

Lebensmittelverluste und Fremdstoffe in Schweizer Grüngut 2022/23

Feldstudie zur Erhebung und zur quantitativen Analyse von Lebensmittelverlusten und Fremdstoffen in Schweizer Grüngut



IM AUFTRAG DES BUNDESAMTES FÜR UMWELT (BAFU)

Datum: 15.12.2023

Ort: Wädenswil

Auftraggeberin:

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Abfall und Rohstoffe
Sektion Rohstoffkreisläufe
3003 Bern
www.bafu.admin.ch

Auftragnehmerin:

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
Institut für Chemie und Biotechnologie (ICBT), Fachgruppe Umweltbiotechnologie
Einsiedlerstrasse 29/31
8820 Wädenswil
www.zhaw.ch/icbt/umweltbiotech

Autoren/-innen:

Ragini S. Hüschi	ZHAW	ragini.huesch@zhaw.ch
Amanda Gächter	ZHAW	amandamaria.gaechter@zhaw.ch
Yves Moser	ZHAW	yves.moser@zhaw.ch
Hans-Joachim Nägele	ZHAW	hans-joachim.naegele@zhaw.ch

BAFU-Programmleitung:	Romy Tebib	romy.tebib@bafu.admin.ch
	Sibylla Hardmeier	sibylla.hardmeier@bafu.admin.ch

BAFU-Vertragsnummer: 00.5038.PZ / F6FE7DE1F

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich. Abbildungen © ZHAW

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Monbijoustrasse 40, 3011 Bern; Postadresse: 3003 Bern
Tel. +41 58 462 93 80 – info@bafu.admin.ch – www.bafu.admin.ch

Zusammenfassung

Seit 2012 sind in der Schweiz verstärkt Aktivitäten im Gang, Abfälle, welche entlang der Lebensmittelkette anfallen, zu quantifizieren und Massnahmen zu deren Vermeidung oder Verwertung einzuleiten. Im Rahmen des Aktionsplans zur Reduktion der Lebensmittelverschwendung (Der Bundesrat, 2022a) hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) den Auftrag zur Berichterstattung über Lebensmittelverluste erhalten. Zusätzlich hat es den Auftrag, dafür zu sorgen, dass Grüngut für Kompostierung und Vergärung nicht zu stark durch Fremdstoffe verunreinigt ist, um den Eintrag von vor allem Kunststoffen in die Umwelt zu minimieren.

Auf Stufe Konsument und Privathaushalt wurde im Jahr 2018 erstmals die Zusammensetzung des separat gesammelten Grünguts, inkl. des darin enthaltenen Anteils an Lebensmittelverlusten und Fremdstoffen, erhoben (Hüsch et al., 2018). Parallel zur Aktualisierung der Analyse des schweizerischen Kehrichts (Kehrichtsackanalyse) im Jahr 2022 (BAFU, 2023c) sollte die Zusammensetzung des Grünguts erneut erhoben werden. Hierzu wurde Grüngut aus der kommunalen Separatsammlung von 9 Gemeinden der Deutschschweiz je 2-mal analysiert. Es wurde dabei zwischen *städtischen*, *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden gemäss Raumgliederung des Bundesamtes für Statistik (BFS) unterschieden (BFS, 2017, 2022) (Definition s. Anhang 1). Die Analysen wurden zeitlich versetzt jeweils zu 2 verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt, um die saisonalen Schwankungen insbesondere der Gartenabfälle im Grüngut zu berücksichtigen. Durchschnittlich wurden rund 10 % (mindestens 300 kg Frischsubstanz) der angelieferten Menge Grüngut analysiert und in 9 Fraktionen sortiert. Neben dem Anteil *Gartenabfälle* wurden 5 Fraktionen *Lebensmittelverluste* (*Rüstabfälle*; *Fleisch / Fisch*; *Milchprodukte*, *Eier*, *Margarine*; *Früchte / Gemüse*, *ungekocht*; *Lebensmittel übrige*, *gekocht und verarbeitet*), 2 Fraktionen *Fremdstoffe* (*Kunststoffe*, *nicht abbaubar*; *Sonstige Fremdstoffe*) sowie der Gehalt an *Kunststoffen*, *abbaubar* erfasst. Die Kategorisierung der *biogenen Abfälle* folgte der Kategorisierung, die auch im Rahmen der Kehrichtsackanalyse verwendet wurde. Basierend auf den erhobenen Daten wurde eine Abschätzung der jährlich in der Schweiz im kommunalen Grüngut anfallenden Mengen *Lebensmittelverluste* pro Gemeindekategorie und Person getroffen.

Den grössten Teil des Grünguts machten, bezogen auf Masse Frischsubstanz (FS), *Gartenabfälle* mit 55.1–94.0 % ($M \pm SD$: 69.8 ± 11.1 %) aus. *Lebensmittelverluste* waren im Bereich von 5.3–41.8 % (26.9 ± 10.6 %) im Grüngut vorhanden. Tendenziell waren in den *städtischen* Gemeinden mehr *Lebensmittelverluste* (28 %) im Grüngut zu finden als in den *periurbanen* (20 %) und *ländlichen* (15 %) Gemeinden. Den grössten Teil der *Lebensmittelverluste* machten *Rüstabfälle* aus (74.1 ± 6.7 %), gefolgt von *Lebensmittel übrige*, *gekocht und verarbeitet* (11.8 ± 4.9 %), *Früchte / Gemüse*, *ungekocht* (11.1 ± 3.6 %), *Fleisch / Fisch* (2.3 ± 0.8 %) und *Milchprodukte*, *Eier*, *Margarine* (0.7 ± 0.4 %).

Basierend auf den in dieser Studie ermittelten Daten und den Mengen kommunales Grüngut pro Person (p) und Jahr der untersuchten Gemeinden können jährlich rund 157'000 t FS, respektive 17.8 kg FS *Lebensmittelverluste* pro Person im kommunalen Grüngut der Schweiz erwartet werden. Rund 36 % dieser *Lebensmittelverluste* sind vermeidbar ($6.5 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ / 57'000 t FS). Gegenüber 2018 war eine Zunahme der *Lebensmittelverluste* in kommunalem Grüngut von rund 35 % zu beobachten.

Die über den Kehricht entsorgten Lebensmittel gingen gegenüber der Untersuchung von 2012 leicht zurück (BAFU, 2023c). Dies könnte eine gewisse Verlagerung der Entsorgung der Lebensmittel vom Kehricht zum Grüngut anzeigen. Bezogen auf die gesamten *Lebensmittelverluste* aus Haushalten in

der Schweiz¹ wurden im Jahr 2022 19 % der *Lebensmittelverluste* über das kommunale Grüngut und 52 % über den Kehricht entsorgt. Damit verbleibt ein theoretisches Potenzial von rund 443'000 t FS *Lebensmittelverlusten*, die über den Kehricht entsorgt werden, statt sie der stofflichen und energetischen Verwertung über Vergärung und Kompostierung zuzuführen.

Die gesamten *Fremdstoffgehalte* im kommunalen Grüngut blieben gegenüber 2018 in etwa gleich. Eine Steigerung liess sich bei den *städtischen* (+29 %), ein Rückgang bei den *ländlichen* (-43 %) Gemeinden beobachten. Die Anteile *Kunststoff, nicht abbaubar* stiegen um rund 57 %, vor allem in *städtischen* (+72 %) und *ländlichen* (+106 %) Gemeinden. Unter der Annahme, dass 98 % der Fremd- und Kunststoffe bei Aufbereitungs- und Sortierprozessen entfernt werden (Kawecki et al., 2020), sollten die Grenzwerte gemäss Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) – im Durchschnitt über alle Gemeinden – eingehalten werden können. Aufgrund der steigenden Kunststoffgehalte sind weiterhin Massnahmen angezeigt, um die Bevölkerung für die Wichtigkeit von sortenreinem Grüngut zu sensibilisieren sowie die Abtrennung von Kunst- und Fremdstoffen an der Quelle zu fördern, mit dem Ziel, den Eintrag von *nicht abbaubarem Kunststoff* über Kompost und Gärgut in die Umwelt zu minimieren.

Die Studie ermöglichte zum 2. Mal eine Charakterisierung des kommunalen Grünguts ausgewählter Gemeinden und zeigt Grössenordnungen auf, in welchem Rahmen sich die Anteile der verschiedenen Fraktionen pro Gemeindekategorie befinden. Sie gibt zudem erstmalig einen Einblick in die Entwicklung der Mengenanteile über die Zeit. Gegenüber 2018 konnte eine Verbesserung der Repräsentativität erreicht werden durch die Erhöhung der Stichprobenzahl und eine bessere Berücksichtigung der jahreszeitlichen Unterschiede. Die Grössenordnungen der Mengenanteile waren ähnlich wie in der Studie von 2018. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl und einer eingeschränkten Vergleichbarkeit der Gemeinden sollten die Ergebnisse jedoch weiterhin mit Bedacht interpretiert werden.

Infobox: *Werte bezogen auf Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS]*

- 26.9 % Lebensmittelverluste im kommunalen Grüngut
 - *Städtisch*: 27.6 %, *Periurban*: 20.4 %, *Ländlich*: 15.5 %
 - Ungefähr 36 % dieser Lebensmittelverluste wären vermeidbar.
- 0.4 % *nicht abbaubare Kunststoffe* im kommunalen Grüngut
 - *Städtisch*: 0.4 %, *Periurban / Ländlich*: 0.1 %

Im Vergleich zur Studie von 2018:

- Zunahme von +35 % Lebensmittelverlusten im kommunalen Grüngut
- Zunahme von +57 % *nicht abbaubaren Kunststoffen* im kommunalen Grüngut

¹ Die gesamten Lebensmittelverluste aus Haushalten beinhalten Lebensmittel, die für den menschlichen Verzehr gedacht waren, aber über die kommunalen Kehricht- und Grüngutsammlungen, über Kanalisation, Hauskompost oder als Tierfutter entsorgt oder verwertet wurden.

Résumé

Depuis 2012, la Suisse a multiplié les activités visant à quantifier les déchets produits par la filière alimentaire et à mettre en place des mesures pour les limiter ou les valoriser. Dans le cadre du plan d'action visant à réduire le gaspillage alimentaire (Conseil fédéral, 2022a), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) doit dresser un rapport sur le gaspillage alimentaire. En plus de cette mission, il doit aussi s'assurer que les déchets verts destinés au compostage et à la méthanisation ne sont pas trop contaminés par des substances étrangères, en particulier des plastiques, afin d'en minimiser l'introduction dans l'environnement.

Au niveau des consommateurs et des ménages, la composition des déchets verts collectés séparément a été étudiée pour la première fois en 2018. L'analyse inclut le pourcentage représenté par la nourriture gaspillée et les substances étrangères (Hüsch et al., 2018). En 2022, la composition des déchets verts a été réétudiée en même temps que le nouveau rapport relatif à l'analyse des ordures suisses (Analyse de la composition des sacs à ordures) (OFEV, 2023c). Pour ce faire, les déchets verts collectés séparément dans 9 communes de Suisse alémanique ont été analysés deux fois. La classification de structure territoriale de l'Office fédéral de la statistique (OFS, 2017, 2022) a été utilisée pour différencier les communes en trois catégories : *urbaines*, *périurbaines* et *rurales* (voir annexe 1 pour les définitions). Les analyses ont été réalisées à deux périodes différentes de l'année, afin de prendre en compte les variations saisonnières, notamment des déchets de jardin dans les déchets verts. En moyenne, environ 10 % (au moins 300 kg de substance fraîche) des déchets verts livrés ont été analysés et triés en 9 catégories. Outre la catégorie des *déchets de jardin*, le rapport a étudié 5 catégories de *déchets alimentaires* (*épluchures* ; *viandes et poissons* ; *produits laitiers* ; *œufs, margarine* ; *fruits et légumes, non cuits* ; *autres aliments, cuits et transformés*), 2 catégories de *substances étrangères* (*plastiques, non dégradables* ; *autres substances étrangères*) ainsi que la proportion de *plastiques, dégradables*. La catégorisation des *déchets biogènes* est alignée sur celle utilisée dans le cadre de l'analyse de la composition des sacs à ordures. Sur la base de ces relevés ont été estimés, par habitant et par catégorie de commune, les quantités de *déchets alimentaires* éliminés dans les déchets verts communaux chaque année en Suisse.

Les *déchets de jardin* représentaient la majorité des déchets verts, soit entre 55,1 et 94,0 % (moyenne \pm écart-type : $69,8 \pm 11,1$ %) rapportés à la substance fraîche (SF). Les *déchets alimentaires* représentaient 5,3 à 41,8 % ($26,9 \pm 10,6$ %) des déchets verts. Les communes *urbaines* avaient tendance à produire plus de *déchets alimentaires* (28 %) que les communes *périurbaines* (20 %) et *rurales* (15 %). Les *déchets alimentaires* se composaient majoritairement d'*épluchures* ($74,1 \pm 6,7$ %), suivies par les *autres aliments, cuits et transformés* ($11,8 \pm 4,9$ %), les *fruits et légumes, non cuits* ($11,1 \pm 3,6$ %), les *viande et poisson* ($2,3 \pm 0,8$ %) et enfin les *produits laitiers, œufs et margarine* ($0,7 \pm 0,4$ %).

Selon les données collectées dans cette étude et les quantités de déchets verts communaux par personne (p) et par an, les communes étudiées peuvent s'attendre à environ 157 000 t de SF, soit 17,8 kg de *déchets alimentaires* SF par personne éliminés dans les déchets verts communaux en Suisse. Environ 36 % de ces *déchets alimentaires* sont évitables (6,5 kg de SF $p^{-1} a^{-1}$ /57 000 t de SF). Par rapport à 2018, une augmentation d'environ 35 % des *déchets alimentaires* dans les déchets verts communaux a été observée.

La quantité de nourriture éliminée avec les ordures ménagères a légèrement diminué par rapport à l'étude de 2012 (OFEV, 2023c). Cela pourrait suggérer un certain transfert de l'élimination des déchets alimentaires des ordures ménagères vers les déchets verts. En ce qui concerne les *déchets alimentaires*

totaux des ménages suisses² en 2022, 19 % des *déchets alimentaires* ont été éliminés avec les déchets verts communaux et 52 % avec les ordures ménagères. Il reste donc un potentiel théorique de 443 000 t de *déchets alimentaires* SF qui sont éliminés comme des ordures ménagères au lieu d'être valorisées à travers le compostage et la méthanisation.

La teneur totale en *substances étrangères* dans les déchets verts communaux reste comparable à celle de 2018. Nous avons pu observer une augmentation dans les communes *urbaines* (+29 %) et une diminution dans les communes *rurales* (-43 %). La proportion de *plastiques, non dégradables* a augmenté d'environ 57 %, en particulier dans les communes *urbaines* (+72 %) et *rurales* (+106 %). En supposant que 98 % des substances étrangères et des plastiques soient éliminés lors des processus de traitement et de tri (Kawecki et al., 2020), les valeurs limites selon l'Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) devraient pouvoir être respectées (en moyenne dans toutes les communes). En raison de la teneur croissante en plastiques de nos déchets, il est nécessaire d'adopter des mesures supplémentaires pour sensibiliser la population à l'importance du tri des déchets verts stricts, ainsi que pour inciter à trier les substances étrangères et les plastiques directement à la source. Le but est de minimiser l'introduction de *plastiques non dégradables* dans l'environnement à travers le compost et les digestats.

L'étude a permis de caractériser pour la deuxième fois les déchets verts communaux des communes choisies. Elle montre l'ampleur des différentes catégories de déchets par catégorie de communes. Elle donne également, pour la première fois, un aperçu de l'évolution des proportions des déchets dans le temps. Par rapport à 2018, il a été possible d'améliorer la représentativité grâce à l'augmentation du nombre d'échantillons et à une meilleure prise en compte des différences saisonnières. Les ordres de grandeur étaient similaires à ceux de l'étude de 2018. En raison de la petite taille des échantillons étudiés et de la comparabilité limitée des communes, il convient toutefois d'interpréter les résultats avec prudence.

