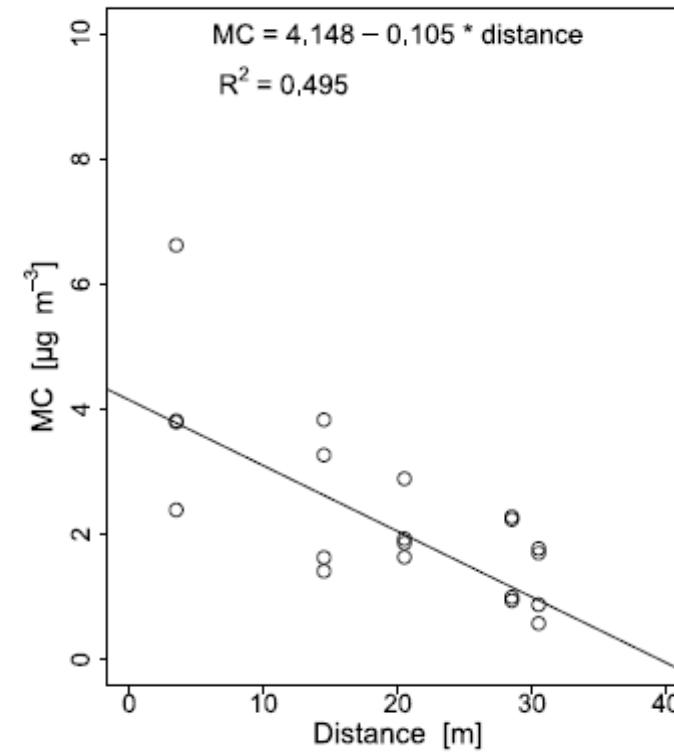
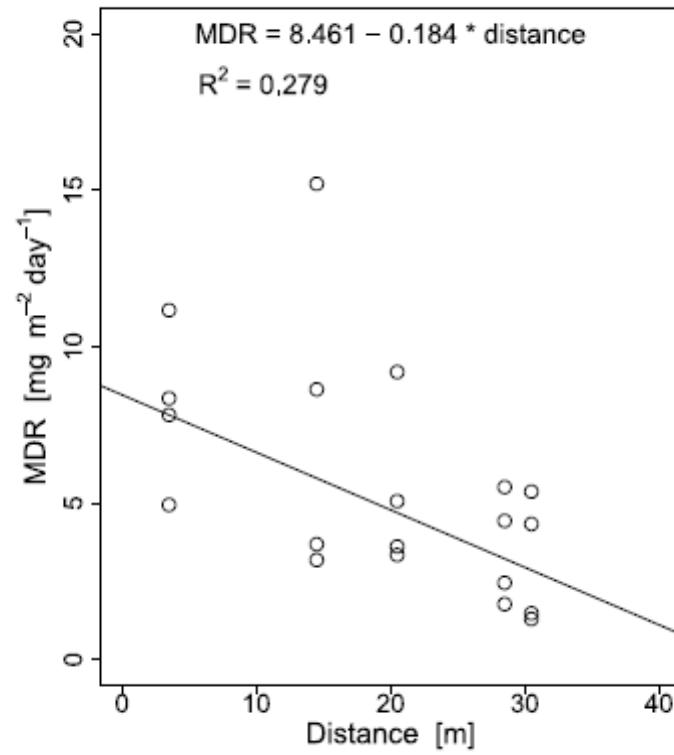
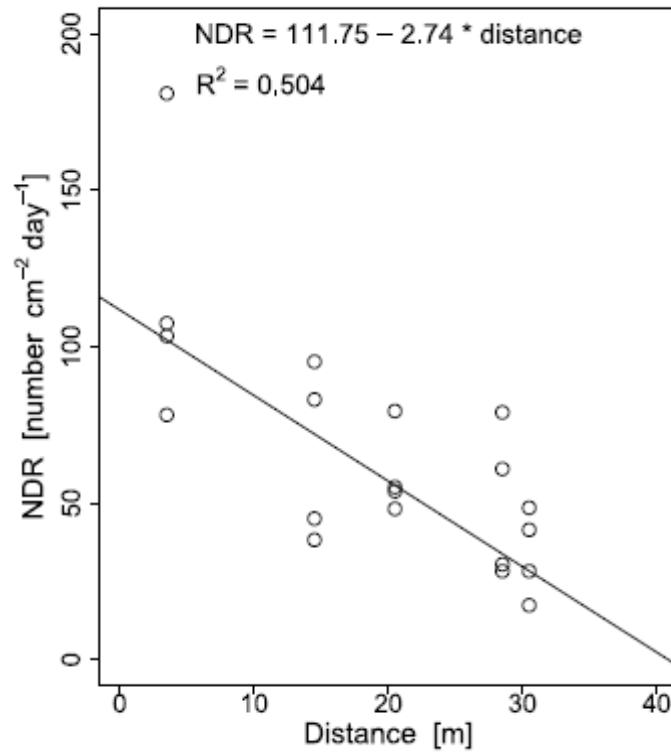
# REIFENABRIEB IN DER LUFT



