15. DGAW-WISSENSCHAFTSKONGRESS

Kreislauf- und Ressourcenwirtschaft

Anke Bockreis, Martin Faulstich, Sabine Flamme, Kathrin Greiff,
Martin Kranert, David Laner, Mario Mocker, Michael Nelles,
Peter Quicker, Gerhard Rettenberger, Vera Susanne Rotter,
Jörg Woidasky (Hg.)

Wissenschaftliche Organisation

Prof. Dr.-Ing. Anke Bockreis (Univ. Innsbruck)
Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich (INZIN e.V.)
Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme (FH Münster)
Prof. Dr. Kathrin Greiff (RWTH Aachen University, ANTS)
Prof. Dr.-Ing. Martin Kranert (i. R. Univ. Stuttgart)
Prof. Dr. David Laner (Univ. Kassel)
Prof. Dr. Mario Mocker (OTH Amberg-Weiden)
Prof. Dr. mont. Michael Nelles (Univ. Rostock/DBFZ Leipzig)
Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker (RWTH Aachen University, TEER)
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Rettenberger (i. R. HS Trier)
Prof. Dr.-Ing. Vera Susanne Rotter (TU Berlin)
Prof. Dr.-Ing. Jörg Woidasky (HS Pforzheim)

Deutsche Gesellschaft für Abfall- und Kreislaufwirtschaft e.V.
DGAW
Von-der-Heydt-Straße 2
10785 Berlin
Tel.: 030.84 59 14 77
E-Mail: info@dgaw.de
www.DGAW.de

© *innsbruck* university press, 2026
Universität Innsbruck
1. Auflage
Alle Rechte vorbehalten.
innsbruck university press, Karl-Schönherr-Straße 3, 6020 Innsbruck
Tel. +43 512 507-31700, iup@uibk.ac.at, www.uibk.ac.at/iup
www.uibk.ac.at/iup
ISBN 978-3-99106-187-8
DOI 10.15203/99106-187-8
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Fabian Rüttnauer, Anna-Caroline Assmann, Alena Maria Spies, Karoline Raulf

Stückzahlanteile als Kenngröße für Abfallanalysen? Methodenentwicklung und praktische Untersuchungen

***Abstract**: Mit der Einführung des Einwegkunststofffondsgesetzes (EWKFondsG) werden in Deutsch-land Abgaben von Einwegkunststoffproduktherstellern erhoben, um Kosten für Reinigungsmaßnahmen im öffentlichen Raum zu finanzieren. Um die Abgabesätze zu berechnen, werden im EWKFondsG neben Massen- und Volumenanteilen auch Stückzahlanteile als mögliche Berechnungsgrundlage genannt. Sie sollen den zusätzlichen Aufwand bei manueller Reinigung abbilden. Der vorliegende Beitrag untersucht in diesem Kontext die Eignung von Stückzahlanteilen als Kenngröße für Abfallanalysen. Die Ermittlung von Stückzahlen in Abfällen ist mit erheblichen methodischen Herausforderungen verbunden. Zusätzlich unterliegen die ermittelten Stückzahlanteile starken Schwankungen. Die Hochrechnung von Stückzahlanteilen auf Basis massenbezogener Relationen erweist sich als ebenso, teilweise sogar stärker schwankungsanfällig. Die Nutzung von Stückzahlanteilen als Kenngröße kann somit nur in absoluten Einzelfällen empfohlen werden.*

1 Einleitung

Am 5. Juni 2019 verabschiedete das Europäische Parlament die Richtlinie (EU) 2019/904 (SUP-RL), um Auswirkungen von Einwegkunststoffprodukten (EWK-Produkten) auf Umwelt und Gesundheit zu verringern. (Europäisches Parlament, 2019) In Deutschland wurde diese Richtlinie durch das im März 2023 in Kraft getretene Einwegkunststofffondsgesetz (EWKFondsG, 2023) sowie die Einwegkunststofffondsverordnung (EWKFondsV, 2023) vom 11. Oktober 2023 in nationales Recht umgesetzt. Im Rahmen der erweiterten Herstellerverantwortung werden Abgaben von Inverkehrbringern von EWK-Produkten erhoben, die zur Finanzierung der Reinigungskosten im öffentlichen Raum dienen. Die ermittelten Abgabesätze basieren auf einem Forschungsprojekt des Umweltbundeamtes (UBA) (Henning Wilts et al., 2022). Neben Daten zu auf den Markt gebrachten EWK-Produkten flossen auch Daten zur Abfallzusammensetzung aus sechs verschiedenen Abfallströmen im öffentlichen Raum in dieses outputbasierte Modell ein. Die EWKFondsV legt die Höhe der Abgabesätze fest, wobei die Aktualität der Abgabesätze alle drei Jahre zu überprüfen ist (EWKFondsV, 2023). Im internationalen Vergleich existieren neben outputbasierten Modellen, wie sie in Deutschland durch das EWKFondsG oder in Österreich durch die Verpackungsverordnung vorgeschrieben sind (Verpackungsverordnung-Novelle 2023, 2023/25.09.2023), auch inputbasierte Ansätze. In den Niederlanden wird beispielsweise ein Modell verwendet, das die Abgabesätze ausschließlich auf die Menge der auf den Markt gebrachten EWK-Produkte bezieht (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