Encadré: Valeurs exprimées en pourcentage en poids de substance fraîche [% w/w SF]

- 26,9 % de déchets alimentaires dans les déchets verts communaux
 - Communes urbaines : 27,6 %, périurbaines : 20,4 %, rurales : 15,5 %
 - Environ 36 % de ces déchets alimentaires étaient évitables.
- 0,4 % de *plastiques non dégradables* dans les déchets verts communaux
 - Communes urbaines: 0,4 %, périurbaines/rurales: 0,1 %

Par rapport à l'étude de 2018:

- Augmentation de +35 % des déchets alimentaires dans les déchets verts communaux
- Augmentation de +57 % des *plastiques non dégradables* dans les déchets verts communaux

² Les déchets alimentaires totaux produits par les ménages comprennent les aliments destinés à la consommation humaine, mais qui ont été éliminés ou valorisés dans les ordures ménagères, les déchets verts communaux, les égouts, le compostage domestique ou comme aliments pour animaux.

Riassunto

A partire dal 2012, in Svizzera sono state intensificate le attività che perseguono l'obiettivo di quantificare i rifiuti che si generano lungo la catena alimentare, introducendo delle misure per prevenirli o per riciclarli. Nell'ambito del piano d'azione per la riduzione dei rifiuti alimentari (Consiglio federale, 2022a), l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) è stato incaricato di redigere un rapporto riguardante i rifiuti alimentari e di garantire che i rifiuti organici destinati al compostaggio e alla fermentazione non siano eccessivamente contaminati da sostanze estranee, al fine di ridurre a un livello minimo l'immissione di materie plastiche nell'ambiente.

A livello di consumatori e famiglie, nel corso del 2018 è stata rilevata per la prima volta la composizione dei rifiuti organici raccolti in modo separato, includendovi la percentuale di rifiuti alimentari e di sostanze estranee in essi contenuti (Hüsch et al., 2018). Parallelamente all'aggiornamento della *Analisi della composizione dei rifiuti 2022* (UFAM, 2023c), la composizione dei rifiuti organici doveva essere nuovamente rilevata. A questo scopo sono stati analizzati due volte i rifiuti organici provenienti dalla raccolta differenziata comunale di 9 Comuni della Svizzera tedesca. In questo contesto, si è fatta una distinzione tra Comuni *urbani*, *periurbani* e *rurali* ai sensi della nomenclatura spaziale dell'Ufficio federale di statistica (UST) (UST, 2017, 2022) (per la definizione rispettiva, vedere l'Appendice 1). Queste analisi sono state effettuate in due diversi periodi dell'anno per poter tener conto delle variazioni stagionali, in particolare degli scarti di giardinaggio tra i rifiuti organici. In media, è stato analizzato circa il 10 % (almeno 300 kg di sostanza fresca) della quantità consegnata di rifiuti organici per poi essere ripartito in 9 frazioni diverse. Oltre alla percentuale di *scarti di giardinaggio*, sono state registrate 5 *frazioni di rifiuti alimentari* (*scarti di preparazione*; *carne / pesce*; *latticini*, *uova*, *margarina*; *frutta / verdura*, *non cotta*; *altri alimenti*, *cotti e lavorati*), 2 frazioni di *sostanze estranee* (*plastica non degradabile*; *altre sostanze estranee*) e il contenuto di *plastica degradabile*. La categorizzazione dei *rifiuti biogeni* si è basata sulla categorizzazione impiegata nel contesto dell'*analisi della composizione dei rifiuti*. Sulla base dei dati raccolti in questo modo, è stata effettuata una stima relativa alle quantità annuali di *rifiuti alimentari* generati in territorio svizzero tra i rifiuti organici urbani per categoria di Comune e di persona.

La maggior parte dei rifiuti organici in termini di massa di sostanza fresca (SF) era rappresentata dagli *scarti di giardinaggio*, che costituivano il 55,1-94,0 % ($M \pm SD$: $69,8 \pm 11,1$ %). I *rifiuti alimentari* erano presenti nei rifiuti organici in una percentuale compresa tra il 5,3 % e il 41,8 % ($26,9 \pm 10,6$ %). Tendenzialmente, nei Comuni *urbani* si trovavano più *rifiuti alimentari* (28 %) tra i rifiuti organici che nei Comuni *periurbani* (20 %) e *rurali* (15 %). La percentuale maggiore dei *rifiuti alimentari* era rappresentata dagli *scarti di preparazione* ($74,1 \pm 6,7$ %), seguiti poi da *altri alimenti*, *cotti e lavorati* ($11,8 \pm 4,9$ %), *frutta / verdura*, *non cotta* ($11,1 \pm 3,6$ %), *carne / pesce* ($2,3 \pm 0,8$ %) e *latticini*, *uova*, *margarina* ($0,7 \pm 0,4$ %).

Sulla base dei dati determinati nel contesto di questo studio e sulla base delle quantità di rifiuti organici urbani generati per persona (p) e per anno nei Comuni sottoposto all'analisi, si può prevedere che circa 157.000 t SF, rispettivamente 17,8 kg SF di *rifiuti alimentari* per persona, siano presenti ogni anno nei rifiuti organici urbani sul territorio svizzero. Circa il 36 % di questi *rifiuti alimentari* potrebbero essere evitati ($6,5$ kg SF $p^{-1} a^{-1}$ / 57.000 t SF). Rispetto all'anno 2018 è stato notato un incremento dei *rifiuti alimentari* nei rifiuti organici urbani di circa il 35 %.

I beni alimentari smaltiti nella spazzatura sono leggermente diminuiti rispetto allo studio condotto nel 2012 (UFAM, 2023c). Questo dato potrebbe mostrare un certo spostamento dello smaltimento dei beni

alimentari dalla spazzatura ai rifiuti organici. Se mettiamo il tutto in relazione con i *rifiuti alimentari* generati dalle famiglie in territorio svizzero³ nell'anno 2022 il 19 % dei *rifiuti alimentari* è stato smaltito nei rifiuti organici urbani e il 52 % nella spazzatura. Rimane dunque un potenziale teorico di circa 443.000 t SF di *rifiuti alimentari* che vengono smaltiti nella spazzatura anziché essere inviati al riciclaggio tramite compostaggio o fermentazione per la produzione di materia ed energia.

Il contenuto complessivo delle *sostanze estranee* nei rifiuti organici urbani è rimasto più o meno invariato rispetto all'anno 2018. È stato osservato invece un incremento nei Comuni *urbani* (+29 %) e una diminuzione nei Comuni *rurali* (-43 %). La percentuale di *plastica non degradabile* è aumentata di circa il 57 %, soprattutto nei Comuni *urbani* (+72 %) e in quelli *rurali* (+106 %). Se partiamo dal presupposto secondo cui il 98 % delle sostanze estranee e della plastica viene rimosso durante i processi di trattamento e di selezione (Kawecki et al., 2020), rispettare i limiti stabiliti dall'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRChem) dovrebbe essere fattibile in media in tutti i Comuni. A causa del crescente contenuto di plastica, servono ancora delle misure di sensibilizzazione dell'opinione pubblica per quanto riguarda l'importanza della purezza dei rifiuti organici e al fine di promuovere la separazione di plastica e sostanze estranee alla fonte, perseguendo in questo modo l'obiettivo di ridurre ad un livello minimo l'ingresso di *plastica non degradabile* nell'ambiente, passando per il compostaggio e i prodotti di fermentazione.

Lo studio condotto, per la seconda volta, ha permesso una caratterizzazione dei rifiuti organici urbani di Comuni selezionati, mostrando in questo contesto le proporzioni delle varie frazioni per categoria di Comune. Inoltre, per la prima volta, ci ritroviamo dinanzi ad uno studio che fornisce una visione dell'evoluzione delle proporzioni nel tempo. Rispetto all'anno 2018, si è avuto modo di ottenere un miglioramento a livello della rappresentatività, aumentando il numero di campioni e tenendo maggiormente conto delle differenze esistenti a livello stagionale. Le proporzioni delle quote di volume sono simili a quelle dello studio condotto nel 2018. Tuttavia, a causa delle dimensioni ridotte del campione e delle limitate possibilità di confronto tra i vari Comuni, i risultati devono essere interpretati con cautela.

Infobox: Valori correlati alle percentuali di peso della sostanza fresca [% w/w SF]

- 26,9 % di rifiuti alimentari nei rifiuti organici urbani
 - A livello urbano: 27,6 %, periurbano: 20,4 %, rurale: 15,5 %
 - Circa il 36 % di questi rifiuti alimentari potrebbe essere evitato.
- 0,4 % di *plastica non degradabile* nei rifiuti organici urbani
 - A livello urbano: 0,4 %, periurbano / rurale: 0,1 %

Rispetto allo studio del 2018:

- Aumento del +35 % della presenza di rifiuti alimentari all'interno dei rifiuti organici urbani
- Aumento del +57 % della presenza di *plastica non degradabile* all'interno dei rifiuti organici urbani

³ I rifiuti alimentari complessivi delle famiglie comprendono gli alimenti che erano destinati al consumo umano, ma venivano poi smaltiti o riciclati per mezzo della raccolta dei rifiuti urbani e di quella dei rifiuti organici, nel sistema fognario, nel compostaggio domestico o come mangime per gli animali.

Summary

Since 2012, efforts have been stepped up in Switzerland to quantify the waste produced along the food chain and to introduce measures to avoid or recycle it. As part of the Action Plan to Reduce Food Waste (the Federal Council, 2022a), the Federal Office for the Environment (FOEN) has been commissioned to report on food losses. In addition, it is also tasked with ensuring that the green waste collected for composting and fermentation is not too heavily contaminated by foreign substances in order to minimize the introduction of plastics, in particular, into the environment.

The composition of the separately collected green waste, including the proportion of food losses and contaminants contained in it, was surveyed at the consumer and household level for the first time in 2018 (Hüscher et al., 2018). Alongside updating the analysis of Swiss refuse (refuse analysis) in 2022 (FOEN, 2023c), the composition of the green waste needed to be surveyed again. For this purpose, the green waste from the municipal separate collection of 9 communities in German-speaking Switzerland was analysed twice in each community. A distinction was made between *urban*, *periurban*, and *rural* types of community, according to the geographic levels of Switzerland of the Federal Statistical Office (FSO) (FSO, 2017, 2022) (see Annex 1 for definitions). The analyses were carried out at 2 different times of year in order to take into account the seasonal fluctuations, in particular of garden waste in the green waste. On average, around 10% (at least 300 kg of fresh matter) of the delivered quantity of green waste was analysed and sorted into 9 fractions. In addition to the proportion of *garden waste*, 5 fractions of *food losses* (*kitchen waste*; *meat / fish*; *dairy products*, *eggs*, *margarine*; *fruit / vegetables*, *uncooked*; *other food*, *cooked and processed*), 2 fractions of *contaminants* (*plastics*, *non-degradable*; *other contaminants*), and the proportion of *plastics*, *degradable*, were recorded. The classification of *biogenic waste* matched the classification that was also used for the refuse analysis. Based on the data collected, the amount of *food losses* present annually in the green waste collected by communities in Switzerland was estimated per type of community and per person.

Most of the green waste, based on the mass of fresh matter (FM), consisted of *garden waste*, at 55.1–94.0% (M±SD: 69.8±11.1%). *Food losses* made up between 5.3–41.8% (26.9±10.6%) of the green waste. In *urban* communities, there tended to be more *food losses* (28%) in the green waste than in *periurban* (20%) or *rural* (15%) communities. Most of the *food losses* were made up of *kitchen waste* (74.1±6.7%), followed by *other food*, *cooked and processed* (11.8±4.9%), *fruit / vegetables*, *uncooked* (11.1±3.6%), *meat / fish* (2.3±0.8%), and *dairy products*, *eggs*, *margarine* (0.7±0.4%).

Based on the data obtained in this study and the quantities of green waste collected by communities per person (p) and per year in the examined communities, around 157,000 t FM per year, equating to 17.8 kg FM of *food losses* per person, can be expected in the green waste collected by communities in Switzerland. Around 36% of this *food losses* are avoidable (6.5 kg FM p⁻¹ a⁻¹ / 57,000 t FM). Compared to 2018, there was an increase of around 35% in *food losses* in the green waste collected by communities.

The amount of food disposed of as refuse decreased slightly compared to the 2012 survey (FOEN, 2023c). This could indicate a certain shift towards more food being disposed of as green waste instead of as refuse. Based on the total *food losses* from households in Switzerland⁴, 19% of *food losses* in 2022 was disposed of as community green waste and 52% as refuse. This leaves a theoretical potential

⁴ The total food losses from households include food that was intended for human consumption, but was disposed of or recycled via the community refuse and green waste collections, the sewerage system or domestic compost, or as animal feed.

of around 443,000 t FM of *food losses* that is disposed of as refuse instead of being used for material and energy recovery via fermentation and composting.

The total amount of *contaminants* in the green waste collected by communities remained roughly the same compared to 2018. There was an increase in *urban* communities (+29%) and a decrease in *rural* (-43%) communities. The proportion of *plastics, non-degradable* increased by around 57%, especially in *urban* (+72%) and *rural* (+106%) communities. Assuming that 98% of plastic materials and other contaminants are removed during processing and sorting (Kawecki et al., 2020), it should be possible to comply with the limits set by the Chemical Risk Reduction Ordinance (ChemRRV) – on average across all communities. Due to the increasing plastic content, measures are also indicated to raise public awareness of the importance keeping green waste uncontaminated and to promote the separation of plastics and other contaminants at the source, with the aim of minimizing the introduction of *non-degradable plastic* into the environment via compost and digestate.

The study made it possible to characterise community green waste in selected communities for the second time and shows the order of magnitude of the proportions of the various fractions per type of community. It also provides an insight into the development of these proportions over time for the first time. Compared to 2018, the survey was made more representative by increasing the number of samples and better taking the seasonal differences into account. The orders of magnitude of the proportions were similar to those found on the 2018 study. However, due to the small number of samples and the limited comparability of the communities, the results should continue to be interpreted with caution.