Weinbruch et al., 2025



# REIFENABRIEB IN DER LUFT

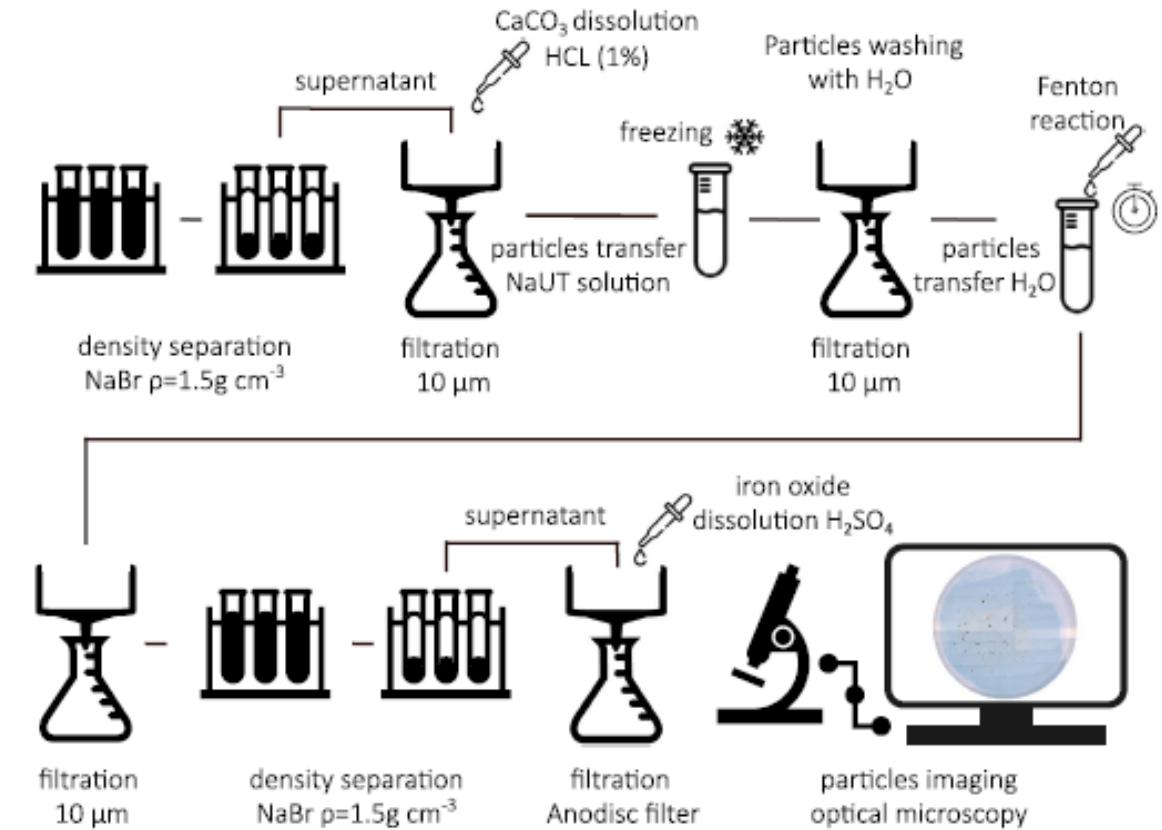


Abschätzung von Depositionsraten für verschiedene Substanzen:

BTZ = 20 (range 5–60) g  $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$  und 6PPD = 240 (range 20–1180) g  $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$

Kohlenstoff = 9.2 (range 2.2–27.7) kg  $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ , Schwefel = 125 (range 30–370) g  $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$  und Zink = 78 (range 14–278) g  $\text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$

