

Adaption und Validierung des BCR Verfahrens für Reifen- und Straßenabriebproben

Studentin: Swetlana Swonarjow
Studiengang: Chemietechnik
Zeitraum: 01.08.2024–31.12.2024

Betreuer: Prof. Dr. Gottfried Walker
Angus Rocha Vogel, M. Sc.
PD Dr. Wolf von Tümpling

Einleitung und Ziel

Reifen- und Straßenabrieb:

- entsteht beim Fahren von Kraftfahrzeugen durch Reifenabnutzung auf der Straße^[1]
- stellt nahezu **1/3** der gesamten **Mikroplastikemissionen** dar^{[1][2]}
- Emission in Deutschland ca. **100.000 t/a (ca. 1,2 kg pro Person!)** ^{[1][2]}
- bis zu **20 % Eintrag** in die **Oberflächengewässer**^[1]
- Partikel bestehen aus gummierten Kern mit mineralischer Kruste, die weitere Bestandteile aus dem Straßenstaub aufnimmt^[1]
- Adsorptionsprozesse bspw. von Cr, Ni, Zn, Cd und Pb auf der Oberfläche von Reifenabrieb in Oberflächengewässern nachgewiesen^[3]
- Schwermetalle** können durch Umwelteinflüsse **bioverfügbar** werden
→ **Toxizität** für aquatische Organismen **kann steigen**
- sequentielle Extraktion nach dem BCR-Verfahren ist eine Option, das Bindungsverhalten von Schwermetallen an Partikeln zu beschreiben^[4]

Ziel der Praxisphase: Adaption & Validierung der BCR Extraktion zur Charakterisierung von Schwermetallbindungen an Reifen- und Straßenabrieb

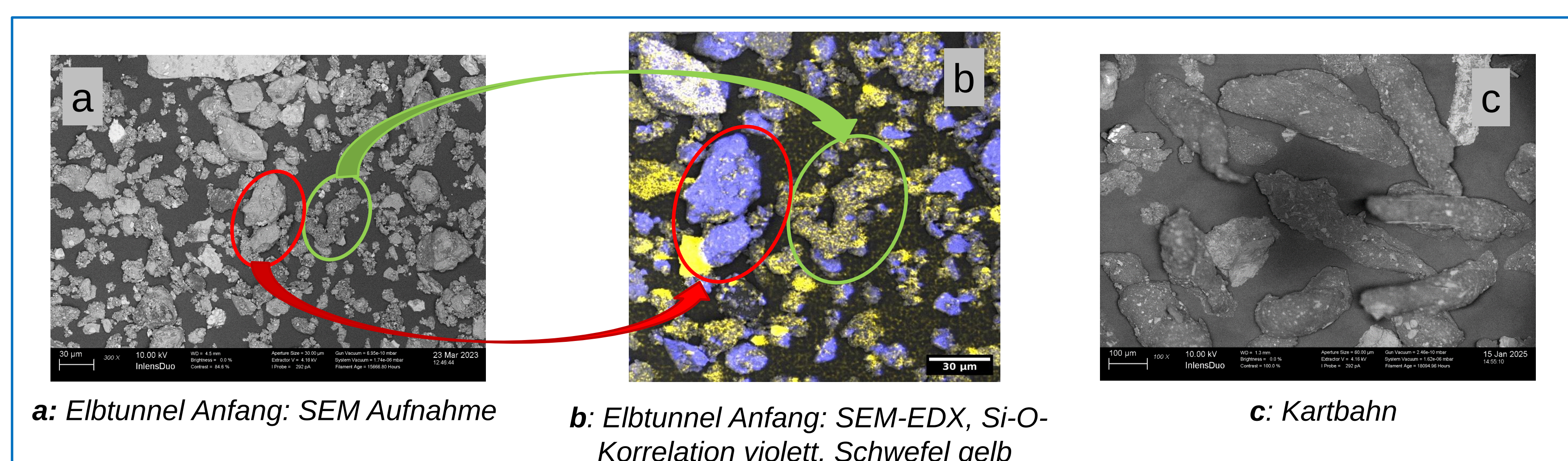


Abbildung 1 Exemplarische SEM-Aufnahmen der Proben (20–200 µm): entnommen aus Rocha Vogel et al. 2024^[3]

Ergebnisse

Methodenvalidierung:

Analysenergebnisse: fast immer gute Übereinstimmung mit zertifizierten Referenzwerten

Größenfraktion 20–200 µm (Abb. 2a):

Analysenergebnisse nahezu immer konsistent & überwiegend innerhalb der Präzisionsgrenzen liegend → **Fazit:** BCR-Verfahren ist für Größenfraktion 20–200 µm gut geeignet

Größenfraktion 200–630 µm (Abb. 2b):