Die in Deutschland gewählte Methodik zur Ermittlung von Abgabesätzen zielt auf eine verursachergerechte Bepreisung von Herstellern von EWK-Produkten durch Abbildung realer Reinigungskosten ab. Gleichzeitig steigt der Aufwand für die Erhebung und Kontrolle dieser Abgaben erheblich, da neben Massen- und Volumenanteilen auch Stückzahlanteile berücksichtigt werden können. Die Stückzahlanteile sollen vor allem den Mehraufwand für die manuellen Erfassungssysteme „manueller Straßenkehricht“ und „manuelle Grünflächenreinigung“ abbilden. Für die Ermittlung von Massen- und Volumenanteilen existieren etablierte Methoden, an die sich die Datenerhebung anlehnen kann, etwa die LAGA PN 98 (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Federal/State Waste Working Group), 2001) oder der Sachsen-Richtlinie (LfULG

Sachsen, 2014). Zur Bestimmung von Stückzahlen in Abfällen fehlt bislang eine Norm oder standardisierte Methode. Vor diesem Hintergrund untersucht der vorliegende Beitrag die Eignung von Stückzahlen bzw. Stückzahlanteilen als Bewertungsparameter für Abfallanalysen im Kontext des EWKFondsG.

2 Methodik

In einer Auftragsforschung am Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS) wurden zwischen Januar 2024 und September 2025 Probenahmen in Städten und Gemeinden dreier Ortsgrößenklassen in je zwei Jahreszeiten durchgeführt. Ziel war die Entwicklung einer Methode zur Ermittlung von Stückzahlanteilen in manuell erfasstem Straßenkehricht. In gängigen Normen und Richtlinien wird die Feinkornfraktion als eigenständige Fraktion ausschließlich verwogen und als solche in den Massenanteil der Gesamtprobe einbezogen. Für die Ermittlung absoluter Stückzahlen ist diese Vereinfachung jedoch nicht anwendbar, da hierfür auch die Feinkornfraktion (<4 mm) vollständig oder anteilig ausgezählt werden müsste, was die Datenerhebung deutlich aufwendiger macht. Um verschiedene Bebauungsstrukturen abzubilden, wurden die Reinigungsgebiete der ausgewählten Städte analog zu einer früheren Untersuchung (Spies et al., 2023a, 2023b) in die Kategorien Innenstadt (IS), Mischgebiet (MG) und Wohngebiet (WG) unterteilt. Insgesamt wurden 56 Teilproben (à 66 L) von Abfällen der manuellen Straßenreinigung erfasst. Die erfassten Proben wurden anschließend gesiebt, nach einem festgelegten Sortierkatalog sortiert, ausgezählt und verwogen. Der verwendete Sortierkatalog ist in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Die Stückzahlen der Stoffgruppen „Organik“ und „Feinkorn“ wurden durch anteilige Auszählung ermittelt. Dazu wurden die Proben mittels Aufkegeln und Vierteln verjüngt. Jeweils zwei Teilproben von 5-10 g in den einzelnen Kornklassen wurden ausgezählt, um anschließend auf die gesamte Probe hochrechnen zu können. Der genaue Arbeitsablauf kann Abbildung 1 entnommen werden:

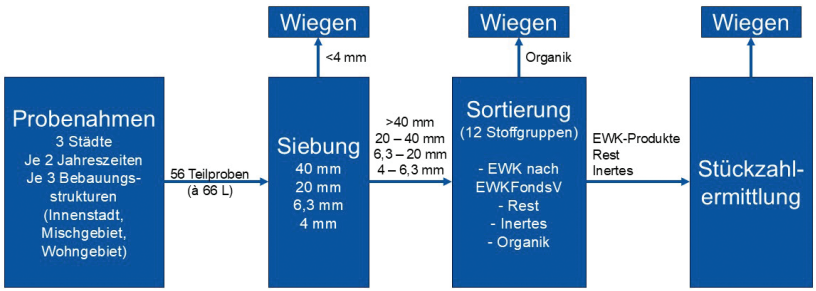

Abbildung 1: Arbeitsablauf der Probenahmen, der angeschlossenen Probenaufbereitung und der anschließenden Analyse