# REIFENABRIEB IM BODEN



Foetisch et al., 2024

# REIFENABRIEB IM BODEN



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



TRWP - 550 µm



TRWP 280 µm



2000 µm

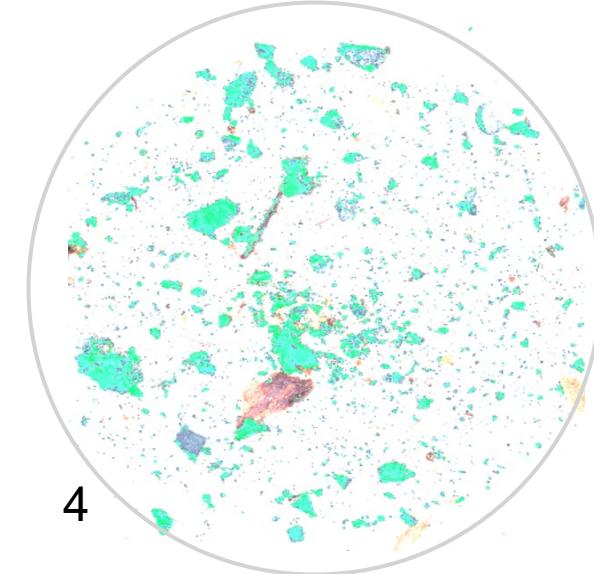
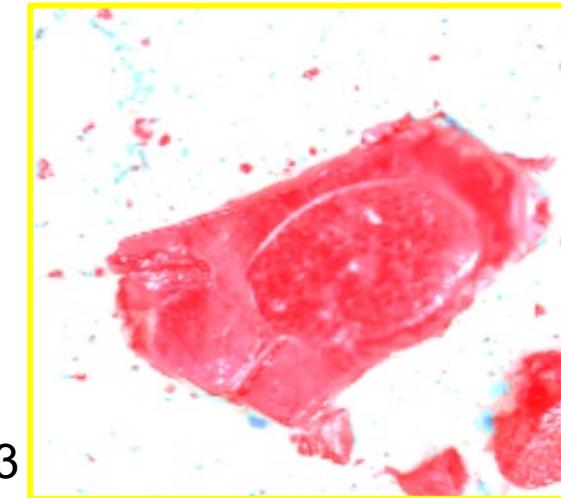
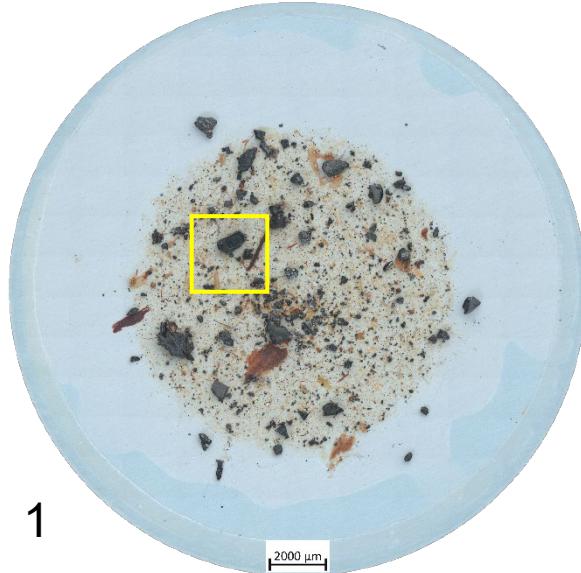