Fraktion wies hohe Streuungen der Messwerte auf (sichtbare Inhomogenität der großen Partikel der Probe) → **Fazit:** Korngrößenfraktion weniger gut für BCR Extraktion geeignet

Vergleich der Proben gleicher Größenfraktion mit Sediment (Abb. 3):

- Reifen- und Straßenabrieb enthält höhere Cr-, Ni- und Cu-Gehalte als das Sediment
- höchste Cd- und Pb-Werte mit hoher Bioverfügbarkeit wurden in der Sedimentprobe nachgewiesen
- Zn ist in allen Proben mit hohem Gehalt nachweisbar und weist hohe Mobilität auf

Zusammenfassung

- Sequentielle Extraktion mit BCR-Verfahren ist geeignet, Bindungsverhalten von Schwermetallen an Reifenabriebproben zu charakterisieren
- Verfahren wird künftig angewendet, Bindungsverhalten von Schwermetallen nach ihrer Adsorption an Reifen- und Straßenpartikeln aus Oberflächenwasserproben zu ermitteln

Literatur:

- ^[1] B. Baensch-Baltruschat, B. Kocher, C. Kochleus, F. Stock, G. Reifferscheid, *Sci. Total Environ.*, **2021**, 752, 141939.
^[2] J. Bertling, R. Bertling, L. Hamann, *Fraunhofer UMSICHT*, **2018**, 497117.
^[3] A. Rocha Vogel, Y. Kolberg, M. Schmidt, H. Kahlert, W. von Tümpling, *Environ. Pollut.*, **2024**, 359, 124571.
^[4] A. M. Ure, Ph. Quevauviller, H. Muntau, B. Griepink, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **1993**, 51 (1–4), 135–151.

Methode

Probenmaterial (Abb. 1):

- Reifen- und Straßenabrieb aus Neuem Elbtunnel und einer Kartbahn (20–200 µm und 200–630 µm)
- Sedimentprobe aus Freiburger Mulde (20–200 µm)
- Referenzmaterial (BCR-701) zur Qualitätssicherung

BCR-Extraktionsverfahren:^[4]

Proben wurden mit unterschiedlichen Lösungen (Lsg.) wie folgt extrahiert:

- F1 Austauschbare & Carbonatgebundene Fraktion (0,11 mol/L CH₃COOH Lsg.)
- F2 Reduzierbare Fraktion (0,5 mol/L NH₂OH · HCl Lsg.)
- F3 Oxidierbare Fraktion (8,8 mol/L H₂O₂ & 1,0 mol/L CH₃COONH₄ Lsg.)
- F4 Residualfraktion, Pseudototalaufschluss (3 HNO₃ + 1 HCl)

Analytik:

ICP-MS/MS Bestimmung von Cr, Ni, Cu, Zn, Cd und Pb in Extrakten & HNO₃/HCl Aufschlüssen

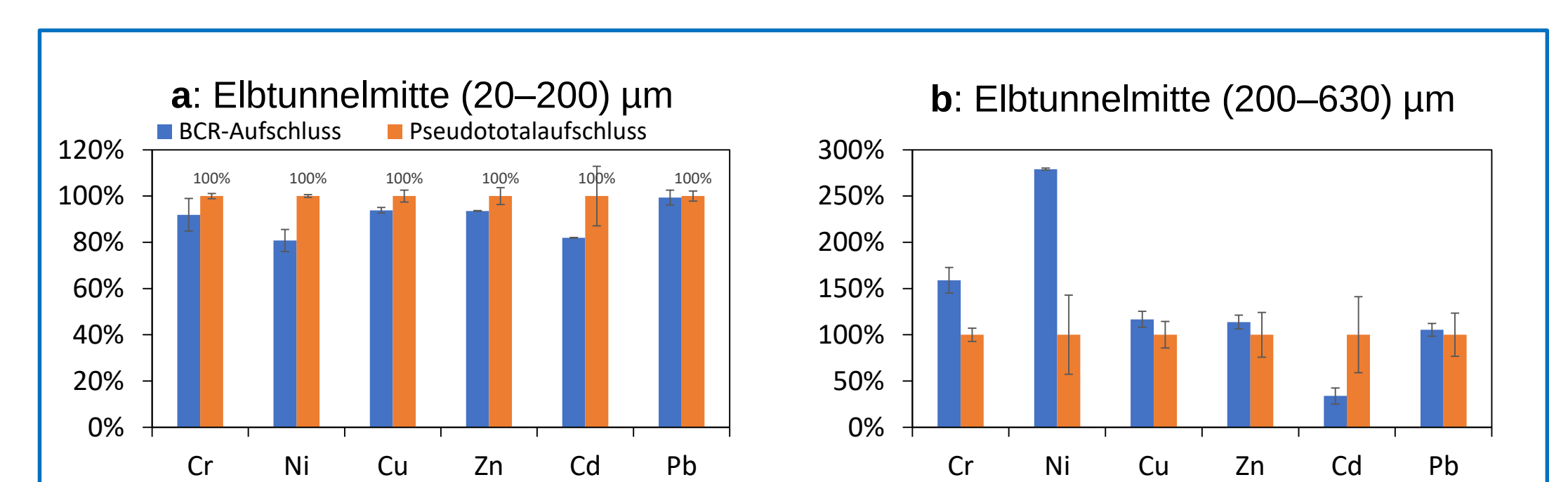


Abbildung 2 Vergleich der beiden Größenfraktionen am Beispiel der Proben aus der Elbtunnelmitte. Der Fehler ist mit der relativen Standardabweichung angegeben.