Info box: *Values based on the percentage of fresh matter by weight [% w/w FM]*

- 26.9% food losses in community green waste
 - *Urban: 27.6%, Periurban: 20.4%, Rural: 15.5%*
 - Approximately 36% of these food losses could be preventable.
- 0.4% *non-degradable plastics* in community green waste
 - *Urban: 0.4%, Periurban / Rural: 0.1%*

Compared to the 2018 study:

- +35% increase in food losses in community green waste
- +57% increase in *non-degradable plastics* in community green waste

Inhaltsverzeichnis

Glossar	13
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	15
1.1 Ausgangslage	15
1.2 Projektziele und Rahmenbedingungen	15
1.3 Zusammenarbeit	16
2 Methodik	17
2.1 Kategorisierung der Grüngutfraktionen	17
2.2 Unterteilung nach Gemeindetypologie	20
2.3 Versuchskonzept	21
2.4 Angaben zu den Gemeinden	22
2.5 Versuchsdurchführung	23
2.5.1 Probenahme	23
2.5.2 Grüngutanalyse	25
2.5.3 Qualitätskontrolle	26
2.5.4 Bestimmung von Schüttdichte und Volumen	26
2.5.5 Bestimmung von Trockenrückstand (TR) und organischem Trockenrückstand (oTR)	26
2.6 Auswertung	27
2.6.1 Software und Daten	27
2.6.2 Statistische Auswertung	27
2.6.3 Hochrechnung	28
2.6.4 Vergleich der Ergebnisse von 2022/23 zu 2018	29
3 Resultate	30
3.1 Zusammensetzung des Grünguts	30
3.2 Lebensmittelverluste im Grüngut	32
3.3 Fremdstoffe im Grüngut	34
3.4 Einfluss von Zeitpunkt der Analyse und Temperatur	36
3.5 Hochrechnung: Mengen in der Schweiz	37
3.6 Veränderungen gegenüber der Grüngutanalyse 2018	38
4 Bewertung und Ausblick	42
4.1 Diskussion der Resultate	42
4.1.1 Vermeidbarkeit der Lebensmittelverluste	43
4.1.2 Relevanz der Lebensmittelverluste im kommunalen Grüngut im Vergleich zum Schweizer Gesamtaufkommen	43
4.1.3 Problematik der Fremdstoffe im Grüngut	44
4.1.4 Saisonale Abhängigkeit der Grüngutzusammensetzung	46
4.2 Gültigkeit der Ergebnisse	46
4.2.1 Auswahl der Gemeinden	46
4.2.2 Probenahme und Analyse des Grünguts	48

4.2.3	Auswertung der Ergebnisse	49
4.3	Ausblick	51
Anhang	53
A1	Definition der Gemeindekategorien	53
A2	Analysedaten der Fraktionen	54
A3	Messdaten der Fraktionen pro Gemeinde und Gemeindekategorie.....	55
A4	Bestandteile der Fraktionen	57
A5	Zusammensetzung der Lebensmittelverluste	71
A6	Statistische Auswertung.....	72
A7	Literaturdaten	73
Verzeichnisse	75
1	Abbildungsverzeichnis	75
2	Tabellenverzeichnis	75
Referenzen	76

Glossar

BAW	Biologisch abbaubare Werkstoffe (z.B. biologisch abbaubare Kunststoffe)
Bringsystem	Art des Grüngut-Sammelsystems; das Grüngut wird vom Verursacher zu einer Sammelstelle gebracht.
Food Waste	s. Lebensmittelverschwendung
Gemeindekategorien	Hauptkategorien der <i>Gemeindetypologie 2012 – Stand 2023</i> des Bundesamtes für Statistik (BFS, 2017, 2023a)
Grünabfall	Pflanzliche Abfälle aus Gemeinden, Haushalten und Landwirtschaft (BAFU, 2019)
Grüngut	Mit der kommunalen Grüngutabfuhr separat gesammelte biologisch abbaubare Abfälle (Gartenabraum, Grünflächenschnitt, Rüst- und Speiseabfälle)
Grüngutverwertungsanlage	Anlage, die Grüngut mittels Kompostierung und / oder Vergärung verwertet
Holsystem	Art des Grüngut-Sammelsystems; das Grüngut wird beim Verursacher abgeholt und von einem Transportunternehmen zur Grüngutverwertungsanlage gebracht
Ländlich	Gebiete ausserhalb des Einflusses städtischer Kerne (vgl. Anhang 1)
Lebensmittelverluste	Lebensmittel, die für den menschlichen Konsum bestimmt sind, aber nicht durch Menschen verzehrt werden (BAFU, 2023b). Gleichbedeutend mit dem Begriff <i>Lebensmittelabfälle</i> , welcher in der Studie von 2018 verwendet wurde (Hüsch et al., 2018).
Lebensmittelverschwendung	Vermeidbare Lebensmittelverluste; umgangssprachlich «Food Waste»; essbare Anteile der Lebensmittel, die für den menschlichen Verzehr produziert, aber nicht von Menschen konsumiert werden (BAFU, 2023b).
Periurban	Einflussgebiet städtischer Kerne (vgl. Anhang 1)
Städtisch	Städtischer Kernraum (vgl. Anhang 1)
Vermeidbare Lebensmittelverluste	s. Lebensmittelverschwendung
Unvermeidbare Lebensmittelverluste	Teile von Lebensmitteln, die nicht essbar sind oder in unserer Kultur als nicht essbar betrachtet werden (BAFU, 2023b).

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
EW	Einwohner/-innen
FG	Fremdstoffe gesamt
FS	Frischsubstanz
GGA	Gr üngut a nalyse
KSA	K ehricht s ack a nalyse
LA	Ländlich
LM	Lebensmittelverluste gesamt
LM-R	Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle
M	Mittelwert
oTR	Organischer Trockenrückstand [% TR]
p	Person
PU	Periurban
SD	Standardabweichung
ST	Städtisch
TR	Trockenrückstand [% FS]
% v/v	Volumenprozent
% w/w	Gewichtsprozent
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Seit 2012 sind in der Schweiz auf Ebene von Forschung, Gesetzgebung und Umsetzung verstärkt Aktivitäten im Gang, Abfälle, welche entlang der Lebensmittelkette anfallen, zu quantifizieren und Massnahmen zu deren Vermeidung oder Verwertung einzuleiten. Dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) fällt bei der Initiierung, bei der Koordination und bei der Kommunikation dieser Aktivitäten eine tragende Rolle zu.

Das BAFU ist bestrebt, entlang der gesamten Lebensmittelkette, also vom Primärproduzenten über die Verarbeitung, Lagerung und Verteilung bis zum Verbrauch und zur Konsumation auf allen Ebenen eine verlässliche und einheitliche Datenbasis zu schaffen und diese regelmässig zu aktualisieren. Im Rahmen des Aktionsplans zur Reduktion der Lebensmittelverschwendung (Der Bundesrat, 2022a) hat das BAFU den Auftrag zur Berichterstattung über Lebensmittelverluste erhalten. Zusätzlich hat es den Auftrag, dafür zu sorgen, dass Grüngut für Kompostierung und Vergärung nicht zu stark durch Fremdstoffe verunreinigt ist, um den Eintrag von vor allem Kunststoffen in die Umwelt zu minimieren.

Auf den Stufen der landwirtschaftlichen Produktion, der industriellen Verarbeitung, des Detailhandels, der Gastronomie und der Haushalte wurden seit 2014 entsprechende Studien durchgeführt und Grundlagendaten erhoben (Baier et al., 2017; Baier & Deller, 2014; Beretta & Hellweg, 2019; Hüsch et al., 2018; Mosberger et al., 2016). Es wird aktuell davon ausgegangen, dass rund ein Drittel aller essbaren Anteile von Lebensmitteln zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Verzehr verloren gehen oder verschwendet werden. Auf Stufe Konsument/-in und Privathaushalt wurde 2018 erstmals die Zusammensetzung des separat gesammelten Grünguts, inkl. des darin enthaltenen Anteils an Lebensmittelverlusten, erhoben (Hüsch et al., 2018). Zusätzlich wurde der Anteil an Kunststoffen und sonstigen Fremdstoffen erfasst. Die Zusammensetzung des schweizerischen Haushaltkehrichts, inklusive der darin enthaltenen biogenen Anteile, wird im 10-Jahres-Rhythmus erhoben und wurde im November 2022 erneut durchgeführt (BAFU, 2023c).

Um ein aktuelles Bild der Siedlungsabfälle inklusive der darin enthaltenen vermeidbaren und unvermeidbaren Lebensmittelverluste zu erhalten, sollte die Zusammensetzung des separat gesammelten kommunalen Grünguts 2022 erneut erhoben werden. Die Durchführung sollte parallel zur Analyse des schweizerischen Kehrichts (Kehrichtsackanalyse) geschehen und einen Teil der Gemeinden berücksichtigen, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse untersucht wurden. Dabei sollte die Vergleichbarkeit zur Grüngutanalyse von 2018 (Hüsch et al., 2018) möglichst gewahrt werden, um Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Zusammensetzung des separat gesammelten Grünguts treffen zu können.

Die im Rahmen dieser Studie gewonnenen Daten dienen unter anderem der Produktion der BAFU-Indikatoren «AB047 Biogene Abfälle» und «AB099 Separat gesammelte Abfälle».

1.2 Projektziele und Rahmenbedingungen

Ziel des Projektes war die Erhebung der Zusammensetzung von separat gesammeltem kommunalem Grüngut aus Schweizer Haushalten mittels Analyse von Grüngut aus Grüngutcontainern. Die Erhebung sollte aufzeigen, welche Anteile an vermeidbaren und unvermeidbaren Lebensmittelverlusten in der Schweiz auf Stufe Haushalt über das separat gesammelte Grüngut entsorgt werden und wie stark es mit Fremdstoffen verschmutzt ist.

Es galten die folgenden Rahmenbedingungen:

- Die Erhebungskampagne berücksichtigt die Gemeindetypologie gemäss Raumgliederung (BFS, 2017, 2023a).
- Die Analyse der Zusammensetzung orientiert sich an den bisher verwendeten Kategorien der Kehrichtsackanalyse, speziell an der Kategorie *Biogene Abfälle*.
- Die Analyse der Zusammensetzung berücksichtigt zusätzlich die Fraktionen *Kunststoffe (abbaubar⁵ / nicht abbaubar)* und *Sonstige Fremdstoffe*.
- Es werden 2 zeitlich versetzte Erhebungskampagnen mit jeweils den gleichen Gemeinden durchgeführt (Duplikat).
- Die Analyse wird bei insgesamt 9 Gemeinden durchgeführt.
- Die erste Analyse wird parallel zur Erhebung der Kehrichtsackanalyse in einem Teil derselben Gemeinden und zum selben Zeitpunkt (Ende November 2022) durchgeführt.
- Die 2. Analyse wird, saisonal vergleichbar mit der Grüngutanalyse 2018, im Frühjahr 2023 durchgeführt.
- Methodik und Auswahl der Gemeinden folgen Methodik und Kriterien der Grüngutanalyse 2018, um eine grösstmögliche Vergleichbarkeit zu bewahren und einen Vergleich der Daten über die Zeit zu ermöglichen.

1.3 Zusammenarbeit

Das Projekt wurde im Auftrag des BAFU durch die Fachgruppe Umweltbiotechnologie und Bioenergie des Instituts für Chemie und Biotechnologie (ICBT) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) durchgeführt.

Bei der Forschungsarbeit konnte auf die wertvolle Unterstützung und Kooperation von Gemeinden, Grüngutanlagen, städtischer Entsorgung und Transportunternehmen gezählt werden. Diese Partner haben aktiv an der Studie mitgewirkt, indem sie Daten bereitgestellt, Einblicke gewährt und ihre Expertise eingebracht haben. Ihre Mitwirkung war entscheidend für den Erfolg des Projekts.

⁵ Soweit optisch unterscheidbar

2 Methodik

2.1 Kategorisierung der Grüngutfraktionen

Tabelle 1: Zuordnung der Bestandteile des kommunalen Grünguts zu 9 Fraktionen der Kategorien *Biogene Abfälle*, *BAW* und *Fremdstoffe*

Kategorie	Fraktion	Zuordnung
Biogene Abfälle	Gartenabfälle	Äste, Reisig, Laub, Topfpflanzen mit Erde, Blumen, Gras (Schnitt und Narben), Moos, Stroh, Einstreu
	Rüstabfälle	Rüstabfälle von Gemüse und Früchten, Käserinde, Knochen, Fischgräten, Schalen von Krustentieren, Teeblätter, Kaffeesatz, Eierschalen, Nussschalen
	Fleisch / Fisch	Frischfleisch, Charcuterie, getrocknetes Fleisch, ganze Fische, Meerestiere bzw. geniessbare Teile davon
	Milchprodukte, Eier Margarine	Käse, Butter, Joghurt, Quark, Margarine, Eier, Tofu
	Früchte / Gemüse, ungekocht	Früchte, Gemüse, Salat, Pilze, rohe Kartoffeln, Nüsse
	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet	Verarbeitete und gekochte Speisereste, Brot und Backwaren, Teigwaren, Reis, Getreide, Mehl, Zucker, Schokolade, Speise- und Frittieröl, u. ä.
BAW	Kunststoffe, abbaubar	Kompostbeutel zur Sammlung von Küchen- und Grüngutabfällen, Kunststoffe mit Gitterdruck, abbaubare Kaffee kapseln
Fremdstoffe gesamt ⁶	Kunststoffe, nicht abbaubar	Kunststoffflaschen, Verpackungen, Kunststoffbehälter, Blumentöpfe, Plastiksäcke, Tragtaschen, Plastiktuben, Folien, Styropor, Gummi, Plexiglas, Labels / Schilder, Schnur, Teebeutel und Kaffee kapseln aus Kunststoff, u. ä.
	Sonstige Fremdstoffe	Glas, Metalle, Mineralien (Asche, Hydrokugeln, Katzensand, Keramik, Kies, Staub, Steine), organische Naturprodukte (Fell, Haare, Holzkohle, Korkzapfen, Leder, naturbelassenes Holz), Papier und Karton, Schlachtabfälle und Tierkadaver, Textilien, Kerzen / Wachs, Verbundverpackungen (Plastik-Alu-Verbund, Karton-Plastik-Verbund, Holz-Metall-Verbund, Tiefgefrierpackungen, Zigarettenspäckchen, Zigarettens, Tetra-Pak, Steckmoos, sonstige Verbundmaterialien), Wischgut u. ä.

⁶ Die Kategorisierung der *Fremdstoffe* kann sich aufgrund einer abweichenden Methodik von der des Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche unterscheiden.

Das Grüngut wurde gemäss Tabelle 1 in 9 Fraktionen sortiert.

Im Unterschied zur Studie von 2018 *Lebensmittelabfälle in Schweizer Grüngut* (Hüsch et al., 2018) wurde die Fraktion *Andere Nahrungsmittel* weiter unterteilt in die Fraktionen *Milchprodukte*, *Eier*, *Margarine*, *Früchte / Gemüse, ungekocht* und *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet*. Die Kategorisierung der *biogenen Abfälle* entspricht der Einteilung, die zeitgleich in der Studie *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2022* (BAFU, 2023c) verwendet wurde.

Nicht biogene Abfälle wurden analog 2018 unterteilt in die Fraktionen *Kunststoffe, nicht abbaubar* und *Sonstige Fremdstoffe*.

Ebenso wurde der Anteil *Kunststoffe, abbaubar* erfasst. Diese Fraktion wurde gegenüber der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018), in der ausschliesslich der Anteil an Kompostsäcken erhoben wurde, erweitert. Da abbaubare Kunststoffmaterialien bio- und fossilbasiert sein können, wurde diese Fraktion in der vorliegenden Studie nicht mehr den biogenen Abfällen zugeordnet, sondern der Kategorie *Biologisch abbaubare Werkstoffe* (BAW). Kunststoffe, die nicht eindeutig als abbaubar identifiziert werden konnten, wurden der Fraktion *Kunststoffe, nicht abbaubar* zugeordnet.

Die Grüngutfraktionen wurden zur Auswertung und Interpretation der Daten zusätzlich den folgenden übergreifenden Fraktionen zugeordnet: *Grüngut gesamt* (Originalprobe, beinhaltet alle Fraktionen), *Lebensmittelverluste gesamt* (LM), *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* (LM-R) und *Fremdstoffe gesamt* (FG) (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zuordnung der 9 Grüngutfraktionen zu den übergreifenden Fraktionen, die zur Auswertung und Interpretation der Ergebnisse in dieser Studie verwendet werden. *Grüngut gesamt* entspricht der Originalprobe des kommunalen Grünguts und beinhaltet daher alle Fraktionen.

Grüngut gesamt								
		Lebensmittelverluste gesamt						
		Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle				Fremdstoffe gesamt		
Gartenabfälle	Rüstabfälle	Fleisch / Fisch	Milchprodukte, Eier Margarine	Früchte / Gemüse, ungekocht	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet	Kunststoffe, abbaubar	Kunststoffe, nicht abbaubar	Sonstige Fremdstoffe

Nicht allgemein geläufige Abkürzungen, wie z.B. die Abkürzungen der Grüngutfraktionen werden zur besseren Lesbarkeit nur in Tabellen und Abbildungen verwendet, nicht aber im Lauftext.

Vermeidbarkeit der Lebensmittelverluste

Gemäss aktueller Terminologie (BAFU, 2023b; Beretta & Hellweg, 2019) werden *Lebensmittelverluste* als unvermeidbar angesehen, sofern für den menschlichen Konsum bestimmte Lebensmittel oder Teile von ihnen «nicht essbar sind oder in unserer Kultur als nicht essbar betrachtet werden». *Lebensmittelverluste*, die theoretisch hätten vermieden werden können, werden als *Lebensmittelverschwendung*, umgangssprachlich *Food Waste*, bezeichnet.