TRWP 320 µm



TRWP 320 µm

# REIFENABRIEB IM BODEN



Nur TRWP >35µm können analysiert werden

## Daten

*Partikelanzahl*

*Partikelmasseabschätzung*

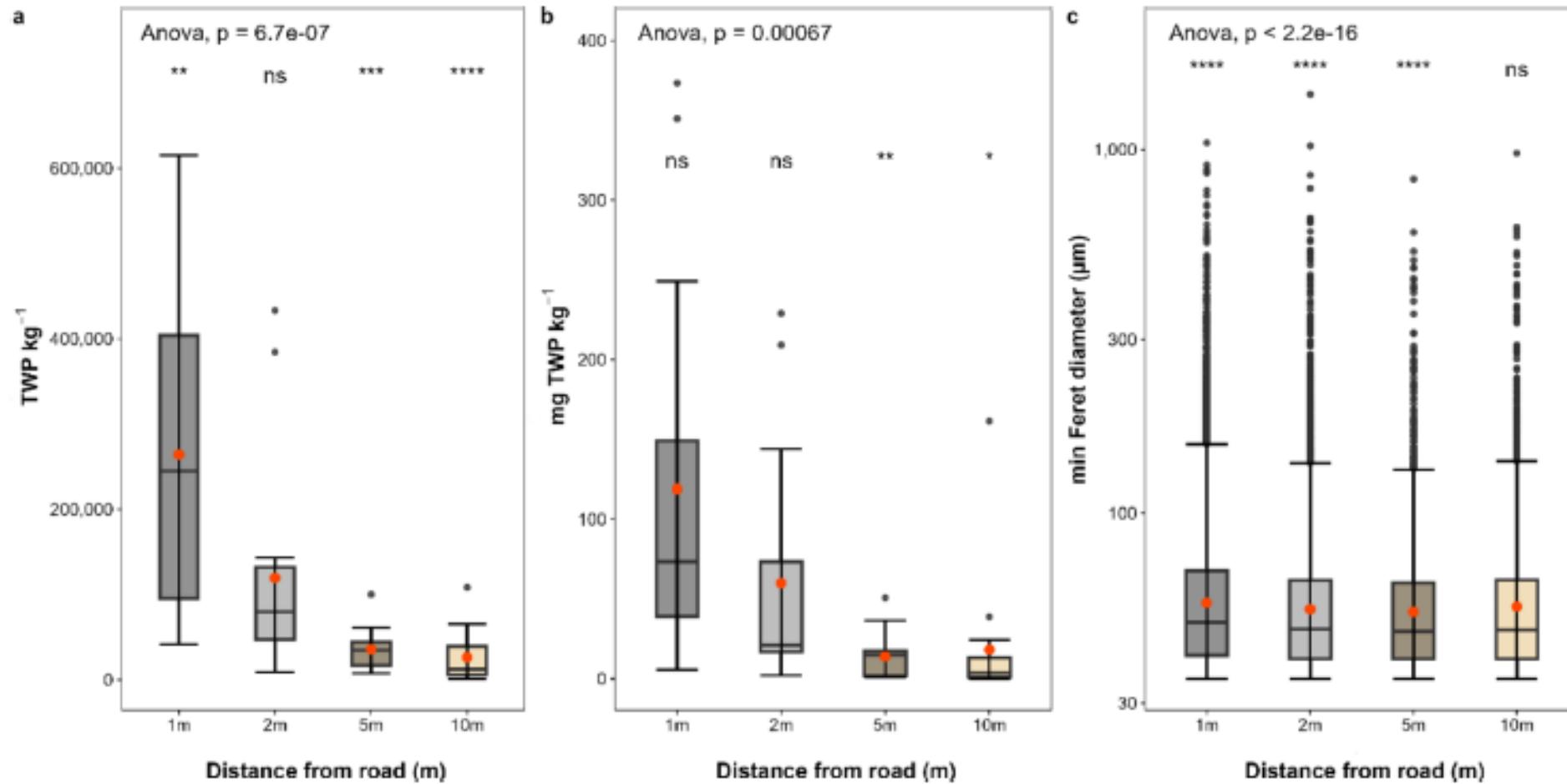
*Partikelgrößenbeschreibungen*

*Partikelformbeschreibungen*

Abschätzung der Masse mit einer angenommenen Dichte von  $\rho = 1.6 \text{ g cm}^{-3}$

$$M_{TWP} = \frac{4}{3} \times \left( \frac{\text{Feret}}{2} \right) \times \left( \frac{\text{MinFeret}}{2} \right) \times \left( \frac{0.372 \times \text{MinFeret}}{2} \right) \pi \times \rho$$

