

Bern, 15. Oktober 2024
Auftraggeber:in: Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Energie, VBSA

Abschlussbericht

Analyse der Abfallmengen und -kategorien



Abbildung 1: Ein Greifer hebt gemischten Abfall in einer KVA

Auftraggeber:in

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Abfall und Rohstoffe
Worbentalstrasse 68
3063 Ittigen
Tel 058 462 93 16
vertreten durch Michael Hügi

Auftraggeber:in

Bundesamt für Energie (BfE)
Pulverstrasse 13
3063 Ittigen
Tel 058 462 68 23
vertreten durch Daniel Binggeli / Matthias Bendig

Auftraggeber:in

Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallbehand-
lungsanlagen (VBSA)
Wankdorffeldstrasse 102
3014 Bern
Tel 031 721 61 61
vertreten durch Robin Quartier

Auftragnehmer:in

Rytec AG
Alte Bahnhofstrasse 5
3110 Münsingen
Tel 031 511 13 33
Fax 031 511 13 35
vertreten durch Daniel Ontyd

Projektnummer: 6026_18

| Version | Kontrolle | Freigabe |
|---------|-----------|------------|
| 2 | DO, XR | 10.10.2024 |
| 1 | DO, XR | 27.05.2024 |

Zusammenfassung

Die Studie "Analyse der Abfallmengen und -kategorien" wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), des Bundesamts für Energie (BFE) und des Verbands der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) erstellt. Ziel des Berichts ist es, die aktuellen Methoden zur Erfassung und Kategorisierung von Abfällen zu überprüfen und zu optimieren, sowie genauere Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Abfallmengen in der Schweiz zu ermöglichen. Die Hauptziele der Untersuchung umfassen eine detaillierte Analyse der aktuellen Abfallkategorien und deren Entwicklung über die letzten Dekaden, die Identifizierung von Schwächen in der derzeitigen Datenerfassung und Vorschläge für Optimierungen, die Untersuchung potenzieller neuer Einflussparameter für eine präzisere Abfallmengenprognose sowie Empfehlungen zur Anpassung der Datenerfassungsmethoden, um die Genauigkeit der Prognosen zu verbessern und eine bessere Entscheidungsgrundlage für politische Massnahmen zu bieten.

Der Bericht basiert auf einer umfassenden Datenerhebung und -analyse sowie auf Experteninterviews mit Vertretern der Abfallbranche, darunter Kommunen, Sammelstellen, Sortieranlagenbetreiber und Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Die Erfassung der Daten erfolgte sowohl durch die Auswertung der in KVA angelieferten Abfälle als auch durch alternative Methoden wie die Analyse von Gebührensackverkäufen.

Die Untersuchung zeigte, dass die derzeitige Kategorisierung der Abfälle, insbesondere die Definition der Siedlungsabfällen, mehrere Schwächen aufweist. Die Erfassung am Endpunkt der Verwertungskette (KVA) führt zu Unsicherheiten, da die Daten von logistischen und verwaltungstechnischen Faktoren beeinflusst werden. Es wurde vorgeschlagen, die Datenerfassung durch die Integration der EGOV-Daten zu verbessern, um eine genauere Abgrenzung der Abfallkategorien zu ermöglichen. Dies umfasst auch die Erfassung der Massenströme aus Sammelstellen und Sortieranlagenbetreibern, um die Abfalllogistik besser nachvollziehen zu können. Es ist entscheidend, das gesamte Abfallaufkommen zu erfassen. Dazu gehört die Einbeziehung von Abfällen, die in privaten Verbrennungsanlagen wie Zementwerken und Altholzverbrennungsanlagen entsorgt werden, in die Abfallstatistik. Diese erweiterten Datenerfassungsmethoden sollen helfen, die Entwicklungen auf dem Abfallmarkt besser zu verstehen und die Kapazitätsplanung für Verbrennungsanlagen zu optimieren. Darüber hinaus wurde eine präzisere Kategorisierung der Abfälle vorgeschlagen. Dies schliesst die Einführung eines Gebührensack-Leitindikators für Haushaltsabfälle und die genauere Erfassung der Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie ein.

Die Untersuchung der Korrelation zwischen Abfallmengen und sozioökonomischen Faktoren zeigte, dass nur die Betrachtung des Abfallaufkommens, als Summe allen bekannten Abfalls inkl. Recyclingmengen, eine vielversprechend hohe Korrelation aufweist. Einzelnen Kategorien wie «Siedlungsabfälle» sind in der aktuellen Definition zu unpräzise. Die Bevölkerungszahlen weisen eine hohe Korrelation zum Abfallaufkommen auf, wobei es seit 2020 sinkende Korrelationen gibt, was genauer zu untersuchen ist. Die Untersuchung der Importstatistik als mögliche Grundlage für Prognosen der Abfallmengen hat gezeigt, dass die Zusammenhänge zwischen Abfallaufkommen und Importstatistik zu indirekt sind. Es wurden keine hohen Korrelationen gefunden.

Basierend auf den Erkenntnissen dieser Studie wurden mehrere Massnahmen und Empfehlungen für die zukünftige Erfassung und Prognose der Abfallmengen vorgeschlagen. Die vorgeschlagenen Änderungen an der Datenerfassungsmethodik sollen kritisch geprüft und anhand der Daten des Jahres 2023 validiert werden. Der Einbezug alternativer Verbrennungsanlagen in die Abfallstatistik ist notwendig, um ein vollständiges Bild der Abfallmengen zu erhalten. Eine regelmässige Analyse der Daten aus Sammelstellen und Sortieranlagenbetreibern soll durchgeführt werden, um Entwicklungen in der Abfalllogistik frühzeitig zu erkennen.

Glossar

| | |
|--|---|
| Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie | Abfälle, die nicht unter das Entsorgungsmonopol fallen. Es handelt sich dabei um Abfälle aus Bau, Industrie und um betriebspezifische Gewerbe-Abfälle und unspezifische Gewerbe-Abfälle von Unternehmen > 250 Vollzeitstellen. |
| Alternative Verbrennungsanlagen | Zementwerke, Holzheizkraftwerke etc. die Abfallfraktionen, welche auch in KVA verbrannt werden, als Ersatzbrennstoffe nutzen. |
| BfS | Bundesamt für Statistik |
| BIP | Bruttoinlandprodukt |
| Direktanlieferungen | Abfallkategorie der KVA die durch private Logistikunternehmen oder Unternehmen direkt angeliefert wird. Dies schliesst die kommunale Anlieferung und Sonderabfälle aus. |
| Haushaltskehricht | Abfälle, die aus Haushalten stammen. Sie sind eine Untergruppe der Kategorie Siedlungsabfälle. |
| Hochkalorische Abfälle | Abfälle mit einem hohen Brennwert, das heisst, sie enthalten viel Energie, die bei der Verbrennung freigesetzt werden kann und sind deswegen auch bei alternativen Verbrennungsanlagen beliebt. |
| Kommunale Anlieferungen | Abfälle, die aus dem kommunalen Sammeldienst bei den KVA angeliefert werden und von den KVA so deklariert werden. |
| KVA | Kehrichtverbrennungsanlage |
| LVA-Codes | Das Abfallverzeichnis enthält 851 Einträge und ist nach Herkunft der Abfälle gegliedert. Für die Bestimmung des Abfallcodes ist nach der Anleitung in Anhang 1 Ziffer 1.2 der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen (LVA) vorzugehen. |
| Pearson-Korrelationskoeffizient | Dies ist ein Mass für die Stärke und Richtung eines linearen Zusammenhangs zwischen zwei metrischen Variablen, wobei er im Gegensatz zu anderen Koeffizienten wie dem Spearman- oder Kendall-Koeffizienten nur lineare Beziehungen erfasst und normalverteilte Daten voraussetzt. |
| Siedlungsabfälle | Abfälle, die aus Haushalten stammen und Abfälle, die aus Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen stammen und deren Zusammensetzung betreffend Inhaltsstoffe und Mengenverhältnisse mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind. |
| Sonderabfälle | Abfälle, deren umweltverträgliche Entsorgung auf Grund ihrer Zusammensetzung, ihrer chemisch-physikalischen oder ihrer biologischen Eigenschaften auch im Inlandverkehr umfassende besondere technische und organisatorische Massnahmen erfordert. |
| Sozioökonomische Faktoren | Sozioökonomische Faktoren messen den Wohlstand und die Lebensqualität in einer Gesellschaft (Beispiele: Bildungsniveau, Alter, Einkommensverteilung). |

Spearman-Korrelationskoeffizient Misst die Stärke und Richtung eines monotonen Zusammenhangs zwischen zwei ordinalen oder metrischen Variablen, unabhängig von der Verteilung und der Linearität. Eine Normalverteilung der Daten ist nicht vorausgesetzt.

VVEA Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 3 |
| Glossar | 4 |
| 1. Einleitung | 7 |
| 1.1 Ausgangslage | 7 |
| 1.2 Ziele der Auftraggeber:in | 10 |
| 1.3 Vorgehen | 11 |
| 2. Analyse der Abfallkategorien | 12 |
| 2.1 Aktuelle Kategorisierung der Abfälle | 12 |
| 2.2 Mögliche Optimierungen der Datenerfassung | 22 |
| 2.3 Erkenntnisse und potenzielle Massnahmen | 37 |
| 3. Korrelationsanalysen für Prognoseparameter | 40 |
| 3.1 Vorgehen und Berechnungsmethode | 40 |
| 3.2 Sozioökonomische Faktoren | 43 |
| 3.3 Zollstatistik | 51 |
| 3.4 Erkenntnisse und nächste Schritte | 54 |
| 4. Trends und zukünftige Entwicklungen | 57 |
| 5. Schlussfolgerung und Fazit | 58 |
| 6. Weiteres Vorgehen und offene Punkte | 59 |
| Abbildungsverzeichnis | 61 |
| Literatur und Quellenverzeichnis | 63 |
| Anhang | 64 |

1. Einleitung

Im Rahmen des Projekts «Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA», welches seit dem Jahr 2010 von der Firma Rytec im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), des Bundesamts für Energie (BFE) und des Verbands der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA) durchgeführt wird, erfolgt eine umfassende Erhebung und Auswertung der Abfall- und Energiezahlen der Schweizer KVA.

Eine Rytec-interne Analyse der Abfallzahlen über die vergangene Dekade hat unerwartete Entwicklungen zwischen den diversen Kategorien aufgezeigt. Die im Folgenden geschilderte Ausgangslage (Kap. 1.1) wurde mit den Auftraggebern diskutiert. Aus den umfangreichen Diskussionen der Entwicklungen entstand die Zielsetzung (Kapitel 1.2) und Aufgabenstellung (Kapitel 1.3) für diese Studie «Analyse der Abfallmengen und -kategorien».

1.1 Ausgangslage

In den letzten 50 Jahren hat sich die gesamt anfallende Abfallmenge in der Schweiz grob proportional zum Bruttoinlandsprodukt entwickelt (siehe Abbildung 2). Laut Aussagen des BAFU ist in der Schweiz im Gegensatz zu den Entwicklungen in Deutschland (Gemäss Umweltbundesamt) noch kein eindeutiger Trend einer Entkoppelung der Abfallmengen von BIP und Bevölkerungswachstum erkennbar, wenn auch die Pro-Kopf-Abfallmenge in den letzten Jahren leicht abgenommen hat.

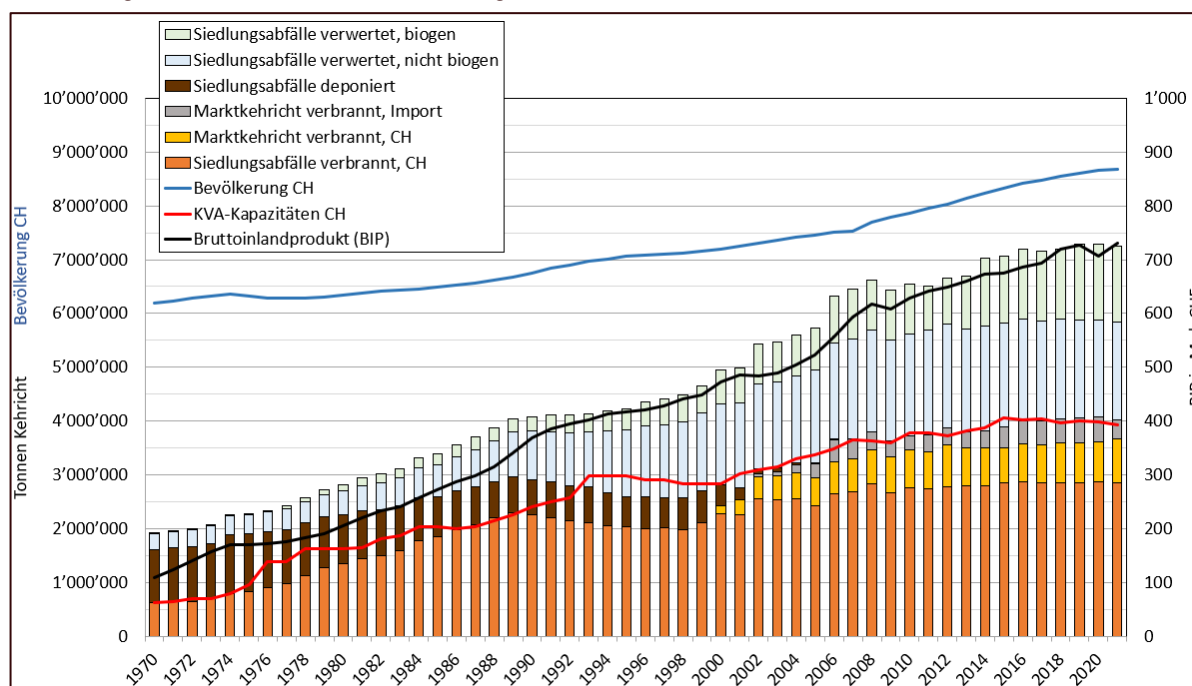


Abbildung 2: Entwicklung Abfallsituation Schweiz 1970-2021 (Quellen: BAFU, VBSA (Abfallmengen, KVA-Kapazitäten), BFS (BIP, Bevölkerung))

Innerhalb der einzelnen Kategorien (Siedlungsabfälle, Marktkehricht (in dieser Studie bezeichnet als *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie*), Sonderabfälle) zeigen sich allerdings in den vergangenen 10 Jahren eindeutige Trendänderungen. So sinkt beispielsweise der Anteil der Siedlungsabfälle, während der Anteil des Marktkehrichts zunimmt.

1.1.1 Aktuelle Methodik der Abfallstatistik

Zum Verständnis der Abfallkategorien und der Verschiebungen wird anschliessend die Methodik der Ermittlung und Berechnung der Kategorien gemäss BAFU-Abfallstatistik vorgestellt:

Die KVA erfassen bisher bei der Annahme der Abfälle grobe Informationen zur Herkunft der Abfälle. So unterscheiden die KVA nach *kommunalen Anlieferungen* von Gemeinden, *Direktanlieferungen* durch private Unternehmen, sowie meldepflichtige *Sonderabfälle*, *Klärschlamm* und *Importe*. Mit der Ausnahme von Sonderabfällen und Klärschlamm, welche in dieser Studie nicht betrachtet werden, geben diese Kategorien nicht an, was für ein Abfall angeliefert wird, sondern nur von wem (Logistikunternehmen, Gemeinde) und woher (Herkunft des LKWs).

Aus diesen Daten werden für die Abfallstatistik des BAFU mit Erfahrungswerten die Kategorien *verbrannte Siedlungsabfälle* sowie *sonstige Abfälle inkl. Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* ermittelt, welche die Art des Abfallaufkommens beschreiben soll. Diese Abfallkategorien haben einerseits politische Relevanz bspw. für Massnahmen bei Haushaltsabfällen und andererseits dienen sie der Prognose der Abfallmengen mit unterschiedlichen Parametern. Die Kategorien für verbrannte Abfälle berechnet sich wie folgt:

$$\text{Siedlungsabfälle} = \text{Kommunale Anlieferungen} + 0.66 \times \text{Direktanlieferungen}$$

$$\text{Sonstige Abfälle} = 0.34 \times \text{Direktanlieferungen}$$

1.1.2 Verschiebungen in der Abfallanlieferung

In Abbildung 3 ist die Entwicklung des Anteils der *kommunalen Anlieferungen*, der *Direktanlieferungen*, der *Importe* und der *Sonderabfälle* aller Anlieferungen der Schweizer KVA dargestellt. Es zeigt sich, dass der Anteil der *kommunalen Anlieferungen* an der Gesamtmenge sinkt und der Abfall vermehrt über *Direktanlieferungen* in die KVA gelangt.

Die Schwankungen der Importe werden zu grossen Teilen durch die KVA Josefstrasse erzeugt, welche über 10 Jahre als Fernwärme-Anlage fast ausschliesslich mit Importen beliefert wurde. Diese wurde aufgrund der Sonderrolle erst 2015 in die Statistik aufgenommen (Anstieg der Importe) und 2021 geschlossen (Rückgang der Importe). Unabhängig von der Josefstrasse zeigen die Importe eine leicht steigende Tendenz.

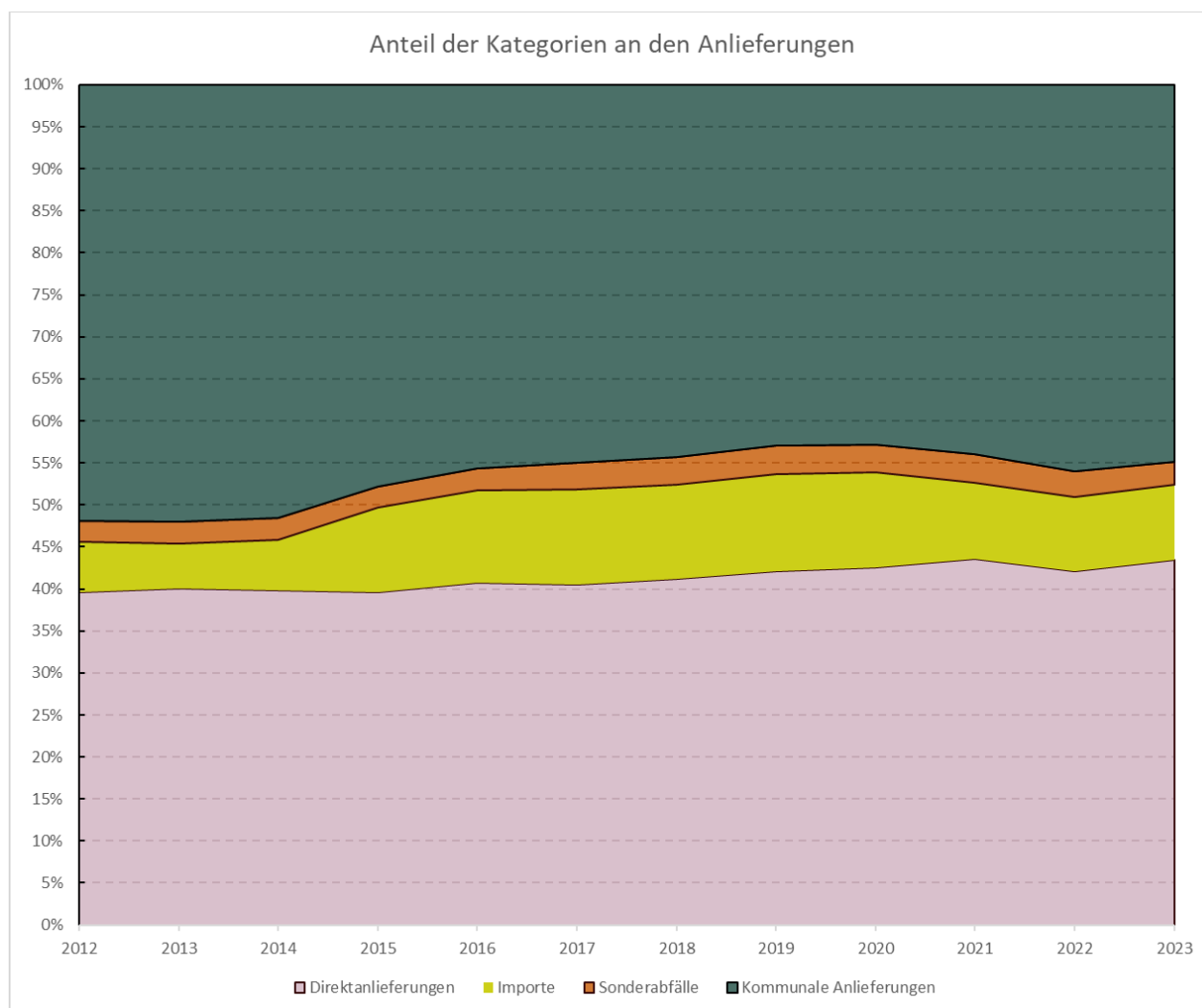


Abbildung 3: Anteil der Anlieferungskategorien an den Gesamtanlieferungen der Schweizer KVA (Restsummen im kleinen einstelligen Prozentbereich wurden zu Anschauungszwecken herausgerechnet)

Die Verschiebung zwischen den *Direktanlieferungen* und den *kommunalen Anlieferungen* führt gemäss den genannten Formeln (Kap. 1.1.1) dazu, dass der Anteil der Siedlungsabfälle in der Statistik tendenziell sinkt und der Anteil der Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie steigt. Nur ist nicht belegt, dass die Ursache der Verschiebung im Abfallaufkommen liegt. Es gibt eine Vielzahl möglicher Ursachen für diese Verschiebung:

Entbindung der KMUs aus dem Entsorgungsmonopol vom 1. Januar 2019

Seit 2019 sind KMU mit mehr als 250 Vollzeitstellen aus dem Entsorgungsmonopol befreit. Somit können diese Ihre Abfälle direkt oder über Dienstleister entsorgen und müssen nicht mehr die kommunalen Entsorgungsdienste in Anspruch nehmen.

Rückgang der Haushaltsabfälle

Ein möglicher auftretender effektiver Rückgang der brennbaren Haushaltsabfälle kann zur Absenkung der *kommunalen Anlieferungen* geführt haben.

Preisgestaltung der KVA und Etablierung der Sortieranlagenbetreiber

KVA haben teilweise unterschiedliche Preise für *kommunale Anlieferungen* und *Direktanlieferungen*. Eine Preisgestaltung mit niedrigeren Preisen für Direktanlieferungen, wie es in der vergangenen Dekade verbreitet

war, kann dazu führen, dass ursprünglich kommunale Abfälle über private Logistikunternehmen als Direktanlieferungen bei der KVA verbucht werden.

Durch diese Preisgestaltung und die Förderung der Abfallsortierung ist in der letzten Dekade die Branche der Sortieranlagenbetreiber und privaten Logistikunternehmen gewachsen. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit der Umdeklaration von ursprünglichen Siedlungsabfällen als Direktanlieferung, wenn die Siedlungsabfälle über diese Dienstleister bei den KVA angeliefert werden.

Sammlung von Siedlungsabfällen ohne Konzession

Private Dienstleister bieten vermehrt Sammlungen für Abfälle oder Wertstoffe aus Haushalten ohne Konzessionsvertrag mit den Gemeinden an. Diese Sammlungen können die Zahlen verfälschen, da die privaten Dienstleister ohne Konzessionsvertrag die Menge nicht den Gemeinden zurückmelden und bei den Anlagen als Direktanlieferungen erfasst werden.

Es ist demnach nicht eindeutig nachvollziehbar ob die Verschiebungen aus realen Entwicklungen im Abfallaufkommen stammen, oder aus den genannten logistischen oder verwaltungstechnischen Veränderungen im Markt. Aber es ergeben sich eindeutige Folgen aus dieser Situation:

Ungenau Grundlage für politische Schlussfolgerungen

Die Mengen in der berechneten Kategorie Siedlungsabfälle sind rückläufig. Dies führte in den vergangenen Jahren zu einer politischen Kommunikation, in der von einem Rückgang des Abfallaufkommens pro Person und einer allfälligen Entkoppelung zwischen Wirtschaftswachstum und Abfall gesprochen wurde. *Siedlungsabfälle* werden zudem teilweise mit dem *Haushaltskehricht* gleichgesetzt und somit wurde mit von einem Rückgang des *Haushaltskehricht* gesprochen. Aufgrund der oben genannten Erfassungs- und Berechnungsmethodik kann diese Schlussfolgerung aber nicht ohne weiteres gezogen werden.

Ungenau Prognosen

Die Prognosen des Abfallaufkommens sind ein wichtiges Mittel zur Planung der Verwertungs- und Entsorgungsinfrastruktur. Für die Kategorien *Siedlungsabfälle* und *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* werden unterschiedliche Parameter verwendet, um das Aufkommen zu prognostizieren. Die erkannte Ungenauigkeit in diesen Kategorien führt somit auch zu erhöhten Ungenauigkeiten in der Prognose der Abfallmengen.

1.2 Ziele der Auftraggeber:in

Ziel der Auftraggeber BfE, BAFU und VBSA ist es, ein genaueres Bild der gegebenen Abfallkategorien zu erhalten und Verschiebungen zwischen den Kategorien während der letzten Dekade zu verstehen. Darüber hinaus sollen potenzielle Trends aus den bestehenden Daten abgeleitet werden und die Einflussparameter für zukünftige Abfallmengenprognosen überprüft, angepasst und ergänzt werden. Beispielsweise soll geprüft werden, ob Import- und Produktionsstatistiken von abfallrelevanten Gütern als zusätzliche Einflussparameter verwendet werden können (z. B. Matratzenimporte) und ob mit der Erfassung der Gebührensäcke ein schärferes Bild der Siedlungsabfälle erzeugt werden kann.

Als übergeordnetes Ziel gilt somit die Verbesserung der Prognosen für die Entwicklung zukünftiger Abfallmengen innerhalb der Schweiz. Das genauere Verständnis der Abfallkategorien soll darüber hinaus für Rückschlüsse auf die Energieinhalte genutzt werden.

1.3 Vorgehen

Im Laufe des Projekts wurde das Vorgehen, aufgrund neuer Erkenntnisse, gegenüber dem geplanten Vorgehen angepasst. An dieser Stelle wird das geplante Vorgehen kurz erläutert, die Anpassungen und deren Gründe werden in den inhaltlichen Kapiteln 2 und 3 erläutert. Abschliessend werden die Änderungen und Beweggründe in Kapitel 5 diskutiert.

1.3.1 Abfallmengen und Kategorien

Um ein genaueres Bild der Abfallmengen und Kategorien zu erhalten, sollten zwei Ansätze verwendet werden.

Einerseits sollte eine Abfrage der verkauften Gebührensäcke über die vergangenen 10 Jahre in einer repräsentativen Auswahl an Städten und Gemeinden durchgeführt werden. Damit sollte eine alternative Erfassung der Entwicklung der Haushaltsabfälle gegenüber der üblichen Erfassungsmethode über die *kommunalen Anlieferungen* bei der KVA ermittelt werden, welche durch weniger Einflussgrössen, wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben, beeinflusst wird.

Andererseits sollte über eine Reihe von Interviews mit Fachpersonen der Abfallbranche von Kommunen über Sammelstellen und Sortieranlagenbetreibern sowie KVA-Betreibern und Kehrichtsackverbänden bis hin zu den Bundesämtern ein tiefer Einblick in die Abfallflüsse und -kategorisierung gewonnen werden. Idealerweise sollte daraus ein direkter Zusammenhang der Abfallmengenflüsse zwischen Abfallaufkommen und Entsorgung hergeleitet werden können.

Eine Zusammenführung der gesammelten Erkenntnisse sollte schliesslich zu einer Beurteilung der aktuell verwendeten Kategorien führen und Empfehlungen für eine optimierte Datenerfassung ergeben.

1.3.2 Einflussparameter und Prognosen

Mit den im ersten Teil der Studie gewonnenen detaillierten Erkenntnissen der Abfallkategorien und -mengen sollten die üblicherweise verwendeten Parameter für Abfallmengenprognosen (BIP, Bevölkerungswachstum) überprüft und durch andere Parameter ergänzt werden.

Es sollte einerseits eine Korrelationsanalyse zwischen den gegebenen Abfallmengen und zahlreichen sozio-ökonomischen Faktoren durchgeführt werden. Dafür sollten neben der einfachen Korrelationsanalyse über einen gegebenen Zeitraum weitere detaillierte Untersuchungen wie die rollierende Korrelation und zeitverschobene Korrelation untersucht werden.

Andererseits sollten die Importströme der Zollstatistik mit selbigen Korrelationsanalysen untersucht werden. Dabei sollte der Fokus auf die zeitverschobene Korrelation gelegt werden, da die Vermutung besteht, dass die Importmengen den Abfallmengen zeitlich vorauslaufen.

2. Analyse der Abfallkategorien

Die Kategorisierung von Abfällen in Siedlungsabfälle und sonstige Abfälle ist eng mit dem Entsorgungsmonopol verbunden. In einem ersten Schritt wird die aktuelle Kategorisierung und deren Herleitung analysiert, sowie die Zuverlässigkeit der Datenerfassungsmethode kritisch bewertet. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden zwei alternative Methoden für eine präzisere Datenerfassung untersucht, um die Entwicklungen und Trends der Abfallmengen auch aufkommensseitig zu bestimmen.

2.1 Aktuelle Kategorisierung der Abfälle

Die heute übliche Kategorisierung von Abfällen in *Siedlungsabfälle* und *sonstige Abfälle*, dies beinhaltet *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* hat verwaltungstechnische und politische Ursachen. Die Kantone und Gemeinden sind für die Entsorgung der Kategorie *Siedlungsabfälle* zuständig, während für die Entsorgung der *Übrigen Abfälle* (VVEA) wie Bau-, Industrie- und Gewerbeabfällen (Gewerbeabfälle: betriebspezifische und unspezifische Abfälle von Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitenden) die erzeugenden Unternehmen selbst verantwortlich sind.