3 Ergebnisse der Stückzahlanalysen

Auf Grundlage der ermittelten Massen und Stückzahlen wurden masse- und stückzahlbasierte Abfallzusammensetzungen für die beprobten Reinigungsgebiete ermittelt. In Abbildung 2 ist beispielhaft die massen- und stückzahlbasierte Zusammensetzung der untersuchten Abfälle einer im Sommer beprobten Mittelstadt (Bebauungsstruktur Mischgebiet) dargestellt. Der untere Balken stellt die massebasierte Abfallzusammensetzung aller 13 untersuchten Stoffgruppen dar, während der mittlere Balken die stückzahlbasierte Zusam-

mensetzung darstellt. Der oberste Balken zeigt die stückbasierte Zusammensetzung unter Ausschluss der Stoffgruppen „Inertes“, „Organik“ und „Feinkorn“. Es wird deutlich, dass die Stückzahlanteile der für das EWKFondsG relevanten EWK-Produkte nur eine untergeordnete Rolle spielen, sobald Stoffgruppen mit erhöhten Feinkornanteilen, wie in diesem Fall „Organik“ und „Feinkorn“, in die Ermittlung von Stückzahlanteilen miteinbezogen werden. Für eine Ermittlung von absoluten Stückzahlen ist die Berücksichtigung dieser Stoffgruppen jedoch essenziell. In der untersuchten Stichprobe ist der Einfluss von Organik und Feinkorn so stark, dass die Stückzahlanteile der EWK-Produkte – mit Ausnahme von „TPF“ und „Tüten- und Folienverpackungen mit Lebensmittelinhalt“ – erst ab der dritten Dezimalstelle nachweisbar sind. Angesichts des enormen zeitlichen Aufwandes Stückzahlen für Stoffgruppen mit hohem Anteil kleiner Kornklassen zu bestimmen, stellt sich die Frage, ob diese auch durch Berechnung mit zuvor ermittelten Stückzahlrelationen berechnet werden können.

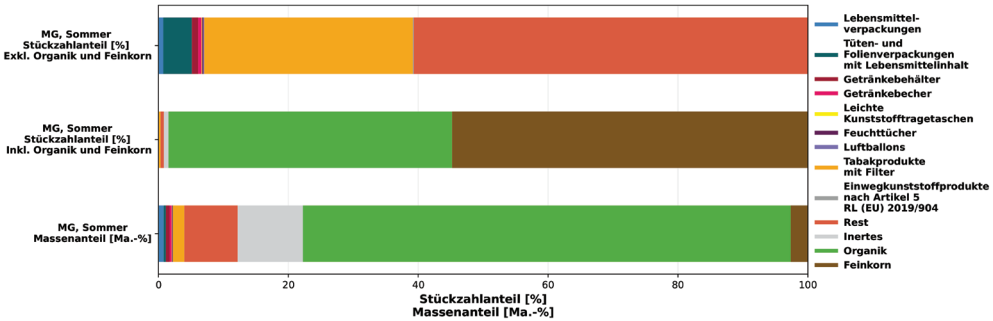

Abbildung 2: Stück- und massebasierte Zusammensetzung aus einer Probenahme einer Mittelstadt im Sommer

Um diese Frage zu beantworten, wurden aus den ermittelten Massen und Stückzahlen der erfassten Teilproben zusätzlich für jede Stoffgruppe (siehe Abbildung 1) Stückzahlrelationen [Stück/100 g] berechnet. Die Schwankungsbreiten der berechneten Stückzahlrelationen sind in Abbildung 3 dargestellt. Es ist zu beachten, dass nicht alle EWK-Produkte in jeder Teilprobe nachgewiesen werden konnten und somit die dargestellten Boxplots nicht alle auf derselben Datenanzahl beruhen. Die Anzahl an Proben, in denen die jeweiligen EWK-Produkte nachgewiesen wurden, ist angegeben (n=x).

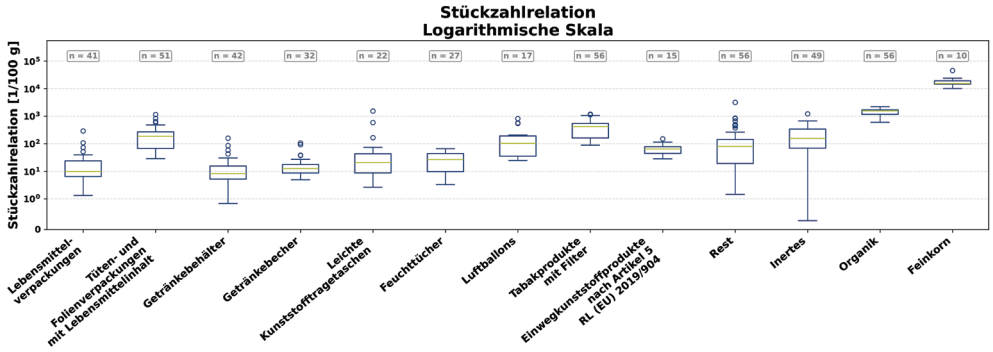

Abbildung 3: Schwankungsbreiten der ermittelten Stückzahlrelationen für die 13 untersuchten Stoffgruppen