Die folgenden Kategorien wurden analog 2018 in der Auswertung eindeutig den *vermeidbaren Lebensmittelverlusten* und somit der *Lebensmittelverschwendung* zugeordnet:

- *Fleisch / Fisch*
- *Milchprodukte, Eier, Margarine*
- *Früchte / Gemüse, ungekocht*
- *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet*

Neu und im Unterschied zu der Studie von 2018 werden *Rüstabfälle* nur noch teilweise als unvermeidbar angesehen. Da eine Abgrenzung zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Rüstabfällen nicht immer klar gezogen werden kann und in vielen Fällen subjektiv geprägt ist, wurde die Kategorisierung in dieser Studie auf *Lebensmittelverluste gesamt* (LM) und *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* (LM-R) angepasst.

Präferenzverluste

Einige Studien unterscheiden Lebensmittelverluste zusätzlich in Präferenz- und Verteilverluste (Beretta & Hellweg, 2019; WRAP, 2009). Verteilverluste können aufgrund der Methodik im Rahmen dieser Studie nicht beurteilt werden. Präferenzverluste wurden berücksichtigt, indem offensichtlich viel zu grosse Abschnitte, bei denen ein beträchtlicher Teil des geniessbaren Lebensmittels weggerüstet wurde, bei der Analyse der entsprechenden Fraktion zugeordnet wurden. Eine detailliertere Sortierung nach Präferenzverlusten wurde in dieser Studie nicht durchgeführt, zum einen aus methodischen Gründen – Grüngut ist vor der Sortierung längere Zeit der Verderbnis ausgesetzt; eine klare Unterscheidung von Präferenzverlusten zu Rüstabfällen ist dadurch oftmals nicht mehr möglich – zum anderen, da Präferenzverluste keine klar definierte und nur subjektiv abgrenzbare Fraktion darstellen. Eine Abschätzung der Präferenzverluste wurde zusätzlich aufgrund von Literaturdaten vorgenommen.

2.2 Unterteilung nach Gemeindetypologie

Die Grüngutanalyse erfolgte entsprechend der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018) entlang der Hauptkategorien der *Gemeindetypologie 2012 – Stand 2023* des Bundesamtes für Statistik (BFS) (2023a), folgend «Gemeindekategorien» genannt: (Abbildung 1):

- **Städtisch (ST)** (Gemeindetypen 11–13)
- **Periurban (PU)** (Gemeindetypen 21–23)
- **Ländlich (LA)** (Gemeindetypen 31–33)

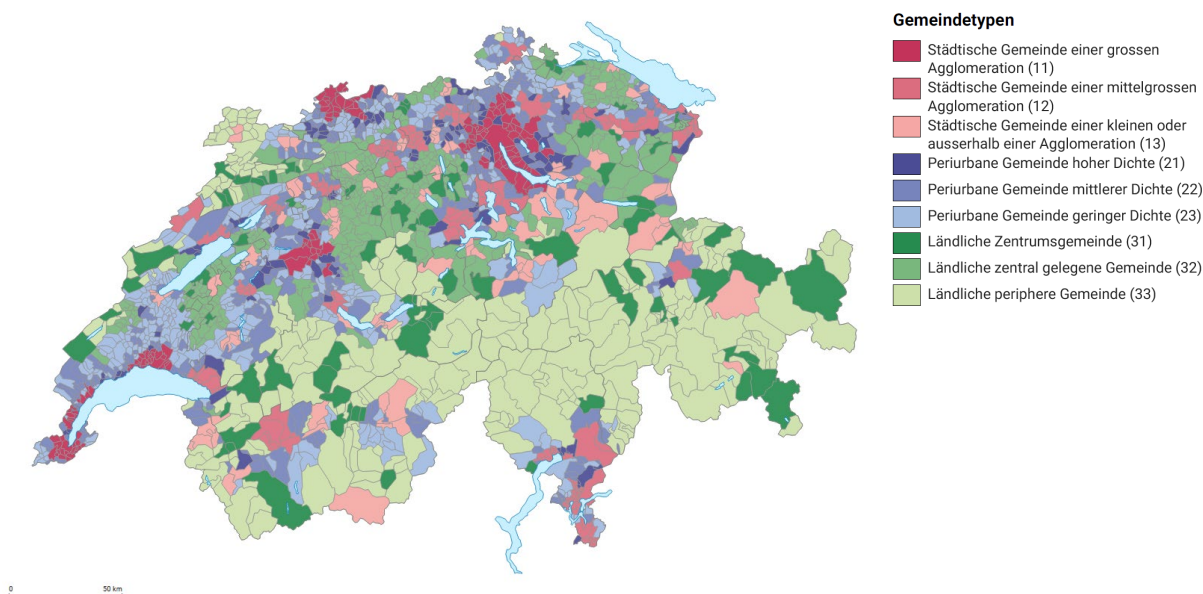


Abbildung 1: Gemeindetypologie der Schweiz
Kategorien der *Gemeindetypologie 2012 – Stand 2023* mit 9 Typen (BFS, 2023a)

Der Bezug zur *Gemeindetypologie* des BFS (2017, 2023a) erlaubt Hochrechnungen, räumliche Darstellungen und eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien. Eine Beschreibung der Gemeindekategorien gemäss BFS (2017) ist in Anhang 1 aufgeführt.

2.3 Versuchskonzept

Die Erhebungen wurden entsprechend der Grüngutanalyse von 2018 (Hüsch et al., 2018) auf Ebene der Gemeinden durchgeführt. Die Auswahl der Gemeinden basierte jedoch auf anderen Kriterien als 2018. Ein Teil der untersuchten Gemeinden sollte denen entsprechen, die in der Kehrichtsackanalyse 2022 untersucht wurden, ein anderer Teil sollte die Vergleichbarkeit zur Grüngutanalyse von 2018 gewährleisten (vgl. Abschnitt 1.2).

Die Wahl der Gemeinden erfolgte gemäss folgenden Kriterien:

- **Alle Lebensmittelverluste** durften mit der Grüngutabfuhr entsorgt werden⁷.
- Das Grüngut wurde bei den Haushalten abgeholt (**Holsystem**).
- Das gesammelte Grüngut konnte einer Gemeinde eindeutig zugeordnet werden⁸.
- Das Grüngut wurde mit einer Frequenz von mindestens 2 Wochen abgeholt.

Die Auswahlkriterien wurden analog 2018 mit dem Ziel festgelegt, möglichst viele Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung des Grünguts gleichzusetzen und dadurch eine in Bezug auf die Gemeindekategorien vergleichbare Datenbasis zu schaffen.

Die Informationen zur Frequenz der Grüngutsammlung, Sammel- und Gebührensystem der Gemeinden sowie welche Abfälle über die Grüngutabfuhr entsorgt werden dürfen, wurden den Merkblättern, Abfall- und Entsorgungskalendern und Preislisten entnommen, die von den Gemeinden online zu Verfügung gestellt werden. Die Informationen, ob das Grüngut einer Gemeinde separat gesammelt wird, wurde bei den Transportunternehmen und Grüngutverwertungsanlagen angefragt.

Pro Gemeindekategorie wurden 2 Gemeinden gewählt, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse 2022 (BAFU, 2023c) analysiert wurden, sowie 1 Gemeinde aus der Grüngutanalyse 2018 (Tabelle 3). Ausnahmen waren die *ländlichen* Gemeinden: Da nur 1 *ländliche* Gemeinde aus der Kehrichtsackanalyse 2022 den Auswahlkriterien entsprach, wurden 2 *ländliche* Gemeinden der Grüngutanalyse 2018 ausgewählt.

In den *städtischen* Gemeinden, in denen das Grüngut mehrmals wöchentlich – jeweils in verschiedenen Gebieten – gesammelt wird, wurde anhand von Merkblättern der Gemeinden sowie mündlichen Anfragen beim Tiefbauamt der Gemeinden, entschieden, welche Sammeltour die Gesamtheit der Stadt am besten repräsentiert und diese Tour für die Analyse gewählt.

Jede Gemeinde wurde 2 Mal beprobt. Gemäss Rahmenbedingungen unter Abschnitt 1.2 wurde das Grüngut der Gemeinden, die auch in der Kehrichtsackanalyse 2022 untersucht wurden, das erste Mal zeitgleich mit der Kehrichtsackanalyse 2022 im Zeitraum November bis Dezember untersucht, das 2. Mal im Zeitraum von Februar bis April 2023 (Tabelle 3).

Weitere Attribute der Sammellogistik der beprobten Gemeinden wie das Gebührensystem werden beschrieben (Tabelle 4), konnten aufgrund des Stichprobenumfangs aber nicht in die Auswertung miteinbezogen werden. Ebenso nicht berücksichtigt wurden regionale Unterschiede wie z.B. Unterschiede zwischen den Sprachregionen.

⁷ Die Entsorgungsreglemente der Gemeinden unterscheiden sich. Nicht alle Gemeinden erlauben die Entsorgung von Speiseresten über die Grüngutabfuhr.

⁸ Z.T. wird auf einer Sammeltour das Grüngut mehrerer Gemeinden eingesammelt und im Transportfahrzeug vermischt. Ist dies der Fall, kann das Grüngut nicht mehr eindeutig einer Gemeinde zugeordnet werden.

Tabelle 3: Schema der Erhebungskampagne der Grüngutanalyse (GGA) 2022/23

Im Vergleich zu der parallel durchgeführten Kehrichtsackanalyse (KSA) 2022 (BAFU, 2023c) für 2 Stichproben pro Gemeindekategorie *städtisch* (ST), *periurban* (PU), respektive intermediär (IN)⁹ und *ländlich* (LA)

Erhebung	Stichprobe 1		Stichprobe 2
	Herbst / Winter 2022 ¹⁰	Winter 2023	Winter / Frühling 2023 ¹⁰
KSA 2022	33 Gemeinden (18 ST / 7 IN / 8 LA)	---	---
GGA 2022/23	Aus Vorauswahl KSA 2022 ¹¹ 6 Gemeinden (2 ST / 2 PU / 2 LA)	Aus Vorauswahl GGA 2018 3 Gemeinden (1 ST / 1 PU / 1 LA)	Aus Vorauswahl KSA 2022 ¹¹ 6 Gemeinden (2 ST / 2 PU / 2 LA) Aus Vorauswahl GGA 2018 3 Gemeinden (1 ST / 1 PU / 1 LA)

2.4 Angaben zu den Gemeinden

Aus der Vorauswahl der Gemeinden der Kehrichtsackanalyse 2022 und der Grüngutanalyse 2018 wurden 9 Gemeinden im Raum der deutschsprachigen Schweiz für die Grüngutanalyse 2022 ausgewählt (Tabelle 4). Dabei wurden 5 Gemeinden der Vorauswahl der Kehrichtsackanalyse 2022 entnommen, und 4 Gemeinden der Vorauswahl der Grüngutanalyse 2018. Eine Abweichung vom ursprünglichen Konzept, das vorsah, 6 Gemeinden der Kehrichtsackanalyse 2022 zu wählen, war nötig, da nicht genügend *ländliche* Gemeinden, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse untersucht wurden, den Auswahlkriterien der Grüngutanalyse (vgl. Abschnitt 2.3) entsprachen.

Das Grüngut der Gemeinde LA 2 wurde zusammen mit dem Grüngut einer weiteren Gemeinde eingesammelt (LA 2+), deren Gemeindetyp der räumlichen Hauptkategorie entsprach und somit in das Versuchskonzept passte. In allen Gemeinden bestand die Möglichkeit, Speisereste mit dem Grüngut zu entsorgen. In allen Gemeinden wurde ausserdem das Grüngut im Holsystem gesammelt. In einer der *ländlichen* Gemeinden existierte zusätzlich zum Holsystem ein Bringsystem in Form von regionalen Sammelstellen. Eckdaten zur Art des Sammelsystems, zu den Sammelgebieten und zum Gebührensystem wurden beschrieben (Tabelle 4).

⁹ Die Kehrichtsackanalyse 2022 (BAFU, 2023c) verwendet eine Unterteilung anhand der Kategorien *städtisch*, *intermediär*, *ländlich* (Stadt-/Landtypologie). Die Zuteilung unterscheidet sich leicht bei den *periurbanen* / *intermediären* und den *ländlichen* Gemeinden.

¹⁰ Nach meteorologischer Zeitrechnung

¹¹ Ausnahme: Eine *ländliche* Gemeinde der Kehrichtsackanalyse 2022 wurde aufgrund der Auswahlkriterien durch eine Gemeinde der Grüngutanalyse 2018 ersetzt.

Tabelle 4: Eckdaten der beprobten Sammeltouren:

Gemeindekategorien, Gemeindetyp, gewählte Anzahl Sammelgebiete innerhalb einer Gemeinde, Sammelssystem und Gebührenpflicht gemäss Kommunikation der Gemeinden; das Grüngut der Gemeinde LA 2 wurde zusammen mit dem Grüngut einer weiteren Gemeinde eingesammelt (LA 2+), deren Gemeindetyp der räumlichen Hauptkategorie entsprach und somit in das Versuchskonzept passte.

Gemeinde-kategorie	Gemeinde	Gemeinde-typ ¹²	Sammel-gebiete	Sammelsystem ¹³	Gebühr ^{13 / 14}
Städtisch	ST 1	121	2 von 11	Container, Bündel, Bio-Sack	Nein
	ST 2	121	2 von 12	Container	Ja
	ST 3	137	1 von 8	Container, Bündel	Nein
Periurban	PU 1	216	gesamt	Container, Bündel	Nein
	PU 2	217	gesamt	Container, Bündel	Nein
	PU 3	226	gesamt	Container, Bündel, Herbstlaub in offenen Behältern	Ja
Ländlich	LA 1	325	gesamt	Container, Bündel	Ja
	LA 2	325	gesamt	Container	Ja
	LA 2+	326	gesamt	Container, Bündel	Nein
	LA 3	326	gesamt	Container, zusätzlich regio-nale Sammelstelle	Ja

2.5 Versuchsdurchführung

2.5.1 Probenahme

Das Grüngut einer Gemeinde respektive einer Sammeltour wurde bei Anlieferung auf der Grüngutverwertungsanlage beprobt (Abbildung 2). Das Grüngut wurde auf einer freien Fläche abgeladen, mit einem Pneulader gründlich durchmischt und zu einem länglichen Haufen gezogen. Ausnahmen waren die Gemeinden ST 2 und LA 1: bei diesen wurde das Grüngut in ein zuvor geleertes Tiefenlager entladen, dort vermischt und flächig verteilt. Bei der Anlieferung wurde darauf geachtet, dass keine Rückstände im Abfallsammelfahrzeug zurückblieben. Es wurden 3 bis 8 Einzelproben an verschiedenen,

¹² Gemäss Raumgliederung (BFS, 2022)

¹³ Gemäss Informationen auf den Webseiten der jeweiligen Gemeinden

¹⁴ Die Angaben beziehen sich auf Gebühren, die direkt von den Konsumenten/-innen für die Entsorgung des Grünguts gezahlt werden müssen. In Gemeinden, in denen keine direkten Gebühren anfallen, ist die Gebühr in der Regel in den allgemeinen Abfallgebühren enthalten.

gleichmässig verteilten Stellen der Gesamtmenge des angelieferten Grünguts entnommen. Es wurde darauf geachtet, dass Grüngut aus allen Schichten des Haufens genommen wurde. Die Einzelproben wurden noch einmal gemischt und bis zur Analyse am nächsten Tag bei Umgebungstemperatur gelagert. Zum Schutz vor Umwelteinflüssen und Tierfrass wurde das Grüngut mit einem Vlies oder einer Plane abgedeckt und getrennt vom übrigen Grüngut gelagert. Aufgrund des zeitlichen Aufwands von Probenahme und Grüngutanalyse wurde die Analyse jeweils am Tag nach der Anlieferung durchgeführt.