Da die Kantone eine Entsorgungspflicht für Siedlungsabfälle haben, müssen sie entsprechende Kapazitäten der KVA für die Entsorgung organisieren. Die weiteren Abfallmengen sind innerhalb der Schweiz weitestgehend frei handel- und entsorgbar und sorgen für marktwirtschaftliche Anreize zwischen den KVA. Dass die *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* nicht explizit erfasst werden, sondern nur als *sonstige Abfälle*, führt zu einer verminderten Sichtbarkeit dieser relevanten Abfallmengen.

Die Politik orientiert sich an den Abfallkategorien und -mengen als Steuerungs- und Messgrösse für politische Massnahmen wie der Förderung der Kreislaufwirtschaft und des Recyclings. Neben der Kreislaufwirtschaft sind auch Faktoren der Energiesicherheit und CO₂-armen Energieversorgung (Fernwärme aus KVA) ein wichtiger Faktor für die Kapazitätsplanung. Dies zeigt die Relevanz der Kategorisierung zwischen den lokalen Siedlungsabfällen und den «freien» Marktabfällen aus Bau, Gewerbe und Industrie.

Es ist wichtig festzuhalten, dass die Abfallmengen für diese Statistik nicht aufkommensseitig, sondern entsorgungsseitig bei den KVA erfasst werden. Es werden also bspw. nicht die verkauften Gebührensäcke und Kehrlichmarken erfasst, sondern die bei den KVA eintreffenden Anlieferungen werden einer Kategorie (*kommunale Anlieferung, Direktanlieferung*) zugeordnet je nach Anlieferungsweg. Daraus wird die Menge an Siedlungsabfällen gemäss der in Kapitel 1.1.1 gezeigten Formel berechnet.

Zur Erfassung der Abfallmengen in der Abfallstatistik werden jährlich bei den KVA folgende Kategorien abgefragt:

- *Kommunale Anlieferung*
- *übrige Direktanlieferungen*
- *Klärschlamm*
- *Sonderabfälle*
- *Importe*

Gemäss Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) sind Siedlungsabfälle wie folgt definiert:

Siedlungsabfälle:

1. aus Haushalten stammende Abfälle,

2. aus Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen stammende Abfälle, deren Zusammensetzung betreffend Inhaltsstoffe und Mengenverhältnisse mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar ist,
3. aus öffentlichen Verwaltungen stammende Abfälle, deren Zusammensetzung betreffend Inhaltsstoffe und Mengenverhältnisse mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar ist.

Im Detail setzen sich die Siedlungsabfälle aus einer Vielzahl von Herkünften und Materialien zusammen. Dies lässt sich gut anhand der Infografik (Abbildung 4) aus der Vollzugshilfe für die verursachergerechte Finanzierung der Siedlungsabfallentsorgung [1] . Dort sind die Abfälle gemäss Herkunft nach öffentlichem Raum, Haushalten sowie kleinen und grossen Unternehmen aufgeteilt (Importe werden nicht betrachtet).

| Ort des anfallenden Abfalls/Herkunft | Art der Abfälle | | | |
|--|---|--|--|--|
| Öffentlicher Raum / unbekannte oder zahlungsunfähige Inhaber | Abfälle aus öffentlicher Abwasserreinigung z. B. Klärschlamm | Abfälle aus öffentlichem Strassenunterhalt z. B. Strassenwischgut, Streugut, Laub | Abfälle, deren Inhaber nicht ermittelt werden kann z. B. Abfälle aus illegaler Ablagerung | Abfälle, deren Inhaber zahlungsunfähig ist z. B. zurückgelassene Abfälle bei einer Geschäftsaufgabe |
| | | Abfälle von öffentlichen Abfalleimern | Kleine Mengen weggeworfener oder liegengelassener Abfälle (sog. Littering) | |
| Haushalte | Kehricht inkl. Sperrgut z. B. Verpackungen, Hygienetücher, Matratze | Separat gesammelte Abfälle z. B. Grünabfälle, Glas, Papier, Karton, Metalle | Sonderabfälle z. B. Motorenöl, Altmedikamente | Abfälle mit besonderen Vorschriften* z. B. elektrische und elektronische Geräte, Getränkeverpackungen aus PET und Metall, Pflanzenschutzmittel, Batterien |
| | | Mengenverhältnisse anders geartet als in Haushalten / Entsorgung in Eigenverantwortung | | |
| Unternehmen** < 250 Vollzeitstellen (VZS) | Kehricht inkl. Sperrgut z. B. Verpackungen, Hygienetücher, Bürostuhl | Haushaltsähnliche separat gesammelte Abfälle z. B. Grünabfälle, Glas, Papier, Karton, Metalle | Nicht betriebs-spezifische Sonderabfälle Unternehmen < 10 VZS bis 20 kg pro Anlieferung | Betriebsspezifische Abfälle gemischt oder separat gesammelt z. B. Bauabfälle, Produktionsabfälle, Sonderabfälle |
| | | Mengenverhältnisse anders geartet als in Haushalten / Entsorgung in Eigenverantwortung | Unternehmen > 10 VZS | |
| Unternehmen ≥ 250 Vollzeitstellen (VZS) | Kehricht inkl. Sperrgut z. B. Verpackungen, Hygienetücher, Bürostuhl | Haushaltsähnliche separat gesammelte Abfälle z. B. Grünabfälle, Glas, Papier, Karton, Metalle | Nicht betriebs-spezifische Sonderabfälle z. B. Farb- und Lackabfälle, Fluoreszenzlampen | Betriebsspezifische Abfälle gemischt oder separat gesammelt z. B. Bauabfälle, Produktionsabfälle, Sonderabfälle |

* Für diese Abfälle bestehen besondere Vorschriften des Bundes (VREG, VGV, ChemRRV, ChemG), gemäss welchen die Abfälle vom Inhaber verwertet oder von Dritten zurückgenommen werden müssen.

** inkl. Einheiten der öffentlichen Verwaltung, unabhängig von deren Anzahl Vollzeitstellen (vgl. Kapitel 3.1.2)

- Siedlungsabfälle
- Andere Abfallarten, für deren Entsorgung die Kantone zuständig sind.
- Siedlungsabfälle, für deren Entsorgung die Kantone zuständig sind und deren Entsorgungskosten nach Art. 32a USG verursachergerecht zu finanzieren sind.
- «Übrige Abfälle», für deren Entsorgung der Inhaber zuständig ist.

Abbildung 4: Infografik aus der Vollzugshilfe für die verursachergerechte Finanzierung der Siedlungsabfallentsorgung [1]

Zur Erzeugung einer exakten Statistik müssten diese Kategorien der Aufkommenseite sich exakt auf die Kategorien der Datenerfassung (*kommunale Anlieferungen, Direktanlieferungen* usw.) bei der KVA übertragen lassen, was aber, wie nachfolgend erläutert, nicht der Fall ist. Dafür werden die in Abbildung 4 gezeigten Arten des Abfallaufkommens den Entsorgungswegen zugeordnet.

Vorab: Die Abfälle, welche dem Recycling zugeführt werden, werden in anderen Statistiken erfasst und können hier vernachlässigt werden (Siehe Abbildung 5).

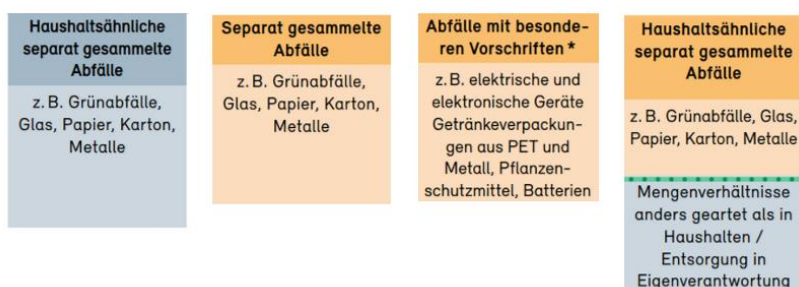


Abbildung 5: Abfallarten, die dem Recycling zugeführt werden

Folgende Kategorien lassen sich gemäss den von uns geführten Gesprächen mit Branchenvertretern der KVA und Sortieranlagenbetreibern nicht eindeutig den Entsorgungswegen (*kommunale Anlieferungen, Direktanlieferungen* usw.) zuordnen.



Abbildung 6: Abfallkategorien der Aufkommenseite, die sich nicht eindeutig den Erfassungskategorien zuordnen lassen

Kehricht inkl. Sperrgut von Unternehmen mit mehr als 250 Vollzeitstellen

Seit 2019 sind KMU mit mehr als 250 Vollzeitstellen aus dem Entsorgungsmonopol befreit. Somit können diese ihre Abfälle direkt oder über Dienstleister entsorgen und müssen nicht mehr die kommunalen Entsorgungsdienste in Anspruch nehmen. Allerdings kann diese Massnahme nach Gesprächen mit Branchenexperten als eine Anpassung der Verordnung an die bereits bestehende Entsorgungsrealität der grossen KMU vor 2019 verstanden werden.

Die in der Einleitung erwähnten Verschiebungen zwischen den Anlieferungen der kommunalen und Direktanlieferungen liessen sich also zum Teil mit dieser Gesetzesänderung erklären, ohne dass sich das Abfallaufkommen verändert hat. Die Grösse des Einflusses lässt sich nicht bestimmen.

Abfälle aus öffentlichem Strassenunterhalt

Diese Abfälle werden in der Regel von städtischen Betrieben bei den KVA abgeliefert und daher als *kommunale* Anlieferung deklariert. Dieses Abfallaufkommen fällt gemäss der Infografik zum Teil unter Siedlungsabfälle und zum Teil unter «Andere Abfallarten, für deren Entsorgung die Kantone zuständig sind», welche in der Abfallstatistik nicht erfasst wird. Weiterhin werden ein Grossteil des Abfallaufkommens dieser Kategorien deponiert oder in Biogasanlagen verwertet, was eine Auswertung erschwert.

Der resultierende Einfluss auf die Kategorisierung kann nicht festgestellt werden. Die Mengen sind vernachlässigbar klein.

Abfälle deren Inhaber nicht ermittelt werden kann

Diese Abfälle werden vermutlich meistens von kommunalen Entsorgungsunternehmen an die KVA geliefert. Gleichzeitig fällt diese Kategorie zum Teil unter Siedlungsabfälle und zum Teil unter «Andere Abfallarten, für deren Entsorgung die Kantone zuständig sind», welche in der Abfallstatistik nicht erfasst wird. Hier findet demnach eine unbekannte Verschiebung zwischen den Kategorien statt. Der Einfluss wird klein eingeschätzt.

Dies ist ein konstanter Einfluss und hat keine trendverändernde Wirkung.

Kehricht inkl. Sperrgut von Haushalten und Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen

Diese kleinen Unternehmen erzeugen haushaltsähnliche Abfälle, welche als Siedlungsabfälle gelten und betriebsspezifische Abfälle, welche als *sonstige Abfälle* den *Abfällen aus Bau, Gewerbe und Industrie* zuzuordnen sind. Es ist davon auszugehen, dass eine Vermischung zwischen diesen Abfällen stattfindet.

Die Etablierung von privaten Sammelstellen und Sortieranlagen hat in den vergangenen 10 Jahren dazu geführt, dass vermehrt Haushaltsabfälle und Sperrgut von diesen privaten Firmen bei der KVA angeliefert werden. Teile dieser Mengen, so bestätigen es Vertreter der Sammelstellen und Sortieranlagen, gelangen in Mischfrachten als «übrige Direktanlieferung» zur KVA. Diese Verschiebungen zwischen den Anlieferungen der kommunalen und Direktanlieferungen liessen sich also zum Teil mit dieser marktwirtschaftlichen Änderung erklären. In Abbildung 7 sind bspw. die Mengen aus dem Jahr 2022 dargestellt, die diese Anlagentypen an KVA weitergeleitet haben. Es zeigt sich, dass Sammelstellen und Aufbereitungs- bzw. Sortieranlagen mit ca. 800'000 t pro Jahr an Abfällen aktuell 20 % der Anlieferungen an KVAs ausmachen. Entwicklungen in der Logistikbranche, haben daher einen grossen Einfluss auf die Abfallmengen. Ein Trend kann nicht dargestellt werden, da diese Daten erst seit 2022 erfasst werden.

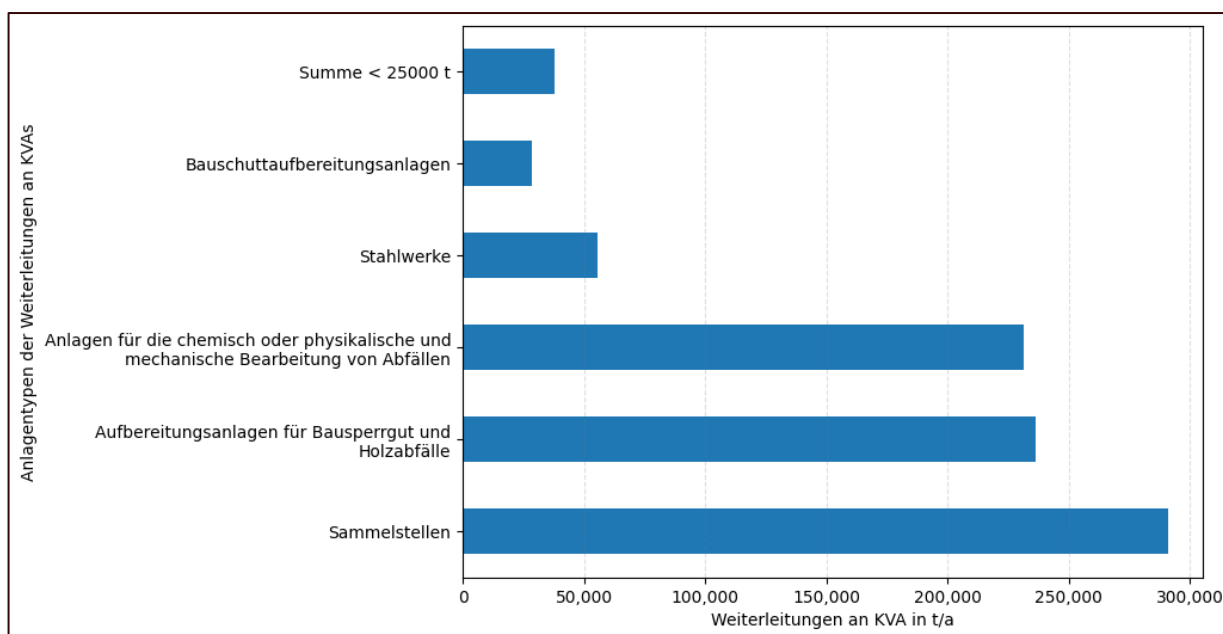


Abbildung 7: Anlagentypen die Abfallmengen zu KVA liefern im Jahr 2022 die i.d.R. als Direktanlieferungen deklariert werden, aber auch Siedlungsabfälle beinhalten (Quelle: EGOV 2022)

2.1.1 Unterschätzung der Entwicklung der Siedlungsabfälle und Haushaltsabfälle

Die zuvor beobachteten politischen und abfallwirtschaftlichen Veränderungen (Stichworte: mehr Sortieranlagen, grosse Unternehmen von Entsorgungsmonopol entbunden) lassen vermuten, dass die Trendveränderungen zwischen *kommunalen Anlieferungen* und *sonstigen Direktanlieferungen* (siehe Abbildung 8) zu grossen Teilen keine Veränderungen im Abfallaufkommen sind, sondern lediglich Verschiebungen zwischen den Anlieferungskategorien.

Dies führt tendenziell zu einer Unterschätzung der **Entwicklung** der *Haushaltsabfälle* (wichtig: die Entwicklung wird aufgrund dieser Werte unterschätzt nicht die absoluten Werte). So basiert bspw. die Analyse der Mengenentwicklung in der Kehrichtsackanalyse (2022) [2], welche alle 10 Jahre durchgeführt wird, auf den Angaben der Gemeinden zu den Abfallmengen. Die Gemeinden berufen sich in den meisten Fällen auf ihre

kommunalen Anlieferungen, welche von den KVA erfasst werden, da keine gesonderte Erfassung der Gebührensackmengen stattfindet.

Dies lässt folgenden Schluss zu: Die Kehrichtsackanalyse überschätzt den Rückgang der *Kehrichtmengen aus Haushalten*, da die Daten der Gemeinden, welche auf den *kommunalen Anlieferungen* beruhen, durch die Veränderung in der Anlieferungslogistik die reale Entwicklung unterschätzt.

Die Unterschätzung der Entwicklung wirkt vor allem auf die durch die Kehrichtsackanalyse berechneten *Haushaltsabfälle*. In die Gesamtkategorie der Siedlungsabfälle fließt über die Berechnungsformel auch ein Teil der Direktanlieferungen ein. Dies wirkt als dämpfender Faktor bei Verschiebungen zwischen den Kategorien. Trotzdem wurde durch die genannten Verschiebungen vermutlich auch die Entwicklung der Siedlungsabfälle unterschätzt, da nur 66 % der *Direktanlieferungen* in die Berechnung eingehen und nicht 100 % wie bei den *kommunalen Anlieferungen*.

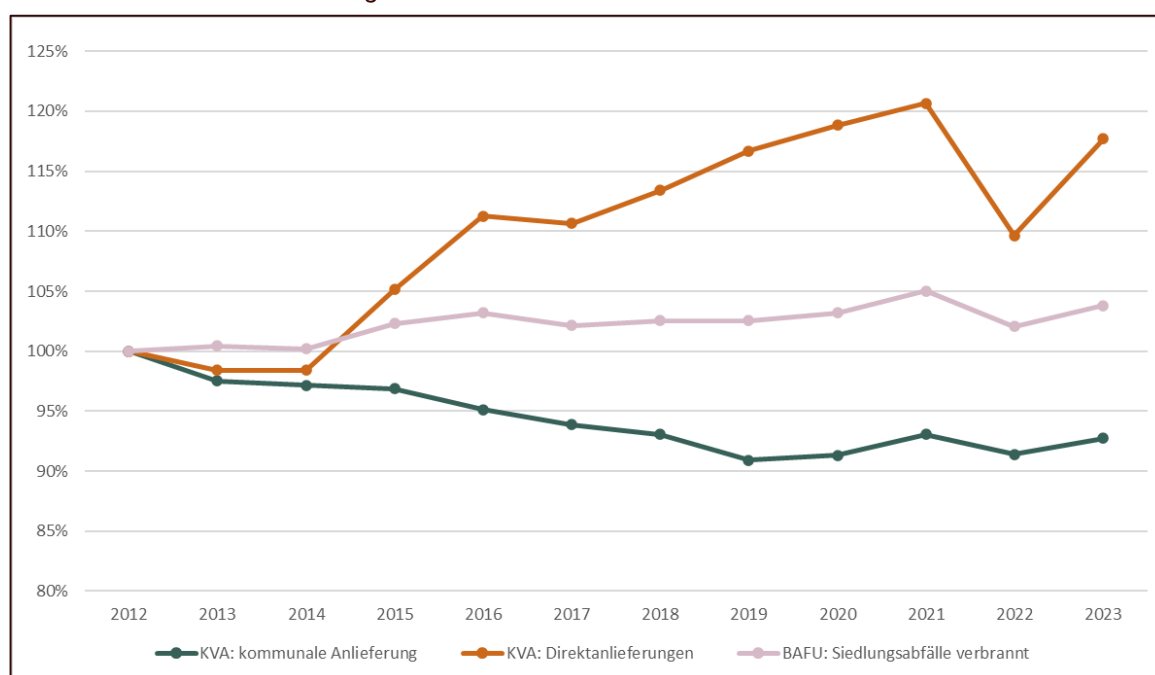


Abbildung 8: Entwicklung der Anlieferungen und den resultierenden Siedlungsabfällen seit 2012 (Quelle: Datenerfassung für die jährliche KVA-Statistik)

2.1.2 Betrachtungshorizont der Abfallstatistiken

Die heutige Abfallstatistik basiert der brennbaren Abfälle auf den Anlieferungsdaten der Kehrichtverbrennungsanlagen, der Recycling-Betriebe und der Sondermüllverbrennungen. Sonstige Verbrennungsanlagen wie Industriefeuerungen, Altholzfeuerungen, Stahlwerke und Zementwerke, hier im weiteren als *alternative Verbrennungsanlagen* bezeichnet, werden darin nicht betrachtet.

In den vergangenen Jahren, getrieben durch die steigende Fernwärmenachfrage und die hohen Preise für fossile Brennstoffe, sind die Kapazitäten von alternativen Verbrennungsanlagen deutlich gestiegen. Die KVA-Betreiber haben berichtet, dass der Anteil des Altholzes im angelieferten Abfall massiv abgenommen hat [4]. Während Altholz bis vor wenigen Jahren noch eine grosse Fraktion der Abfallmenge war, ist diese spätestens seit dem Beginn des Krieges in der Ukraine und dem damit einhergehenden Bedarf nach alternativen Energiequellen deutlich gesunken, wie Branchenvertreter berichten. Auch hier spielt die wachsende Branche der Sortieranlagenbetreiber eine wichtige Rolle, da sie das Verbrennen dieser sortierten Fraktion in

spezialisierten Kraftwerken möglich machen. Ähnliche Entwicklungen lassen sich auch für gewisse Kunststofffraktionen erkennen, welche in Zementkraftwerken verbrannt werden können.

Die Daten aus E-GOV zeigen, dass die *alternativen Verbrennungsanlagen* im Jahr 2022 mit ca. 1.3 Mio. t/a im Vergleich zu den KVA mit 3.57 Mio. t/a (Importe und Sonderabfälle sind nicht enthalten) einen bedeutenden Anteil an der Verbrennungskapazität ausgemacht haben. In dieser Analyse wurden nur jene LVA-Codes einbezogen, die gemäss Angaben der Betreiber auch in KVA verbrannt werden. In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass grosse Mengen dieser Abfälle in Stahlwerken, Zementwerken und Industrief Feuerungen verwertet werden. Die Kategorien Altholzfeuerungen und Restholzfeuerungen zeigen unrealistisch tiefe Werte an, da die meisten Altholzfeuerungen im E-GOV als Industrief Feuerungen geführt werden.

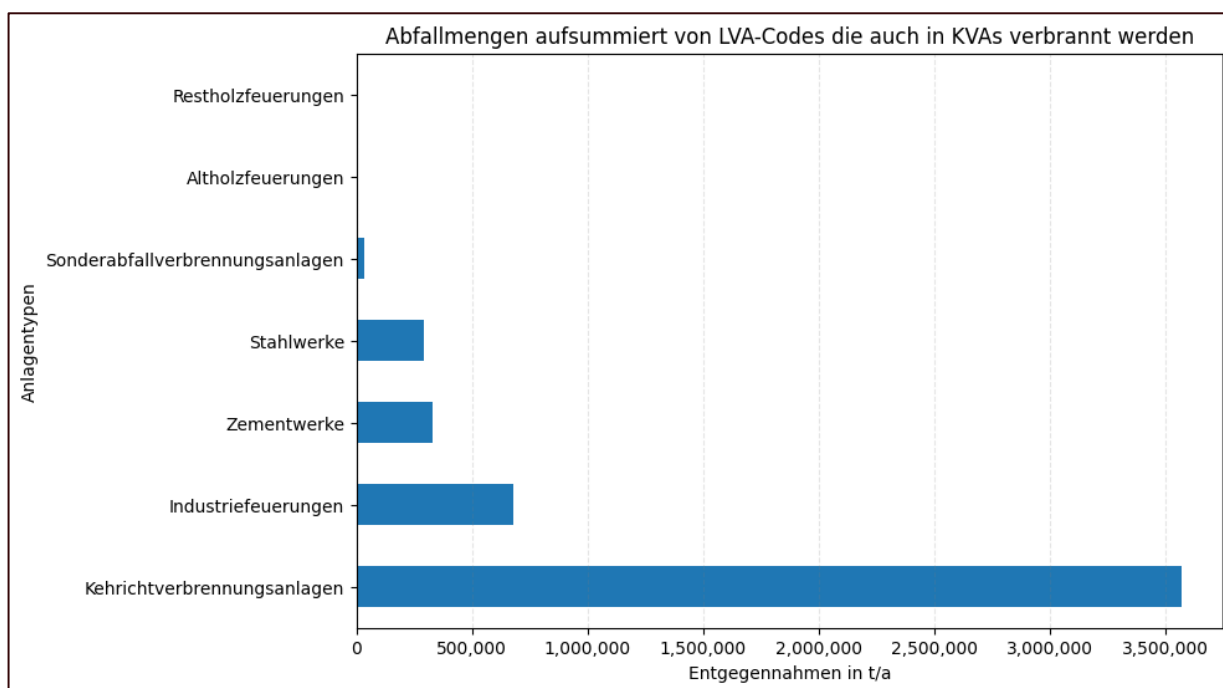


Abbildung 9: Mengen brennbarer Abfälle die in KVA und alternativen Verbrennungsanlagen entgegengenommen und verbrannt wurden (Quelle: EGOV 2022)

Der Stahlherstellungsprozess im Stahlwerk wird mit Strom betrieben. Es ist davon auszugehen, dass die Abfälle dort in sekundären Verbrennungen zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Abbildung 10 zeigt die in den alternativen Verbrennungsanlagen im Jahr 2022 verbrannten Stoffe nach LVA-Codes aufgeteilt. Es zeigt sich, dass zu grossen Teilen Altholz in den alternativen Verbrennungsanlagen verbrannt wird.

Es ist dabei nicht problematisch, dass diese Abfälle nicht in den KVA verbrannt werden, dies ist zu weiten Teilen politisch gewollt und auch technisch sinnvoll. Allerdings können Verschiebungen von Mengen, die vor 10 Jahren in KVAs verbrannt wurden und heute in alternativen Verbrennungsanlagen verbrannt werden zu einer Fehleinschätzung des tatsächlichen Abfallaufkommens und einer Fehlplanung der Verbrennungskapazität führen, da diese Anlagen nicht mit im Betrachtungshorizont sind.

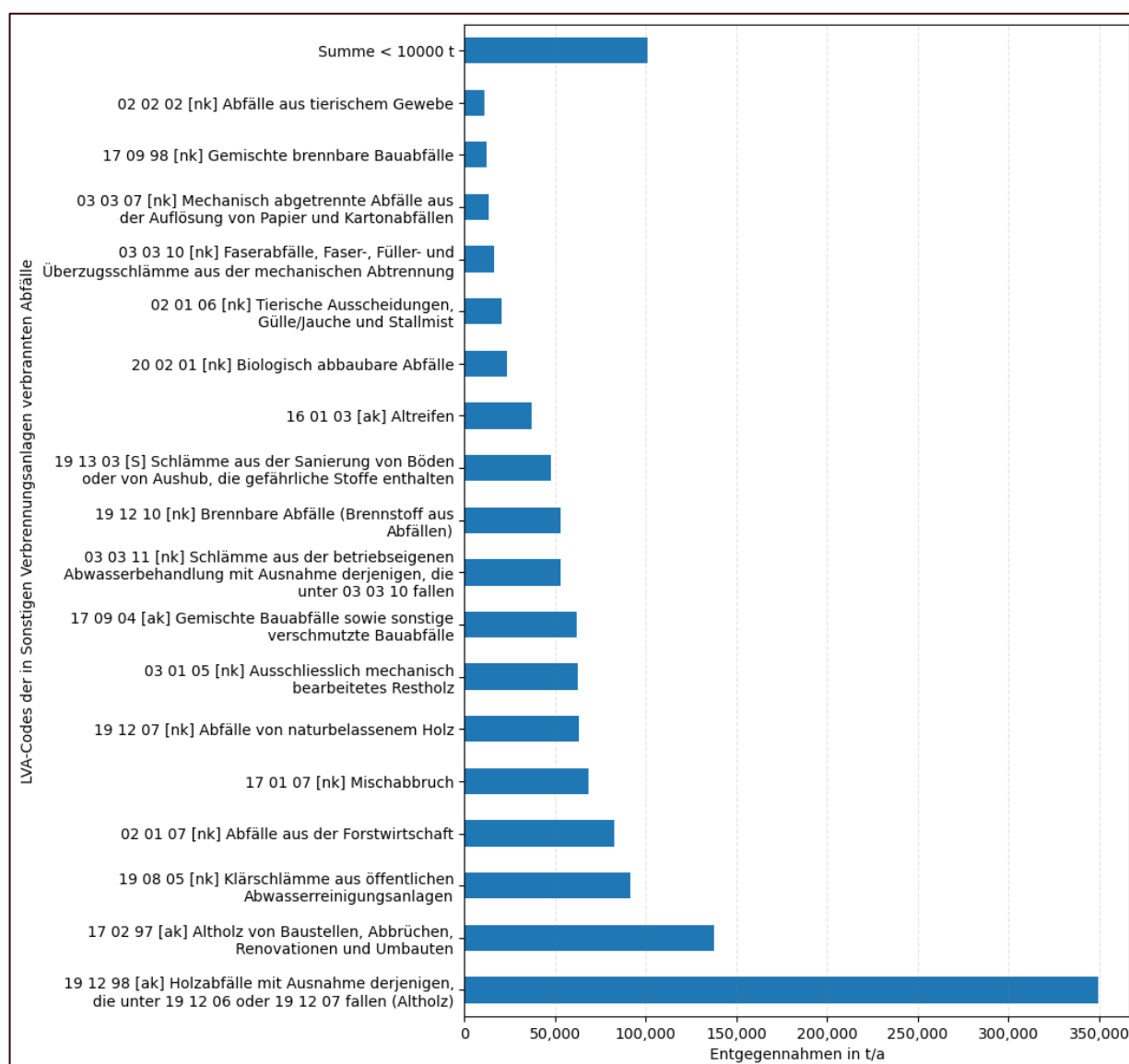


Abbildung 10: Abfallmengen sortiert nach LVA-Codes, die in alternativen Verbrennungsanlagen verbrannt werden (Quelle: EGOV 2022)

So liesse sich der in 2022 beobachtete Rückgang der Direktanlieferungen an KVA (Siehe Abbildung 8) möglicherweise dadurch erklären, dass nicht weniger Abfälle entstanden sind, sondern dass dieser durch die Inbetriebnahme diverser grosser Altholzverbrennungsanlagen im Jahr 2021 und 2022 und die preisgetriebene Verwendung von Industriefeuerungen mit Abfällen und Altholz anstelle der Energieerzeugung mit Erdgas-Kesseln nur an anderer Stelle verbrannt wurden.