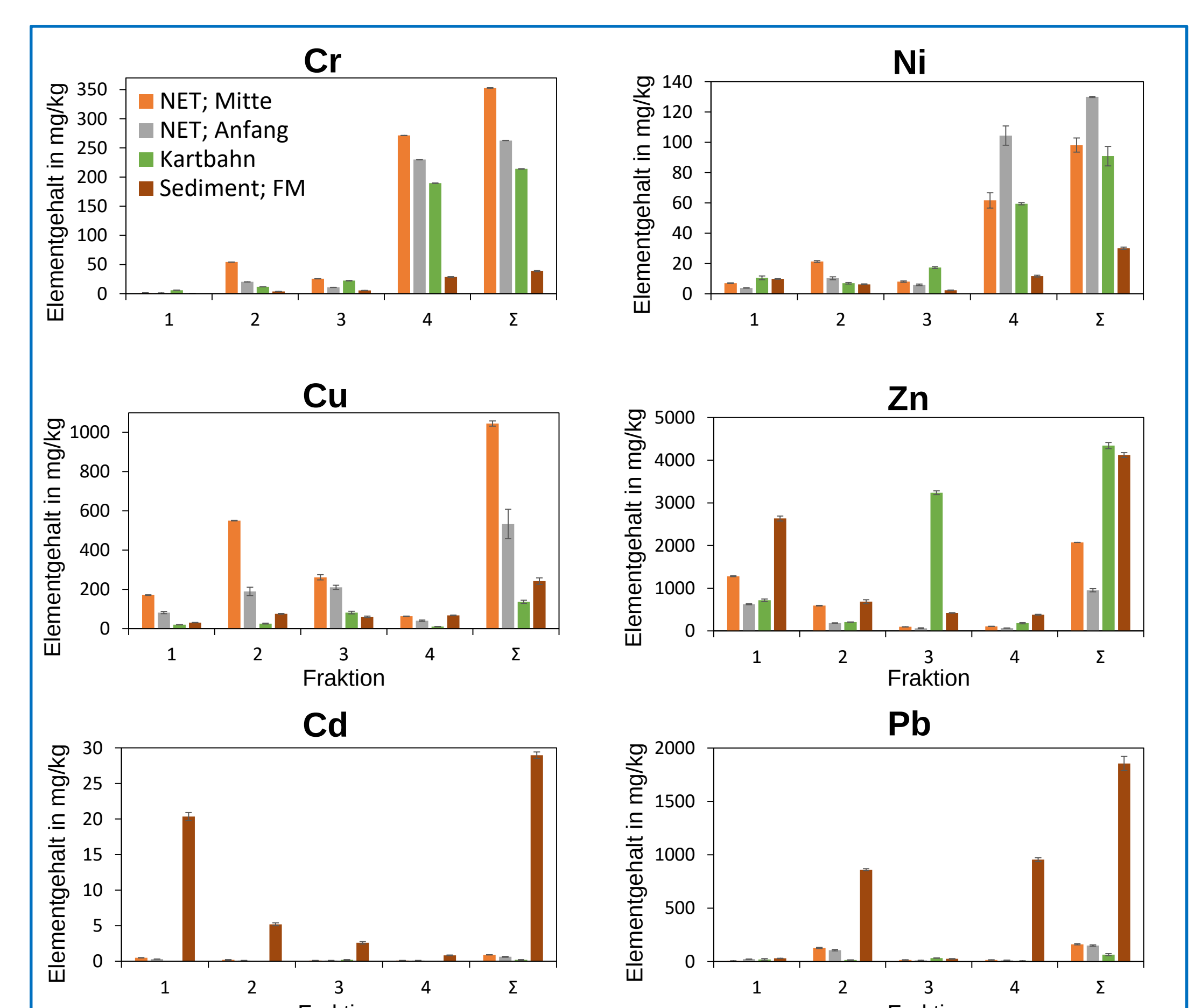


Abbildung 3 Gegenüberstellung der verschiedenen Reifen- und Straßenabriebproben sowie einer Sedimentprobe in der Größenfraktion 20–200 µm. Die Spurenelementgehalte sind in mg/kg und der Fehler ist mit der ersten Standardabweichung angegeben.