# REIFENABRIEB IM BODEN



Kundel et al., 2025

15 Schweizer Kantonsstraßen (mittel 2300 Autos Tag<sup>-1</sup>) in 4 Abständen untersucht.

# REIFENABRIEB AUSWIRKUNGEN



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

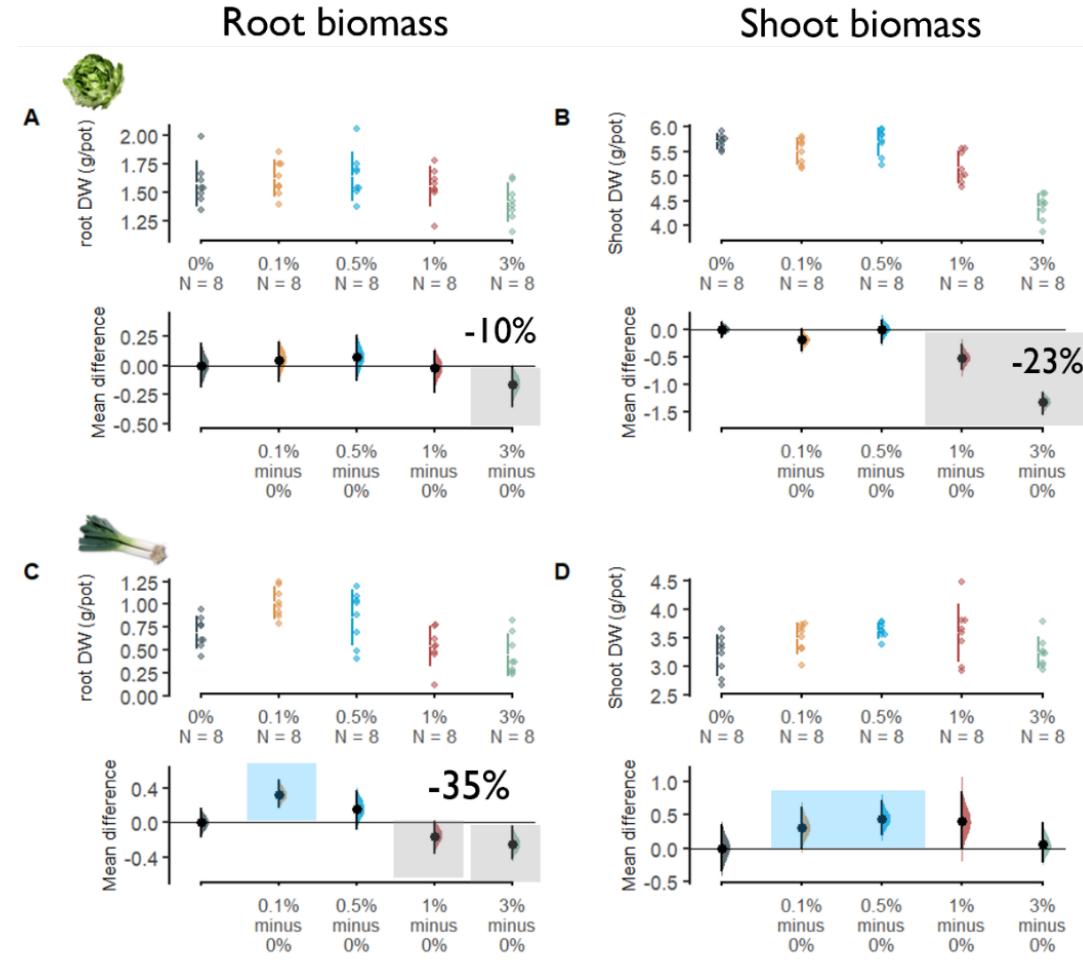
- Salat (*Lactuca sativa* var. Till) und Lauch (*Allium porrum* var. Fantic) als Modellpflanzen
- Herstellung von künstlichem TWP <350 um aus Altreifen
- 5 TWP-Kontaminationsgrade 0 %, 0,1 %, 0,5 %, 1 %, 3 % (w/w) in 8 Wiederholungen
- Dauer: 7 Wochen für Salat und 13 Wochen für Lauch