In diesem Szenario wäre es also eine falsche Schlussfolgerung, die Rückgänge der in KVA verbrannten Abfälle einer erfolgreichen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft zuzuschreiben. Nur wenn der Betrachtungshorizont der Datenerfassung über die KVA hinausgeht, kann eine umfassende und korrekte Analyse der Entwicklungen am Abfallmarkt und des Abfallaufkommens getroffen werden. Für diese Zwecke ist die Datenerfassung in der Breite des EGOV-Systems eine gute Möglichkeit, die in Kapitel 2.2.1 weiter untersucht wird.

Die EGOV-Daten liegen erst seit 2022 für diese Breite an Entsorgungswegen vor und wurden in der Abfallstatistik bisher nicht erfasst. Um die Entwicklung der Entsorgungswege historisch nachvollziehen zu können, wurden diverse Statistiken gesammelt, welche bis 1995 zurückreichen, um eine möglichst gute Repräsentation des Abfallaufkommens zu gestalten. Dafür wurden folgende Statistiken kombiniert

Berechnete Summe «Abfallaufkommen»

- Abfälle in KVA verbrannt (ohne Importe) gemäss Abfallstatistik
- Siedlungsabfälle separat gesammelt und rezykliert (Daten bis 2022 gemäss Abfallstatistik)
- Alternative Verbrennungen:
 - Verbrannte Abfälle in Anlagen für erneuerbare Abfälle (hauptsächlich Altholzfeuerungen) gemäss Statistik des BfE
 - KVA ähnliche Abfälle in Zementwerken verbrannt (ausser Altholz, Daten vor 2000 extrapoliert)

Die Recyclingmengen aus Mischabfällen und aus Bau, Industrie und Gewerbe sind nicht enthalten, da keine Daten vorliegen. Dies gilt ausserdem für den Export von Ersatzbrennstoffen wie Biomasse oder Kunststoffen, welche nicht explizit in den Exportstatistiken hervorgehoben werden.

In Abbildung 11 sind die Anteile der Entsorgungswege am summierten «Abfallaufkommen» dargestellt. Die gesammelten Statistiken zu Altholz und Zementwerken stellen die Kategorie der alternativen Verbrennungen nur unvollständig dar. Gegenüber den EGOV-Daten im Jahr 2022 werden diese Mengen um ca. 35 % unterschätzt.

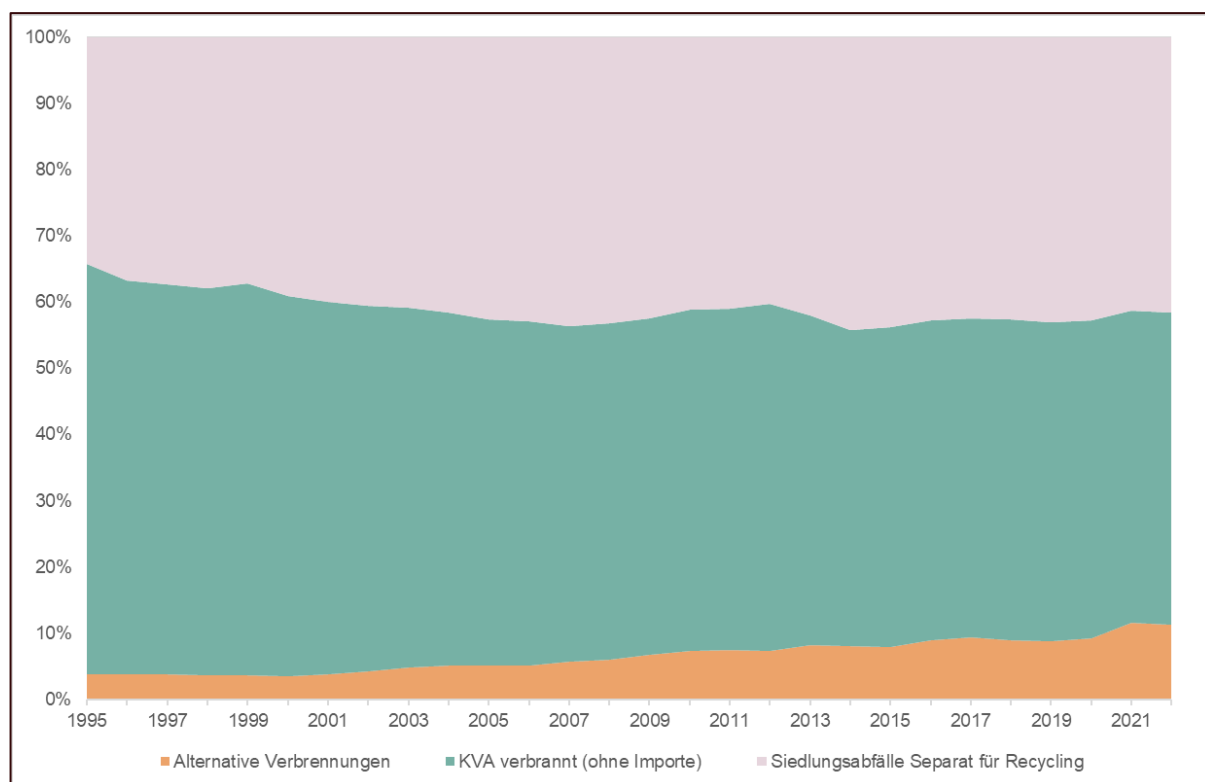


Abbildung 11: Entwicklung der Anteile der Entsorgungsverfahren am Abfallaufkommen mit gesammelten Statistiken für alternative Verbrennungen

Es zeigt sich, dass der Anteil der Entsorgung über die KVA sinkt. Während der Anteil der separat gesammelten und recycelten Siedlungsabfälle in den letzten 10 Jahren konstant ist, steigt vor allem der Anteil der alternativen Verbrennungen.

Der Anstieg der *alternativen Verbrennungen* als Entsorgungsweg für Abfälle zeigt die Notwendigkeit, diese in der Abfallstatistik explizit aufzuführen, um eine Vergleichbarkeit der verbrannten Abfallmengen zu gewährleisten.

Weiterhin sollte für eine vollständige Erfassung des Recyclingmengen angestrebt werden, die Recyclingmengen aus *Bau, Industrie und Gewerbe* in der Abfallstatistik zu erfassen.

2.1.3 Importe

Ein weiterer Faktor des Betrachtungshorizonts der Abfallstatistik sind die nationalen Grenzen, also die Importe und Exporte von Abfällen. Während, gemäss Bundesrat [5], keine nennenswerten brennbaren Abfälle aus der Schweiz exportiert werden, importieren die Schweizer KVA ca. 10 % der verbrannten Abfälle aus dem nahen Ausland. Anhand von einem Beispiel in Abbildung 12 lässt sich dabei gut erkennen, dass die Importmengen primär nicht durch das Angebot im Ausland bestimmt werden, sondern vielmehr durch die Nachfrage der Schweizer KVA. Die KVA-Josefstrasse im Kanton Zürich hat zu grossen Teilen importierte Abfälle aus Deutschland verbrannt (ca. 100'000 t/a). Die als Fernwärmeheizwerk betriebene ehemalige KVA wurde erst 2015 in die Statistik aufgenommen und wurde im Verlauf des Jahres 2021 geschlossen. Die Kurve der Importe aus Deutschland, mit und ohne Josefstrasse, spiegelt diese Entwicklung deutlich wider.

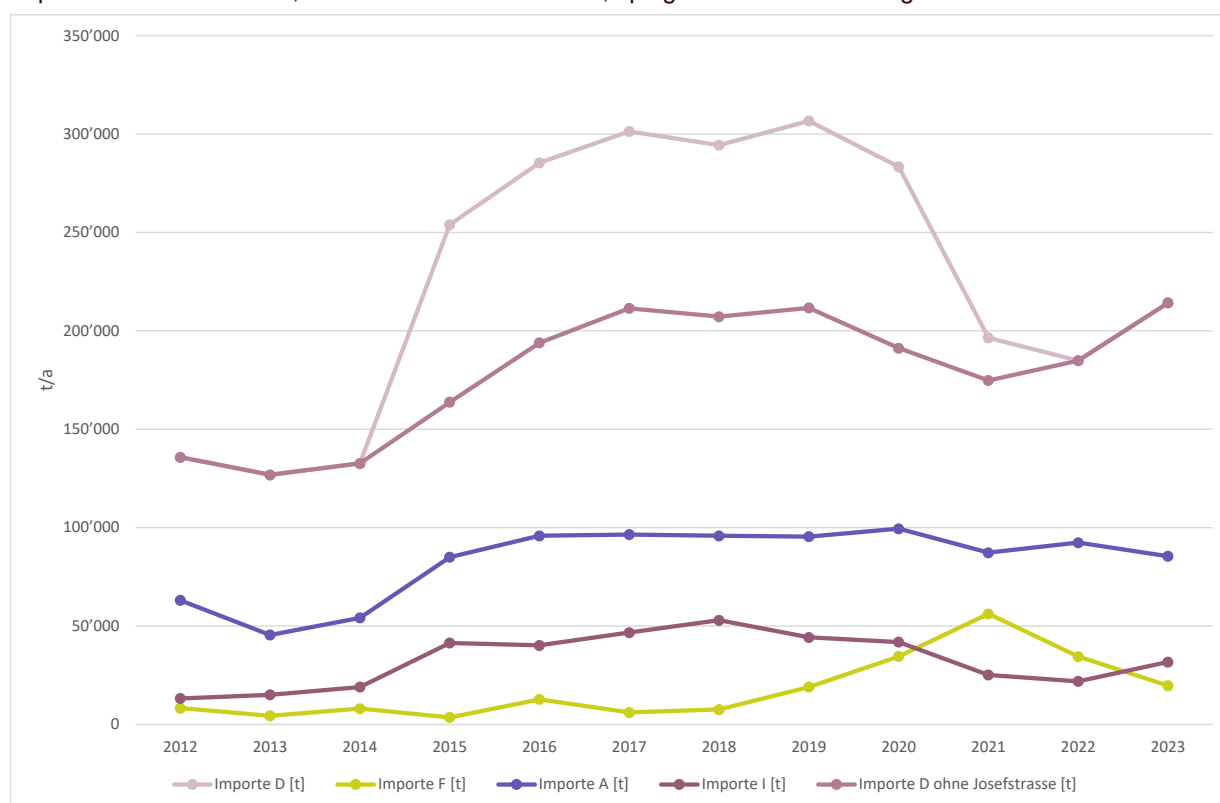


Abbildung 12: Importe von Abfällen die in Schweizer KVA verbrannt werden (Quelle: Datenerfassung für die jährliche KVA-Statistik)

Es bleibt festzuhalten, dass die seit 2019 sinkenden Importe keine Folge eines mangelnden Angebots in den Nachbarländern sind, sondern weitestgehend durch die bewusste Entscheidung einzelner Kantone

gegen den Import von Abfällen beeinflusst wurde. Aufgrund des in Europa vorherrschenden Mangels an Verbrennungskapazität für Abfälle ist nicht davon auszugehen, dass sich an dieser Situation mittelfristig etwas ändert.

2.2 Mögliche Optimierungen der Datenerfassung

2.2.1 Alternative Möglichkeiten der Kategorisierung

Als übrige Direktanlieferungen werden die in Abbildung 13 dargestellten Aufkommenskategorien zugeordnet. Es ist zu erkennen, dass Siedlungsabfälle und sonstige Abfälle aus dem öffentlichen Raum in dieser Kategorie enthalten sind, welche nicht den Abfällen aus Bau, Gewerbe und Industrie zugeordnet werden können. Ob dies allerdings gemäss der in Kapitel 1 vorgestellten 66 % entspricht, welche den Siedlungsabfällen zugeordnet werden, ist fraglich.

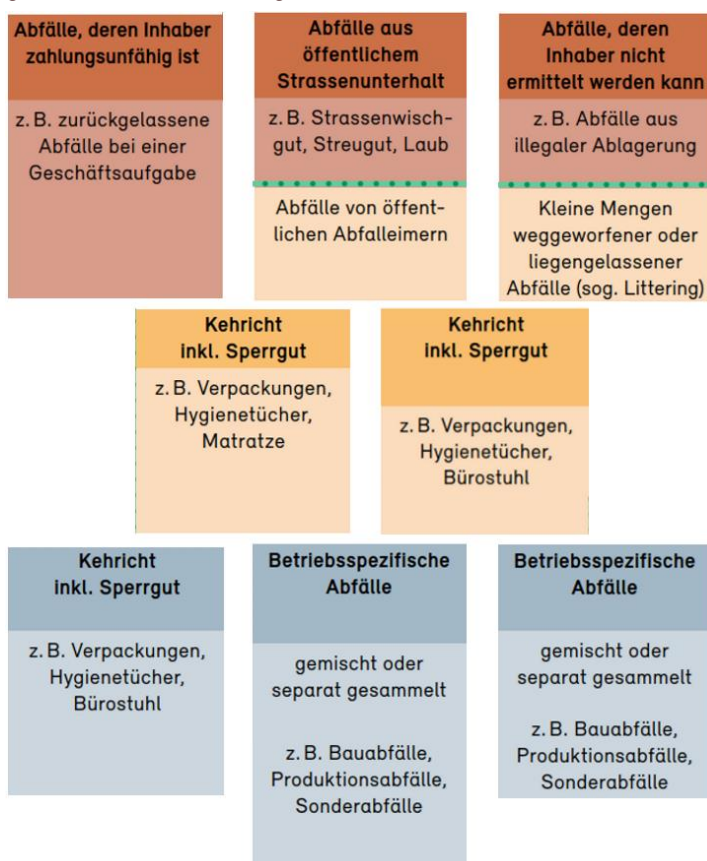


Abbildung 13: Auswahl der Aufkommenskategorien aus der Infografik, welche als Übrige Direktanlieferungen angeliefert werden können

Seit 2022 müssen die KVA, sowie die Sammelstellen und Sortieranlagenbetreiber ihre eingehenden und ausgehenden Massenströme im EGOV-System erfassen. Im Rahmen dieser Studie konnten die Daten für das Jahr 2022 ausgewertet werden. Durch den einzelnen Zeitpunkt lassen sich keine Trends ableiten, aber ein Vergleich der Zuordnungen der Kategorien ist möglich.

Im neuen System können die Abfallströme gemäss LVA-Code erfasst werden. Die KVA sind nicht zu einer detaillierten Erfassung verpflichtet, sie müssen lediglich eine grobe Einordnung gemäss vorgegebenen Pflichtkategorien vornehmen, können aber auch eine genauere Aufteilung abgeben. Somit ist in den Daten

eine Überschätzung der grossen Pflichtkategorien zu erwarten, da die KVA nur teilweise eine detailliertere Aufteilung vornehmen und die Pflichtkategorien als Sammelnummern für unterschiedliche Abfallarten verwendet werden.

Anmerkung EGOV: Das System wurde erst 2022 eingeführt und die Eingabe der Daten findet durch die Anlagenbetreiber statt. Es reichen nicht alle Anlagenbetreiber vollständige Daten ein. Weiterhin entstehen bei der Eingabe potenziell Fehler. Die Daten sind mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

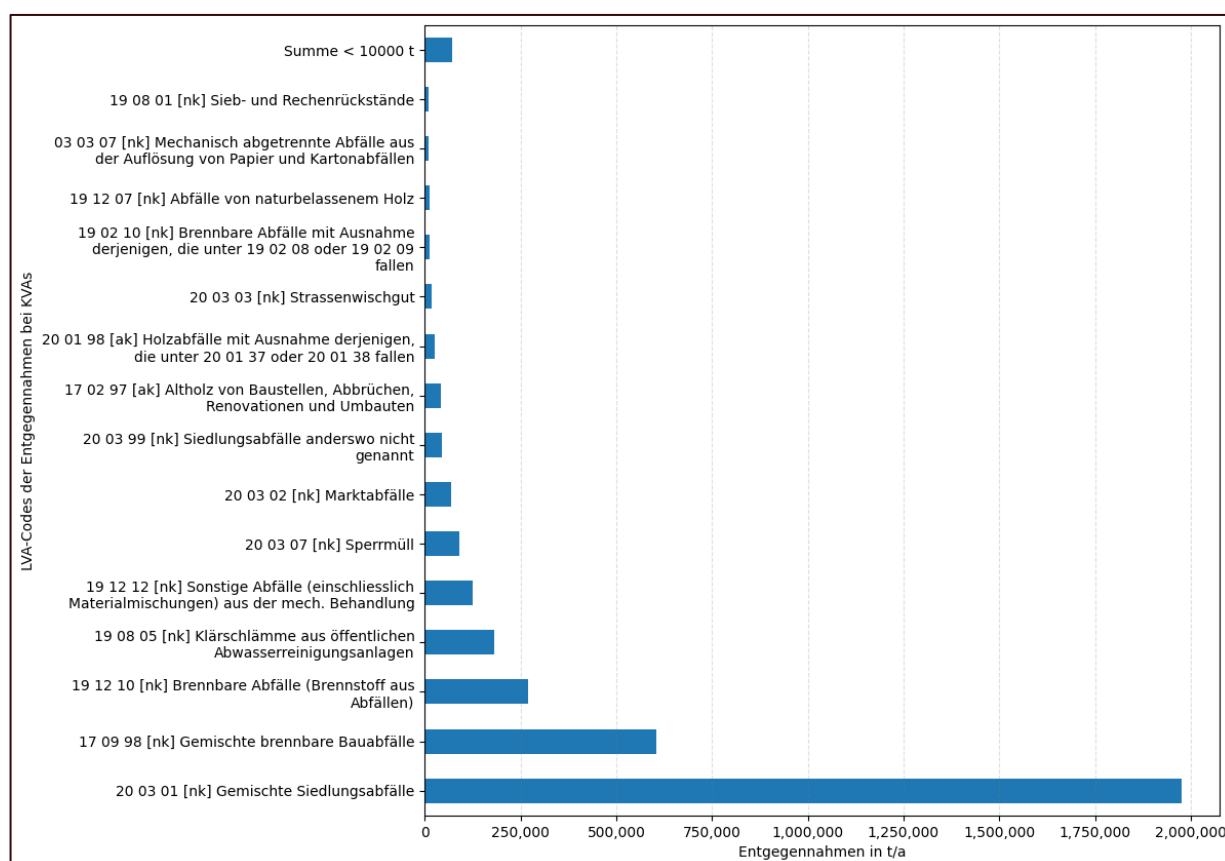


Abbildung 14: Entgegengenommene Mengen der Schweizer KVA im Jahr 2022 nach LVA-Codes (Quelle: EGOV 2022)

In Abbildung 14 sind die für 2022 durch KVA entgegengenommenen Abfallmengen gemäss LVA-Codes dargestellt. Diese Kategorien lassen sich, ähnlich wie oben vorgenommen, den Aufkommenskategorien Siedlungsabfälle und *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* zuordnen. Die bisherige Kategorisierung der Abfälle, die nicht unter Siedlungsabfälle fallen als Restsumme ist zukünftig genauer vorzunehmen. So sollte über die LVA-Codes eine möglichst saubere Abgrenzung der *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* gefunden werden, da diese für die Steuerung des Abfallaufkommens neben den Siedlungsabfällen am relevantesten ist. Diese Kategorie stimmt gemäss Abbildung 4 gut mit den «*übrigen Abfällen*» überein.

Neue Berechnungsmethode für Siedlungsabfälle und Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie

Im Folgenden ist eine vorläufige Aufteilung der LVA-Codes in *Siedlungsabfälle* und *Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie* vorgenommen worden, um eine Einschätzung der Dimension der Aufkommenskategorien mit den detaillierteren EGOV-Daten zu erhalten. Diese wurde in Absprache mit Branchenvertretern getroffen.

Folgende LVA-Kategorien wurden 100 % den Siedlungsabfällen zugeschrieben:

- Gemischte Siedlungsabfälle (1'976'283 t)

- Sperrmüll (90'477 t)
- Siedlungsabfälle anderswo nicht genannt (45'157 t)
- Strassenwischgut (17'042 t)
- Sieb- und Rechenrückstände (11'530 t)
- Marktabfälle (68'681 t – Marktabfälle meint Wochenmärkte)

Folgende LVA-Kategorien wurden 100 % den Abfällen aus Bau, Industrie- und Gewerbe zugeschrieben:

- Gemischte brennbare Bauabfälle (605'130 t)
- Brennbare Abfälle (Keine Siedlungsabfälle) (269'893 t)
- Altholz von Baustellen, Abbrüchen, Renovationen und Umbauten (42'398 t)
- Brennbare Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 08 oder 19 02 09 fallen (13'726 t)

Folgende LVA-Kategorien wurden 50/50 aufgeteilt, da keine genaue Zuordnung möglich war

- Mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier und Kartonabfällen (11'600 t)
- Restholz, mit Ausnahme desjenigen, das unter 03 01 04 oder 03 01 05 fällt (7'445 t)
- Sonstige Abfälle (einschliesslich Materialmischungen) aus der mech. Behandlung (124'375 t)
- Holzabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 37 oder 20 01 38 fallen (26'113 t)
- Abfälle von naturbelassenem Holz (13'082 t)

Gemäss dieser Aufteilung ergeben sich folgende Mengen für das Jahr 2022 im Vergleich zur Abfallstatistik:

| | Abfallstatistik BAFU [t] | Gruppierung gemäss E-GOV [t] |
|---|--------------------------|------------------------------|
| Siedlungsabfälle | 2'843'000 | 2'300'000 |
| Bauabfälle, Industrie- und Gewerbeabfälle | 460'500 | 1'022'000 |

In Verbindung mit den Importen, Klärschlamm und Sonderabfällen, welche in anderen Datensystemen erfasst werden, ergibt sich die in Abbildung 15 dargestellte Aufteilung zwischen den Kategorien im Vergleich zur Abfallstatistik.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Kategorisierung der Abfallstatistik mit der 66 % Daumenformel die Siedlungsabfälle gegenüber dieser Einordnung überschätzt und dadurch die Kategorie der Bau-, Industrie und Gewerbeabfälle stark unterschätzt.

Die hier vorgenommene Einteilung soll keine abschliessende sein und weist ebenfalls Ungenauigkeiten auf, die weiter zu diskutieren sind, allerdings hat diese eine klarere Datenbasis als die bisher verwendete Daumenformel. Es zeigt bspw., dass bereits der LVA-Code «Gemischte brennbare Bauabfälle», welcher die Gewerbe und Industrieabfälle nicht beinhaltet, mit 605'130 t/a eine deutlich höhere Menge beinhaltet als bisher für die gesamte Kategorie angenommen.

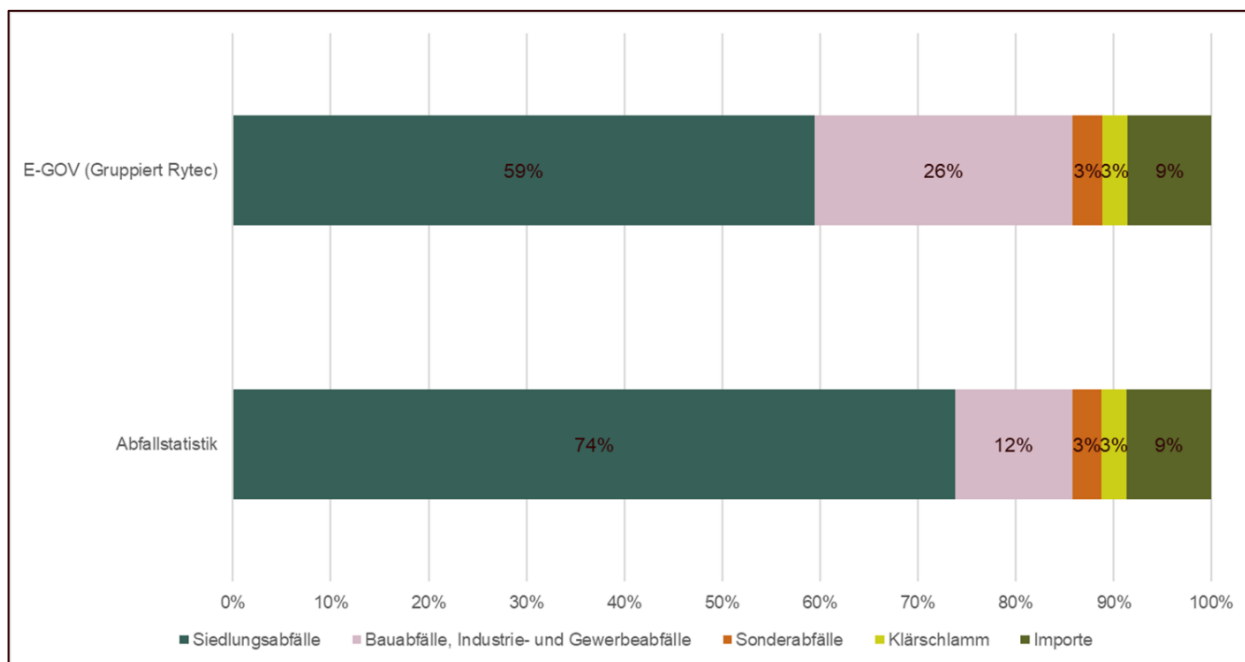


Abbildung 15: Aufteilung der Abfälle gemäss Ursprungskategorien (Sonderabfälle, Klärschlamm und Importe stammen aus anderen Quellen und sind für beide Betrachtungen identisch)

Es gilt dabei zu beachten, dass das Jahr 2022 einen aussergewöhnlich niedrigen Anteil an Direktanlieferungen gezeigt hat (siehe Abbildung 8 - voraussichtlich durch die energiewirtschaftlichen Folgen des Ukraine-Krieges). Der Unterschied zwischen den Kategorisierungen sollte also in den sonstigen Jahren noch deutlicher sein.

2.2.2 Verbrannte Siedlungsabfälle aus Haushalten

Um die Untergruppe *verbrannte Siedlungsabfälle aus Haushalten* aus der Kategorie Siedlungsabfälle besser zu verstehen, wurde überprüft, ob die Anzahl Gebührensackverkäufe als effektives alternatives Instrument dient, um die Abfälle aufkommenseitig zu erfassen.

2.2.2.1 Datenerhebung und Herausforderungen

Für die Datenerhebung wurden 33 Schweizer Gemeinden befragt. Diese Gemeinden wurden ausgewählt, weil sie bereits an der Kehrrechtsackanalyse 2022 [2] teilgenommen haben und so bezüglich ihrer Siedlungsstruktur und Sprachregionen der Schweiz eine möglichst repräsentative Auswahl darstellen. Unser Schwerpunkt lag dabei auf den Verkaufszahlen der Gebührensäcke über die letzten zehn Jahre.

Die Siedlungsabfälle fallen in das Entsorgungsmonopol des Gemeinwesens. Art. 31b Abs 1 des Umweltschutzgesetzes verpflichtet die Kantone zur Entsorgung der Siedlungsabfälle. Oftmals vollziehen die Gemeinden die Entsorgung dieser Abfälle und verfügen über das Entsorgungsmonopol. Dies führt dazu, dass die Sammelkonzepte von Siedlungsabfällen in jeder Gemeinde unterschiedlich gehandhabt werden können. Dadurch entsteht eine sehr unterschiedliche Datengrundlage in den jeweiligen Gemeinden.

Im Verlauf der Untersuchung ergaben sich mehrere Herausforderungen:

- Mehr als die Hälfte der ausgewählten Gemeinden sind Teil eines Zweckverbandes und verfügen daher nicht über gemeindespezifische Zahlen ihrer Gebührensackverkäufe.
- Einige Gemeinden erheben keine spezifischen Daten zu der Anzahl verkaufter Gebührensäcke (Sammeltragskonten).

- Einige Gemeinden haben keine Gebührensäcke, sondern andere Systeme (Container, Gebührenmarken, Bündelmarken, gewichtsbasiert, keine Gebühren).
- In vielen Fällen waren keine zehnjährigen Datensätze verfügbar, sondern nur für einen kürzeren Zeitraum.

Zudem wird die Einhaltung des Entsorgungsmonopols nicht in allen Gemeinden gleich stark kontrolliert. Die Gemeinden verfügen meist nur über Angaben der verkauften Gebührensäcke an die Verkaufsstellen und nicht über die effektiv verkauften Gebührensäcke an die Haushalte. Dadurch kann es über die Jahre zu Verschiebungen kommen, da es vorkommen kann, dass die Verkaufsstellen jeweils grosse Mengen beziehen und bei sich lagern. Über die Jahre verteilt, lösen sich diese Verschiebungen wieder auf, bei einer Einzelbetrachtung der Jahre, sind diese Verschiebungen jedoch mitzudenken.

Diese Faktoren führten zu Einschränkung der Datenqualität und Aussagekraft der Zahlen, da die Auswahl der Gemeinden mit den erhaltenden Daten nicht mehr repräsentativ ist.