Die Proben wurden im Zeitraum vom 10. November 2022 bis zum 21. April 2023 genommen. Die Daten der einzelnen Analysen sind in Anhang 3 aufgeführt. Bei der Wiederholung der Analyse im Frühjahr 2023 wurden die Gemeinden nach Möglichkeit in der gleichen Reihenfolge und mit dem gleichen zeitlichen Abstand analysiert wie bei der Analyse im Herbst / Winter 2022/23. Ausnahme war Gemeinde LA 2, deren Grüngutsammlung nach einer Winterpause und damit erst später im Jahr wieder startete und daher verschoben werden musste.

Insgesamt wurden analog der Grüngutanalyse 2018 (Hüsch et al., 2018) mindestens 500 kg (520–1100 kg) Frischsubstanz (FS) Grüngut der angelieferten Menge entnommen. Die Methodik der Probenahme basiert auf der Methode zur Probenahme von ungesiebttem Kompost (Agroscope, 2020): Die Mindestanzahl der zu entnehmenden Einzelproben richtet sich dabei nach dem Volumen des angelieferten Grünguts (Tabelle 5). Das Volumen wurde hierzu berechnet anhand des Gewichts der Grüngutlieferung (Angaben der Grüngutverwertungsanlagen) und eines Erfahrungswertes des Raumgewichts von kommunalem Grüngut von 330 kg m⁻³ (GSA, 2006; WRAP, 2010).



Abbildung 2: Anlieferung von Grüngut einer Gemeinde (links), Durchmischen der Probe (rechts) mittels PneuLader

Tabelle 5: Methode zur Probenahme von Kompost (Agroscope, 2020)

Mindestanzahl der Einzelproben pro Kompostcharge bei Probenahme ab Lager, aus Tafelmieten oder Boxen*

	Menge bis 300 m ³	Menge über 300 m ³
Kompost ungesiebt	1 je 15 m ³ *	total 15 Einzelproben

*Es sind mind. 3 Einzelproben zu entnehmen.

2.5.2 Grüngutanalyse

Von der entnommenen Grüngutprobe wurden durchschnittlich 379 ± 47 kg (322–481 kg) analysiert. Dazu wurde der Probe chargenweise Material entnommen und in die in Abschnitt 2.1 genannten Fraktionen sortiert. Auf den Sortierbehältern wurde zur besseren Unterscheidung eine visuelle Hilfe zu den Fraktionen angebracht. Die Probe wurde als länglicher Haufen angehäuft. Anschliessend wurde ihr meterweise Grüngut entnommen bis mindestens 300 kg erreicht waren. Jeder angefangene Meter Grüngut musste zu Ende sortiert werden, um einer selektiven Entnahme des zu sortierenden Grünguts vorzubeugen. Verpackter Grünabfall wurde entpackt. (Abbildung 3 und Abbildung 4)



Abbildung 3: Durchmischte Probe (links) und Sortierstation (rechts)

Die Probe wurde zu einem länglichen Haufen angehäuft und chargenweise analysiert bis mindestens 300 kg erreicht waren; jeder angefangene Meter musste zu Ende sortiert werden.



Abbildung 4: Sortierung des Grünguts (links) und sortiertes Grüngut (rechts)

Das Bild zeigt eine Teilmenge der Fraktion *Früchte / Gemüse, ungekocht*

Das Gewicht der Teilfraktionen wurde mit einer Plattformwaage (PCE-SD 150C; 1–150 kg; Messgenauigkeit $e=20$ g) ermittelt. Fraktionen, die nur in geringen Mengen vorlagen oder sehr leicht waren, wurden mit einer Mettler Toledo Waage des Typs MS12002TS/00 (0.014–12.2 kg, $e=0.01$ g) gewogen. Zusätzlich wurden die Hauptbestandteile der Fraktionen schriftlich festgehalten (Anhang 4).

Material, das aufgrund der geringen Grösse nicht mit vertretbarem Aufwand sortiert werden konnte, wurde durch die engmaschigen grünen Sortierkisten herausgesiebt, separat gesammelt und gewogen (*Feinfraktion*). Die *Feinfraktion* wurde analog der Grüngutanalyse 2018 (Hüsch et al., 2018) den *Gartenabfällen* zugerechnet, die den grössten Anteil der *Feinfraktion* ausmachen.

Von sämtlichen Fraktionen wurde eine durchmischte Probe von je rund 5 kg entnommen zur Bestimmung von Trockenrückstand (TR) und organischem Trockenrückstand (oTR), mit Ausnahme der *Feinfraktion*, für die eine Probe von ca. 0.5 kg entnommen wurde.

2.5.3 Qualitätskontrolle

In der Halbzeit eines Sortiertages wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt, indem das bereits sortierte Grüngut auf Fehlwürfe kontrolliert wurde. Systematisch falsch sortierte Lebensmittel konnten so ausfindig gemacht und das Sortierpersonal entsprechend instruiert werden. Eine 2. Qualitätskontrolle wurde am Ende des Sortiertages durchgeführt, wenn das Grüngut für die Fotoanalyse ausgebreitet wurde.

Von jeder Fraktion wurden Fotografien erstellt für eine allfällige nachträgliche Fotoanalyse der Zusammensetzung.

2.5.4 Bestimmung von Schüttdichte und Volumen

Von allen Fraktionen wurde die Schüttdichte bestimmt. Das Verfahren folgte der Vorgehensweise, die im Rahmen der Probenahme von Kompost von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC) beschrieben wird (FAC, 1995). Das Volumen der Probe wurde in einem 5-L-Messbecher, das Gewicht mit einer Mettler Toledo Waage des Typs MS12002TS/00 (0.014-12.2 kg, $e=0.01$ g) bestimmt. Bei geringem Probenumfang wurde ein 1-L-Messbecher verwendet.

2.5.5 Bestimmung von Trockenrückstand (TR) und organischem Trockenrückstand (oTR)

Zur Bestimmung von TR und oTR wurden die Proben homogenisiert. Dazu wurden in einem ersten Schritt grosse Stücke innerhalb der Proben manuell zerkleinert und dann mit einer Messermühle (Retsch Grindomix GM 300) auf eine Partikelgrösse von <5 mm respektive <10 mm (*Gartenabfälle*, *Feinfraktion*) zerkleinert. Die Bestimmung von TR (24 h bei 105°C) und oTR (2 h bei 550°C) folgte den Standardverfahren S593-BT 1057 und S593-BT 1050 des ICBT (ZHAW, 2007a, 2007b). In Abweichung zum Standardverfahren S593-BT 1057 wurden die Proben zur Bestimmung des TR in einem Heraeus 6000 Trockenschrank der Kendro Laboratory Products AG getrocknet und das Gewicht mit einer Mettler Toledo AG204 DeltaRange Waage (61 g / 210 g, $e=0.1$ mg / 1 mg) bestimmt.

2.6 Auswertung

2.6.1 Software und Daten

Alle Berechnungen und graphischen Darstellungen wurden mit Microsoft® Excel® für Microsoft 365 MSO (Version 2302 Build 16.0.16130.20754) 64 Bit durchgeführt.

Zur Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf die Zusammensetzung des Grünguts (Abschnitt 3.4) wurden die Tagesmitteltemperaturen verwendet, die an den Tagen der Probenahme an der Wetterstation Zürich-Affoltern auf 445 m ü. M. (Klimaregion *Nordöstliches Mittelland*) gemessen wurden (MeteoSchweiz, 2023).

Die prozentualen Anteile der Fraktionen im Grüngut beziehen sich, soweit nicht anders gekennzeichnet, auf Gewichtsprocente (% w/w) Frischsubstanz. *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle und Kunststoffe, nicht abbaubar* wurden zusätzlich zur Auswertung mit Bezug zum Gesamtaufkommen des Grünguts relativ zu den übergeordneten Fraktionen *Lebensmittelverluste gesamt* respektive *Fremdstoffe gesamt* ausgewertet. Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) werden als $M \pm SD$ angegeben.

Eine Abschätzung von Präferenzverlusten wurde getroffen anhand eines Vergleichs der Werte von vermeidbaren Lebensmittelverlusten im kommunalen Grüngut mit und ohne Präferenzverlusten in Beretta & Hellweg (2019).

2.6.2 Statistische Auswertung

Für die Berechnung der Standardabweichung wurde die Funktion STABW.S verwendet, die ausgehend von einer Stichprobe die Standardabweichung in der Grundgesamtheit schätzt.

Mittelwerte und Standardabweichung wurden ungewichtet und bevölkerungsgewichtet ausgewertet. Die Gewichtung erfolgte anhand der Bevölkerungszahlen, die von den untersuchten Gemeinden für das Jahr 2022 angegeben wurden.

Die Signifikanz von Unterschieden zwischen Gruppen (Gemeindekategorien, Jahr der Analyse) wurde folgendermassen überprüft:

1. Test auf Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gruppen mit ANOVA, 1-faktorieller Varianzanalyse
2. Bei Feststellung von signifikanten Unterschieden auf einem Signifikanzniveau von 5 % ($\alpha=0.05$), wurde getestet, welche Gruppen sich unterscheiden:
 - a. F-Test zur Überprüfung der Homogenität der Varianzen der Gruppen
 - b. t-Test für unabhängige Stichproben für jede Paarung, einseitig
 - c. Bonferroni-Korrektur des Signifikanzniveaus
 - d. Post-Hoc-Test durch Vergleich des p-Wertes des t-Tests mit dem korrigierten Signifikanzniveau

2.6.3 Hochrechnung

Eine Abschätzung der jährlich in der Schweiz zu erwartenden Mengen *Lebensmittelverluste* und *Fremdstoffe* wurde erstellt basierend auf:

1. den bevölkerungsgewichteten Mittelwerten pro Gemeindekategorie der in dieser Studie erhobenen Anteile *Lebensmittelverluste* und *Fremdstoffe* im kommunalen Grüngut (vgl. Abschnitt 2.1 und 3.2)
2. den bevölkerungsgewichteten Mittelwerten pro Gemeindekategorie der im Rahmen der Kehrichtsackanalyse (BAFU, 2023c) erhobenen spezifischen Menge kommunales Grüngut pro Person (p) in den untersuchten Gemeinden.
3. den Einwohner/-innenzahlen aller Gemeinden und der Schweiz per 31.12.2022 (BFS, 2023b)
4. der Zuordnung aller Gemeinden der Schweiz zu den BFS-Gemeindetypen in derselben Zeitperiode (BFS, 2022).

Die Abschätzung erfolgte mittels Hochrechnung in folgenden Schritten:

- a. Berechnung der Einwohner/-innenzahlen pro Gemeindekategorie (3, 4)
- b. Berechnung der absoluten Mengen *Lebensmittelverluste* oder *Fremdstoffe* pro Gemeindekategorie [t FS a^{-1}] anhand der Mittelwerte pro Gemeindekategorie (1, 2) und der Einwohner/-innenzahlen pro Gemeindekategorie (a)
- c. Berechnung der absoluten Menge *Lebensmittelverluste* oder *Fremdstoffe* in der Schweiz [t FS a^{-1}] als Summe der absoluten Mengen *Lebensmittelverluste* oder *Fremdstoffe* der Gemeindekategorien (b).
- d. Berechnung der spezifischen Menge *Lebensmittelverluste* oder *Fremdstoffe* in der Schweiz als Quotient der absoluten Menge *Lebensmittelverluste* oder *Fremdstoffe* der Schweiz (c) und der Einwohner/-innenzahlen der Schweiz (3).

Die Hochrechnung basiert auf folgenden Annahmen:

- Die Zusammensetzung des Grünguts der untersuchten Gemeinden ist repräsentativ für die jeweilige Gemeindekategorie.
- Die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte der Fraktionen pro Gemeindekategorie aus den Perioden November bis Dezember 2022 und Februar bis April 2023 sind repräsentativ für die gemittelten Werte dieser Anteile über das ganze Jahr.
- Die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie der Mengen kommunales Grüngut pro Person in den untersuchten Gemeinden sind repräsentativ für die Mengen kommunales Grüngut pro Person und pro Gemeindekategorie in der Schweiz.

2.6.4 Vergleich der Ergebnisse von 2022/23 zu 2018

Für den Vergleich der Zusammensetzung des Grünguts dieser Studie zu der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018) wurden die Fraktionen *Milchprodukte*, *Eier*, *Margarine*, *Früchte / Gemüse, ungekocht* und *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet* zusammengefasst zur Fraktion *Andere Nahrungsmittel* (vgl. Abschnitt 2.1). Der Vergleich wurde anhand von 2 verschiedenen Methoden durchgeführt:

Methode 1

Die Mengenanteile je Fraktion von 2022/23 und 2018 wurden verglichen. Dazu wurden anhand der bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie und über alle Gemeindekategorien die prozentuale Abweichung berechnet.

Methode 2

Die Daten wurden analog Abschnitt 2.6.3 auf die Schweizer Bevölkerung hochgerechnet und mit den Daten der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018) verglichen. Dafür wurden folgende Daten verwendet:

1. die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie der Fraktionen aus beiden Studien
2. die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie der im Rahmen der Kehrichtsackanalyse 2022 (BAFU, 2023c) erhobenen spezifischen Menge kommunales Grüngut pro Person
3. die Einwohner/-innenzahlen aller Gemeinden und der Schweiz per 31.12.2018 und per 31.12.2022 respektive (BFS, 2020, 2023b)
4. die Zuordnung aller Gemeinden der Schweiz zu den BFS-Gemeindetypen in denselben Zeitperioden (BFS, 2018, 2022).

Dieser Vergleich berücksichtigt zum einen die Mengenanteile je Fraktion von 2022/23 und 2018, die auch in Methode 1 verwendet wurden, zum anderen die Bevölkerungsstruktur in der Schweiz (Gewichtung nach Einwohner/-innen pro Gemeindekategorie). Er berücksichtigt nicht die Entwicklung der spezifischen Menge Grüngut pro Einwohner/-in. Diese konnte aufgrund der nicht vergleichbaren Datenbasis dieses Parameters nicht eingebunden werden.

3 Resultate

3.1 Zusammensetzung des Grünguts

Die Anteile der verschiedenen Fraktionen schwankten stark, zum Teil auch innerhalb der gleichen Gemeinde (Abbildung 5). *Gartenabfälle* bildeten bei allen Analysen die grösste (55.1–94.0 %), *Rüstabfälle* die zweitgrösste (3.0–31.6 %) Fraktion im kommunalen Grüngut bezogen auf Frischsubstanz. Die Fraktionen *Fleisch / Fisch* (0.1–0.9 %), *Milchprodukte, Eier, Margarine* (0.0–0.4 %), *Früchte / Gemüse, ungekocht* (0.7–8.1 %) und *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet* (0.6–8.2 %) sowie *Kunststoffe abbaubar* (0.1–0.8 %), *Kunststoffe, nicht abbaubar* (0.02–1.4 %) und *Sonstige Fremdstoffe* (0.6–4.7 %) waren im Bereich von einigen (0.0–8.2 %) Prozent enthalten.