# REIFENABRIEB AUSWIRKUNGEN



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



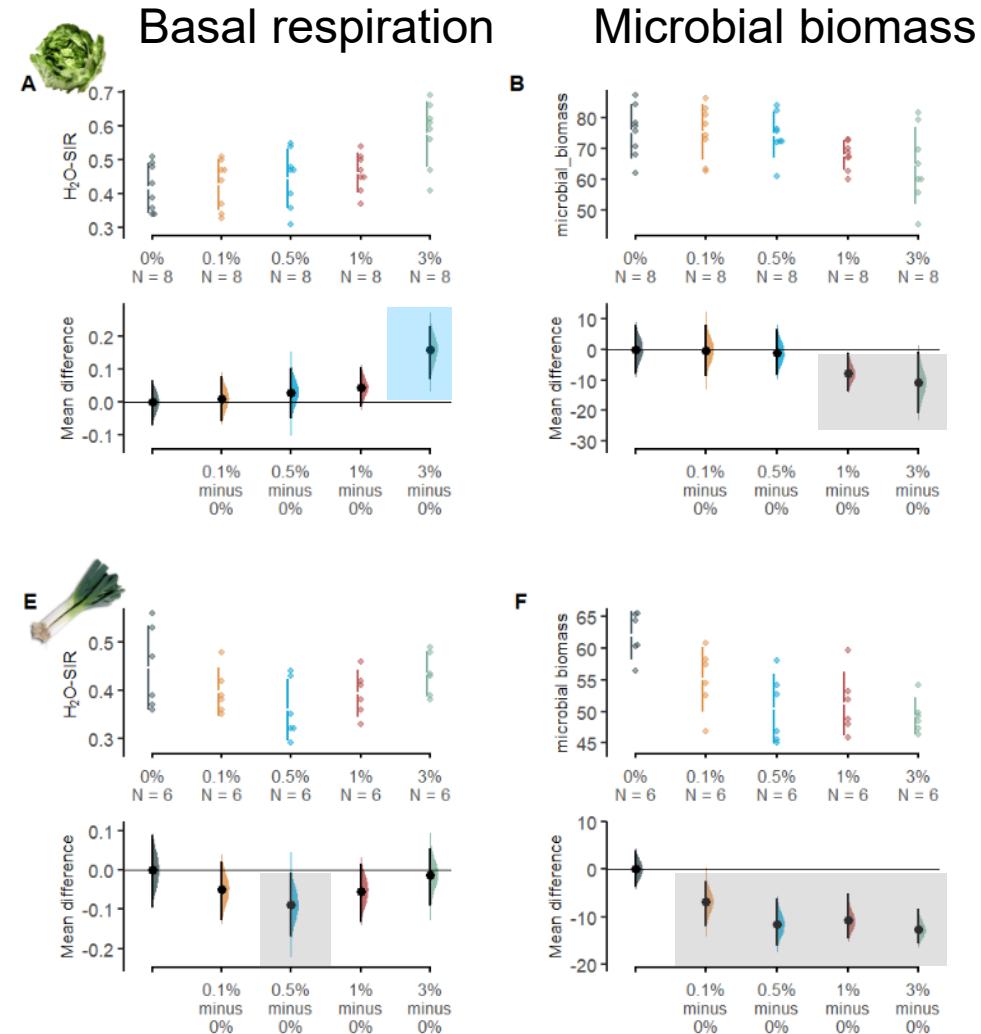
Reifenabrieb kann in hohen Konzentrationen das Pflanzenwachstum beeinflussen

Kundel et al., 2025

# REIFENABRIEB AUSWIRKUNGEN



- Pflanzenspezifische Auswirkungen auf die mikrobielle Atmung
- Negative Auswirkungen auf die mikrobielle Biomasse



# AUSBLICK

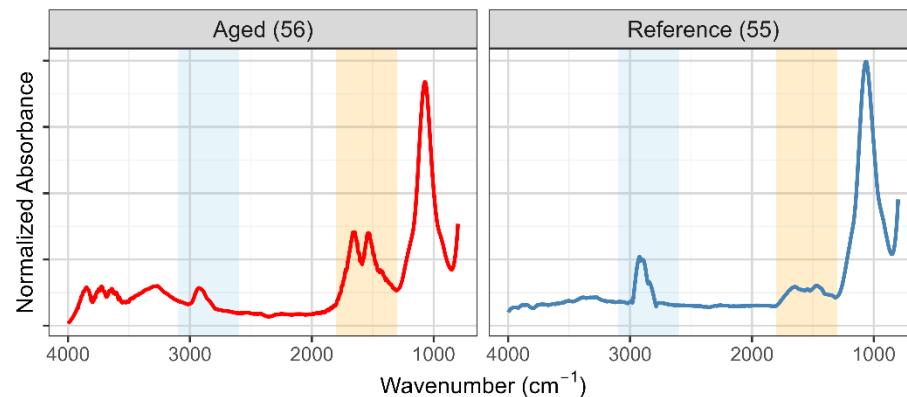


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Auswirkungen von realen TRWP