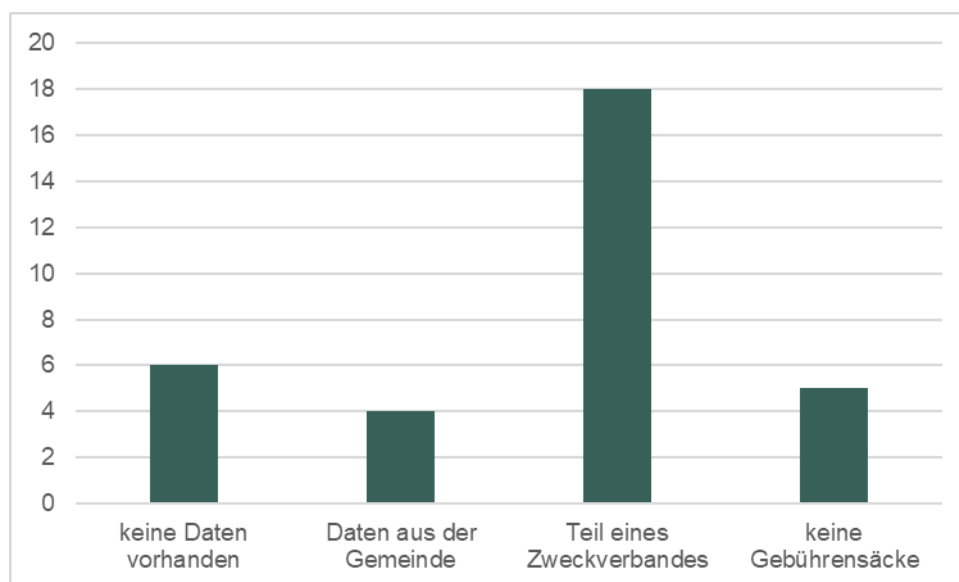


Abbildung 16: Rückmeldungen der Gemeinden und die Auswirkungen auf die Datengrundlage

Um die Datenerhebung zu ergänzen, wurden in einem zweiten Schritt die entsprechenden Zweckverbände kontaktiert. Diese machen jedoch keine detaillierte Aufschlüsselung der Gebührensackverkäufe pro Gemeinde. Stattdessen basiert Ihre Aufteilung der Erträge durch die Gebührensackverkäufe oftmals auf dem Gesamtgewicht des angelieferten Abfalls an die Kehrichtverbrennungsanlage. Eine Zuordnung der Gebührensackverkäufe über die Einwohnerzahl der Gemeinde ist ebenfalls problematisch, da dies die spezifischen Charakteristika und Typologien der einzelnen Gemeinden vernachlässigen würde.

Angesichts dieser vielen verschiedenen Besonderheiten der Zweckverbände und Gemeinden wurde kein Gesamtvergleich angestrebt. Der Fokus wurde stattdessen auf die individuellen Analysen der Gemeinden und Zweckverbände gelegt, um spezifische Trends und Muster zu erkennen. Die Stichprobengrösse erwies sich zudem als zu gering, um statistisch robuste Schlussfolgerungen für die gesamte Schweiz zu ziehen. Trotzdem können wertvolle Trends und Erkenntnisse daraus gewonnen werden.

Zusätzlich wurden Informationen von den drei Produzenten der Gebührensäcke in der Schweiz eingeholt, um ein umfassenderes Bild der gesamthaft in der Schweiz verkauften Gebührensäcke zu erhalten. Diese bieten den Gemeinden und Zweckverbänden teilweise umfassende Leistungspakete an, die über die Lagerung und Feinverteilung bis hin zu Betreuung der einzelnen Verkaufsstellen mit Rechnungsstellung, Mahnwesen und Abrechnung der Gebühren geht. Leider konnten nicht alle Kehrichtsackproduzenten ihre schweizweit

verkauften Gebührensäcke angeben, da teilweise keine Unterscheidung zwischen Gebührensäcken und sonstigen Säcken ohne Gebühren gemacht wird. Zusätzlich zu den Gebührensäcken gibt es auch Markenbögen, die auf unbedruckte Kehrichtsäcke geklebt werden. Diese sind in den Mengen der Sackproduzenten ebenfalls nicht enthalten, weswegen eine schweizweite Anzahl verkaufter Gebührensäcke nicht abgebildet werden konnte.

Die Anzahl der verkauften Gebührensäcke wurden mit den ermittelten durchschnittlichen Gewichten pro Sack aus der Kehrichtsackanalyse multipliziert¹. Für das Jahr 2022 kamen zusätzlich die gemeindespezifischen Mittelwerte der Sackgewichte als Kontrollgrösse zum Einsatz. Die eher kleine Stichprobengrösse der Kehrichtsackanalyse für die Berechnung der durchschnittlichen Sackgewichte erfordern jedoch eine vorsichtige Interpretation der Ergebnisse [2].

2.2.2.2 Verschiedene Sackgewichte und ihre Auswirkungen auf die Berechnung

Zur Berechnung der Haushaltskehrichtmenge pro Person wurden die Verkaufszahlen der Gebührensäcke mit den durchschnittlichen Gewichten pro Sack, die aus der Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2022 [2] hervorgehen, multipliziert. Die Kehrichtsackanalyse unterschied zwischen einem bevölkerungsgewichteten und ungewichteten Mittelwert für das Sackgewicht. Der bevölkerungsgewichtete Mittelwert hat dabei einen Erwartungsbereich von ± 0.7 bis ± 3.5 kg, wie in Tabelle 1 ersichtlich.

| | Bevölkerungsgewichtet | Ungewichtet | Stadt Basel |
|------------|---|-----------------|-----------------|
| Sackgrösse | Mittelwert \pm Erwartungsbereich [kg] | Mittelwert [kg] | Mittelwert [kg] |
| 17 l | 2.3 \pm 0.7 | 2.5 | 2.93 |
| 35 l | 4.2 \pm 1.0 | 4.7 | 5.35 |
| 60 l | 6.1 \pm 1.8 | 6.6 | 7.38 |
| 110 l | 7.1 \pm 3.5 | 8.4 | 0 |

Tabelle 1: Sackgewichte (bevölkerungsgewichtet und ungewichtete) der vier Sackgrössen aus der Kehrichtsackanalyse 2022 [2] und der Kehrichtzusammensetzung Stadt Basel 2021 [6]

Die Stadt Basel hat im Jahr 2021 ebenfalls eine Studie zur Kehrichtzusammensetzung durchgeführt. Dabei war die Stichprobengrösse deutlich grösser (BAFU 2012: 125 Säcke gesammelt, 42 Säcke gewogen, Basel: 600 Säcke gesammelt, 596 Säcke gewogen) und die Sackgewichte sind teilweise über dem positiven Erwartungsbereich der Sackgewichte aus der KSA-Analyse. Eine solche Spannweite bei den Sackgewichten hat auch einen Einfluss auf die Robustheit der berechneten Menge des Abfalls aus Haushalten anhand von Gebührensackverkäufen.

Abbildung 17 verdeutlicht diesen Einfluss der verschiedenen Sackgewichte auf die pro Person berechnete Menge des Abfalls aus Haushalten, dargestellt anhand der Daten eines einzelnen Zweckverbandes. Die Abbildung zeigt die Abfallmenge pro Person basierend auf dem minimalen und maximalen Erwartungsbereich des bevölkerungsgewichteten Sackgewichts sowie basierend auf dem ungewichteten Sackgewicht. Für die nachfolgenden Berechnungen wurde der bevölkerungsgewichtete Mittelwert verwendet. Die Mengenangaben stellen Schätzwerte dar, die eine Annäherung an die tatsächliche Abfallmenge, durch die verkauften

¹ Die Gewichtsdaten von 2012 und 2022 wurden interpoliert und für die Berechnung der Gesamtmenge an brennbarem Siedlungsabfall aus Haushalten verwendet. Da der bevölkerungsgewichtete Mittelwert nur im Jahr 2022 vorhanden ist, wurde dafür derselbe jährliche Wachstumsfaktor angenommen, wie beim ungewichteten Mittelwert und die durchschnittlichen bevölkerungsgewichtete Mittelwerte auf die Jahre davor zurückgerechnet.

Gebührensäcke, repräsentieren. Sie können jedoch aufgrund ihrer Unschärfe und aufgrund des fehlenden repräsentativen Datensets nicht als genau angesehen werden.

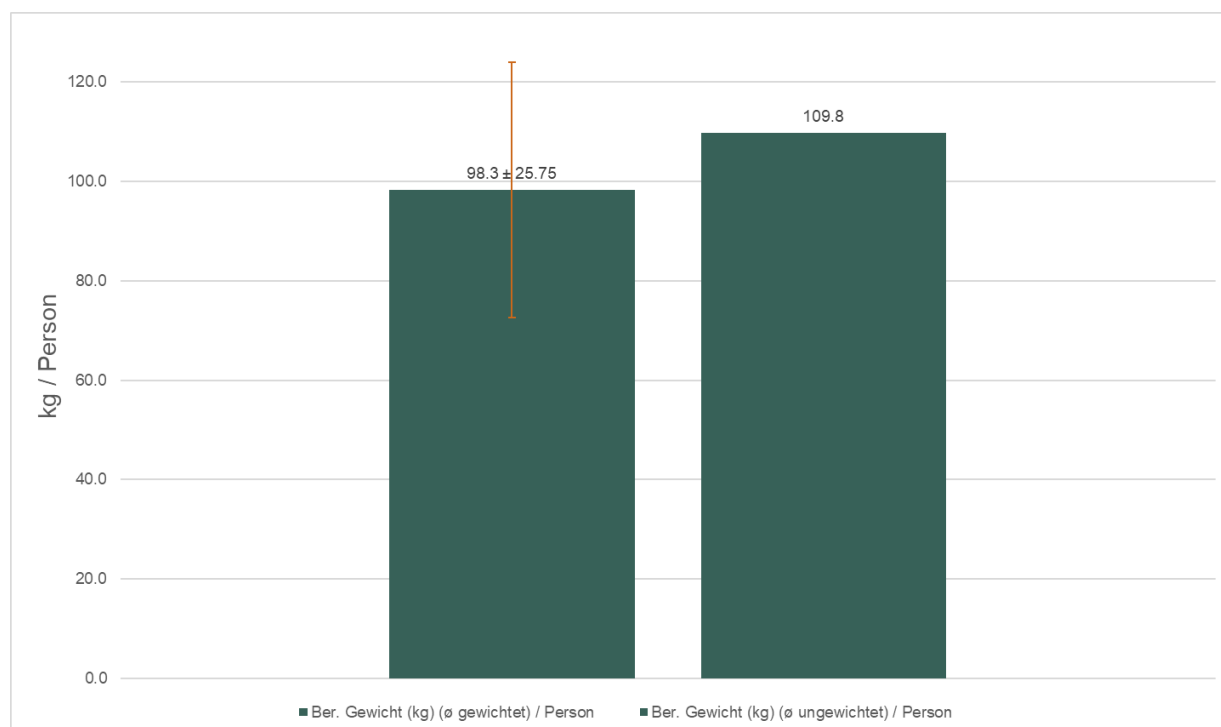


Abbildung 17: Mengenermittlung des Abfalls aus Haushalten pro Person mit unterschiedlichen Sackgewichten am Beispiel eines Zweckverbandes im Jahr 2022

2.2.2.3 Entwicklung und Mengenermittlung einzelner Gemeinden

In diesem Kapitel werden nur diejenigen Gemeinden betrachtet, die nicht über einen Zweckverband organisiert sind und damit gemeindespezifische Daten zu den Verkaufszahlen ihrer Gebührensäcke zur Verfügung stellen konnten. Es handelt sich hierbei nur um vier Gemeinden, weswegen die Repräsentativität der Ergebnisse stark eingeschränkt ist. Zwei der vier Gemeinden bieten zudem neben Gebührensäcken noch zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten für Haushalte an.

Verteilung und Entwicklung der verschiedenen Gebührensäcke

Gebührensäcke werden üblicherweise in vier verschiedenen Größen angeboten: 17 Liter, 35 Liter, 60 Liter und 110 Liter. Die 35 Liter-Säcke werden am häufigsten verkauft.

Für die Darstellung in Abbildung 18, welche die Entwicklung des Sackvolumens der pro Kopf verkauften Gebührensäcke zeigt, wurden die Mittelwerte der vier Gemeinden berechnet. Eine dieser Gemeinden verfügt jedoch erst seit 2016 über entsprechende Daten, weshalb die Abbildung nur den Zeitraum von 2016 bis 2022 abdeckt. Der Anteil der kleineren Säcke (17 Liter und 35 Liter) ist im Vergleich zu den grösseren Säcken (60 Liter und 110 Liter) deutlich höher.

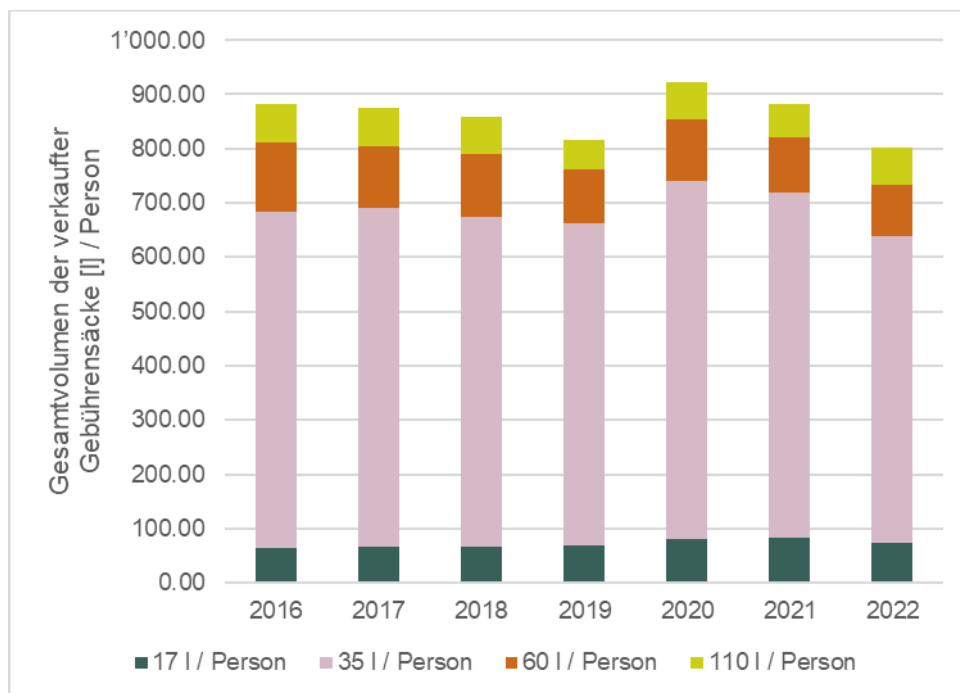


Abbildung 18: Mittelwert des Sackvolumens der verkauften Gebührensäcke pro Person und Jahr in den vier Gemeinden

Abbildung 19 stellt die relative Veränderung der pro Person verkauften Gebührensäcke dar, wobei ersichtlich wird, dass insbesondere die Verkaufszahlen pro Person der 17 Liter und 35 Liter Säcke im Betrachtungszeitraum mit Ausnahme vom Jahr 2022 entweder angestiegen oder konstant geblieben sind. Es ist interessant, dass trotz jährlichen Schwankungen, ein Trend zu kleineren Sackgrössen besteht, während die grösseren Säcke eine abnehmende Tendenz aufzeigen, denn der Verkauf der grösseren 60 Liter und 110 Liter Säcke hat im gleichen Zeitraum relativ betrachtet abgenommen. Diese machen jedoch nur einen geringen Anteil der Gesamtmenge aus. Es ist zudem anzunehmen, dass gerade die grösseren Säcke vermehrt auch von kleineren Unternehmen und nicht von Haushalten genutzt werden. Es ist also möglich, dass kleinere Unternehmen ihre Entsorgungswese anpassen.

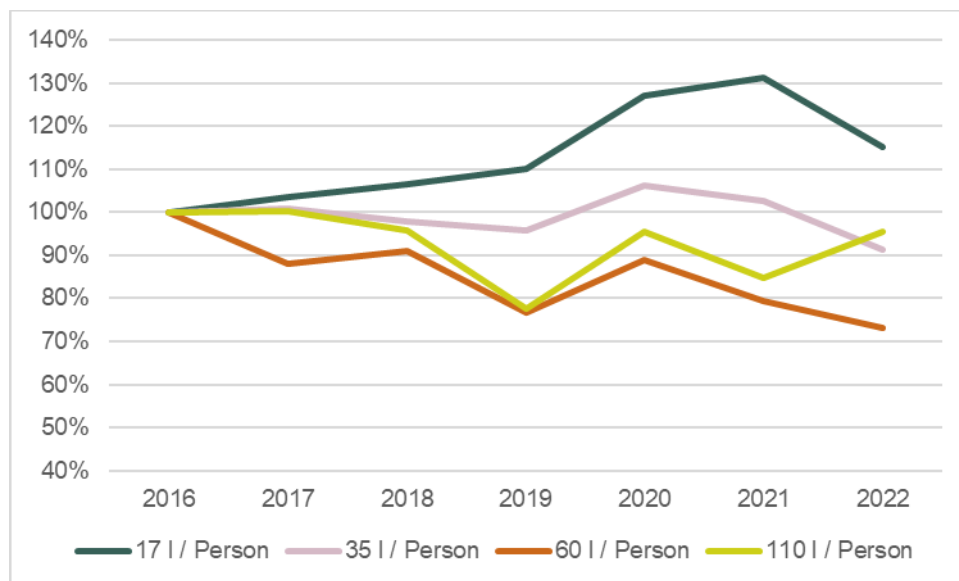


Abbildung 19: Relative Entwicklung der Mittelwerte der Anzahl verkaufter Gebührensäcke pro Person und Jahr der vier Gemeinden

Haushaltskehricht pro Person

Abbildung 20 stellt das aus den verkauften Säcken abgeleitete Gewicht des Haushaltskehrichts pro Person in den vier untersuchten Gemeinden für das Jahr 2022 dar. Für die Berechnung dieser Werte wurden die Verkaufszahlen der Gebührensäcke mit den jeweiligen durchschnittlichen Sackgewichten multipliziert und summiert und anschliessend durch die Einwohnerzahl der jeweiligen Gemeinde dividiert.

Die türkisenen Balken in Abbildung 20 zeigen die geschätzte Abfallmenge pro Person basierend auf dem bevölkerungsgewichteten Sackgewicht sowie dem minimalen und maximalen Erwartungsbereich. Zum Vergleich wurden die Gebührensackverkäufe der jeweiligen Gemeinden mit ihren spezifischen Sackgewichten aus der erfolgten Stichprobe in der Kehrichtsackanalyse multipliziert und als grüner Punkt dargestellt. Dabei ist ersichtlich, dass gerade bei diesen vier Gemeinden bei der Berechnung mit dem bevölkerungsgewichteten Sackgewicht tendenziell eine Unterschätzung der anfallenden Abfallmenge aus Haushalten resultiert.

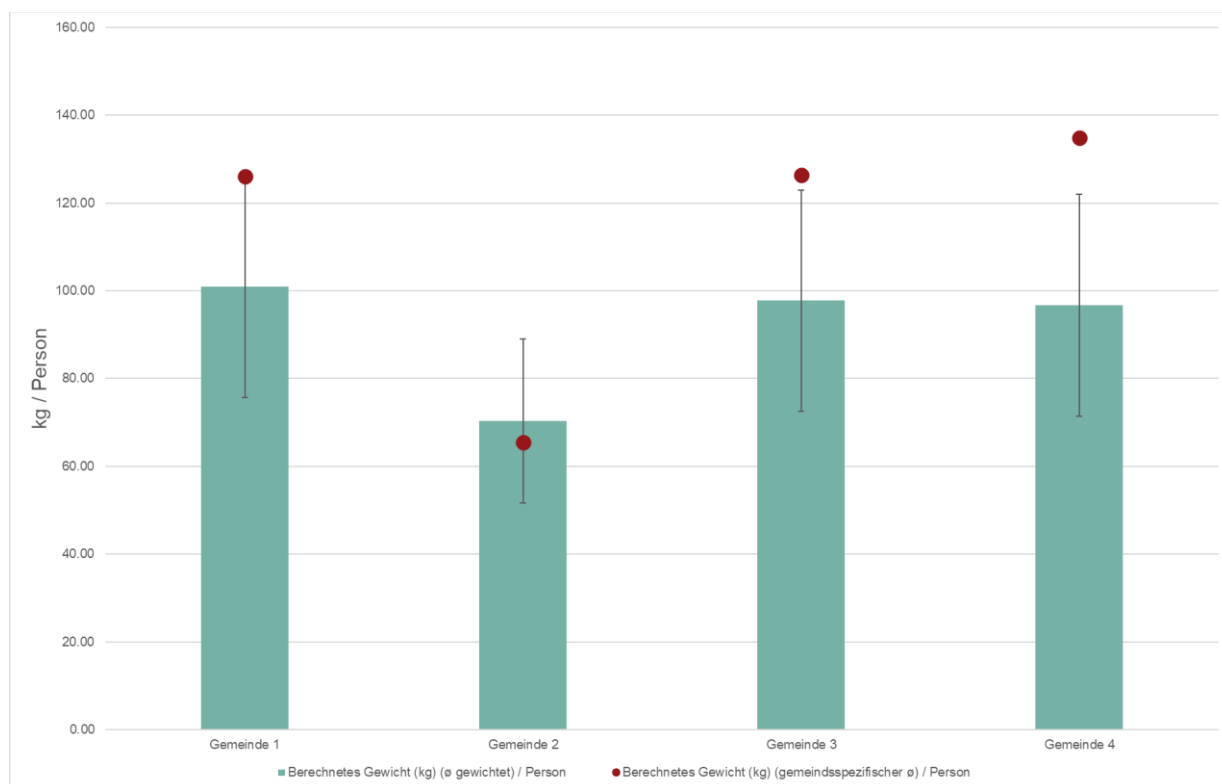


Abbildung 20: Schätzung Haushaltskehricht pro Person der vier Gemeinden im Jahr 2022 mit verschiedenen Sackgewichten

Entwicklung des Gewichts über die letzten 10 Jahre

Die Analyse des berechneten Gewichts des Haushaltskehrichts pro Person über einen Zeitraum von zehn Jahren zeigt in den betrachteten Gemeinden eine trotz jährlicher Schwankungen grundsätzlich stabile Entwicklung. Es ist zu beachten, dass Gemeinde 1 und 2, die in Abbildung 21 gestrichelt dargestellt sind, zusätzlich zu den Gebührensäcken auch andere Entsorgungsmethoden, wie Container oder gewichtsbasierte Gebühren anbieten, was die Vergleichbarkeit erschwert.

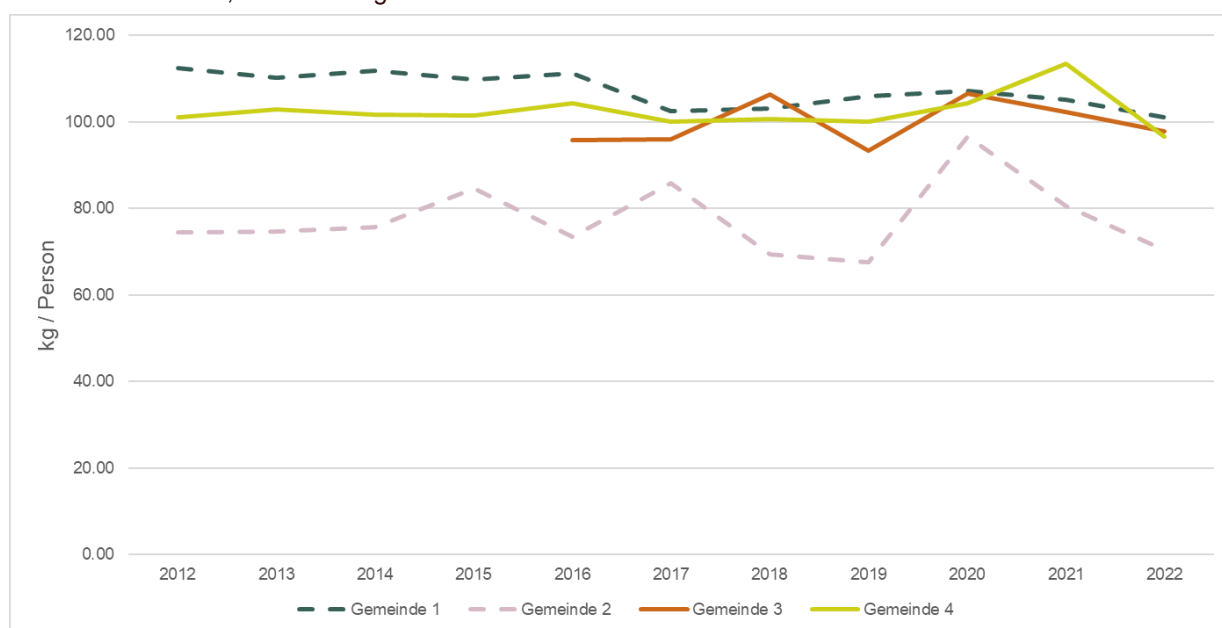


Abbildung 21: Schätzung brennbarer Abfall aus Haushalten pro Person; die gestrichelten Linien sind Gemeinden, die zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten für Haushalte haben, die nicht über Gebührensäcke gehen

Die Abschätzung des Haushaltskehrichtgewichts basierend auf den Verkaufszahlen von Gebührensäcken in den jeweiligen Gemeinden beinhaltet verschiedene Unsicherheitsfaktoren. Die kleine und nicht repräsentative Stichprobengrösse, die Mischung der Entsorgungsstrategien zwischen Sackgebühren und gewichts-basierten Gebühren sowie die breite Varianz im erwarteten Gewichtsbereich tragen dazu bei, dass die tatsächlichen Abfallmengen wohl tendenziell unterschätzt werden. Obwohl sich die Sackgewichte in den letzten 10 Jahren reduzierten, lässt sich aus den Gebührensackverkäufen keine eindeutige Abnahme des brennbaren Abfallaufkommens der Haushalte feststellen.

2.2.2.4 Entwicklungen und Mengenermittlung einzelner Zweckverbände

Viele der befragten Gemeinden sind in Zweckverbänden organisiert. Innerhalb dieser Verbände wird ein einheitlicher Gebührensack verwendet. Dies führt dazu, dass die verkauften Mengen nicht auf die einzelnen Mitgliedsgemeinden zugeordnet werden können. Deswegen erfolgten die Mengenermittlung und Analyse der Abfallentwicklung in diesem Kapitel auf der Ebene der Zweckverbände. Dazu wurden Daten von 8 Verbänden analysiert. Es konnten jedoch nicht alle Verbände die Daten über die letzten 10 Jahre liefern.

Verteilung und Entwicklung der verschiedenen Gebührensäcke

Die Verteilung der verschiedenen Gebührensäcke ist ähnlich wie bei den Gemeinden. Auch hier machen die 35 Liter-Säcke den grössten Anteil am Gesamtvolumen der verkauften Gebührensäcke aus. Abbildung 22 zeigt die Verteilung der verschiedenen Sackgrössen am Gesamtvolumen der verkauften Gebührensäcke am Beispiel eines einzelnen Zweckverbandes.

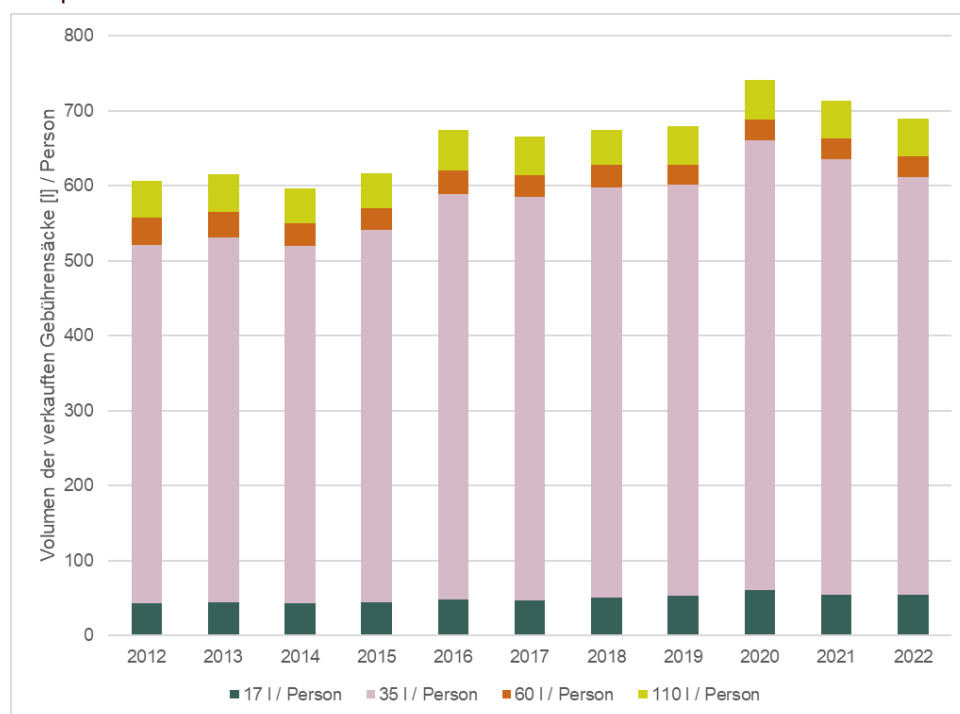


Abbildung 22: Verteilung der verkauften Gebührensäcke am Beispiel eines einzelnen Zweckverbandes

In Abbildung 23 wird die relative Entwicklung der verkauften Gebührensäcke dargestellt. Die kleineren Gebührensäcke, speziell die oft vorkommenden 17 Liter und 35 Liter, zeigen ähnlich wie bei den Gemeinden, eine Zunahme in den Verkaufszahlen. Im Gegensatz dazu verzeichnen die grösseren Säcke mit 60 Litern und 110 Litern eine abnehmende oder gleichbleibende Tendenz.