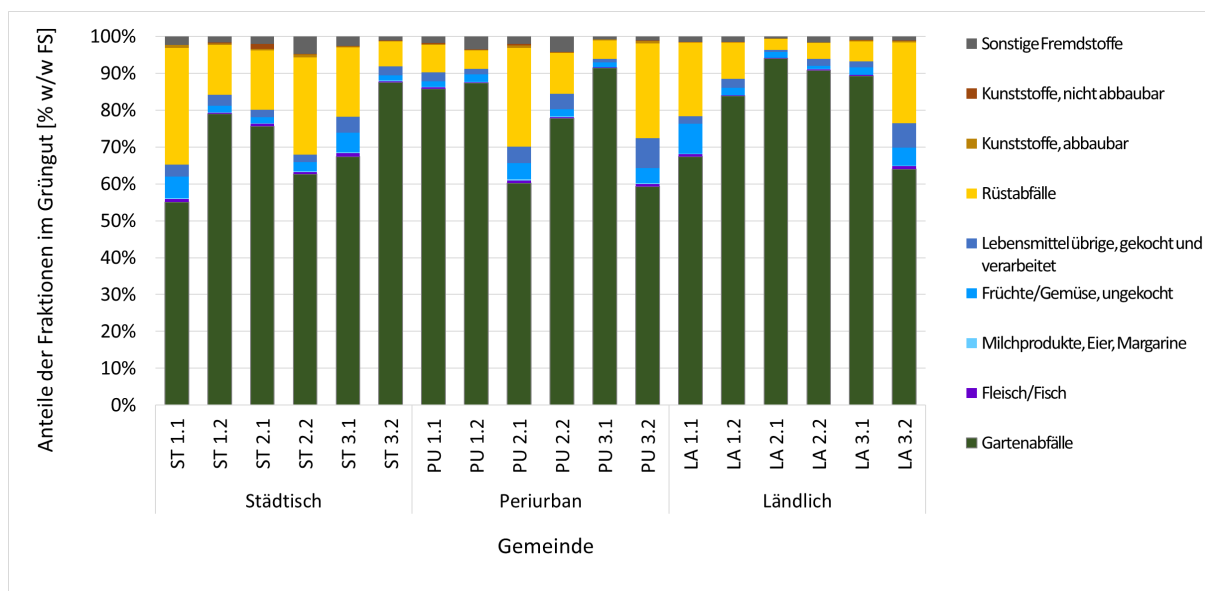


Abbildung 5: Anteile der Fraktionen im Grüngut der analysierten Gemeinden
bezogen auf Frischsubstanz (FS) zu je 2 saisonal verschiedenen Zeitpunkten

Anhand der 2-fachen Analyse des kommunalen Grünguts von 9 Gemeinden wurde die durchschnittliche Zusammensetzung des kommunalen Grünguts in der Schweiz bestimmt. Je nach Bezugsgrösse (Frisch- und Trockensubstanz, Gewicht- und Volumenprozente) fällt die prozentuale Verteilung leicht verschieden aus (Abbildung 6): der Bezug zur Frischsubstanz ist intuitiv und wird oft zur Kommunikation verwendet, so z.B. auch vom BAFU (2023b) in Bezug auf Lebensmittelverluste. Da der Feuchtigkeitsgehalt von Lebensmitteln, Grüngut und auch Kunststoffen je nach Witterungsverhältnissen, Lagerart und -dauer innerhalb derselben Produktart stark schwanken kann, ist die Vergleichbarkeit zwischen Studien und zwischen Analysen innerhalb einer Studie bei diesem Bezug eingeschränkt. Der Bezug zur Trockensubstanz stellt eine zuverlässig vergleichbare Grösse dar. Die Auswertung mit Bezug zu Frischsubstanz und Volumen entspricht am ehesten dem visuellen Erscheinungsbild einer Grüngutlieferung. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Schüttdichten, erscheinen «leichte» Materialien wie z.B. Kunststoff oder Materialien mit z.T. grossen Leervolumina wie z.B. Gartenabfälle in einer gewichtbezogenen Auswertung oftmals unterrepräsentiert verglichen mit dem visuellen Erscheinungsbild. Eine Berücksichtigung aller 3 Bezugsgrössen gibt einen guten Einblick in die effektive Verteilung der Fraktionen im Grüngut.

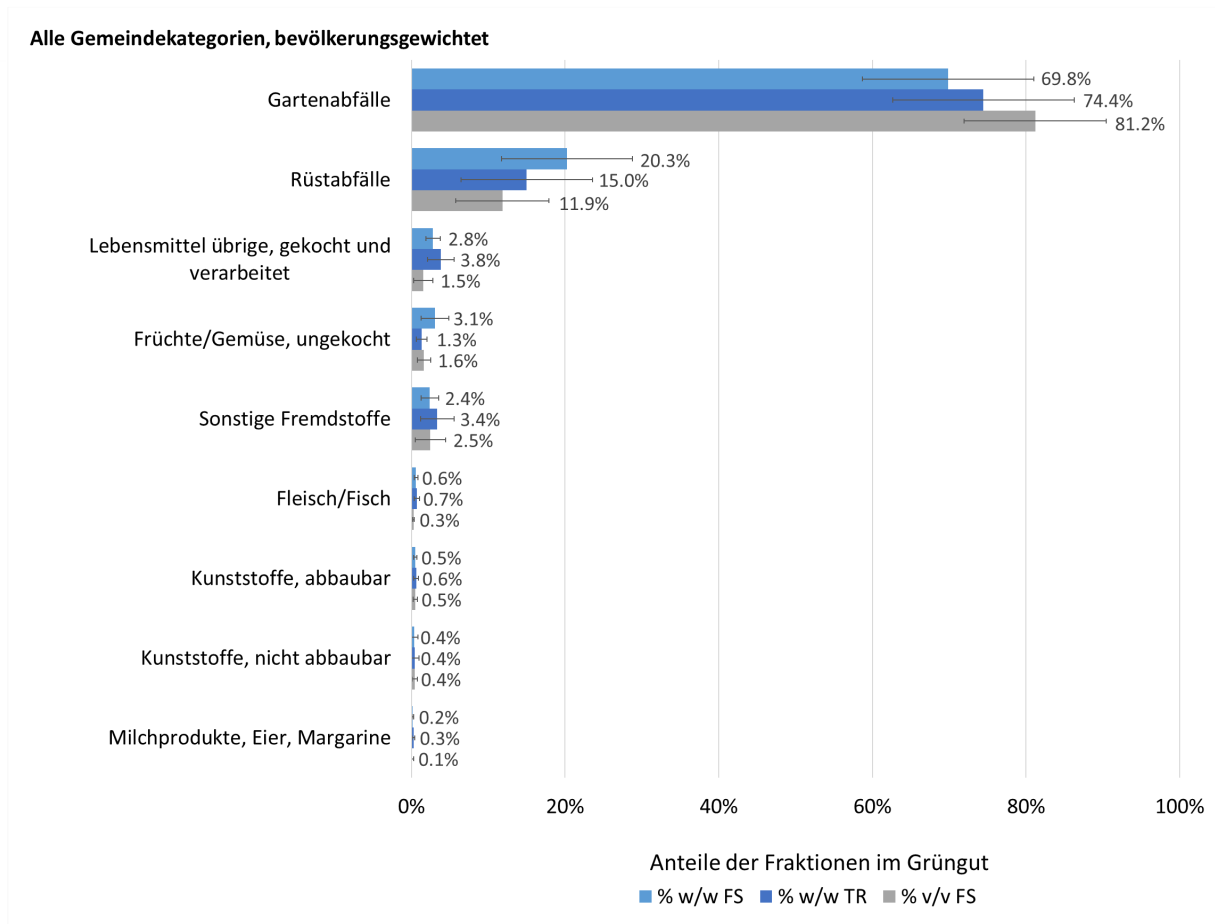


Abbildung 6: Zusammensetzung des kommunalen Grünguts nach Grüngutfraktion

Mittelwert und Standardabweichung der Gemeindewerte, bevölkerungsgewichtet, Gewichtprozent Frischsubstanz [% w/w FS] und Trockenrückstand [% w/w TR] sowie Volumenprozent Frischsubstanz [% v/v FS]; absteigend geordnet nach [% w/w FS]

In den folgenden Kapiteln wird näher auf den Gehalt an Lebensmitteln im Grüngut (Abschnitt 3.2), den Gehalt an Fremdstoffen (Abschnitt 3.3), den Einfluss von Jahreszeit und Temperatur (Abschnitt 3.4) sowie die Veränderung der anteilmässigen Verteilung der Fraktionen im Grüngut im Vergleich zur Grüngutanalyse von 2018 (Abschnitt 3.6) eingegangen. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie wird eine Abschätzung der jährlich zu erwartenden Menge *Lebensmittelverluste* und *Fremdstoffe* in der Schweiz gesamthaft sowie für den *städtischen*, *periurbanen* und *ländlichen* Raum gemacht (Abschnitt 3.5). Mess- und Analysedaten aller Fraktionen sowie die Hauptbestandteile der Fraktionen sind im Anhang aufgeführt. Beispielbilder geben einen visuellen Einblick in die Zusammensetzung der Fraktionen (Anhang 4). Analog der Kommunikation des BAFU, der Grüngutstudie von 2018 (Hüsch et al., 2018) und der Kehrrietsackanalyse (BAFU, 2023c) werden die weiteren Auswertungen in Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS] gemacht.

3.2 Lebensmittelverluste im Grüngut

Der Anteil *Lebensmittelverluste* im Grüngut betrug 5.3–41.8 % ($26.9 \pm 10.6\%$) bezogen auf Frischsubstanz (Tabelle 6). Gemittelt nach Gemeindekategorie wurden tendenziell höhere Werte in den *städtischen* ($27.6 \pm 10.1\%$) Gemeinden beobachtet als in den *periurbanen* ($20.4 \pm 13.2\%$) und *ländlichen* ($15.5 \pm 11.7\%$) Gemeinden (Abbildung 7).

Der grösste Teil der *Lebensmittelverluste* (ausgelagerte Kreise in Abbildung 7) bestand in allen Gemeindekategorien aus *Rüstabfällen*, gefolgt von *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet* und *Früchte / Gemüse, ungekocht*, welche in etwa gleichen Anteilen vorlagen. *Fleisch / Fisch* und *Milchprodukte, Eier, Margarine* waren relativ zu den anderen Fraktionen in allen Gemeindekategorien in geringem Masse im Grüngut enthalten.

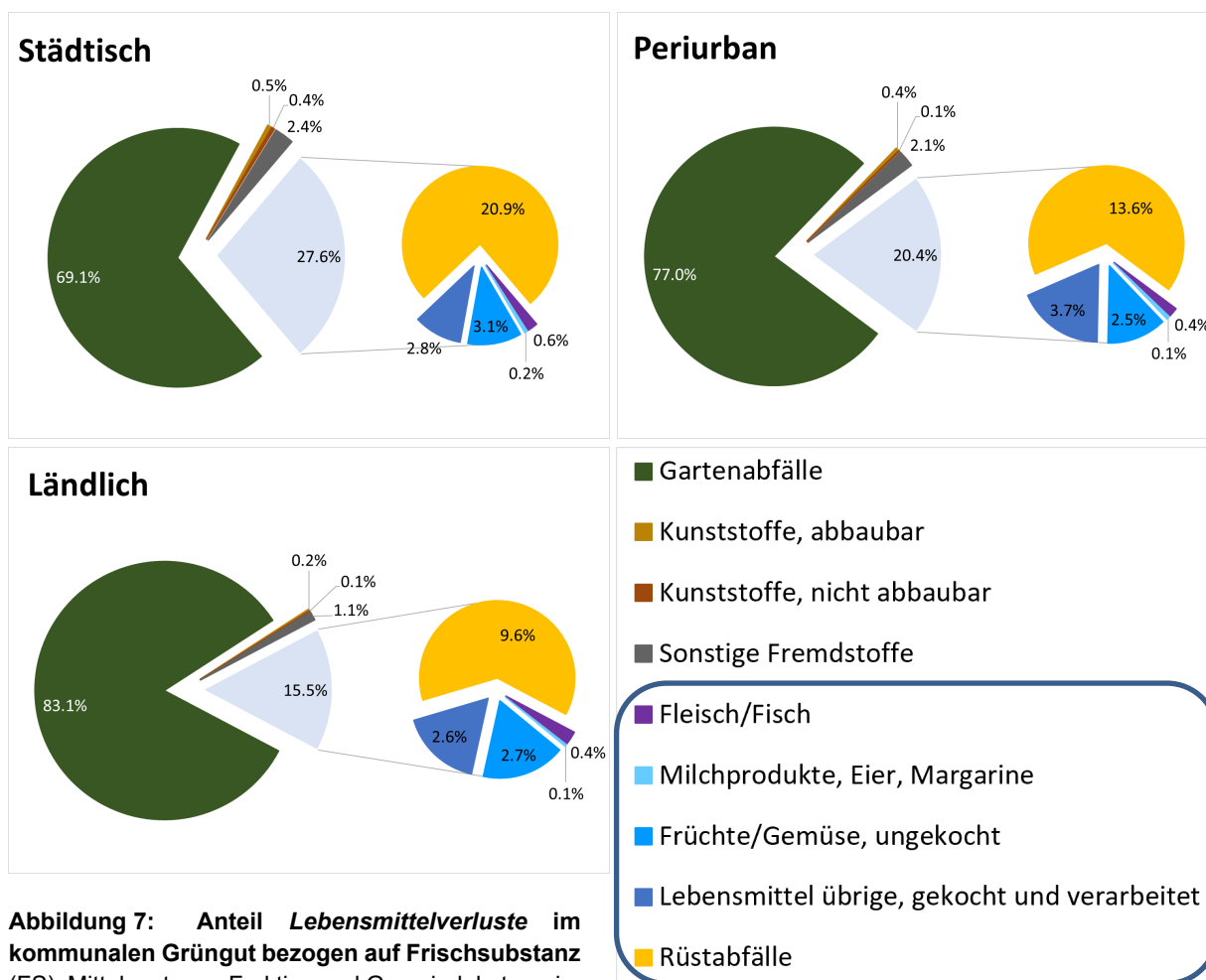


Abbildung 7: Anteil *Lebensmittelverluste* im kommunalen Grüngut bezogen auf Frischsubstanz (FS); Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindekategorie, [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

Tabelle 6: Anteile *Lebensmittelverluste* mit (LM) und *ohne Rüstabfälle* (LM-R) im Grüngut der kommunalen Sammlung pro Gemeinde in den Zeiträumen November bis Dezember 2022 und Februar bis April 2023; Mittelwert und Standardabweichung pro Gemeindekategorie (M \pm SD), bevölkerungsgewichtet, bezogen auf *Grüngut gesamt*, *Lebensmittelverluste gesamt* (LM) und Frischsubstanz (FS)

Gem.- Kategorie	Gemeinde	Lebensmittelverluste					
		Gesamt		Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle («Food Waste»)			
		% w/w FS im Grüngut		% w/w FS im Grüngut		% w/w FS LM	
Städtisch	ST 1.1	41.79		10.15		24.28	
	ST 1.2	18.73		5.13		27.40	
	ST 2.1	20.62	27.56 ± 10.09	4.49	6.65 ± 2.53	21.79	24.98 ± 6.05
	ST 2.2	31.68		5.25		16.58	
	ST 3.1	29.55		10.81		36.57	
	ST 3.2	11.06		4.31		38.97	
Periurban	PU 1.1	11.93		4.46		37.37	
	PU 1.2	8.74		3.75		42.92	
	PU 2.1	36.67	20.37 ± 13.23	9.88	6.79 ± 4.00	26.95	34.91 ± 4.72
	PU 2.2	17.64		6.57		37.23	
	PU 3.1	7.42		2.38		32.05	
	PU 3.2	38.81		13.17		33.92	
Ländlich	LA 1.1	30.88		10.95		35.45	
	LA 1.2	14.40		4.57		31.72	
	LA 2.1	5.32	15.47 ± 11.74	2.33	5.83 ± 4.03	43.85	39.95 ± 3.92
	LA 2.2	7.43		3.14		42.21	
	LA 3.1	9.35		3.95		42.32	
	LA 3.2	34.39		12.42		36.11	
Alle			26.90 ± 10.60		6.64 ± 2.67		25.86 ± 6.71

Damit machten *Rüstabfälle* 74.1 % der gesamten *Lebensmittelverluste* aus. In den *städtischen* Gemeinden war dieser Anteil mit 75.0 % tendenziell höher als in den *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden mit 65.1 % und 60.0 % (Tabelle 7). Die Anteile *Früchte / Gemüse, ungekocht* und *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet* an den gesamten *Lebensmittelverlusten* lagen im Bereich von 11.1 % und 11.8 % der *Lebensmittelverluste*, wobei die Anteile in den *städtischen* Gemeinden tendenziell tiefer waren als in den *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden.