Die Daten zeigen, dass die ermittelten Stückzahlrelationen starken Schwankungen unterliegen. Besonders für die EWK-Produkte „Tabakprodukte mit Filter“ (89,6 - 1.185,8 Stück/100 g), „Getränkebehälter“ (0,9 - 159,4 Stück/100 g) und „Inertes“ (0,3 - 1.219,5 Stück/100 g) fallen die starken Schwankungen auf. Auffällig sind ebenfalls die hohen Werte für die Stoffgruppe „Feinkorn“ (10.116,7 - 45.272,2 Stück/100 g), die dazu führen, dass auch kleine Feinkornmassen in hohen berechneten Stückzahlen resultieren. Das führt dazu, dass die Stückzahlanteile der EWK-Produkte stark abnehmen, sobald die absoluten Stückzahlen der Abfälle ermittelt werden (vgl. Abbildung 2).

4 Diskussion – Stückzahlanteile als Kenngröße

Vor dem Hintergrund der methodisch bedingten Unterschiede zwischen der Ermittlung von Massen- und Stückzahlanteilen, insbesondere hinsichtlich der Behandlung der Feingutfraktion zeigt sich eine grundlegende Problematik. Dies ist insbesondere für die Umsetzung der Vorgaben des EWKFondsG relevant, da in der Bemessung von Kostenanteilen für manuell erfassten Straßenkehricht sowohl Massen- als auch Stückzahlanteile herangezogen werden können. Die ermittelten Stückzahlrelationen verdeutlichen zudem, dass Stückzahlen nicht zuverlässig über zuvor bestimmte Umrechnungsfaktoren berechnet werden können, da diese ausgeprägten Schwankungen unterliegen. Infolge dieser Schwankungen sind die berechneten Relationen nur begrenzt übertragbar, was unter anderem auf Einflüsse der Witterung, unterschiedlicher Korngrößen sowie materialbedingter Unterschiede (z.B. Kunststoffe gegenüber Papier) und Anhaftungen von Schmutz zurückzuführen ist. Aufgrund der vorgestellten Herausforderungen bei der Ermittlung von absoluten Stückzahlen und Stückzahlanteilen kann die Nutzung von Stückzahlen als Kenngröße für die Abfallanalyse nicht, oder nur in absoluten Ausnahmefällen, genutzt werden.

Danksagung

Alle Daten stammen aus einer am Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS) durchgeführten Auftragsforschung, die durch die Philip Morris GmbH finanziert wurde, wofür wir herzlich danken. Die Datenerhebung war mit einem erheblichen zeitlichen und personellen Aufwand verbunden, der ohne den engagierten Einsatz unserer studentischen Hilfskräfte nicht hätte realisiert werden können. Danke!

Literatur/Quellen

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (Dezember 2001). LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG.

Gesetz über den Einwegkunststofffonds (2023).

Verordnung über die Abgabesätze und das Punktesystem des Einwegkunststofffonds 1, 2 (2023).

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (2023 & i.d.F.v. 25.09.2023).

Europäisches Parlament (2019). Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt.

Henning Wilts et al. (2022). Erarbeitung eines Kostenmodells für die Umsetzung von Artikel 8 Absatz 2 und 3 der EU-Einwegkunststoffrichtlinie.

LfULG Sachsen. (2014). Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen: Sächsische Sortierrichtlinie

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). Afwegingskader: Regelgeving kunststofproducten voor eenmalig gebruik. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/12/16/2022288838-1-bijlage-afwegingskader-verpakkingen-sup-regelgeving

Spies, A. M., Geldmacher, J., García López, C., Pretz, T. & Raulf, K. (2023a). Methodology to quantify single-use plastic products in municipal solid waste Part 1: Development of a sampling methodology. Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA, https://doi.org/10.1177/0734242X231190803

Spies, A. M., Geldmacher, J., García López, C., Pretz, T. & Raulf, K. (2023b). Methodology to quantify single-use plastic products in municipal solid waste Part 2: Quantification of tobacco products with filters in Germany. Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA, https://doi.org/10.1177/0734242X231200091

Kontakt

Fabian Rüttnauer, M.Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Anthropogene Stoffkreisläufe (ANTS), RWTH Aachen
fabian.ruettnauer@ants.rwth-aachen.de