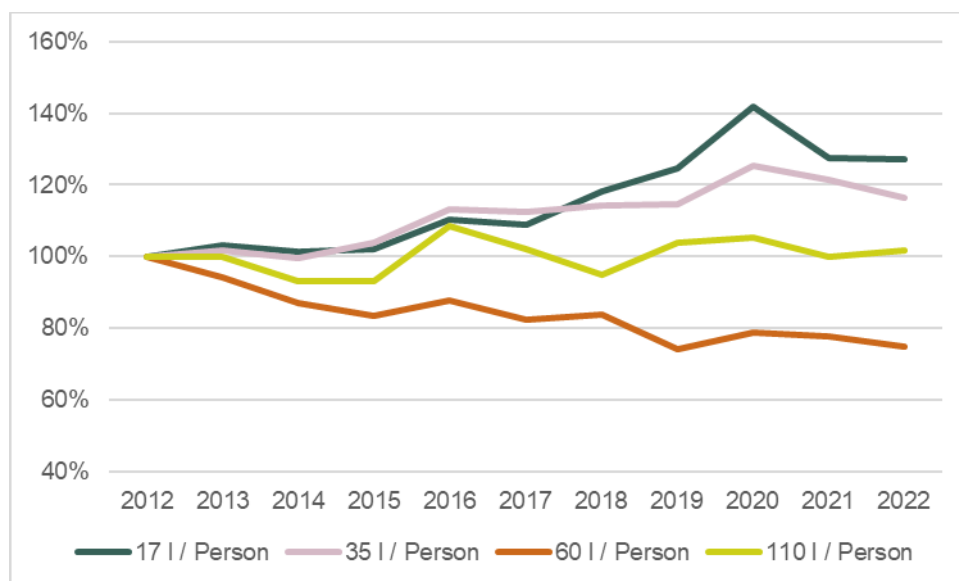


Abbildung 23: Anzahl Säcke / Person am Beispiel eines Zweckverbandes

Abbildung 23 veranschaulicht die Entwicklung der verkauften 35 Liter Gebührensäcke pro Person in verschiedenen Zweckverbänden über die letzten 10 Jahre. Die Verkaufszahlen in den meisten Verbänden zeigen einen Aufwärtstrend, doch die unterschiedlichen Entsorgungssysteme beeinflussen die direkte Vergleichbarkeit der Daten. Dies ist in Abbildung 24 klar ersichtlich. Die verkauften 35 Liter Säcke pro Person unterscheiden sich je nach Verband um 16 Stück pro Person. Die Unterschiede zwischen den Zweckverbänden sind sehr gross. Die Zweckverbände 2,5,6 und 7 sind gestrichelt dargestellt, da sie neben den Gebührensäcken auch alternative Entsorgungsoptionen für brennbare Abfälle aus Haushalten anbieten. Dadurch kann sich die Anzahl verkaufter 35 Liter Gebührensäcke stark unterscheiden. Ein Zweckverband hat zudem nur Gebührenmarken, die in unterschiedlicher Anzahl auf die jeweiligen Sackgrössen geklebt werden können. Das heisst, es gibt keine Aufteilung auf die jeweiligen Sackgrössen und keine Angaben zu den verkauften Säcken je Grösse. Für die Berechnung des Gewichts wurde die Verteilung der Sackgrössen bei den anderen Zweckverbänden berechnet und daraus ein mittleres Sackgewicht je Marke abgeleitet.

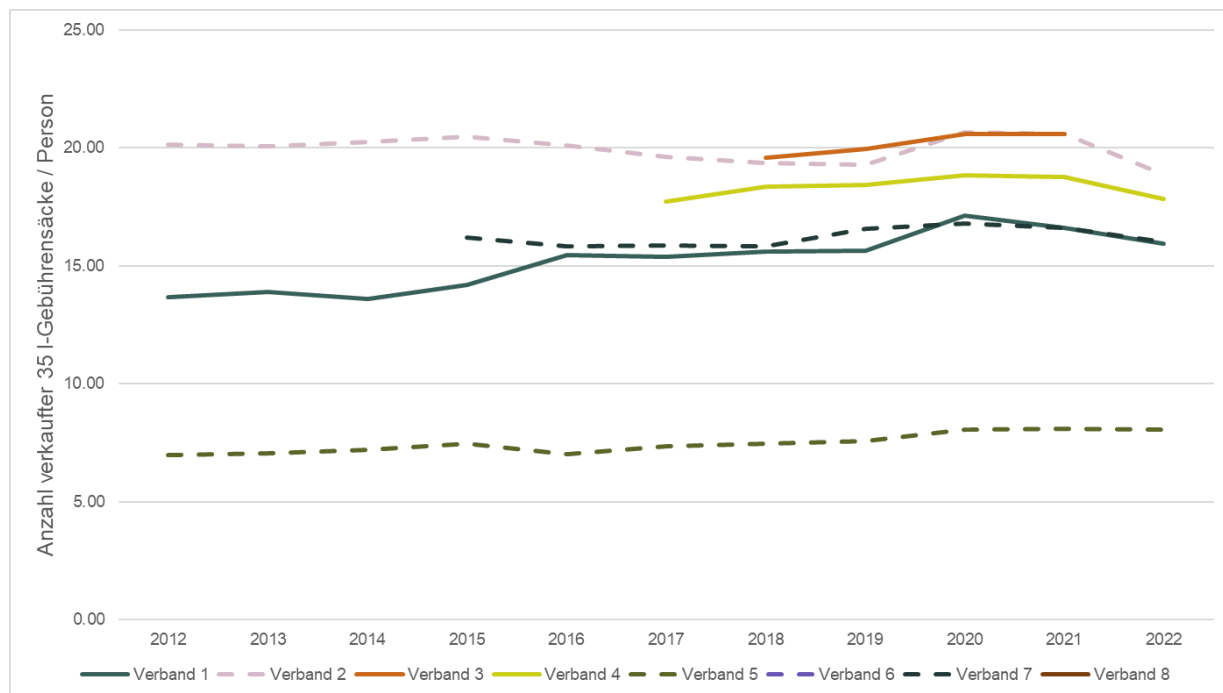


Abbildung 24: Entwicklung der verkauften 35 l- Gebührensäcke / Person der 8 Verbände über die letzten 10 Jahre. Verband 8 konnte nur Daten aus dem Jahr 2022 angeben und ist deswegen in dieser Grafik nicht abgebildet

Haushaltskehricht pro Person

Abbildung 25 stellt die berechneten Gewichte des Haushaltskehricht in den 8 Zweckverbänden für das Jahr 2022 dar. Ein Zweckverband konnte die Daten nur bis zum Jahr 2021 liefern, weswegen von diesem Zweckverband im Jahr 2022 kein Gewicht berechnet werden konnte. Wie schon bei den Gemeinden wurden für die Berechnung dieser Werte die Verkaufszahlen der Gebührensäcke mit den jeweiligen durchschnittlichen Sackgewichten multipliziert und summiert und anschliessend durch die Einwohnerzahl des jeweiligen Verbandes dividiert.

Die orangen Punkte stellen zudem die Berechnung mit dem minimalen und maximalen Erwartungsbereich dar, und zeigen die Spannweite der geschätzten Menge auf. Wie schon bei den Gemeinden, bieten die Zweckverbände mit einem schraffierten Balken neben den Gebührensäcken auch weitere Entsorgungsmöglichkeiten für Abfälle aus Haushalten an (bspw. Marken, Containerleerungen etc.).

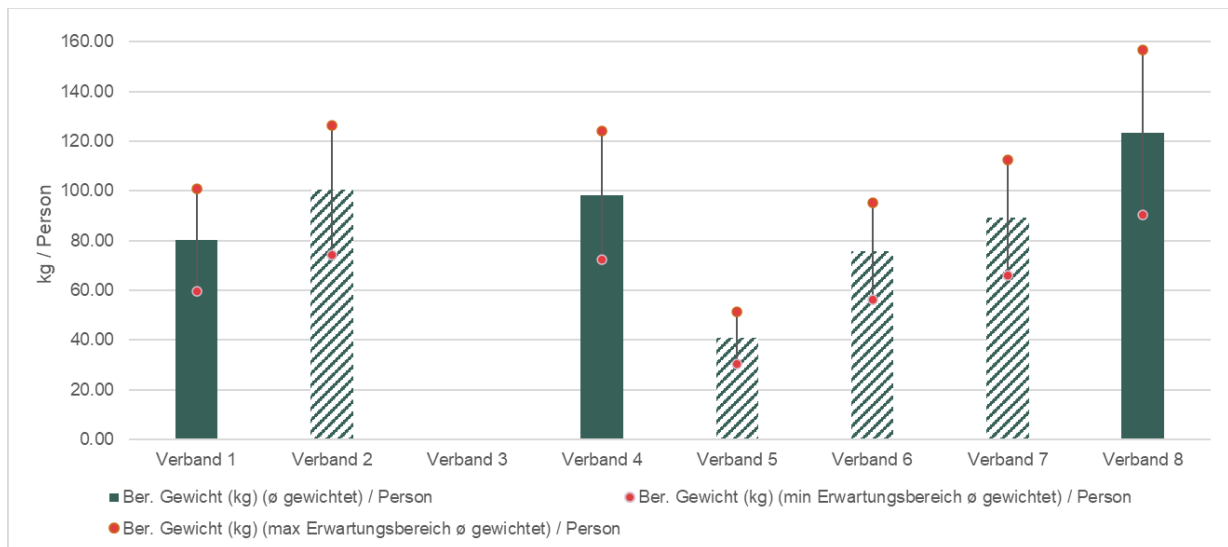


Abbildung 25: Schätzung Haushaltskehricht pro Person Zweckverbände im Jahr 2022

Entwicklung des Gewichts über die letzten 10 Jahre

Die Auswertung der berechneten Abfallmengen pro Person über die letzten zehn Jahre hinweg zeigt, dass die pro-Kopf-Menge der brennbaren Haushaltsabfälle in einigen Verbänden moderat zunehmen, während sie in anderen weitgehend konstant bleibt. Zudem sieht man auch den leichten Rückgang im Jahr 2022, das aufgrund verschiedener Ereignisse als aussergewöhnlich eingestuft werden kann. Diese Beobachtung könnte darauf hindeuten, dass sich die Mengen der brennbaren Abfälle aus Haushalten auf nationaler Ebene in ähnlicher Weise entwickelt haben und insgesamt stabil geblieben sind.

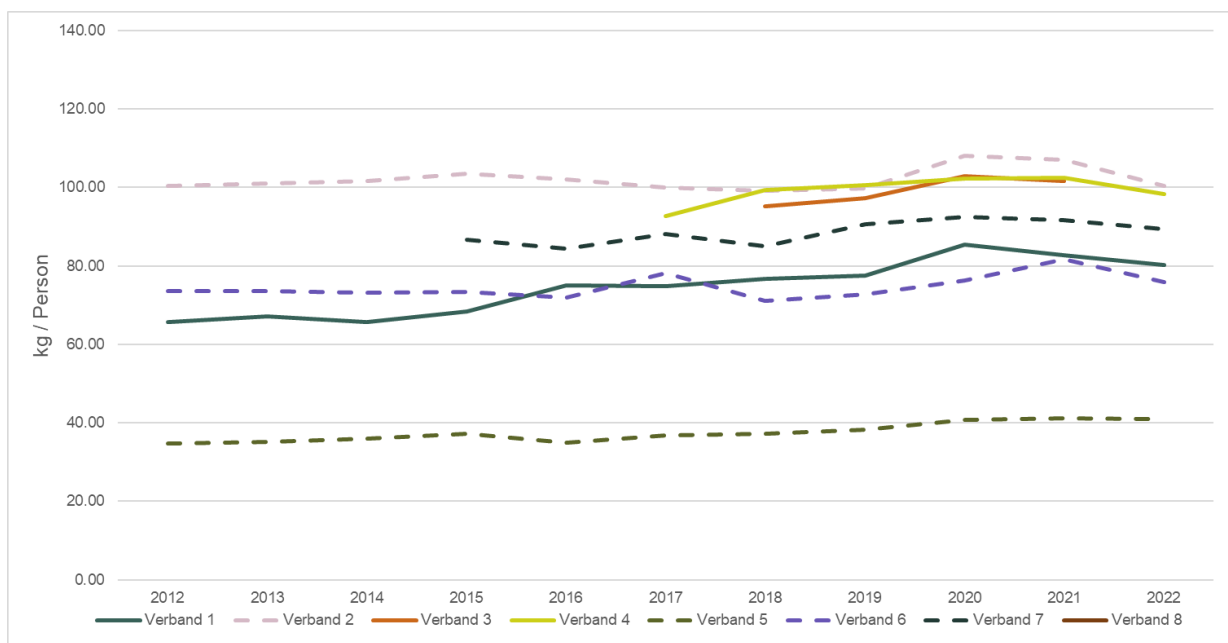


Abbildung 26: Schätzung brennbarer Abfall aus Haushalten pro Person; die gestrichelten Linien sind Zweckverbände, die zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten für Haushalte haben, die nicht über Gebührensäcke gehen

2.2.2.5 Gebührensäcke als Indikator

Die verkauften Gebührensäcke könnten potenziell als Indikator für die Entwicklung des Abfallaufkommens in Haushalten dienen, allerdings erschweren vielfältige Entsorgungspraktiken auf kommunaler Ebene und die unterschiedlichen Entsorgungsmodelle eine einheitliche Datenerfassung für eine landesweite standardisierte Methode. Für die Entwicklung eines verlässlichen Indikators müssten Gemeinden ohne alternative Entsorgungsmodelle gewählt werden, um eine für die Schweiz repräsentative Stichprobe zu bilden.

Eine alternative Methode zur Erfassung des Abfallaufkommens könnte über die Hersteller der Gebührensäcke erfolgen. Allerdings ist derzeit die Datenerfassung bei den Produzenten uneinheitlich und nicht alle können verlässliche Angaben zu den verkauften Mengen von Gebührensäcken machen. Ein kritischer Aspekt wäre zudem die Schätzung, welcher Prozentsatz des Haushaltsabfalls tatsächlich über Gebührensäcke entsorgt wird und welcher über alternative Entsorgungsmodelle entsorgt wird, um die Daten korrekt interpretieren zu können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Nutzung von Gebührensackverkäufen als Indikator für das Abfallaufkommen von Haushalten ein interessanter Ansatz ist, der jedoch noch weiterverfolgt werden muss. Er alleine wird nicht die volle Aussagekraft bringen.

2.3 Erkenntnisse und potenzielle Massnahmen

Abbildung 27 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Abfallmengen je nach Herleitung. Die Säule «BAFU Siedlungsabfälle» stellt die Siedlungsabfälle dar, wie sie vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) mittels Zuordnung von 66 % der Direktanlieferungen berechnet werden. Sie beinhaltet Abfälle aus Haushalten, kleineren Unternehmen (mit weniger als 250 Vollzeitangestellten), die über die kommunale Sammlung aber auch über private Dienstleister entsorgen und Sperrgutmengen. Die Säule «neue E-GOV-Gruppierung» wurde in Kapitel 2.2.1 genauer beschrieben. Die Daten basieren auf den LVA-Codes der im E-GOV deklarierten Abfallströme. Die Säule «KVA kommunale Anlieferungen» basiert auf den Deklarationen der Kehrichtverbrennungsanlagen und schliesst alle Abfälle ein, die über den kommunalen Sammeldienst an die KVA geliefert werden, einschliesslich der Abfälle von Unternehmen, die über die kommunale Sammlung entsorgen, sowie brennbare Abfälle aus Werkhöfen und der öffentlichen Verwaltung.

Die Kehrichtsackanalyse [2] hat eine Menge Haushaltsabfälle pro Person berechnet. Diese basiert auf den von den Gemeinden gemeldeten Kehrichtmengen, wobei die Erfassungsmethode der Gemeinden nicht genauer analysiert wird. Der Sperrgutanteil wurde hierbei mittels eines gewichteten Durchschnitts aus den Daten der Gemeinden, die eine entsprechende Unterscheidung vornehmen konnten, herausgerechnet.

Die fünfte Säule zeigt die in dieser Studie aus den Gebührensackverkäufen hergeleiteten Mengen und erfasst ausschliesslich über Gebührensäcke entsorgte Abfälle. Diese Berechnungsmethode lässt andere Sammel-systeme ausser Acht und berücksichtigt diese anderweitig gesammelten Abfallmengen nicht.

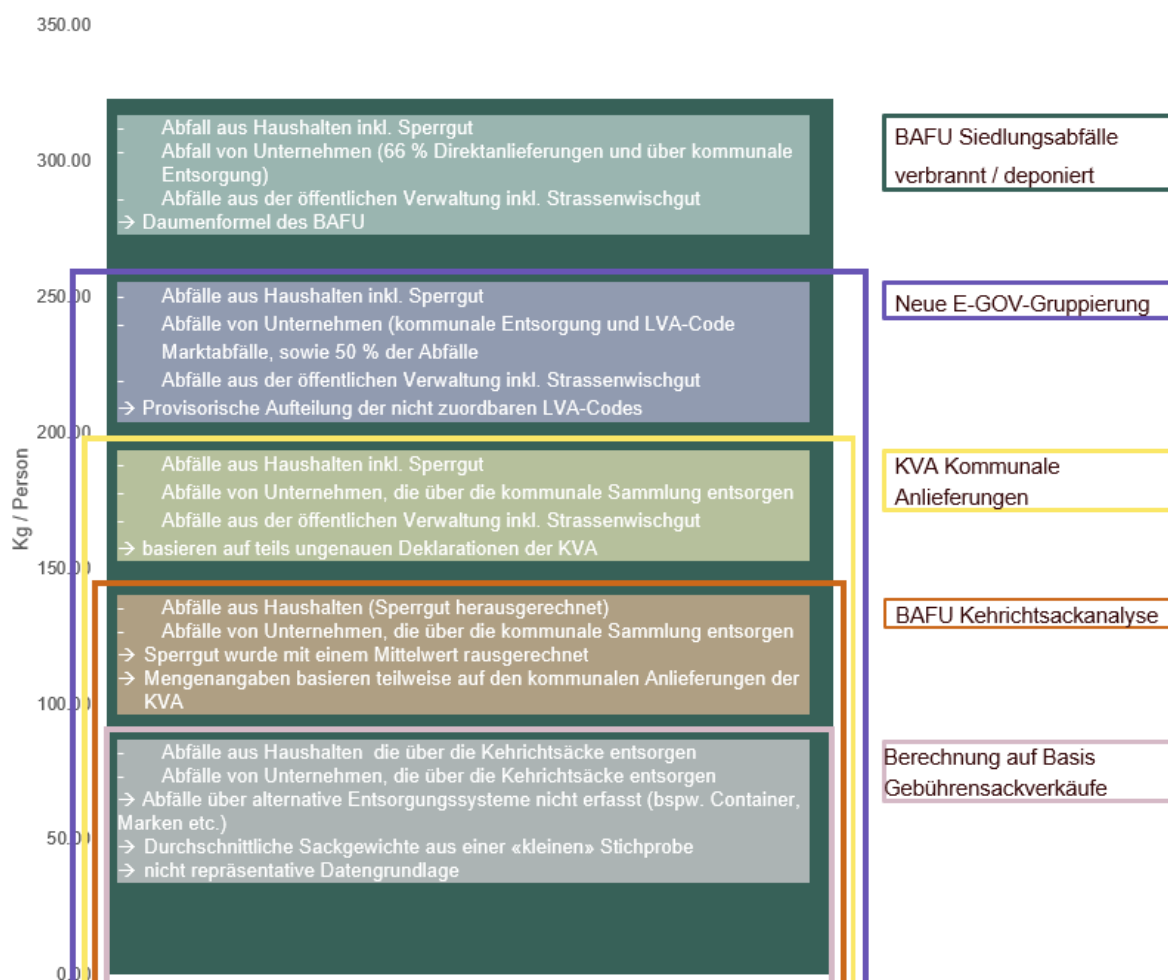


Abbildung 27: Darstellung der fünf verschiedenen Mengenangaben und Erklärungsansätze für deren Unterschiede

Massnahmen zur Förderung der stofflichen Verwertung beziehen sich oftmals entweder auf Haushaltsabfälle oder werden spezifisch für die Industrie konzipiert. Für die Berechnung von potenziellen Mengen bei der Förderung von Recyclingmassnahmen ist eine solide Datengrundlage essenziell. Die Verwendung von Daten zu Siedlungsabfällen führt zur Überschätzung des Haushaltskehrtrichts (66 % der Direktanlieferungen werden mitgezählt, d.h. auch Abfälle aus Unternehmen). Auch die Menge aus der Kehrtrichtsackanalyse könnte das Potenzial überschätzen (Mengenangaben der Gemeinden basieren teilweise auf den *kommunalen Anlieferungen* der KVA). Die Berechnungen anhand der Gebührensäcke führen hingegen zu einer Unterschätzung (unterschiedliche Entsorgungsmodelle führen zu fehlenden Daten). Deswegen sind weitere Untersuchungen notwendig (siehe Kapitel 6).

Die Untersuchungen der Datenerfassung zur Erstellung der Abfallstatistik haben gezeigt, dass die aktuellen Methoden zur Ermittlung der Abfallzahlen keine zufriedenstellende Grundlage bieten. Gleichzeitig wurde durch die Analyse der EGOV-Daten und den zahlreichen Interviews mit Branchenvertretern sowie durch die Analyse der Gebührensackverkäufe ein besseres Verständnis der Abfallkategorien geschaffen. Diese Erkenntnisse gilt es in die Erfassung der Abfallstatistik zu übertragen.

Ursprung der Ungenauigkeiten

Die bestehende Erfassung der Abfallstatistik, über die in der KVA angelieferten Mengen, unterliegen dabei der Unsicherheit, dass nicht das Abfallaufkommen an der Quelle erfasst wird, sondern am Zielort. Im Folgenden werden die gesammelten Erkenntnisse zu diesen Unsicherheiten zusammengefasst dargestellt.

Veränderung der Logistik beeinflussen die Ergebnisse

Die erfassten Kenngrössen *kommunale Anlieferung* und *sonstige Direktanlieferungen* hängen, wie in 2.1 gezeigt, von der Sammelstruktur im Einzugsgebiet und der Anlieferungslogistik zur KVA ab. So haben Verschiebungen im Anlieferungsmarkt in der letzten Dekade (bspw. Entbindung grosser Unternehmen vom Entsorgungsmonopol, Aufkommen von privaten Sammelzentren und Sortieranlagen) unter anderem zu sinkenden kommunalen Anlieferungen geführt. In Kapitel 2.2.2 wurde dem gegenüber gezeigt, dass bspw. der Verbrauch von Gebührensäcken (Abfallquelle) in ausgewählten Gemeinden tendenziell eher gestiegen ist, auch wenn dies weitere Untersuchungen erfordert. Dies deutet darauf hin, dass sich die wahrgenommenen Verschiebungen vermutlich hauptsächlich aus Veränderungen der Logistikkette ergeben haben.

Betrachtungshorizont:

In Kapitel 2.1.2 wurde gezeigt, dass der Betrachtungshorizont der Datenerfassung eine weitere Unsicherheit ist. Viele der Abfallkategorien, die in KVAs verbrannt werden, werden auch in industriellen Verbrennungsanlagen verbrannt. Beeinflusst von Energiepreisen und Wärmebedarf fanden in den vergangenen Jahren starke Entwicklungen in diesem Sektor statt, was voraussichtlich zu einem höheren Materialfluss zu diesen *alternativen Anlagen* geführt hat. Da die Abfallstatistik diese Anlagen noch nicht berücksichtigt entstehen Fehler.

So kann darüber spekuliert werden, ob 2022 weniger Abfall vorhanden war oder ob dieser nur aufgrund der Preisdynamik am Energiemarkt anderweitig verbrannt wurde (siehe Abbildung 8). Dafür spricht, dass der Rückgang der flexiblen *Direktanlieferungen* deutlich grösser war als der der *kommunalen Anlieferungen*.

Massnahmen und Empfehlungen

Die Unsicherheit in der Abgrenzung der Kategorien *Siedlungsabfälle* und *Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe* sollte nicht dazu führen, diese Kategorien nicht mehr zu erfassen und nur die Gesamtmenge zu betrachten, da die Entwicklung in den einzelnen Kategorien ein wichtiger Indikator für politische und wirtschaftliche Massnahmen ist. Es ist vielmehr ein genaueres und besseres Verständnis der Entwicklung in den

einzelnen Sektoren anzustreben. Zudem ist eine klare Benennung und Nachverfolgung der Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe anzustreben, um die Entwicklungen dieser Abfallmengen dem Diskurs zu öffnen.

Die detailliertere Erfassung der Abfallmengen im neuen EGOV-System kann, wie in Kapitel 2.2.1 gezeigt, die Grundlage für eine neue Berechnung der Kategorien bilden. Auch wenn dies weiterhin keine Messung an der Quelle ist, bietet die Erfassung der Abfallströme ein besseres Bild. Dabei sollten die industriellen Verbrennungsanlagen in die Betrachtung integriert werden, um ein möglichst vollständiges Bild der Entwicklungen zu zeigen. Weiterhin können darüber hinaus auch die Massenströme der privaten Sammelstellen und Sortieranlagen nachvollzogen werden, um die Entwicklung der Abfalllogistik nachvollziehen zu können.

Mit den EGOV-Daten des Jahres 2023 kann begonnen werden zeitliche Entwicklungen im neuen Erfassungssystem nachzuvollziehen. So können Thesen aus dem Kapitel 2.1 überprüft werden und eine neue Berechnungsformel der *Siedlungsabfälle* und *Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe* (wie in Kap. 2.2.1 vorgeschlagen) etabliert werden.

Zur Festigung der Datenlage sollten die Ideen aus Kapitel 2.2.2 zur regelmässigen Erfassung der Haushaltsabfälle tiefergehend geprüft werden. Eine jährliche Erfassung der verkauften Gebührensäcke mit ausgewählten repräsentativen Städten und Gemeinden könnte als **Leitindikator** für die Entwicklung der Haushaltsabfälle verwendet werden. Somit würden die Daten der Entsorgungsseite (EGOV) durch Daten der Aufkommenseite (Gebührensäcke Leitindikator) gestützt und plausibilisiert werden können.

Schliesslich ist es für eine Analyse der Entwicklungen des Abfallaufkommens entscheidend sämtliche Fraktionen des Abfallaufkommens zu erfassen. Dies könnte über die Erfassung der folgenden Kategorien erreicht werden. Die Recyclingkategorien liegen ausserhalb des Betrachtungshorizonts dieser Studie.

Vorschlag für Kategorisierung in einer zukünftigen Abfallstatik zur Abbildung des Abfallaufkommens:

- Siedlungsabfall Total
 - o Siedlungsabfall verbrannt (berechnet gemäss überprüfem Vorschlag aus Kap. 2.2.1)
 - o Siedlungsabfälle separat gesammelt und rezykliert (in dieser Studie nicht betrachtet)
 - o Siedlungsabfälle aus gemischten Abfällen rezykliert (in dieser Studie nicht betrachtet)
 - o Davon Haushaltsabfälle über einen Gebührensäcke-Leitindikator approximiert (wie in Kap. 2.1.5 beschrieben)
- Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe
 - o Verbrannt in KVA (berechnet gemäss überprüfem Vorschlag aus Kap. 2.2.1)
 - o Verbrannt in sonstigen Verbrennungsanlagen (EGOV)
 - o Rezyklierte Abfallmengen aus Bau, Industrie und Gewerbe (in dieser Studie nicht betrachtet)
- Klärschlamm
 - o Verbrannt in KVA (EGOV)
 - o Verbrannt in sonstigen Verbrennungsanlagen (EGOV)
- Sonderabfälle
 - o Verbrannt in KVA (VeVA, später EGOV)
 - o Verbrannt in speziellen Verbrennungsanlagen (EGOV)
- Importe zur Verbrennung
 - o Verbrannt in KVA (EGOV)
 - o Verbrannt in speziellen Verbrennungsanlagen (EGOV)

Bemerkung: Zur Wahrung der Vergleichbarkeit mit früheren Datenreihen sollten die traditionellen Berechnungsarten für eine Übergangszeit weitergeführt werden. Die vorgeschlagenen Kategorien sind als Ergänzung zu verstehen, die eine höhere Aussagekraft ermöglichen.

3. Korrelationsanalysen für Prognoseparameter

Ein Ziel dieser Studie ist es potenzielle Trends aus den bestehenden Daten abzuleiten und die Einflussparameter für zukünftige Abfallmengenprognosen zu überprüfen. Diese Abfallmengenprognosen werden unter anderem dafür verwendet, um die Grösse und Notwendigkeit in Neubauprojekten von KVA zu planen, oder das entwickelnde Potenzial von Recycling aus brennbaren Abfällen abzuschätzen.

Für diese Zwecke ist es vor allem relevant, die Entwicklung der für KVA relevanten brennbaren Abfälle zu untersuchen, welche sich in der Vergangenheit als Daten der verbrannten Abfallmengen in KVA ablesen lassen. Idealerweise würde also einer oder mehrere Prognoseparameter gefunden werden, welche die in KVA verbrannten Abfallmengen prognostiziert. Alternativ werden Korrelationen mit den Kategorien nahe am Abfallaufkommen untersucht und das KVA-Potenzial aus dieser Menge berechnet. Die in Kapitel 2.3 dargestellten Unsicherheiten zwischen Abfallaufkommen und den in KVA entsorgten Mengen sind diesbezüglich vermutlich ein entscheidender Faktor.

3.1 Vorgehen und Berechnungsmethode

Wenn eindeutige Korrelationen zwischen Einflussparametern und den Abfallmengen gefunden werden, kann daraus ein Modell zur Abschätzung der Abfallmengenentwicklung gefasst werden. Für die Prognose eines Wertes in der Zukunft können mehrere Wege gewählt werden, zwei davon werden im Folgenden kurz vorgestellt werden:

- **Direkte Korrelation mit prognostizierbaren Parametern:** Wenn der gesuchte Wert eine hohe Korrelation mit einem Parameter aufweist, der sich gut prognostizieren lässt, kann über diese Korrelation mit den prognostizierten Daten des Parameters der Wert vorhergesagt werden. [3]

Beispiel: Das Bevölkerungswachstum lässt sich gut prognostizieren. Sollten das Abfallaufkommen eine hohe Korrelation mit dem Bevölkerungswachstum aufweisen, kann anhand des prognostizierten Bevölkerungswachstums mit einer gewissen Genauigkeit auch die Abfallmenge prognostiziert werden.

- **Lag-Korrelation:** Wenn der gesuchte Wert eine hohe Korrelation mit der zeitlich verschobenen Zeitreihe eines Parameters aufweist, können aktuelle Daten des Parameters auf die Entwicklung des gesuchten Wertes schliessen lassen. [3]

Beispiel: Wenn das Abfallaufkommen mit einer Verzögerung von 10 Jahren eine hohe Korrelation mit dem Import von Matratzen aufweist, kann mit der heutigen Entwicklung der Matratzenimporte das Abfallaufkommen in 10 Jahren prognostiziert werden.

Beide Ansätze werden im Rahmen dieser Studie verwendet, um potenzielle Prognoseparameter aufzudecken.