Tabelle 7: Zusammensetzung der Lebensmittelverluste (LM)
Mittelwert und Standardabweichung (M \pm SD) Frischsubstanz (FS), bevölkerungsgewichtet

Gem.- Kategorie	Lebensmittelverluste				
	Rüstabfälle	Lebensmittel ohne Rüstabfälle («Food Waste»)			
		Fleisch / Fisch	Milchprodukte, Eier, Margarine	Früchte / Gemüse, ungekocht	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet
	% w/w FS LM				
Städtisch	75.02±6.05	2.26±0.76	0.66±0.41	10.70±2.99	11.37±4.62
Periurban	65.08±4.72	2.00±0.84	0.58±0.42	14.91±4.55	17.43±4.21
Ländlich	60.05±3.92	3.26±1.00	0.45±0.51	19.03±7.48	17.22±6.08
Alle	74.14±6.71	2.27±0.78	0.65±0.42	11.09±3.58	11.85±4.92

Der Anteil *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* an der Gesamtmenge der *Lebensmittelverluste* lag zwischen 16.6 % und 43.9 % (25.9 \pm 6.7 %). In den *städtischen* Gemeinden (25.0 %) war er signifikant ($p < 0.05$) geringer als in den *ländlichen* Gemeinden (40.0 %) und tendenziell geringer als in den *periurbanen* Gemeinden (34.9 %) (Tabelle 6, Anhang 6).

3.3 Fremdstoffe im Grüngut

Der Anteil an *Fremdstoffen gesamt* (*Kunststoff, nicht abbaubar* und *Sonstige Fremdstoffe*) im Grüngut der untersuchten Gemeinden lag bei 0.6–4.9 % (2.8 \pm 1.1 %) Frischsubstanz. Davon waren 1.4–41.8 % (12.9 \pm 13.8 %) *nicht abbaubarer Kunststoff*. Bezogen auf das Gesamtgrüngut betrug der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* 0.02–1.4 % (0.4 \pm 0.5 %) (Tabelle 7, Anhang 3).

Fremdstoff- und Kunststoffgehalt variierten stark, z. T. auch innerhalb der gleichen Gemeinde. Der Anteil *Fremdstoffe gesamt* (ausgelagerte Kreise in Abbildung 8) war jedoch deutlich ($p < 0.06$) höher in den *städtischen* (2.8 \pm 1.1 %) als in den *ländlichen* Gemeinden (1.2 \pm 0.4 %). Auch in den *periurbanen* Gemeinden lag der Anteil *Gesamt-Fremdstoffe* (2.2 \pm 1.2 %) tendenziell höher als in den *ländlichen* Gemeinden.

Der Anteil *nicht abbaubarer Kunststoffe* war tendenziell höher in den *städtischen* Gemeinden (0.4 \pm 0.5 %) als in den *periurbanen* (0.1 \pm 0.1 %) und *ländlichen* Gemeinden (0.1 \pm 0.1 %). Der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* im Verhältnis zur *Gesamt-Fremdstofffraktion* folgte diesem Trend mit

13.4±14.2 % in den *städtischen*, 7.0±4.8 % in den *periurbanen* und 6.5±5.1 % in den *ländlichen* Gemeinden. (Tabelle 8)

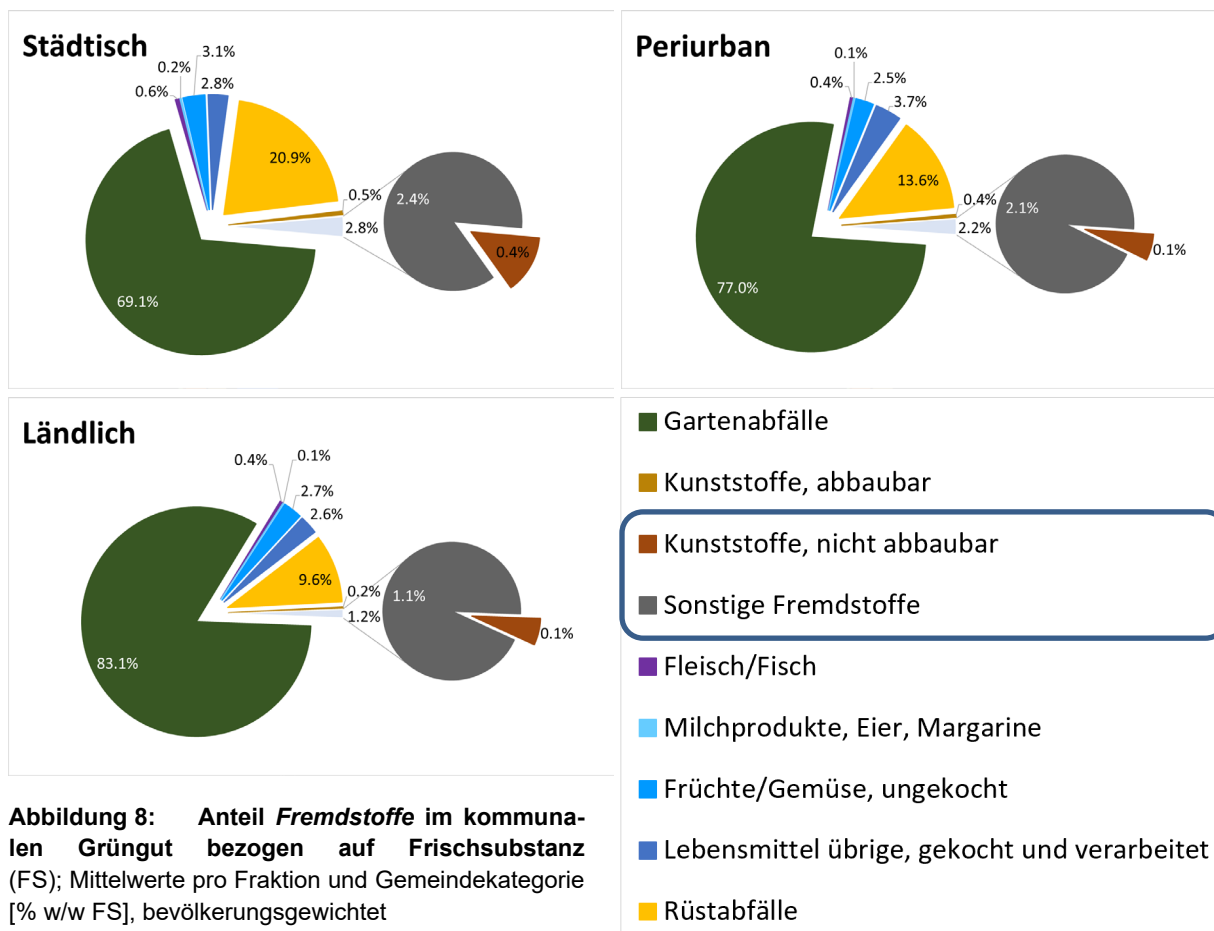


Tabelle 8: Anteile der Fremdstoffe im kommunalen Grüngut
Im Zeitraum November bis Dezember 2022 und Februar bis April 2023; Mittelwert und Standardabweichung (M±SD) pro Gemeindekategorie, bevölkerungsgewichtet, bezogen auf *Grüngut* *gesamt*, *Fremdstoffe gesamt* (FG) und Frischsubstanz (FS)

Gem.- Kategorie	Kunststoffe, nicht abbaubar	Sonstige Fremd- stoffe	Fremdstoffe gesamt	Kunststoffe, nicht abbaubar
	% w/w FS im Grüngut			% w/w FS FG
Städtisch	0.39±0.49	2.45±1.11	2.84±1.11	13.45±14.20
Periurban	0.14±0.12	2.09±1.23	2.23±1.23	7.00±4.76
Ländlich	0.08±0.06	1.12±0.38	1.20±0.37	6.53±5.06
Alle	0.37±0.48	2.40±1.12	2.77±1.14	12.94±13.82

3.4 Einfluss von Zeitpunkt der Analyse und Temperatur

Da analog 2018 (Hüsch et al., 2018) starke Schwankungen der Anteile der einzelnen Fraktionen beobachtet wurden (vgl. Abschnitt 3.1, Tabelle 6), wurde auch in dieser Studie eine Abhängigkeit der Grüngutzusammensetzung vom Zeitpunkt der Analyse und der Temperatur überprüft. Dazu wurden die Ergebnisse nach Zeitpunkt der Grüngutanalyse geordnet und unter Angabe der mittleren Tagestemperatur am Tag der Grüngutsammlung dargestellt (Abbildung 9). Anhand dieser Darstellung lässt sich eine Abhängigkeit des Anteils *Gartenabfälle* zur Jahreszeit vermuten: Die Grüngutanalysen, die im Herbst sowie im Frühjahr durchgeführt wurden, wiesen tendenziell höhere Anteile an *Gartenabfällen* auf als die, die im Winter durchgeführt wurden. Eine direkte Abhängigkeit von der Temperatur lässt sich nicht ableiten.

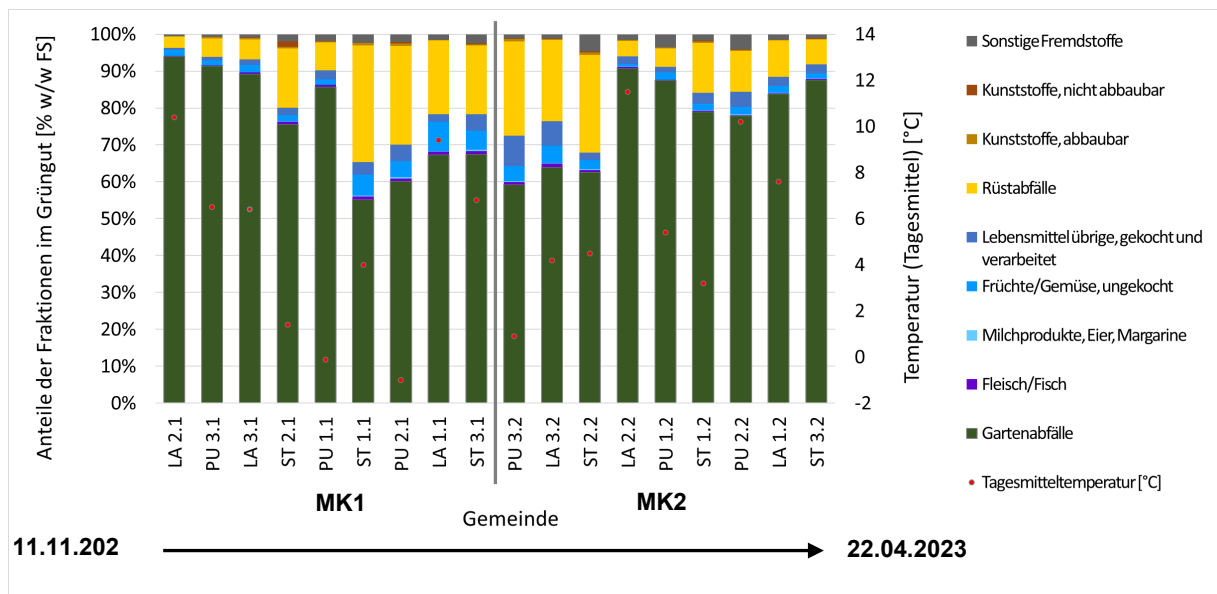


Abbildung 9: Zusammensetzung des Grünguts bezogen auf Frischsubstanz (FS)
geordnet nach Zeitpunkt der Grüngutanalyse, in Relation zu den Tagesmitteltemperaturen an den Tagen der Beprobungen

3.5 Hochrechnung: Mengen in der Schweiz

Basierend auf den erhobenen Mengenanteilen der Fraktionen, der spezifischen Menge Grüngut pro Person in den analysierten Gemeinden (BAFU, 2023c) und den Einwohner/-innenzahlen pro Gemeindekategorie des BFS (2022, 2023b) können rund 157'000 t FS *Lebensmittelverluste* pro Jahr im Grüngut der Schweiz erwartet werden. Davon sind 43'000 t FS pro Jahr (28 %) Lebensmittel, die eindeutig der Lebensmittelverschwendung zugeordnet werden können (*Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle*). Der grösste Teil *Lebensmittelverluste* fällt aufgrund der höheren Einwohner/-innenzahlen in den *städtischen* Gemeinden an (Tabelle 9). Pro Person und Jahr ergibt sich ein durchschnittliches spezifisches Aufkommen von 17.8 kg FS p⁻¹ a⁻¹ *Lebensmittelverluste gesamt* und 4.9 kg FS p⁻¹ a⁻¹ *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* im kommunalen Grüngut.

Bezogen auf *Fremdstoffe* zeigt die Studie, dass pro Jahr rund 16'000 t FS *Fremdstoffe gesamt* und rund 1'800 t FS *Kunststoffe, nicht abbaubar* unsachgemäss über das kommunale Grüngut entsorgt werden. Pro Person und Jahr ergibt sich ein durchschnittliches spezifisches Aufkommen von 1.8 kg FS p⁻¹ a⁻¹ *Fremdstoffe gesamt* und 0.2 kg FS p⁻¹ a⁻¹ *Kunststoffe, nicht abbaubar*. Auch hier fällt das grösste Aufkommen im *städtischen* Bereich an. (Tabelle 9)

Tabelle 9: Hochrechnung der *Lebensmittelverluste* und *Fremdstoffe* im kommunalen Grüngut der Schweiz pro Gemeindekategorie; basierend auf den bevölkerungsgewichteten Mittelwerten der Mengenanteile der Fraktionen im kommunalen Grüngut der Schweiz, der spezifischen Mengen separat gesammelten Grünguts pro Person (p) der analysierten Gemeinden (BAFU, 2023c) und der Anzahl Einwohner/-innen pro Gemeindekategorie BFS (2022, 2023b); Ergebnisse bezogen auf Frischsubstanz (FS)

	Lebensmittelverluste				Fremdstoffe			
	Gesamt		ohne Rüstabfälle		Gesamt		Kunststoffe, nicht abbaubar	
Gem.-Kategorie	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]
Städtisch	102'733	18.5	24'794	4.5	10'577	1.9	1'450	0.3
Periurban	41'801	18.8	13'923	6.3	4'572	2.1	283	0.1
Ländlich	12'330	11.8	4'645	4.5	954	0.9	60	0.1
Total ¹⁵	156'864	17.8	43'361	4.9	16'103	1.8	1'792	0.2

¹⁵ Die spezifischen Werte wurden berechnet als Quotient der Summe der absoluten Mengen pro Gemeindekategorie (Tabelle 8) und der Anzahl Einwohner/-innen in der Schweiz im Jahr 2022 (BFS, 2023b) (vgl. Abschnitt 2.6.3).

3.6 Veränderungen gegenüber der Grüngutanalyse 2018

Methode 1: Veränderung der Mengenanteile je Fraktion von 2018 zu 2022/23 anhand der bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie und über alle Gemeindekategorien

Im Vergleich zu 2018 zeigten sich aufgrund der geringen Stichprobengrösse und der grossen Schwankungen keine signifikanten Abweichungen. Es können jedoch Trends abgelesen werden (Tabelle 10, Abbildung 10 bis Abbildung 13).

Gemittelt über alle Gemeindekategorien (Abbildung 10) zeigte sich ein Rückgang der *Gartenabfälle* (-10 %) und eine Steigerung der Lebensmittelfraktionen um +29 % bis +40 % im kommunalen Grüngut. Der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* stieg stark um +78 % an, während die Anteile der Fraktionen *Sonstige Fremdstoffe* (+19 %) und *Kunststoffe, abbaubar* (+19 %) zu einem geringeren Grad zunahmen.

In den *städtischen* Gemeinden (Abbildung 11) zeigte sich ein ähnliches Bild mit einem Rückgang der *Gartenabfälle* von -10 % und einem Anstieg der Lebensmittelfraktionen von +28 % bis +34 %. Der Gehalt an *nicht abbaubaren Kunststoffen* stieg um +72 %, der Anteil *Sonstige Fremdstoffe* um +24 %. In den *periurbanen* Gemeinden (Abbildung 12) nahmen die Anteile der Lebensmittelfraktionen mit +46 % bis +81 % stärker zu als in den *städtischen* und *ländlichen* Gemeinden. Die stärkste Zunahme wurde hier bei der Kategorie *Fleisch / Fisch* beobachtet. Im Gegensatz zu den *städtischen* und *ländlichen* Gemeinden nahm in den *periurbanen* Gemeinden der Anteil an *abbaubaren Kunststoffen* mit +183 % stark zu. Der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* blieb in etwa gleich, der Anteil *Sonstige Fremdstoffe* nahm um -10 % ab.