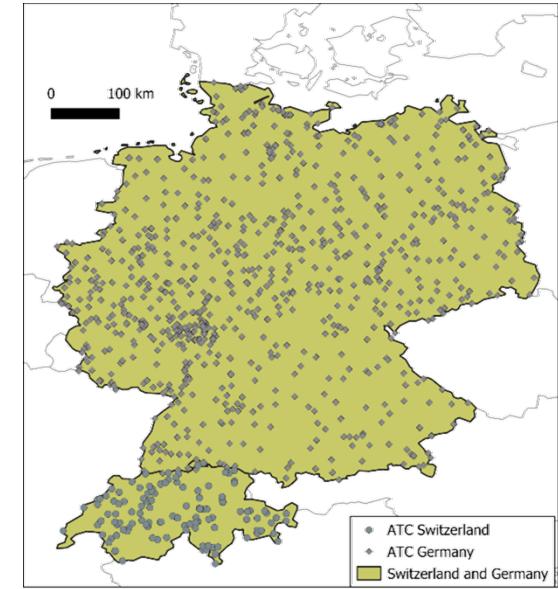
T L E . A . C H  
UNISCIENTIA Stiftung



Alterung im Boden



G R I P



Konzentrationen im Boden

# SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Die Analytik von Reifenabrieb in der Umwelt ist herausfordernd und es gibt noch sehr wenige Daten
- Nahe an Straßen liegt Reifenabrieb in recht hohen Konzentrationen vor
- In hohen Konzentrationen kann Reifenabrieb einen Einfluss auf Pflanzen und Bodenorganismen haben. Dazu braucht es aber noch mehr Forschung mit realistischeren Szenarien

# VIELEN DANK FÜRS ZUHÖREN...



# LITERATUR



- (1) Kundel, D.; Wiget, A.; Fliessbach, A.; Bigalke, M.; Weber, C. J. Tracks of travel: unveiling tire particle concentrations in Swiss cantonal road soils. *Micropl.&Nanopl.* 2025, 5 (1). DOI: 10.1186/s43591-025-00112-1.
- (2) Kundel, D.; Bigalke, M.; Stehle, B.; Hammer, M.; Nitzsche, K. N.; Fliessbach, A. Driving soils to change: Tyre wear particles modulate microbial-mediated soil functions and performance of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 2025, 214, 106340. DOI: 10.1016/j.apsoil.2025.106340.
- (3) Foetisch, A.; Grunder, A.; Kuster, B.; Stalder, T.; Bigalke, M. All black: a microplastic extraction combined with colour-based analysis allows identification and characterisation of tire wear particles (TWP) in soils. *Microplastics and nanoplastics* 2024, 4 (1), 25. DOI: 10.1186/s43591-024-00102-9. Published Online: Oct. 30, 2024.
- (4) Weinbruch, S.; Matthies, J.; Zou, L.; Kandler, K.; Ebert, M.; Bigalke, M. Deposition rates and air concentrations of tire and road wear particles near a motorway in Germany. *Atmos Environ* 2025, 352, 121228. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2025.121228.
- (5) Ding, J.; Lv, M.; Zhu, D.; Leifheit, E. F.; Chen, Q.-L.; Wang, Y.-Q.; Chen, L.-X.; Rillig, M. C.; Zhu, Y.-G. Tire wear particles: An emerging threat to soil health. *Crit Rev Env Sci Tec Crit Rev Env Sci Tec* 2023, 53 (2), 239–257. DOI: 10.1080/10643389.2022.2047581.
- (6) Baensch-Baltruschat, B.; Kocher, B.; Kochleus, C.; Stock, F.; Reifferscheid, G. Tyre and road wear particles - A calculation of generation, transport and release to water and soil with special regard to German roads. *Sci Total Environ* 2021, 752, 141939. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141939. Published Online: Aug. 24, 2020.
- (7) Sieber, R.; Kawecki, D.; Nowack, B. Dynamic probabilistic material flow analysis of rubber release from tires into the environment. *Environ Pollut* 2020, 258. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113573.
- (8) Wagner, S.; Hüffer, T.; Klöckner, P.; Wehrhahn, M.; Hofmann, T.; Reemtsma, T. Tire wear particles in the aquatic environment - A review on generation, analysis, occurrence, fate and effects. *Water Res* 2018, 139, 83–100. DOI: 10.1016/j.watres.2018.03.051. Published Online: Mar. 24, 2018.
- (9) Bertling, J.; Bertling, R.; Hamann, L. Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik (Fraunhofer Umsicht).