Im Folgenden wird die verwendete Berechnungsmethode für die Korrelation theoretisch diskutiert und die getroffenen Entscheidungen an Beispielen dargestellt. Dies ist notwendig, da die Korrelationsanalyse bei Zeitreihen schnell zu hohen Korrelationswerten führen kann, welche aufgrund von missachteten Randbedingungen, wie beispielsweise normalverteilten und stationären (Kein Trend) Daten, nicht verwendet werden dürfen. Diese Diskussion wird exemplarisch anhand der Zeitreihen *BIP pro Kopf* und der *verbrannten (und deponierten) Abfallmengen in KVA* geführt. Es wird neben der verbrannten Abfallmenge noch die deponierte Menge hinzugezählt, da bis ins Jahr 2000 ca. noch Abfälle deponiert wurden.

In der Regel wird eine Korrelationsberechnung zwischen zwei Datenreihen mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten durchgeführt. Dieser bedarf per Definition eine **stationäre** (Kein Trend) und **normalverteilte** Datenbasis, ansonsten sind die Ergebnisse nur eingeschränkt aussagekräftig. In Abbildung 28 sind die beiden Zeitreihen dargestellt. Auf den ersten Blick entwickeln sich beide Zeitreihen seit 1995 sehr ähnlich, von 1995

bis 2023 hat sich das BIP pro Kopf und die Abfallmenge nahezu gleich stark entwickelt. Dies spiegelt auch der hohe Pearson-Korrelationskoeffizient von 0.95 wider.

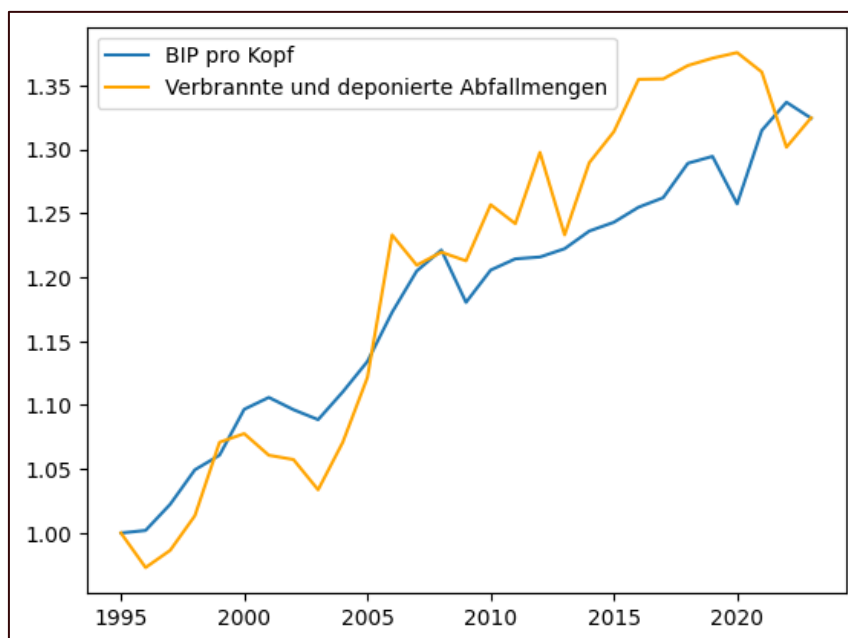


Abbildung 28: Normalisierte Datenreihe des BIP pro Kopf und der verbrannten Abfallmengen in KVA

Es ist allerdings auch auf den ersten Blick zu erkennen, dass die beiden Zeitreihen nicht stationär sind, da sie einen klaren Trend aufweisen. Um eine stationäre Zeitreihe der Daten zu erhalten, müssen die Daten differenziert werden. Das heisst, dass man anstatt der absoluten Werte die Wachstumsraten der beiden Zeitreihen verwendet. In Abbildung 29 sind die beiden Zeitreihen in differenzierter Form sowie differenziert und geglättet (rechts) dargestellt. Es zeigt sich, dass die Wachstumsraten keinen Trend mehr aufweisen. Weiterhin sind die Daten gemäss durchgeführter Probe normalverteilt. Somit kann auf diese Daten nun gemäss den Randbedingungen der Pearson-Koeffizient angewendet werden.

Die Wachstumsraten der beiden Zeitreihen sehen auf den ersten Blick nicht mehr sehr passend zueinander aus. In zahlreichen Jahren sinkt das BIP pro Kopf, während die Abfallmengen steigen und umgekehrt. Es ergibt sich ein Pearson-Korrelationskoeffizient von 0.18. Auch im über 7 Jahre geglätteten Datensatz zeigen sich noch deutliche Abweichungen, auch wenn die Glättung die Korrelation erhöht (0.34). Die Glättung wäre ein möglicher Kompromiss für die Korrelationsanalyse, zeigt in dem Fall aber keine guten Ergebnisse.

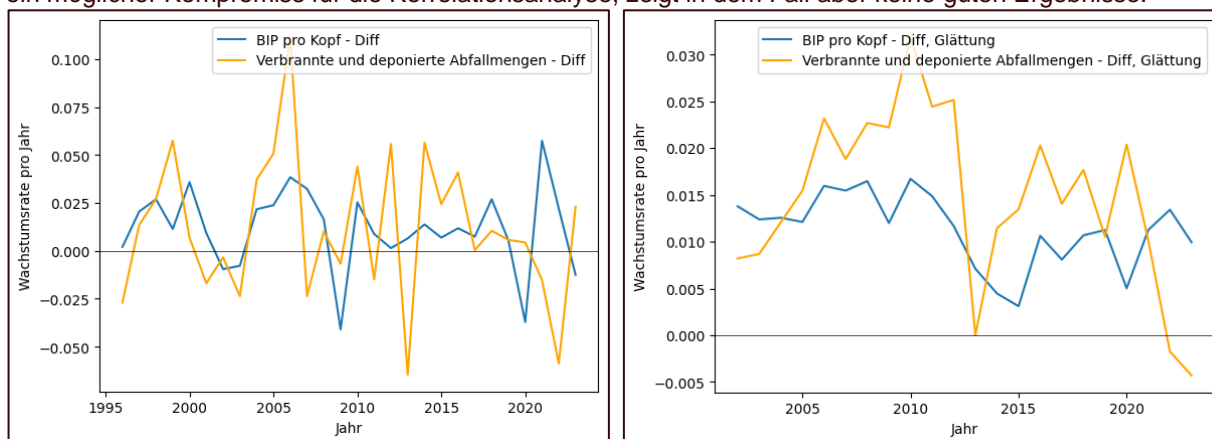


Abbildung 29: Differenzierte (links) und differenziert und geglättete Datenreihe des BIP pro Kopf und der Verbrannten Abfallmenge in KVA

Auf der Suche nach exakten kausalen Zusammenhängen zwischen Datenreihen sollte der gezeigte Ansatz mit Differenzierung (Wachstumsrate statt absoluten Zahlen) und anschliessender Verwendung des Pearson-Korrelationskoeffizienten gewählt werden.

Im ersten Schritt zur Prüfung der Korrelation zwischen den Abfallmengen und diversen sozioökonomischen Faktoren, wurde eine grosse Menge an sozioökonomischen Faktoren (Quelle: BfS) mit den verbrannten Abfallmengen verglichen (Abbildung 30). Die Masse der Parameter dient dem Auffinden eines guten Korrelationsparameters, wobei die Bedeutung der Parameter im ersten Schritt vernachlässigbar ist. Bei der Untersuchung wurde kein Faktor gefunden, der einen hohen Korrelationskoeffizienten nach dieser strengen Methodik zu der Entwicklung der Abfallmengen aufweist. So zeigen die in Abbildung 30 dargestellten Ergebnisse, dass kein einziger Faktor einen Korrelationskoeffizienten oberhalb von 0.35 aufweist, was für «keine Korrelation» spricht.

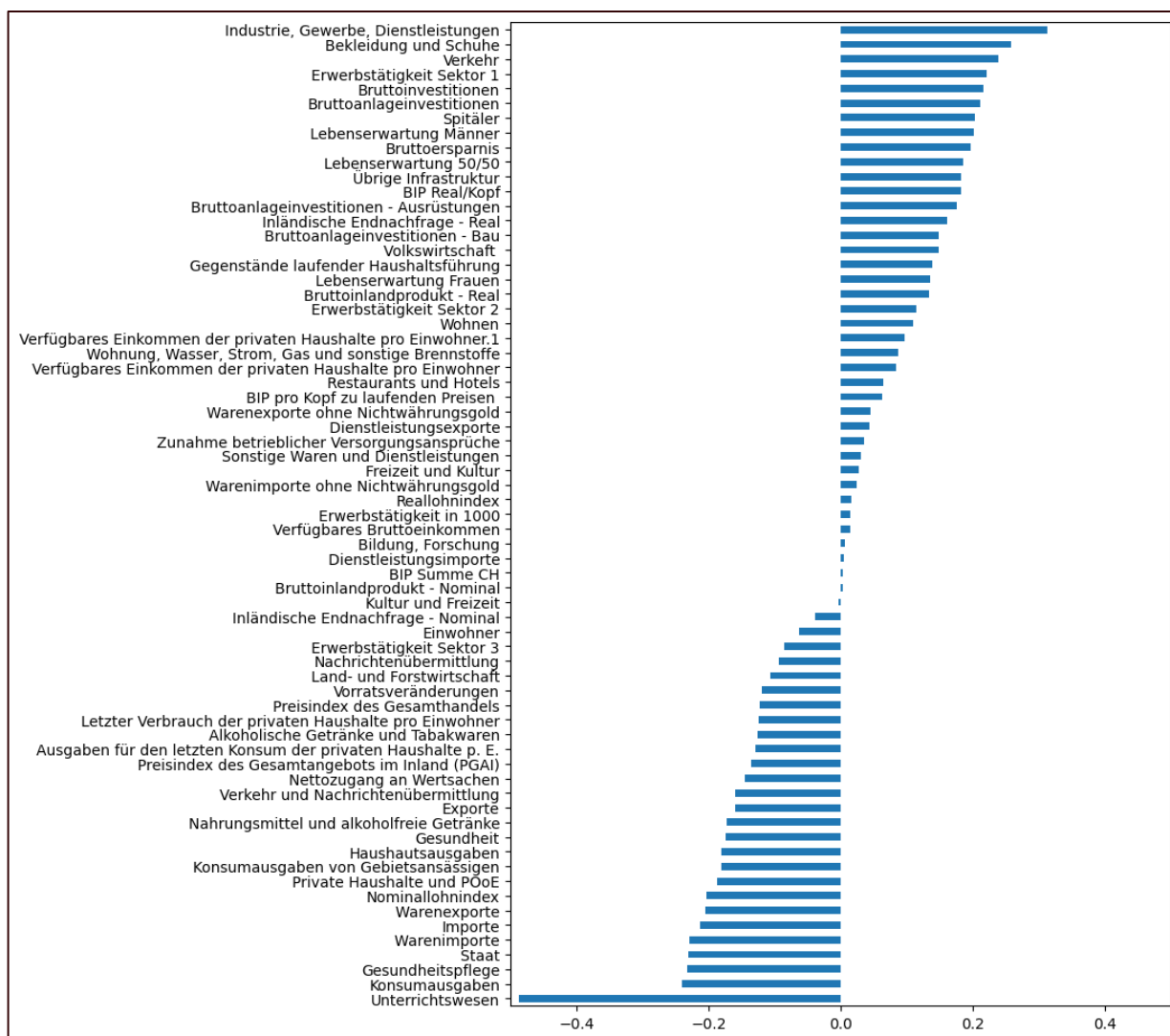


Abbildung 30: Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen den Abfallmengen und sozioökonomischen Faktoren (differenziert)

Es wurden auch Faktoren betrachtet, welche in früheren Studien [7] mit einem hohen Korrelationskoeffizienten (>0.95) ausgewiesen wurden. Es kann nicht nachvollzogen werden, welche Betrachtungsmethode in dieser Studie verwendet wurde.

Da die hier untersuchten Datenreihen eher als langfristige trendgebende Parameter untersucht werden und keine perfekten kausalen Zusammenhänge zu erwarten sind, kann von dem strengen Vorgehen abgewichen werden, solange diese Einschränkung bei der Auswertung der Ergebnisse in Betracht gezogen wird.

Alternativ zum Pearson-Koeffizient kann für Zeitreihen auch der Spearman-Korrelationskoeffizient verwendet werden. Dieser ist weniger anfällig gegenüber Ausreissern und kann mit Einschränkungen auch für Zeitreihen mit Trends verwendet werden. Dabei deutet ein hoher Spearman-Korrelationskoeffizient bei Nicht-Stationären Zeitreihen allerdings nicht an, dass ein direkter kausaler Zusammenhang besteht, sondern nur einem sehr ähnlichen Trend gefolgt wird.

Ziel der Korrelationsanalyse und der Prognosen ist es nicht, die exakten Abfallmengen für ein Jahr zu prognostizieren, sondern über viele Jahre im Mittel die richtige Entwicklung zu prognostizieren. Daher wurde für diese Analyse der Spearman-Korrelationskoeffizient gewählt und auf die undifferenzierten Zeitreihen angewendet.

3.2 Sozioökonomische Faktoren

3.2.1 Schweizer Abfälle in der KVA verbrannt

Im ersten Schritt werden die Korrelationen zwischen den verbrannten (und bis 2000 deponierten) brennbaren Abfällen und den sozioökonomischen Faktoren untersucht. Ein hohes Korrelationsergebnis lässt auf direkte Zusammenhänge zwischen den Faktoren schliessen.

Bei der Untersuchung der Abfallstatistiken in Zusammenhang mit den sozioökonomischen Faktoren gemäss vorgestellter Methodik mit dem Spearman-Koeffizient zeigt sich eine hohe Korrelation vieler Faktoren über den betrachteten Zeitraum (1995 bis 2022) mit den in KVA verbrannten Abfallmengen.

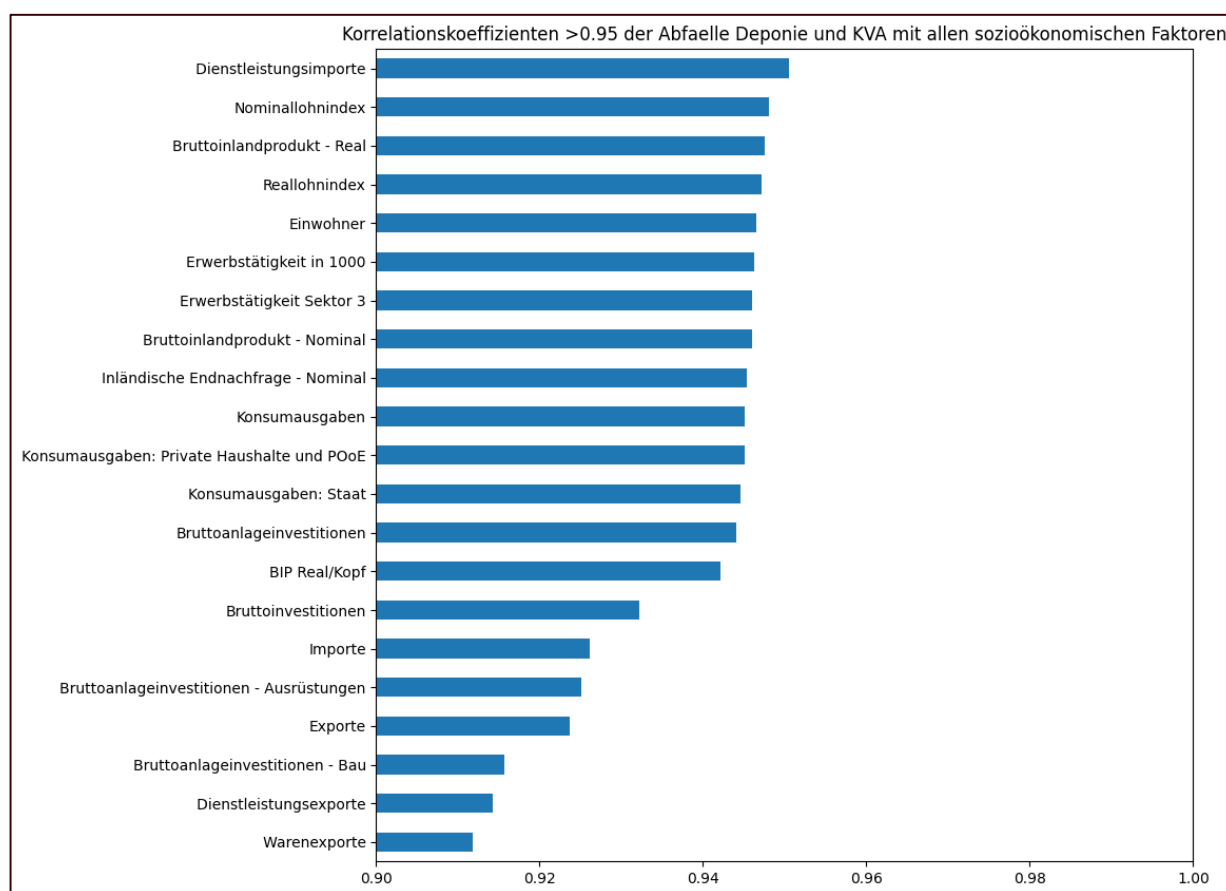


Abbildung 31: Sozioökonomische Faktoren mit einem hohen Korrelationskoeffizienten zur verbrannten Schweizer Abfallmenge seit 1995 (Quelle: BfS)

Um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen, muss die Korrelation weitergehend untersucht werden. Als Beispiel soll an dieser Stelle das Bruttoinlandprodukt – Nominal verwendet werden, welches die wirtschaftliche Entwicklung und Bevölkerungsentwicklung vereint und mit den verbrannten Abfallmengen verglichen werden. In der einfachen Korrelationsberechnung für den Zeitraum 1995 bis 2023 weisen die beiden Zeitreihen einen Korrelationskoeffizienten gemäss Spearman von 0.94 auf.

Eine Betrachtung zur Prüfung der Verhältnisse ist die rollierende Korrelation. Hierbei wird über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg die Korrelation für ein kleineres Zeitfenster (hier 7 Jahre) berechnet, um die Entwicklung der Korrelation zu analysieren. In Abbildung 32 ist die rollierende Korrelation des Bruttoinlandprodukts zur *verbrannten und deponierten Abfallmenge* dargestellt. Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Korrelation nicht konstant hoch ist, sondern bedeutend schwankt. In den Zeiträumen um 2015 gab es geringere Korrelationen. In den vergangenen Jahren ist die Korrelation dann sogar in den negativen Bereich gesunken.

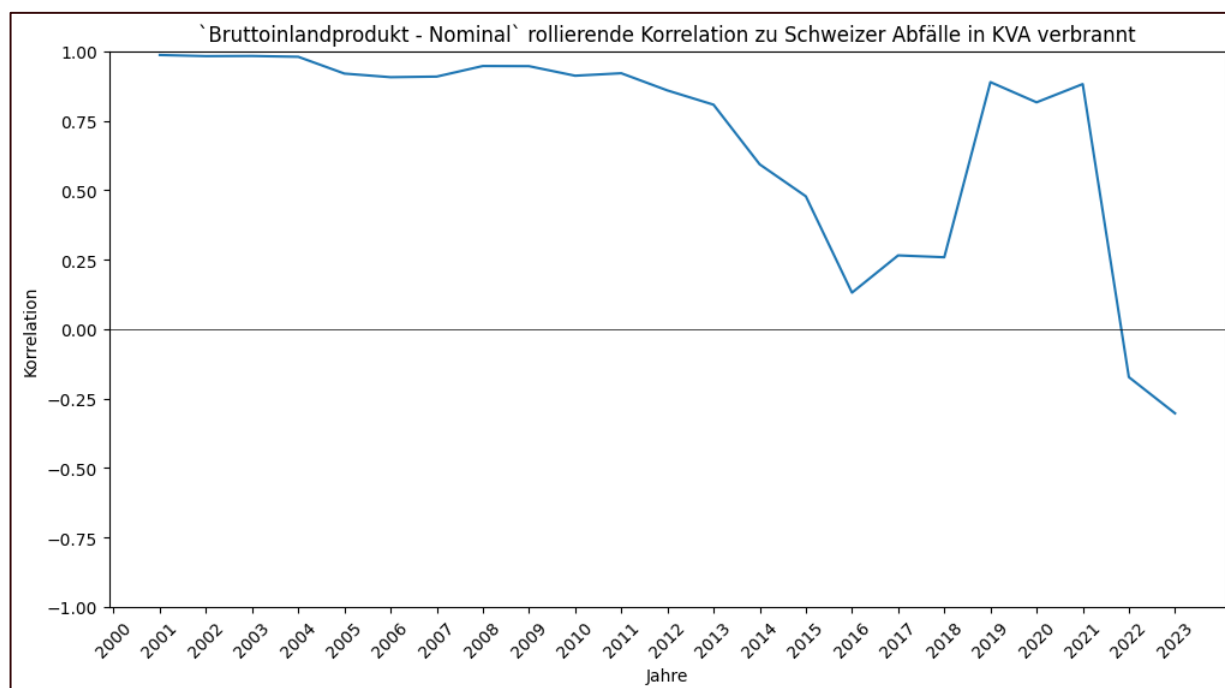


Abbildung 32: Rollierenden Korrelation des Bruttoinlandprodukt - Nominal zur verbrannten und deponierten Abfallmenge

Als weitere Betrachtung wurde eine Lag-Analyse, wie in 3.1 vorgestellt, durchgeführt. Diese prüft, ob die Zeitreihen eine zeitlich verzögerte Korrelation aufweisen. In Abbildung 33 sind die Ergebnisse dieser Analyse dargestellt. Es zeigt sich, dass bei einem Lag von -2 Jahren die höchste Korrelation gemessen wird. Dies bedeutet, dass die Entwicklung des Bruttoinlandprodukts mit gewisser Genauigkeit der Entwicklung des Abfallaufkommens um zwei Jahre vorherläuft.

Dieses Ergebnis ist allerdings auf die ausserordentlichen Entwicklungen der Abfallmengen in den letzten beiden Daten-Jahren zurückzuführen. In Abbildung 32 zeigt sich, dass die Korrelation in den letzten 2 Jahren stark gesunken ist. Die Lag-Analyse bei einem Lag von -2 verschiebt die Abfallmengen so, dass die letzten zwei Jahre der Abfallmengen nicht betrachtet werden, nur deswegen ist die Korrelation bei einem Lag von -2 höher als bei keiner Verschiebung. Dies zeigt sich daran, dass die Daten bei einer Betrachtung bis 2020 keine höhere Korrelation mit einem Lag zeigen.

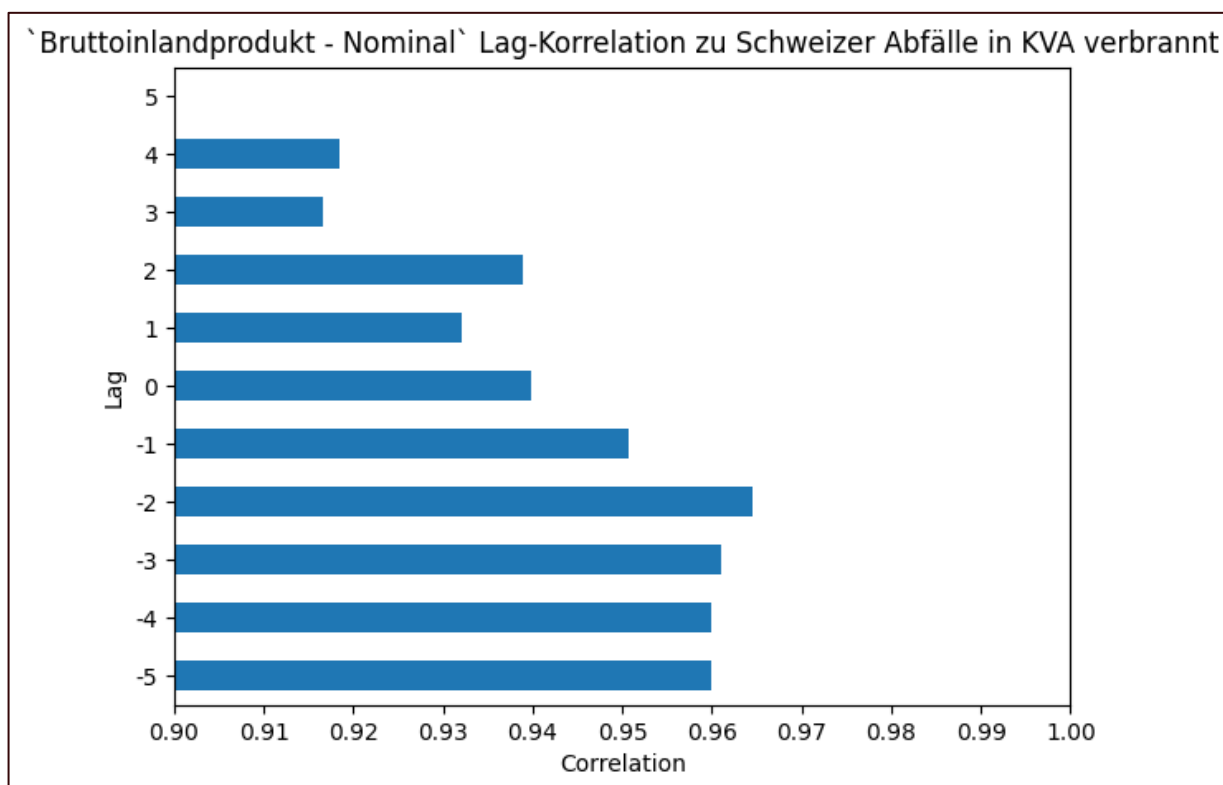


Abbildung 33: Lag-Korrelation des Bruttoinlandprodukt - Nominal zur verbrannten und deponierten Abfallmenge

Die genauere Betrachtung mit Lag-Analyse und rollierender Korrelation hat gezeigt, dass die Entwicklung im langfristigen Mittel durch den sozioökonomischen Faktor Bruttoinlandprodukt nominal relativ gut wiedergegeben wurde, diese Korrelation aber über viele Jahre hinweg auch in Bereichen liegt, die keinen Zusammenhang vermuten lässt und das berechnete Korrelationen (Beispiel Lag -2) von einzelnen Daten abhängen.

Dies gilt nicht nur für das Bruttoinlandprodukt, sondern für die meisten sozioökonomischen Faktoren. In Abbildung 34 sind sämtliche berechneten rollierenden Korrelationen (siehe Abbildung 32) gruppiert worden, um eine Übersicht der rollierenden Korrelation zu erhalten. Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie für den einzelnen Faktor des Bruttoinlandprodukts. Da das BIP viele Schnittstellen mit den anderen sozioökonomischen Faktoren aufweist, ist dies nicht überraschend.

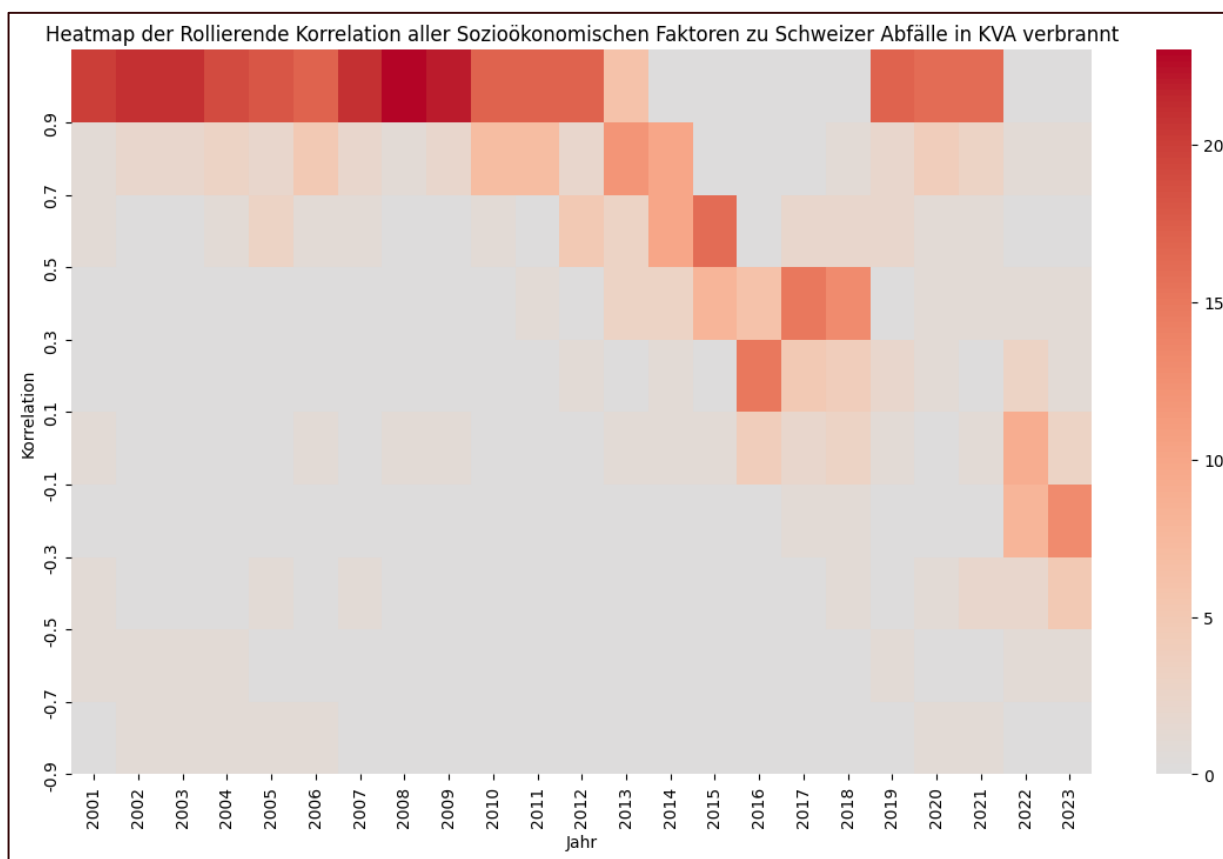


Abbildung 34: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten sozioökonomischen Faktoren mit den verbrannten Abfallmengen

Abschliessend lässt sich festhalten, dass kein einziger sozioökonomischer Faktor gefunden wurde, der stabil über den Betrachtungszeitraum einen hohen Korrelationsfaktor von > 0.9 aufweist. Die verbrannten Abfallmengen in KVA hängen, wie in Kap. 2.3 beschrieben, zu sehr von Entscheidungen ab, die unabhängig vom Abfallaufkommen und somit den sozioökonomischen Faktoren sind.

3.2.2 Siedlungsabfälle

Dies zeigt sich verstärkt, wenn man die verbrannten Siedlungsabfälle, eine Unterkategorie der oben betrachteten Kategorie, betrachtet. In Abbildung 33 sind die Ergebnisse des Vergleichs mit sämtlichen betrachteten sozioökonomischen Faktoren dargestellt. Es zeigt sich, dass eine noch stärkere Unterteilung der Abfallmengen zu einer schwächeren Korrelation führt, da die Kategorien über die Definitionen der Kategorien und die in Kap. 2.3 gezeigten Abhängigkeiten von der Anlieferungslogistik weiteren Ungenauigkeiten ausgesetzt sind. Hier spielen bspw. auch noch Faktoren wie die Einführung der Sackgebühr in den frühen 2000er Jahren eine Rolle.

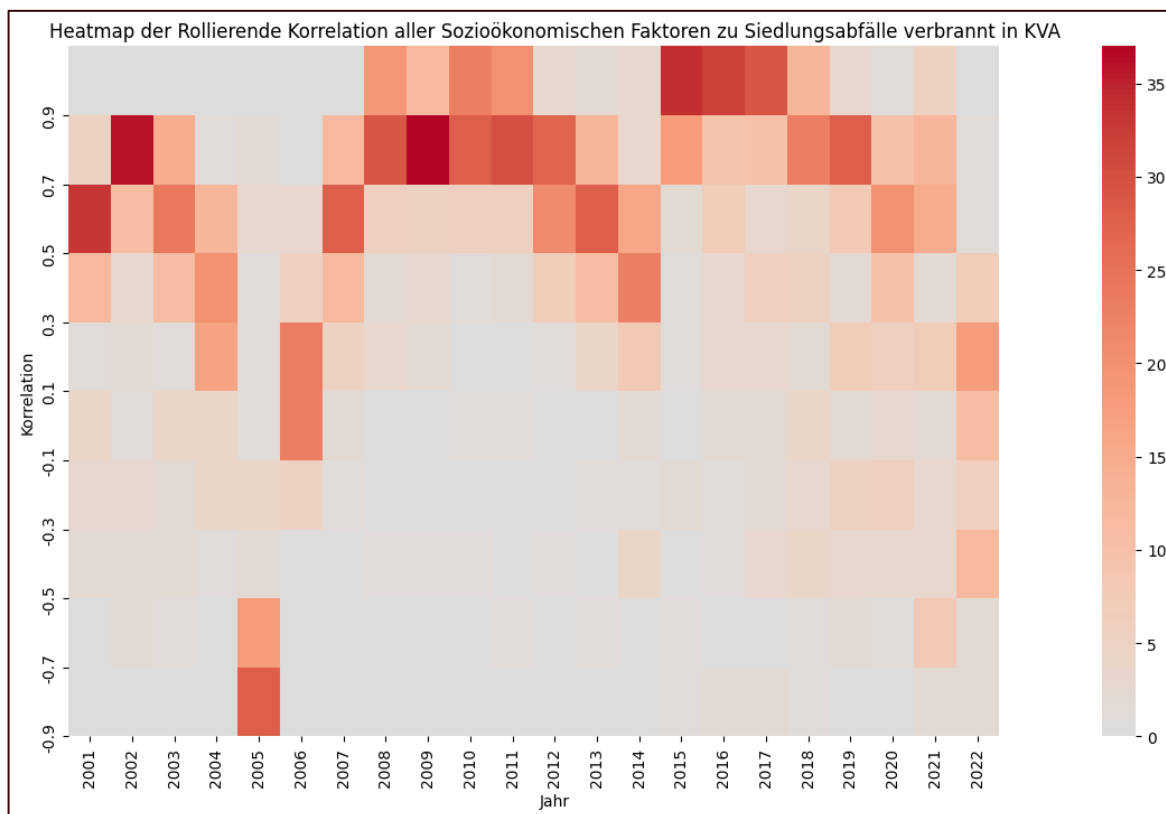


Abbildung 35: Heatmap der roll. Korrelationen aller betrachteten sozioökon. Faktoren mit den verbrannten Siedlungsabfällen

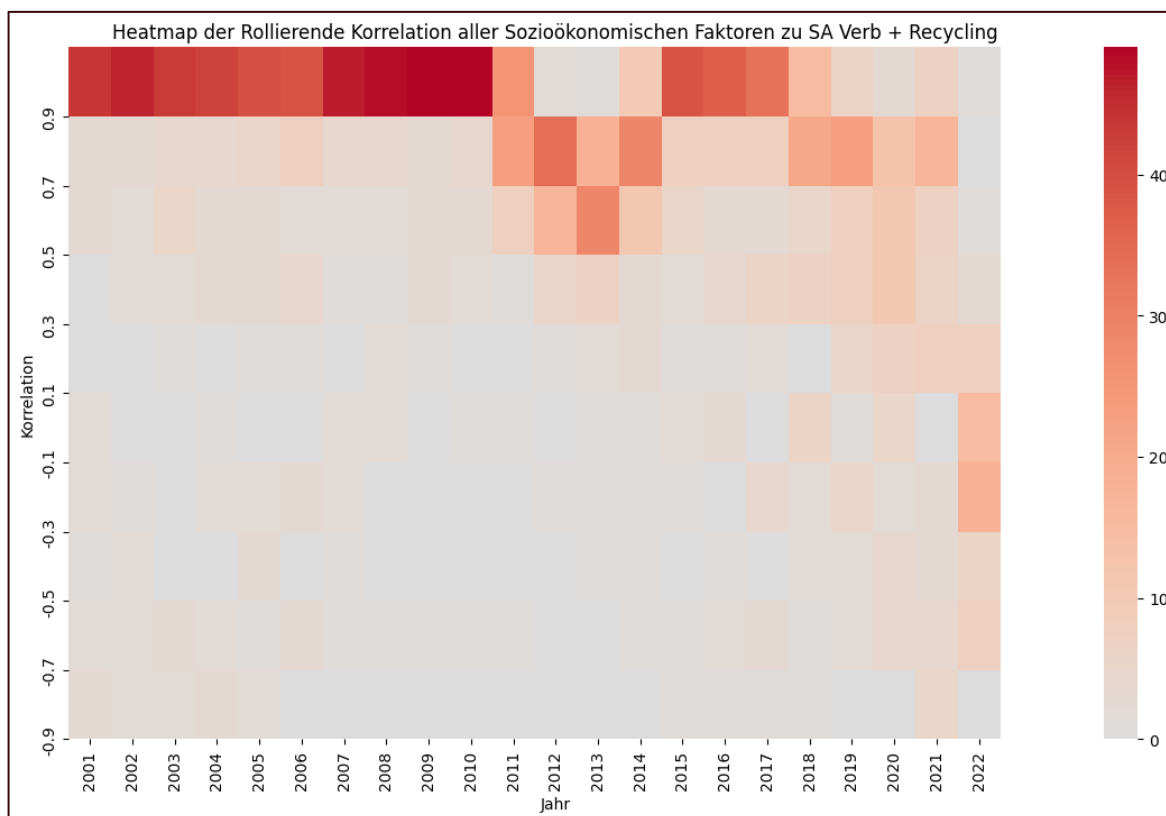


Abbildung 36: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten sozioökonomischen Faktoren mit den Siedlungsabfällen

Eine relevante Entwicklung im Bereich der Siedlungsabfälle ist die verstärkte Einführung der Separatsammlung und des Recyclings. Wenn man zu den verbrannten Abfallmengen die Mengen der Separatsammlung und des Recyclings hinzurechnet, erhält man die Gesamtmenge der Siedlungsabfälle (gemäss aktueller Statistik). In Abbildung 36 ist die Heatmap der rollierenden Korrelation mit diesen Faktoren dargestellt. Es zeigt sich, dass diese Kategorie deutlich besser mit den sozioökonomischen Faktoren korreliert, auch wenn die hohe Korrelation nicht stabil ist. Vor allem um 2013 und in den vergangenen Jahren.

3.2.3 Abfallaufkommen

Wie bereits in Kap. 2.3 beschrieben, ist es anzustreben die Abfallkategorien so zu geschalten, dass Sie in Summe das gesamte Abfallaufkommen der Schweiz abbilden. Dafür wurde eine neue Datenerfassung für eine überarbeitete Abfallstatistik vorgeschlagen. Die Daten gemäss der vorgeschlagenen Datenerfassung liegen für den Betrachtungszeitraum 1995 – 2023 nicht vollständig vor. Gemäss der in Kapitel 2.1.2 vorgestellten kumulierten Statistik der bekannten Abfallmengen wurde versucht das Abfallaufkommen bestmöglich abzubilden.

Die Korrelationsanalyse mit dieser Menge zeigt eine Vielzahl an Faktoren mit sehr hoher Korrelation. Unter anderem die vielfach verwendete Einwohnerzahl. Darüber hinaus zeigt der *Nominallohnindex* eine hohe Korrelation. Selbst gemäss der strengen Berechnungsmethode via Differenzierung zeigt sie einen Korrelationskoeffizienten von 0.75.

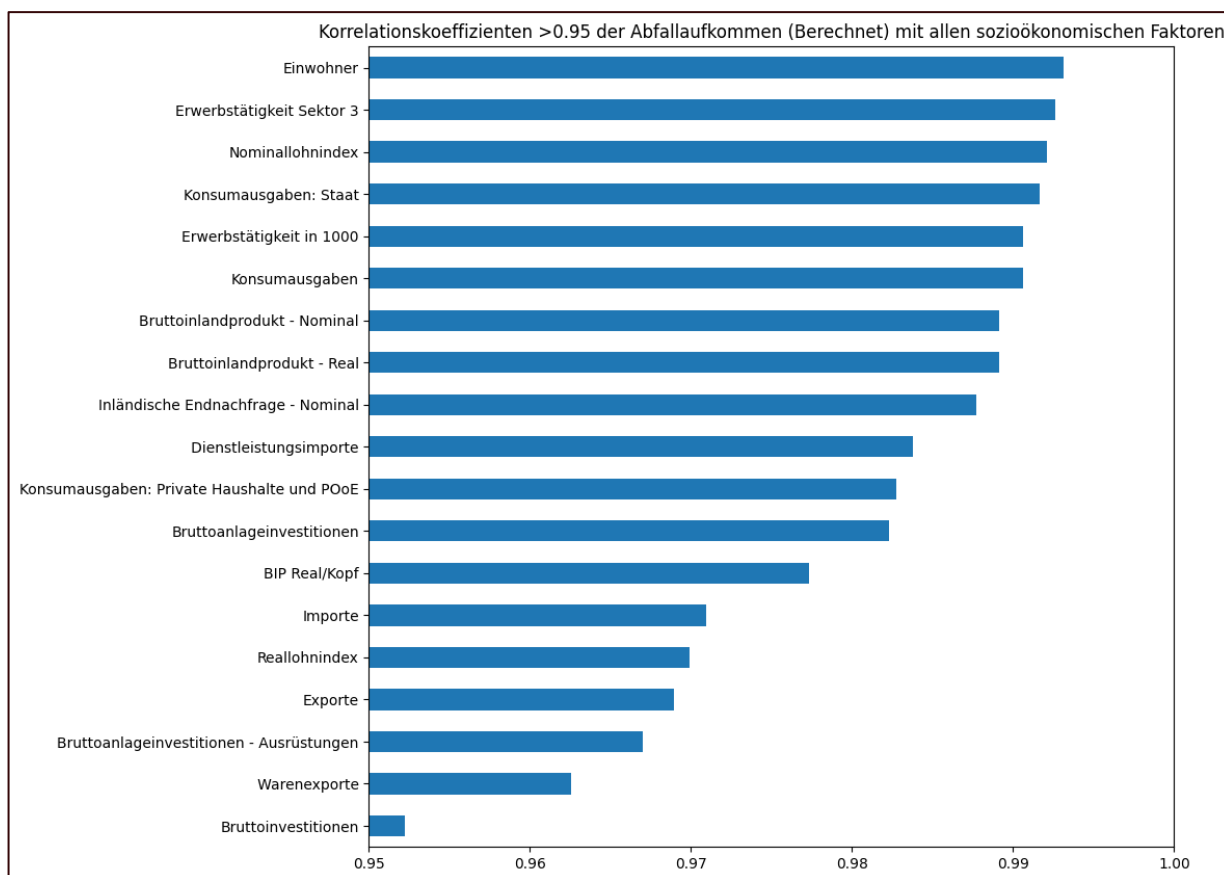


Abbildung 37: Korrelationen der einzelnen sozioökonomischen Faktoren (>0.95) mit dem berechneten Abfallaufkommen

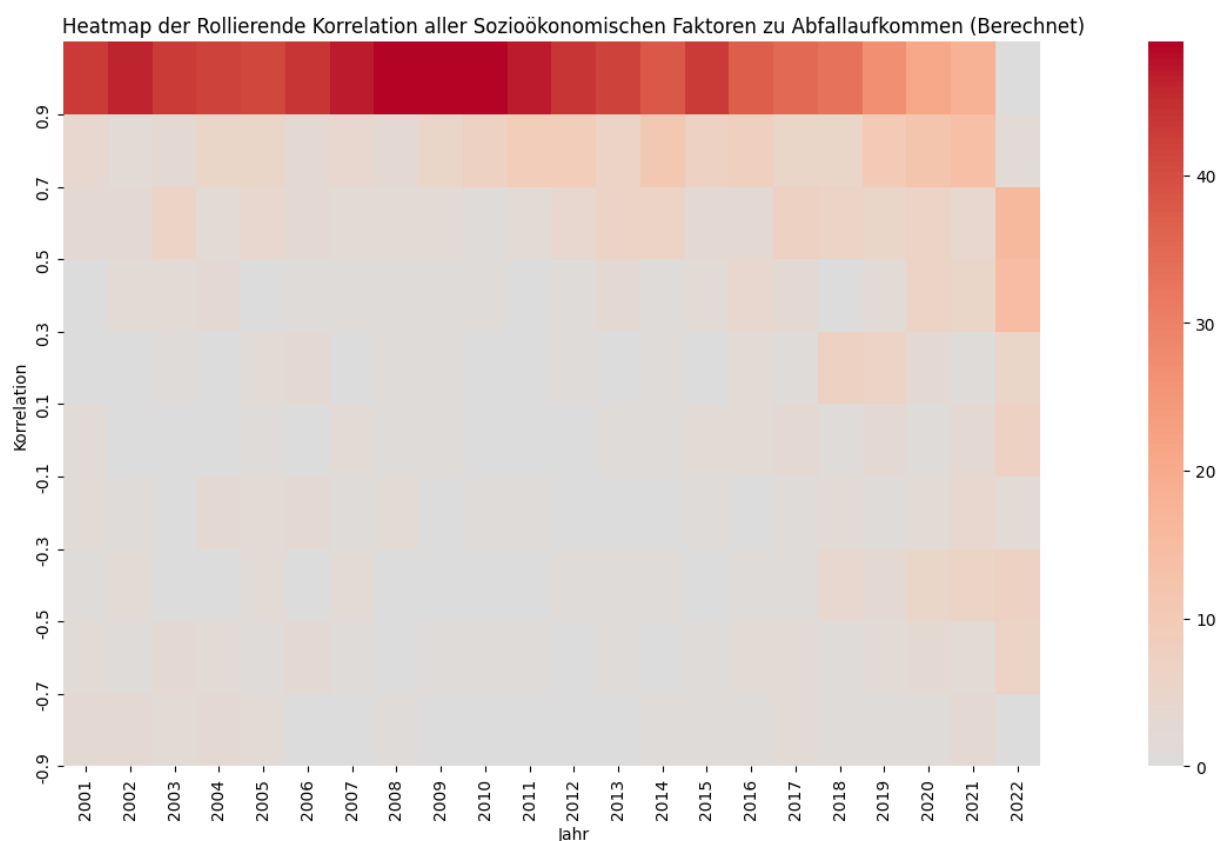


Abbildung 38: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten Sozioökonomischen Faktoren dem berechneten Abfallaufkommen

Bei der Analyse der kumulierten rollierenden Korrelation über den Zeitverlauf lässt sich in Abbildung 38 erkennen, dass es bis 2018 für das berechnete Abfallaufkommen über die sozioökonomischen Faktoren hinweg eine sehr hohe Korrelation gibt, welche zwischen 2019 und 2021 sinkt und sich 2022 im Mittel gegen 0 bewegt, wobei viele Korrelationen negativ ausfallen. Für 2023 waren die Zahlen der Summe unvollständig, da die Zahlen fürs Recycling noch nicht vorlagen, aber die sonstigen Fraktionen deuten an, dass die Korrelation sich im Jahr 2023 nicht wieder auf ein hohes Niveau zurückbewegt hat.

Dies ist exemplarisch in Abbildung 39 am Nominallohnindex zu erkennen, der insgesamt eine konstant hohe Korrelation aufweist.

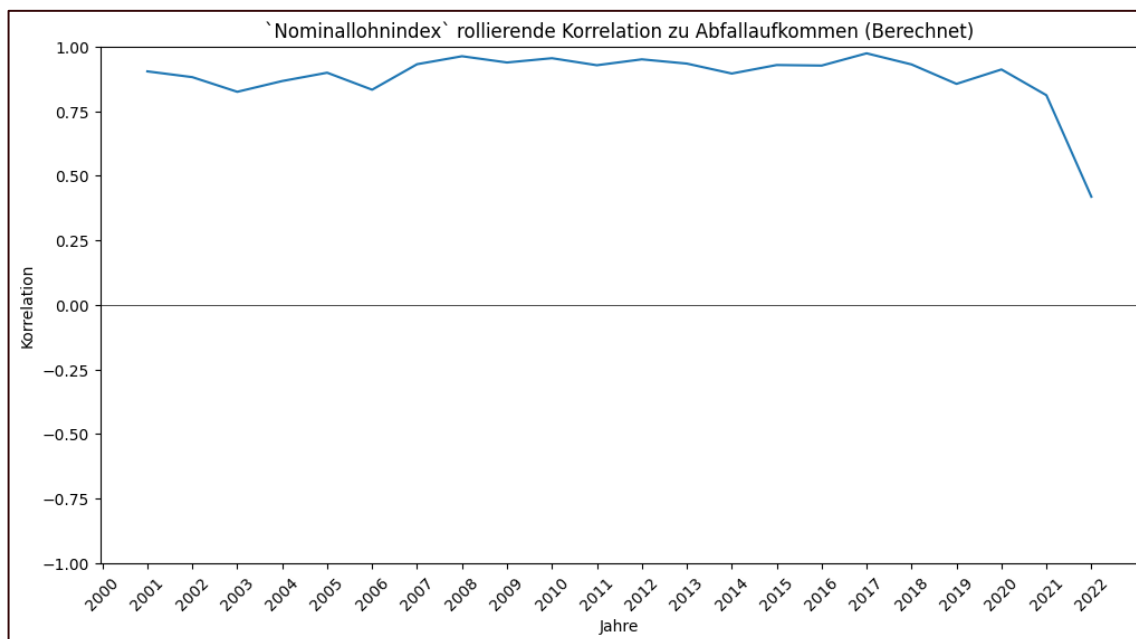


Abbildung 39: Rollierende Korrelation zwischen dem Abfallaufkommen (berechnet) und dem Nominallohnindex

Mögliche Erklärungsansätze und Schlussfolgerungen wurden von Branchenvertretern in den Interviews zur Studie geäußert, können aber nicht belegt werden:

- In der wirtschaftlich schwachen Corona-Zeit haben viele Haushalte und Firmen aufgebaute Lager abgebaut und es entstanden grosse Abfallmengen, während das BIP gefallen ist. In den Folgejahren war die wirtschaftliche Entwicklung wieder gut, während die verbrannten Abfallmengen in KVA infolge der energiewirtschaftlichen Lage rund um den Ukraine-Krieg gesunken sind.
- Die vermehrte Sortierung und Verbrennung (auch ausserhalb der Schweiz) von Kunststoffabfällen, welche zuvor in KVA verbrannt wurden, durch private Sortieranlagebetreiber (Stichwort: Betrachtungshorizont).
- Es scheint unwahrscheinlich, dass die Abkoppelung von den sozioökonomischen Faktoren während der Jahre 2020 – 2022 nicht mit den aussergewöhnlichen politischen und energiewirtschaftlichen Ereignissen zusammenhängt. Ebenso wahrscheinlich ist es, dass die Entwicklungen sich wieder normalisieren, solange die Statistiken das gesamte Abfallaufkommen abdecken.

3.3 Zollstatistik

Ein Aspekt der im Zuge dieser Studie als möglicher neuer Prognoseparameter untersucht werden sollte, sind die Daten der Zollstatistik. Die Untersuchung lehnt sich an das Beispiel an, dass eine Matratze, nachdem Sie gekauft wurde, zehn Jahre in Benutzung ist, bevor Sie schliesslich in der KVA verbrannt wird.

Als Grundlage dafür wurde die Daten des Imports in den durch die Zollstatistik gegebenen Kategorien wie in Kap. 3.2 einer Korrelationsanalyse unterzogen. Dabei werden hier die Massenströme betrachtet, während die Import- und Export-Zahlen in Kapitel 3.2 monetär waren.

In Abbildung 40 sind die Entwicklung der vollständigen Importe in die Schweiz gegenüber des berechneten Abfallaufkommens dargestellt, um einen Überblick über die Daten zu erhalten (Spearman-Korrelationskoeffizient 0.75). Es ist zu erkennen, dass die Importe im Jahr 2013 den Hochpunkt erreicht haben und seitdem stetig rückläufig sind. In den totalen Importen sind auch Kategorien wie bspw. «Salz; Schwefel; Erden und

Steine; Gips, Kalk und Zement» welche ca. 20 % der Importe ausmacht und für das Abfallaufkommen irrelevant sind. Das Abfallaufkommen entwickelt sich demnach unabhängig von den Importen.

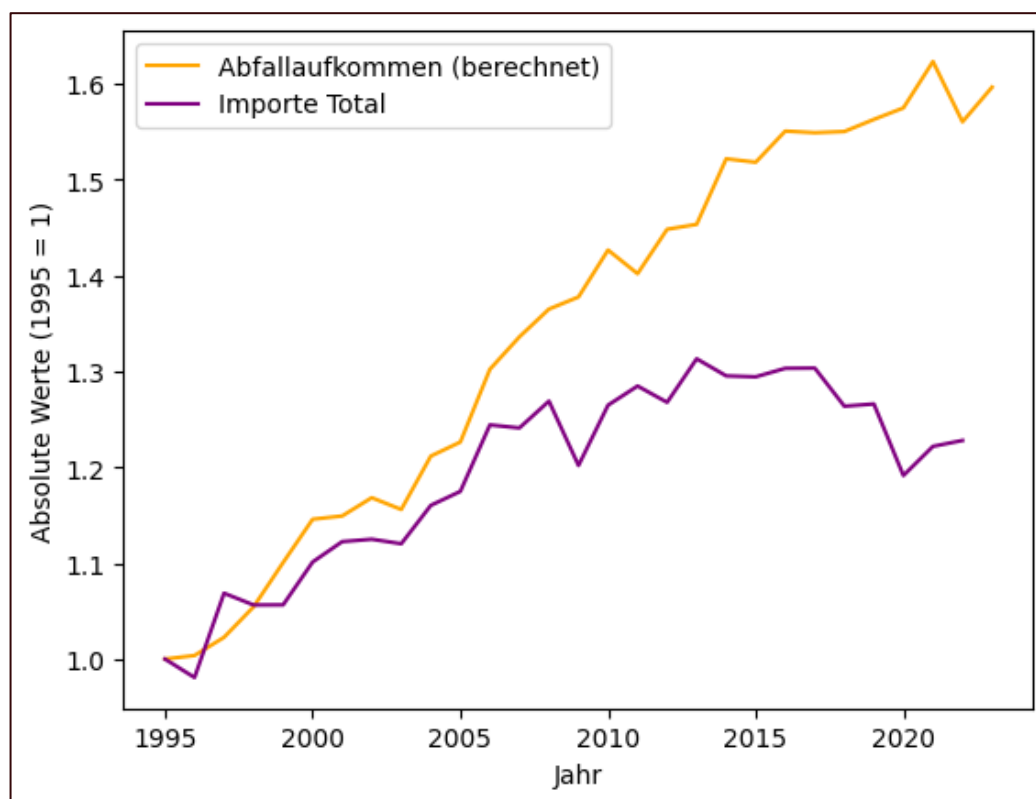


Abbildung 40: Darstellung der Importe und der berechneten Abfallmenge des Abfallaufkommens von 1995 bis 2023

Insgesamt erhält die Zollstatistik eine Kategorisierung mit ca. 10'000 Tarifnummern in unterschiedlichen Stufen. Im Rahmen dieser Studie wurde nur die oberste Gruppe der Tarifnummern mit 97 Kategorien untersucht, sowie eine Auswahl der «brennbaren Stoffe» gemäss der Strukturierung nach «Warenart» und «Verwendungszweck», um mögliche passende Gruppierungen zu finden (siehe <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/public/bereiche/waren/query.xhtml>).

Es zeigt sich, dass die Tarifnummern und Gruppen, unabhängig von der Kategorisierung vereinzelt hohe Korrelationskoeffizienten aufweisen. Die höchsten Korrelationen weisen bspw. die Tarifnummern «63 – Andere konfektionierte Spinnstoffwaren; Warenzusammenstellungen; Altwaren und Lumpen» oder «19 – Zubereitungen auf der Grundlage von Getreide, Mehl, Stärke oder Milch; Backwaren» was auf zufällige Korrelationen schliessen lässt.

(Sämtliche Berechnungen sind im Anhang zu finden)

Lag-Analyse und Modellbildung

Ein zentraler Aspekt der Betrachtung der Zollstatistik ist die Lag-Analyse, da die Importe in der Theorie dem Abfallaufkommen vorauslaufen müssen.

Es wurde für die betrachteten Zollkategorien eine Lag-Analyse gegenüber dem Abfallaufkommen durchgeführt. Die Summe aller Importe «Importe Total» erreicht bspw. mit einem Lag von 6 Jahren den höchsten Korrelationskoeffizienten (0.96), allerdings liegt das voraussichtlich daran, dass in der Lag-Analyse die sinkenden Importzahlen der letzten Jahre aus dem Vergleichszeitraum geschoben werden.

Zahlreiche weitere Kategorien weisen eine hohe Korrelation mit Lag auf, ohne dass diese im Einzelnen das Abfallaufkommen erklären. Dafür bedarf es einer Summe an Abfallmenge, welche abfallrelevant sind und

eine hohe Korrelation aufweisen. Daher wurde ein Summenmodell in Abhängigkeit der optimalen Lags je Kategorie mit hoher Korrelation gebildet.

Der Ansatz lehnt sich an das Materialkontenmodell an, in dem Massenströme in ein System einfließen (Importe), Lagern (Lag) und entsorgt werden (Abfallaufkommen). Allerdings ist davon auszugehen, dass das Modell vor allem ein mathematisches Konstrukt ist und keine kausalen Lagerzusammenhänge durch die Lags berechnet werden können.

Im Folgenden ist die Erstellung vereinfacht beschrieben. Die detaillierte Berechnung der Lags und Kategorien kann im Notebook *Modell_Importe* im Anhang nachvollzogen werden.

- Lag-Analyse der Zollkategorien mit Lags zwischen 3 – 7 Jahren. Das Minimum ist notwendig, um kleine Lags auszuschliessen, da ansonsten keine Prognose möglich ist. Das Maximum ist so gewählt, um den Betrachtungsraum nicht zu klein zu machen, aber trotzdem relevante Lags zu erlauben. Aber es zeigt sich, dass der Betrachtungsraum und vermutlich zu klein ist.
- Auswahl aller Zollkategorien mit Lag-Korrelationskoeffizient > 0.95
- Verschiebung der Zollkategorien auf der Zeitachse um den Lag-Wert mit der höchsten Korrelation
- Addieren der zeitlich individuell verschobenen Kategorien in einen Datensatz. Im Endeffekt können nur die Jahre verwendet werden, in denen alle verschobenen Datensätze liegen. Daher musste zu Beginn auch der Lag-Zeitraum eingegrenzt werden.

Die berechnete Summenkategorie setzt sich schliesslich aus 27 der 97 Zollkategorien zusammen mit Lags zwischen 3 und 6 Jahren mit einem mittleren Lag von 4 Jahren. Allerdings sind auch zahlreiche nicht direkt abfallrelevante Kategorien enthalten, da diese eine hohe Korrelation aufweisen. Wenn nur die direkt abfallrelevanten Kategorien betrachtet werden, die einen hohen Korrelationskoeffizienten aufweisen bleibt nur noch eine so kleine Menge übrig, dass diese keinen kausalen Zusammenhang und Einfluss auf die Abfallmengen haben kann (Bspw. «Andere konfektionierte Spinnstoffwaren»).

Potenziell kann es möglich sein in den 8 Ebenen der Zollstatistik und den über 10000 Kategorien einen Korb an abfallrelevanten Subkategorien zusammenzustellen, die eine hohe Korrelation aufweisen, aber dies lag ausserhalb des möglichen Umfangs in dieser Studie. Es ist aber davon auszugehen, dass die Komplexität der Lagereffekte und der Einfluss der inländische Produktion es unmöglich macht einen direkten und hohen kausalen Zusammenhang zu finden.

Das Modell weist eine Korrelation von 0.98 gegenüber dem Abfallaufkommen auf. Die Modelldaten reichen aufgrund des minimalen Lags von 3 Jahren jeweils 3 Jahre voraus gegenüber den Abfallmengen, sodass sich theoretisch das Abfallaufkommen für 3 Jahre im Voraus prognostizieren lässt. Um das Modell zu prüfen, wurde die Modellerstellung nur mit den Daten bis 2020 durchgeführt, sodass eine Überprüfung der Ergebnisse durchgeführt werden kann. In Abbildung 41 ist das Ergebnis der Prognose zu erkennen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Modell nicht für die exakte Vorhersage genutzt werden sollte. Weiterhin ist ein Prognosezeitraum von 3 Jahren nicht ausreichend, um langfristige Entscheide zu treffen. Somit kann diese Methodik und die Betrachtung der Importe als Prognose-Parameter auf Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse verworfen werden.

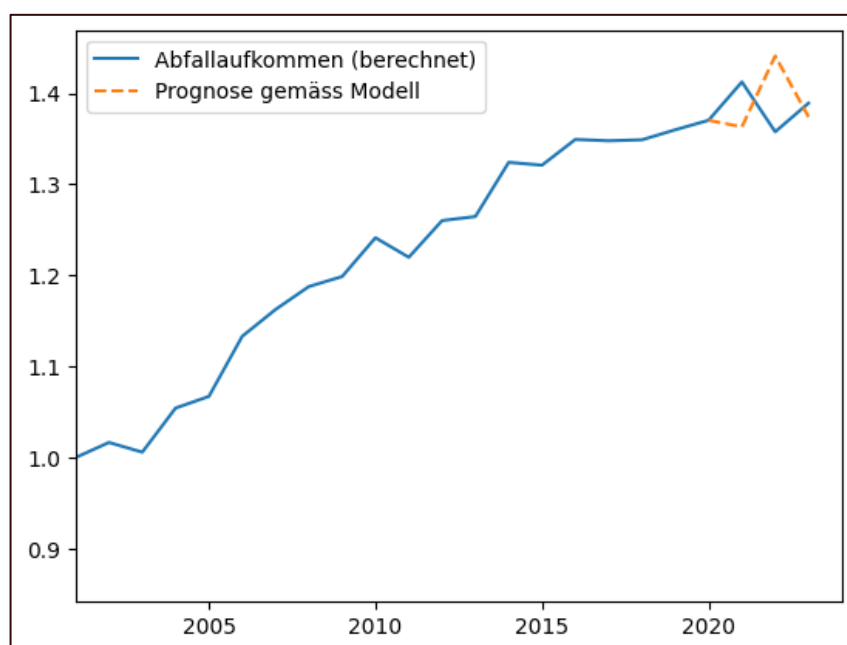


Abbildung 41: Prognose der Abfallmengen als Kontrolle gegenüber den realen Zahlen

In Gesprächen mit Branchenvertretern wurden vor allem das unberechenbare Lagerverhalten und die inländische Produktion als Unsicherheitsfaktoren genannt, die die kausalen Zusammenhänge der Importe und Abfallmengen stört. Gleichzeitig gilt ein Modell welches Importe, landinterne Produktion, Konsum- und Lagerverhalten beinhaltet als zu Komplex.

3.4 Erkenntnisse und nächste Schritte

Die Korrelationsanalyse der Abfallmengen und -kategorien mit sozioökonomischen Faktoren hat gezeigt, dass eine Korrelationsanalyse mit einzelnen Kategorien wie «Abfälle in KVA verbrannt» oder «Siedlungsabfälle» nicht erfolgreich ist. Diese Kategorien hängen, wie in Kapitel 2.3 ausführlich beschrieben von zu vielen kommunalen und kantonalen politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen ab, als dass sich eine langfristig hohe Korrelation einstellt.

Somit ist es nach den Ergebnissen dieser Studie nicht ratsam beispielsweise die Siedlungsabfälle mit dem Bevölkerungswachstum vorherzusagen und die Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe mit wirtschaftlichen Faktoren wie dem BIP.

Es zeigt sich, dass lediglich eine Betrachtung des gesamten Abfallaufkommens (solange dafür gute Daten vorliegen) eine hohe Korrelation zu sozioökonomischen Faktoren aufweist. Es bleibt zu beobachten, ob die sinkende Korrelation zwischen dem Abfallaufkommen und den sozioökonomischen Faktoren ab dem Jahr 2021 auf die nicht optimale Datenerfassung von Einflussgrössen wie privaten Verbrennungen oder eine reale Entkopplung zurückzuführen ist.

Für die **Planung der KVA-Kapazitäten** ist nicht das gesamte Abfallaufkommen entscheidend, sondern die für KVA verfügbaren brennbaren Abfälle, welche nicht recycelt oder anderweitig entsorgt werden. Es hat sich bei der Analyse der alternativen Verbrennungen gezeigt, dass die KVA für Teile dieses Abfalls vermehrt in einem wirtschaftlichen Wettbewerb mit den alternativen Verbrennungsanlagen stehen. Diese Entwicklung gilt es weitergehend zu untersuchen, um die Planung der KVA-Kapazität zu ermöglichen.

In Gesprächen mit Branchenvertretern wird das bisherige Prinzip, dass sich die KVA-Kapazität nach dem Bedarf des Abfallaufkommens richtet, vermehrt auf den Kopf gestellt. Vielmehr könnte zukünftig gelten, dass

derjenige den Abfall verbrennt, der ihn am kostengünstigsten entsorgen kann und die Energie am hochwertigsten verwertet. Dies unabhängig davon, ob es eine KVA, ein Zementwerk oder eine Altholzverbrennung ist. Dies unterstreicht die Wichtigkeit, all diese Entsorgungswege in die Betrachtung einzubeziehen, da die Entsorgung der Abfälle vielfältiger wird.

Eine Betrachtung der Verbrennungskapazität der Schweizer KVA und den dort verbrannten Mengen (siehe Abbildung 42, Korrelationskoeffizient 0.97) deutet ebenfalls an, dass die Verbrennungsmenge im gewissen Rahmen vor allem von der vorhandenen Verbrennungskapazität abhängen, da die KVA-Betreiber ökonomische Anreize haben die KVA auszulasten und dies mittelfristig durch Ausgleichsmengen wie Importe oder über Preisanreize erreichen.

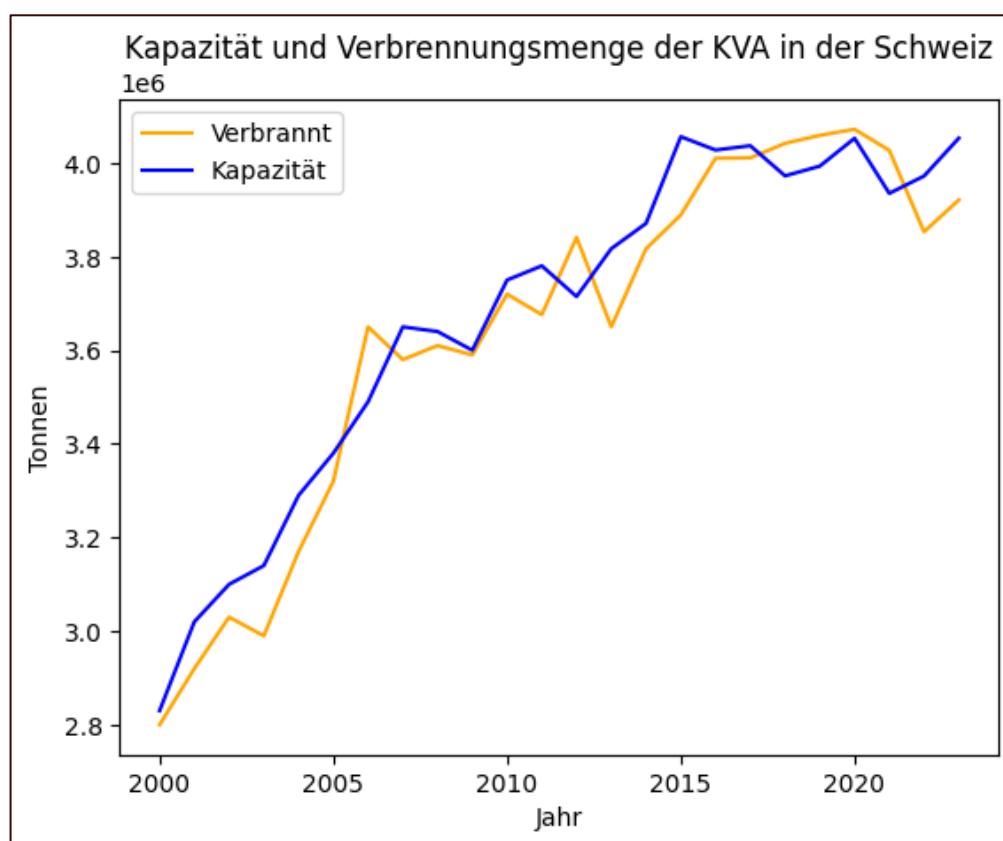


Abbildung 42: Darstellung der Verbrennungskapazität und der in KVA verbrannten Abfallmengen

Zukünftige Abfallmengenprognosen sollten auf Grundlage eines breiten Datensatzes der Abfallstatistik, wie in Kapitel 2.3 empfohlen, für das **gesamte Abfallaufkommen** getroffen werden, da nur diese Menge eine hohe Korrelation zu den sozioökonomischen Faktoren aufweist.

Möglicherweise bieten überarbeitete Abfallkategorien wie der **Leitindikator für Haushaltskehricht** die Grundlage für eine direkte Korrelation zu sozioökonomischen Faktoren. Da diese Faktoren ein spezifisches Abfallaufkommen beschreiben und nicht wie die aktuellen Kategorien von Entsorgungswegen abhängen.

Für diese Prognosen ist weiterhin die **Bevölkerungsentwicklung** einer der relevantesten Faktoren, da er eine hohe Korrelation aufweist und sich gleichzeitig relativ gut prognostizieren lässt. Neu gefundene Korrelationen wie der Nominallohnindex können zusätzlich verwendet und weiter untersucht werden.

Eine direkte Prognose der benötigten KVA-Kapazität bzw. der in KVA verbrannten Abfallmengen mit sozioökonomischen Faktoren oder den Importen ist aus den in Kapitel 3.2.1 genannten Unsicherheiten unmöglich.

In weiteren Untersuchungen ist zu analysieren, inwiefern sich die Entwicklungen der Aufteilung des Abfallaufkommens in die Abfallmengenströme Recycling und Verbrennung sowie weitergehend in KVA und alternative Verbrennungen prognostizieren lässt.

4. Trends und zukünftige Entwicklungen

Verschiedene Einflussfaktoren und Trends sollen bei der Erstellung einer neuen Methodik für die Abfallstatistik in Betracht gezogen werden. Neben den in den vorgängigen Kapiteln erwähnten vergangenen und aktuellen Unsicherheitsfaktoren der Statistik, sind zukünftige Entwicklungen bei der Ausgestaltung der zukünftigen Abfallkategorien und deren Berechnung mitzudenken. Aus aktueller Sicht sehen wir zwei solche Entwicklungen:

Hochkalorische Abfälle in Industrieverbrennungen

Die zunehmende Sortierung von Kunststoffen aus Abfällen und die Sammlung von Haushaltskunststoffen führen dazu, dass ein Teil recycelt und ein anderer Teil alternativen Verbrennungen zugeführt wird. Die Separierung von hochkalorischen Materialien aus dem Abfall gewinnt für alternative Verbrennungsprozesse zunehmend an Bedeutung, da die Industrieverbrennungen dadurch gegenüber fossilen Brennstoffen CO₂-Emissionen reduzieren können.

Diese Dynamik zeigt, dass sich vor allem mit Blick auf zukünftige Entwicklungen bei der Analyse des Abfallaufkommens nicht nur auf den verbrannten Kehrriech in KVA konzentriert werden kann, sondern auch sonstige Verbrennung mit in Betracht gezogen werden müssen.

Neue Abfallströme aus der Gebäudesanierung

Eine weitere Entwicklung, welche in den kommenden Jahren von einigen Marktbeobachtern erwartet wird, zeigt, dass ein genaues Verständnis der Abfallströme notwendig ist. Die Dämmung von Häusern durch Dämmstoffe hat in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts bedeutend zugenommen. Die durchschnittliche Lebensdauer dieser Stoffe neigt sich nun dem Ende zu, was voraussichtlich zu einem erheblichen Anstieg des Abfallaufkommens in diesem Bereich führen wird [8].

Weitere Einflussfaktoren aus dem gesetzlichen Umfeld

Auch gesetzliche Veränderungen, wie die Regelungen um die Entsorgung von Klärschlamm oder den Export von Altholz können bedeutende Auswirkungen auf die Abfallmengen haben.

5. Schlussfolgerung und Fazit

Ziel dieser Studie war es, einen kritischen Blick auf die heute verwendeten Kategorien in der Abfallstatistik zu werfen und die Verschiebungen zwischen den Kategorien in der letzten Dekade zu verstehen.

Dafür wurden Fachinterviews mit Branchenvertretern geführt und mit einer vertieften Analyse von Abfallmengenströmen in den Kategorien mögliche Handlungsfelder aufgedeckt.

Als ein neuer Ansatz zur Herleitung der «Sackmenge aus den Haushalten» wurde durch eine repräsentative Abfrage der verkauften Gebührensäcke der vergangenen 10 Jahre die Entwicklungen der Haushaltsabfälle versucht herzuleiten, um der Gleichsetzung mit der heute gängigen Kategorie Siedlungsabfälle vorzubeugen.

Im Laufe der Untersuchung der Kategorien und Mengenströme wurde offensichtlich, dass die Zuverlässigkeit der Abfallzahlen darunter leidet, dass die aktuellen Erfassungsmethoden am Endpunkt der Verwertungskette (KVA) aufgenommen werden und somit zahlreiche Unsicherheitsfaktoren zwischen dem realen Abfallaufkommen und der Datenerfassung liegen. In Interviews mit Branchenexperten wurden verschiedene dieser Unsicherheitsfaktoren identifiziert, jedoch lassen sie sich aufgrund fehlender Daten nicht quantifizieren. Dadurch ist es schwierig, Veränderungen in den Abfallmengen eindeutig gesellschaftlichen Entwicklungen zuzuordnen. Weiterhin liessen die groben Daten keine Betrachtung des Energiegehalts der Abfallmengen und dessen Entwicklung zu.

Mit der Analyse der Abfalldaten der Datenbank EGOV konnte eine Methodik vorgeschlagen werden, welche die Unterscheidung zwischen *Siedlungsabfällen* und *Abfällen aus Bau, Gewerbe und Industrie* gegenüber der aktuellen Methodik schärfen kann.

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, ob sich der Verkauf von Gebührensäcken als alternatives Instrument eignet, um die Menge der verkauften Gebührensäcke aufkommensseitig zu erfassen. Dabei stellte sich heraus, dass die erhoffte Datenbasis bei den kontaktierten Gemeinden in der Regel nicht vorhanden ist. Anhand der gegebenen und weiteren Daten (Gebührensackproduzenten) konnte in kleiner Stichprobe gezeigt werden, dass die Haushaltsabfälle in den vergangenen 10 Jahren vermutlich nicht in dem Ausmass gesunken sind, wie es die *kommunalen Anlieferungen* bei den KVA vermuten lassen. Ein aus den verkauften Gebührensäcken ermittelter Leitindikator für die Entwicklung der Haushaltsabfälle wäre nützlich, um die von KVA erhobenen Daten mit einem Korrekturfaktor zum Abfallaufkommen zu ergänzen.

Schliesslich wurde gezeigt, dass auch zukünftig zu erwartende Entwicklungen im Abfallmarkt für eine aussagekräftige statistische Auswertung die hier vorgeschlagene verbesserte Datenerfassung notwendig machen.

Die erweiterte Aufgabenstellung, potenzielle Trends aus den bestehenden Daten abzuleiten und neue Einflussparameter für zukünftige Abfallmengenprognosen zu finden, wurde mit umfangreichen Korrelationsrechnungen abgearbeitet. Dies hat gezeigt, dass es keine anhaltend hohe Korrelation zwischen den sozioökonomischen Faktoren und den heutigen spezifischen Abfallkategorien gibt.

Es wurde festgestellt, dass ein aus mehreren Statistiken zusammengeführte Gesamtmenge des Abfallaufkommens, die sowohl verbrannte als auch recycelte Abfälle umfasst, eine höhere Korrelation zu sozioökonomischen Faktoren aufweist. Letztlich ist – in Bezug auf die verbrannte Abfallmenge – die Auswirkung von politischen Entscheidungen (Steigerung Recycling, Aufhebung Entsorgungsmonopol, Förderung/Verbot von Abfallimporten usw.) und Marktentwicklungen (Ausbau Altholzverbrennungen, Ausbau Industrielle Verbrennungen) viel prägender als der Einfluss sozioökonomischer Faktoren oder von Warenflusststatistiken.

6. Weiteres Vorgehen und offene Punkte

Die im Rahmen dieser Studie erarbeiteten Erkenntnisse und Methoden sind erste Schritte und Ideen zu einem besseren Verständnis der Abfallmengen und Kategorien. Im Rahmen des Studienumfangs konnten diese nur teilweise kritisch überprüft werden.

Um die in dieser Studie entworfenen Anpassungen an der Abfallstatistik und der Erfassungsmethodik vorzunehmen, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, wird folgendes Vorgehen empfohlen.

Methodik zur Erfassung der Kategorien *Siedlungsabfälle* und *Abfällen aus Bau, Industrie und Gewerbe*

Um politische Diskussionen im Bereich der *Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe* zu ermöglichen, ist es wichtig diese Kategorie als separate Messgrösse in der Statistik zu führen.

Die in Kapitel 2.2.1 vorgestellte mögliche Methodik zur Erfassung der Kategorien *Siedlungsabfälle* und *Abfälle aus Bau, Industrie und Gewerbe* aus den Daten des EGOV-Systems ist kritisch zu prüfen. Die Aufteilung der LVA-Code Gruppen zu den Kategorien ist in Abstimmung mit den erhebenden KVA und alternativen Verbrennungsanlagen zu schärfen. Weiterhin sollte die Methodik mit den Daten aus dem Jahr 2023 zur Überprüfung der Stabilität überprüft werden.

Integration alternativer Verbrennungsanlagen

Die Analyse zum Betrachtungshorizont der Abfallstatistik in Kap. 2.1.2 hat gezeigt, dass die vermehrte Nutzung von *alternativen Verbrennungsanlagen* mit Abfällen, welche auch in KVA verbrannt werden, eine Integration dieser Anlagen in die Statistik notwendig macht.

Die Datengrundlage ist durch das EGOV-System und die Erfassungen der Bundesämter bspw. zu Altholz vermehrt vorhanden. Es ist die vorgeschlagene Integration in die Abfallstatistik zu prüfen.

Integration der Sammelstellen und Sortieranlagenbetreiber

Im EGOV-System werden auch Massenströme von Sammelstellen und Sortieranlagenbetreibern erfasst, welche eine wachsende Rolle im Abfallsystem der Schweiz spielen. Es sollte eine Analyse dieser Daten über die kommenden Jahre durchgeführt werden und eine Integration in die Abfallstatistik geprüft werden, da somit Entwicklungen in der Abfalllogistik frühzeitig erkannt werden können. Wichtig wird es sein, die systembedingten Doppelerfassungen möglichst sauber abzugleichen.

Leitindikator Haushaltsabfälle

Um den vorgeschlagenen Leitindikator für Haushaltsabfälle herleiten zu können, müssen geeignete Gemeinden und Zweckverbände gefunden werden, die nur über Gebührensäcke Kehricht aus Haushalten entsorgen. Daraus kann eine für die Schweiz repräsentative Untersuchungsgruppe gebildet werden. Zusätzlich werden allenfalls Stichproben zu den Sackgewichten in den jeweiligen Gemeinden durchgeführt, um die Entwicklung der Abfallmengen zu analysieren.

Parallel dazu wäre eine umfassende Umfrage bei allen Gemeinden sinnvoll, um zu erfassen, über welche Systeme sie die Abfälle aus Haushalten entsorgen. Dies könnte helfen, den Prozentsatz des Haushaltsabfalls, der tatsächlich über Gebührensäcke entsorgt wird, genauer abzuschätzen.

Zur weiteren Festigung der Datenlage sollten die Ideen aus Kapitel 2.2.2 zur regelmässigen Erfassung der Haushaltsabfälle tiefergehend geprüft werden. Eine jährliche Erfassung der verkauften Gebührensäcke mit

ausgewählten repräsentativen Städten und Gemeinden kann als **Leitindikator** für die Entwicklung der Haushaltsabfälle verwendet werden. Somit würden die Daten der Entsorgungsseite (EGOV) durch Daten der Aufkommenseite (Gebührensäcke Leitindikator) gestützt werden.

Um einen gesamtschweizerischen Vergleich zu ermöglichen, könnte es zudem Sinn machen, die bereits von den Gemeinden und Kantonen erhobenen Mengen zu vereinheitlichen.

Entwicklung der Korrelation zu sozioökonomischen Faktoren

Die Korrelation zwischen Bevölkerungszahl und Abfallaufkommen ist seit 2020 stark gesunken. Es gilt diesen Effekt zu beobachten und weiter zu untersuchen, um die Frage zu klären, ob es zu einer Ablösung von der Bevölkerungsentwicklung kommt, oder ob die Statistik nicht alle relevanten Faktoren erfasst.

Untersuchung der Entwicklung der möglichen Verbrennungswege des brennbaren Abfalls

Die Korrelationsanalyse hat gezeigt, dass sich vor allem das allgemeine Abfallaufkommen prognostizieren lässt, jedoch nicht direkt die Mengen für die KVA. Daher ist es wichtig, die Anteile der KVA und der alternativen Verbrennungsanlagen an der Verbrennungskapazität sowie den Anteil des Recyclings an der Abfallmenge über alternative Methoden zu prognostizieren. So können die Mengen für die KVA aus dem Gesamtaufkommen abgeleitet werden. Methodische Fragen sind zu klären, wie die einzelnen Verwertungswege erhoben und aus den anderen Massenströmen herausgerechnet werden können, um beispielsweise den Bedarf an KVA oder Kunststoffrecyclinganlagen bis 2050 abschätzen zu können.

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Ein Greifer hebt gemischten Abfall in einer KVA | 1 |
| Abbildung 2: Entwicklung Abfallsituation Schweiz 1970-2021 (Quellen: BAFU, VBSA (Abfallmengen, KVA-Kapazitäten), BFS (BIP, Bevölkerung)) | 7 |
| Abbildung 3: Anteil der Anlieferungskategorien an den Gesamtanlieferungen der Schweizer KVA (Restsummen im kleinen einstelligen Prozentbereich wurden zu Anschauungszwecken herausgerechnet) ... | 9 |
| Abbildung 4: Infografik aus der Vollzugshilfe für die verursachergerechte Finanzierung der Siedlungsabfallentsorgung [1] | 14 |
| Abbildung 5: Abfallarten, die dem Recycling zugeführt werden | 15 |
| Abbildung 6: Abfallkategorien der Aufkommenseite, die sich nicht eindeutig den Erfassungskategorien zuordnen lassen | 15 |
| Abbildung 7: Anlagentypen die Abfallmengen zu KVA liefern im Jahr 2022 die i.d.R. als Direktanlieferungen deklariert werden, aber auch Siedlungsabfälle beinhalten (Quelle: EGOV 2022) | 16 |
| Abbildung 8: Entwicklung der Anlieferungen und den resultierenden Siedlungsabfällen seit 2012 (Quelle: Datenerfassung für die jährliche KVA-Statistik) | 17 |
| Abbildung 9: Mengen brennbarer Abfälle die in KVA und alternativen Verbrennungsanlagen entgegengenommen und verbrannt wurden (Quelle: EGOV 2022) | 18 |
| Abbildung 10: Abfallmengen sortiert nach LVA-Codes die in alternativen Verbrennungsanlagen verbrannt werden (Quelle: EGOV 2022) | 19 |
| Abbildung 11: Entwicklung der Anteile der Entsorgungsverfahren am Abfallaufkommen mit gesammelten Statistiken für alternative Verbrennungen | 20 |
| Abbildung 12: Importe von Abfällen die in Schweizer KVA verbrannt werden (Quelle: Datenerfassung für die jährliche KVA-Statistik) | 21 |
| Abbildung 13: Auswahl der Aufkommenskategorien aus der Infografik, welche als Übrige Direktanlieferungen angeliefert werden können | 22 |
| Abbildung 14: Entgegengenommene Mengen der Schweizer KVA im Jahr 2022 nach LVA-Codes (Quelle: EGOV 2022) | 23 |
| Abbildung 15: Aufteilung der Abfälle gemäss Ursprungskategorien (Sonderabfälle, Klärschlamm und Importe stammen aus anderen Quellen und sind für beide Betrachtungen identisch) | 25 |
| Abbildung 16: Rückmeldungen der Gemeinden und die Auswirkungen auf die Datengrundlage | 26 |
| Abbildung 17: Mengenermittlung des Abfalls aus Haushalten pro Person mit unterschiedlichen Sackgewichten am Beispiel eines Zweckverbandes im Jahr 2022 | 28 |
| Abbildung 18: Mittelwert des Sackvolumens der verkauften Gebührensäcke pro Person und Jahr in den vier Gemeinden | 29 |
| Abbildung 19: Relative Entwicklung der Mittelwerte der Anzahl verkaufter Gebührensäcke pro Person und Jahr der vier Gemeinden | 30 |
| Abbildung 20: Schätzung Haushaltskehrrecht pro Person der vier Gemeinden im Jahr 2022 mit verschiedenen Sackgewichten | 31 |
| Abbildung 21: Schätzung brennbarer Abfall aus Haushalten pro Person; die gestrichelten Linien sind Gemeinden, die zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten für Haushalte haben, die nicht über Gebührensäcke gehen | 31 |
| Abbildung 22: Verteilung der verkauften Gebührensäcke am Beispiel eines einzelnen Zweckverbandes | 32 |
| Abbildung 23: Anzahl Säcke / Person am Beispiel eines Zweckverbandes | 33 |
| Abbildung 24: Entwicklung der verkauften 35 l- Gebührensäcke / Person der 8 Verbände über die letzten 10 Jahre. Verband 8 konnte nur Daten aus dem Jahr 2022 angeben und ist deswegen in dieser Grafik nicht abgebildet | 34 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 25: Schätzung Haushaltskehricht pro Person Zweckverbände im Jahr 2022 | 35 |
| Abbildung 26: Schätzung brennbarer Abfall aus Haushalten pro Person; die gestrichelten Linien sind Zweckverbände, die zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten für Haushalte haben, die nicht über Gebührensäcke gehen | 35 |
| Abbildung 27: Darstellung der fünf verschiedenen Mengenangaben und Erklärungsansätze für deren Unterschiede..... | 37 |
| Abbildung 28: Normalisierte Datenreihe des BIP pro Kopf und der verbrannten Abfallmengen in KVA | 41 |
| Abbildung 29: Differenzierte (links) und differenziert und geglättete Datenreihe des BIP pro Kopf und der Verbrannten Abfallmenge in KVA..... | 41 |
| Abbildung 30: Pearson-Korrelationskoeffizient zwischen den Abfallmengen und sozioökonomischen Faktoren (differenziert)..... | 42 |
| Abbildung 31: Sozioökonomische Faktoren mit einem hohen Korrelationskoeffizienten zur verbrannten Schweizer Abfallmenge seit 1995 (Quelle: BFS)..... | 44 |
| Abbildung 32: Rollierenden Korrelation des Bruttoinlandprodukt - Nominal zur verbrannten und deponierten Abfallmenge..... | 45 |
| Abbildung 33: Lag-Korrelation des Bruttoinlandprodukt - Nominal zur verbrannten und deponierten Abfallmenge..... | 46 |
| Abbildung 34: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten sozioökonomischen Faktoren mit den verbrannten Abfallmengen..... | 47 |
| Abbildung 35: Heatmap der roll. Korrelationen aller betrachteten sozioökon. Faktoren mit den verbrannten Siedlungsabfällen | 48 |
| Abbildung 36: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten sozioökonomischen Faktoren mit den Siedlungsabfällen | 48 |
| Abbildung 37: Korrelationen der einzelnen sozioökonomischen Faktoren (>0.95) mit dem berechneten Abfallaufkommen..... | 49 |
| Abbildung 38: Heatmap der rollierenden Korrelationen aller betrachteten Sozioökonomischen Faktoren dem berechneten Abfallaufkommen | 50 |
| Abbildung 39: Rollierende Korrelation zwischen dem Abfallaufkommen (berechnet) und dem Nominallohnindex | 51 |
| Abbildung 40: Darstellung der Importe und der berechneten Abfallmenge des Abfallaufkommens von 1995 bis 2023 | 52 |
| Abbildung 41: Prognose der Abfallmengen als Kontrolle gegenüber den realen Zahlen | 54 |
| Abbildung 42: Darstellung der Verbrennungskapazität und der in KVA verbrannten Abfallmengen | 55 |

Literatur und Quellenverzeichnis

- [1] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2018): Finanzierung der Siedlungsabfallentsorgung. Vollzugshilfe für die verursachergerechte Finanzierung der Siedlungsabfallentsorgung.
- [2] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2023): Bericht zur Erhebung der Kehrrechtzusammensetzung 2022
- [3] Fahrmeir, L., Künstler, R., Pigeot, I. & Tutz, G. (2016). Statistik: Der Weg zur Datenanalyse (8. Aufl.). Springer
- [4] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) (2023): Stoffliches Verwertungspotential von KVA-Abfällen im Kanton Zürich
- [5] Parlament der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2023). Geschäft 23.3925: Nutzt die Schweiz das Ausland als Müllhalde?, abrufbar unter: <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20233925>
- [6] Amt für Umwelt und Energie (BS) (2022): Kehrrechtzusammensetzung Stadt Basel 2021
- [7] Prognos (2018): Siedlungsabfallaufkommen Schweiz 2050
- [8] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2016): Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz

Anhang

Siehe beigelegte Dateien