In den *ländlichen* Gemeinden (Abbildung 13) war die Zunahme der Lebensmittelfraktionen mit +1 % bis +33 % geringer als in den *städtischen* und *periurbanen* Gemeinden. Die grösste Zunahme war auch hier bei der Kategorie *Fleisch / Fisch* zu beobachten. Wie in den *städtischen* Gemeinden nahm in den *ländlichen* Gemeinden der Anteil *nicht abbaubarer Kunststoffe* mit einer Steigerung von +106 % stark zu, der Anteil *Sonstige Fremdstoffe* sank dagegen um -46 %.

Bezogen auf die übergreifenden Fraktionen *Lebensmittelverluste*, *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* und *Fremdstoffe gesamt* im kommunalen Grüngut von 2018 zu 2022/23 zeigt sich folgendes Bild (Tabelle 10): Die Anteile an *Lebensmittelverlusten mit* und *ohne Rüstabfälle* sind gegenüber 2018 im kommunalen Grüngut in den *städtischen* (+33 % / +28 %) und *periurbanen* (+50 % / +58 %) Gemeinden gestiegen. In den *ländlichen* Gemeinden blieben die Anteile in etwa gleich. Der Anteil *Fremdstoffe gesamt* stieg gegenüber 2018 in den *städtischen* Gemeinden um +29 % an, während er in den *ländlichen* Gemeinden um -43 % abnahm. Der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* stieg in den *städtischen* und *ländlichen* Gemeinden stark an. In den *periurbanen* Gemeinden blieben die Anteile *Fremdstoffe gesamt* und *Kunststoff, nicht abbaubar* in etwa gleich.

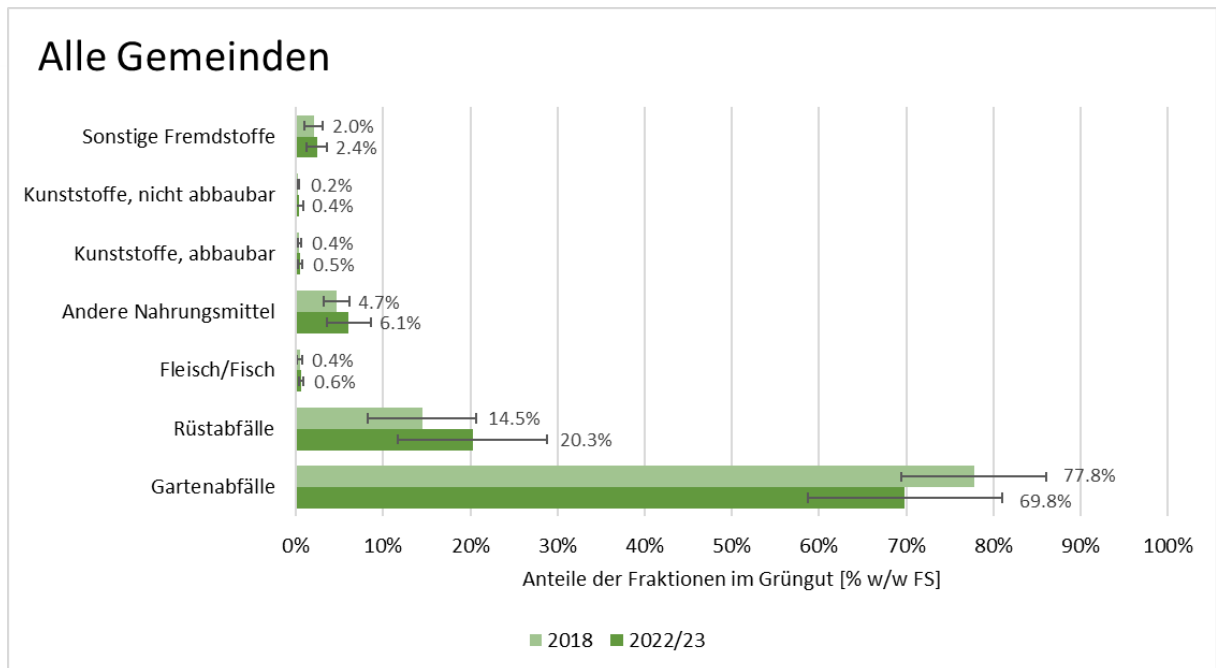


Abbildung 10: Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – Alle Gemeinden
Mittelwert und Standardabweichung der Gemeindewerte, Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

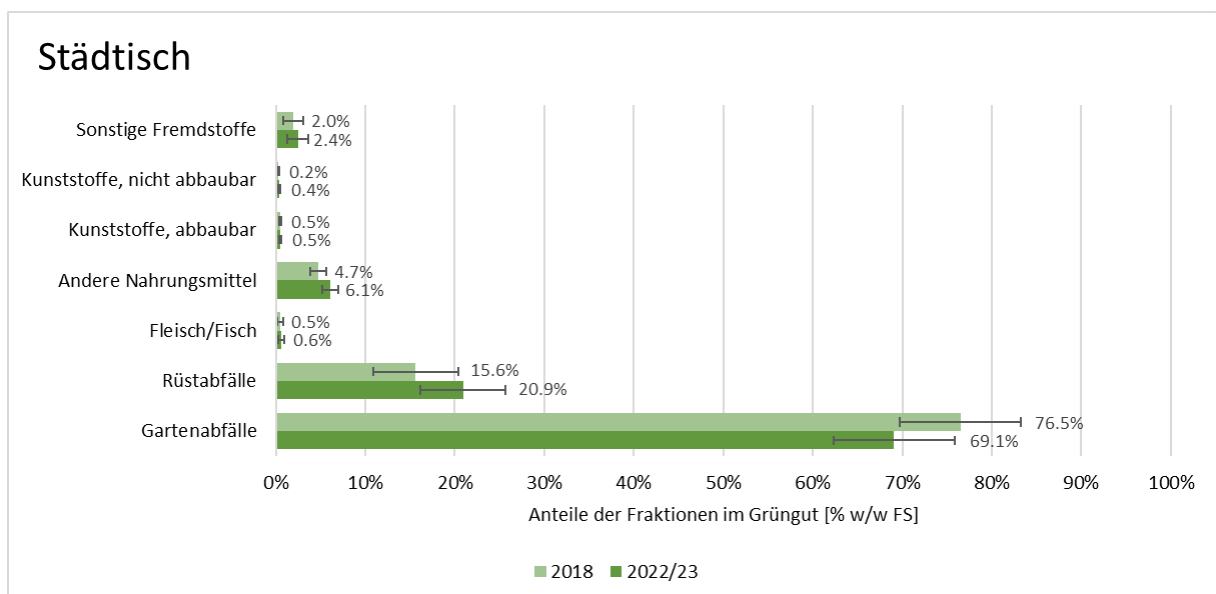


Abbildung 11: Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – Städtisch
Mittelwert und Standardabweichung der Gemeindewerte, Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

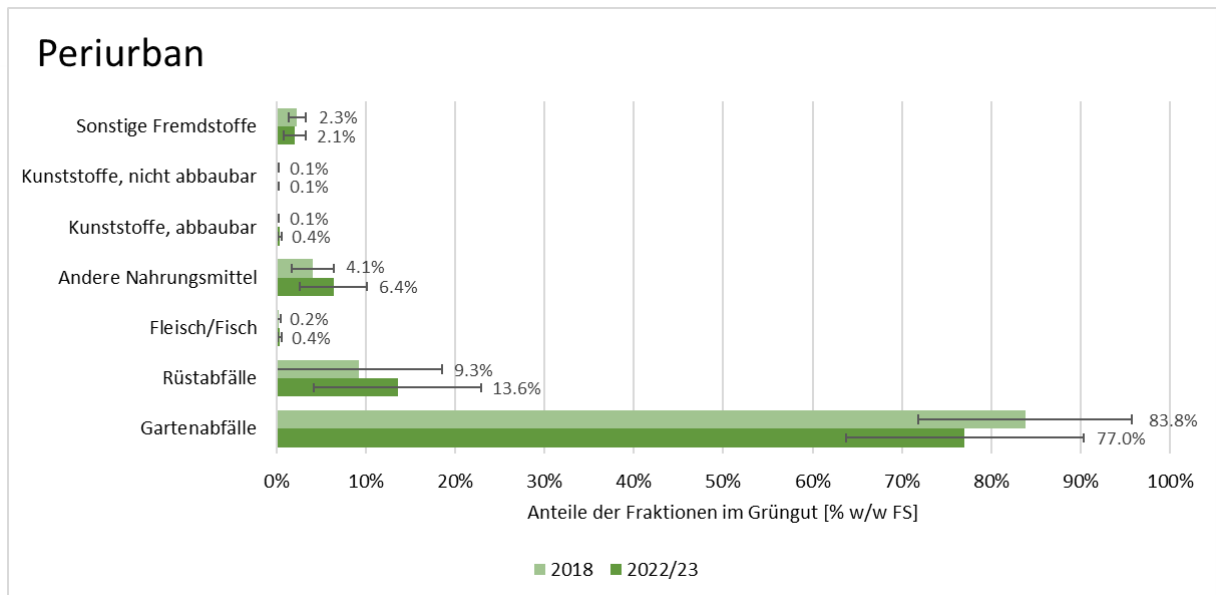


Abbildung 12: Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – *Periurban*
Mittelwert und Standardabweichung der Gemeindewerte, Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

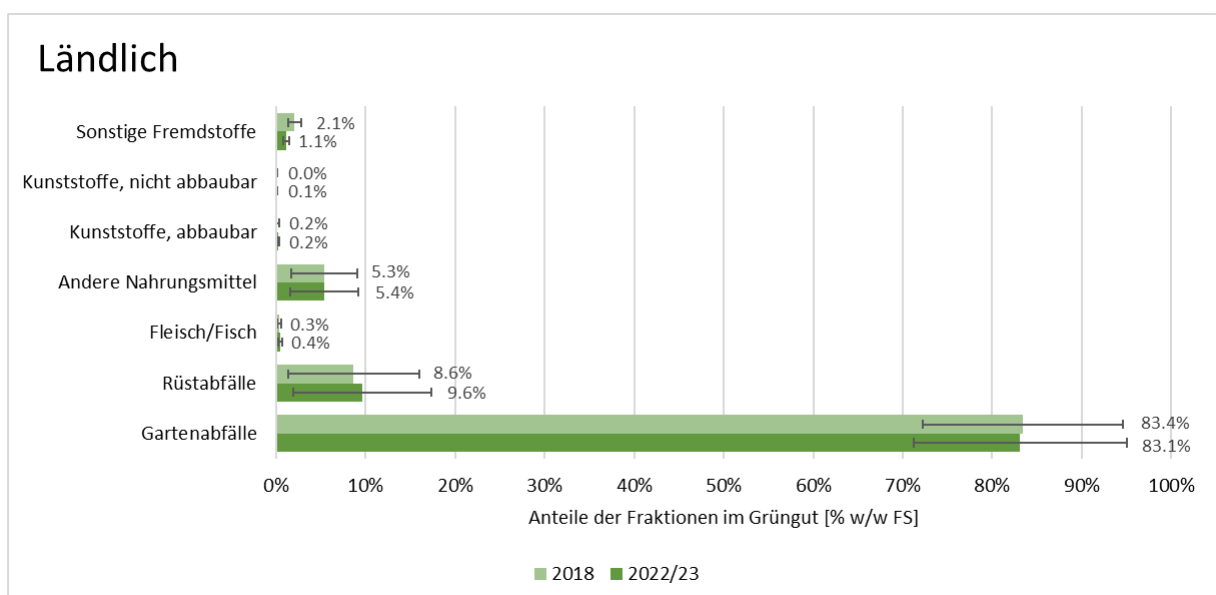


Abbildung 13: Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – *Ländlich*
Mittelwert und Standardabweichung der Gemeindewerte, Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

Tabelle 10: Veränderung der Mengenanteile im Grüngut je Fraktion von 2018 zu 2022/23; Methode 1: Mittelwert pro Gemeindekategorie und über alle Gemeinden, Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet

Kategorie	Städtisch	Periurban	Ländlich	Alle Gem.
	Δ (% w/w FS) [%]			
Gartenabfälle	-9.7	-8.1	-0.4	-10.2
Rüstabfälle	+34.0	+46.4	+11.5	+40.1
Fleisch / Fisch	+30.1	+80.7	+32.6	+37.9
Andere Nahrungsmittel	+28.0	+56.2	+1.2	+29.4
Kunststoffe, abbaubar	+7.0	+182.5	+27.6	+18.5
Kunststoffe, nicht abbaubar	+71.5	-4.0	+106.1	+78.1
Sonstige Fremdstoffe	+24.0	-10.1	-45.8	+18.6
Lebensmittelverluste	+32.6	+49.9	+8.2	+37.5
Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle	+28.2	+57.5	+3.0	+30.1
Fremdstoffe gesamt	+28.9	-9.8	-43.2	+24.1

Methode 2: Veränderung der Mengenanteile je Fraktion von 2018 zu 2022/23 nach Hochrechnung, unter Einbezug der Bevölkerungsstruktur in der Schweiz

Die Veränderung wurde zusätzlich zum bevölkerungsgewichteten Mittelwert über alle Gemeinden (Tabelle 10, Spalte «Alle» Gemeindekategorien) mittels Hochrechnung auf die Schweizer Bevölkerung und damit Gewichtung nach Einwohner/-innen je Gemeindekategorie berechnet (Tabelle 11; vgl. Abschnitt 2.6.3). Basierend auf dieser Hochrechnung kann von einer Zunahme gegenüber 2018 von +35 % *Lebensmittelverluste gesamt*, +32 % *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle*, +9 % *Fremdstoffe gesamt* und +57 % *Kunststoffe, nicht abbaubar* im kommunalen Grüngut der Schweiz ausgegangen werden.

Tabelle 11: Veränderung der Mengenanteile im Grüngut je Fraktion von 2018 zu 2022/23; Methode 2: Nach Hochrechnung, unter Einbezug der Bevölkerungsstruktur in der Schweiz: auf Basis der bevölkerungsgewichteten Mittelwerte je Gemeindekategorie, der Mengenanteile der Fraktionen und der spezifischen Menge kommunales Grüngut pro Person (p) sowie der Einwohner/-innenzahlen der Schweiz je Gemeindekategorie, bezogen auf Gewichtsprozent Frischsubstanz [% w/w FS]

Kategorie	Veränderung gesamt nach Hochrechnung
	Δ (kg FS p ⁻¹ a ⁻¹) [%]
Lebensmittelverluste gesamt	+34.8
Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle	+32.3
Kunststoffe, abbaubar	+30.9
Kunststoffe, nicht abbaubar	+57.2
Fremdstoffe gesamt	+9.3

4 Bewertung und Ausblick

4.1 Diskussion der Resultate

Von 9 Schweizer Gemeinden wurden die Grüngutzusammensetzung untersucht und die Anteile an *Lebensmittelverlusten* und *Fremdstoffen* bestimmt. Eine Stichprobe pro Gemeinde wurde im Zeitraum von November bis Mitte Dezember 2022, eine zweite im Zeitraum von Februar bis April 2023 analysiert. Die Abstände zwischen den einzelnen Analysen je Gemeinde waren in etwa gleich.

Den grössten Teil der Grüngutproben machten, bezogen auf Frischsubstanz, *Gartenabfälle* (69.8 ± 11.1 %) aus, gefolgt von *Rüstabfällen* (20.3 ± 8.5 %), *Früchte / Gemüse, ungekocht* (3.1 ± 1.8 %), *Lebensmittel, übrige, gekocht und verarbeitet* (2.8 ± 1.0 %) und *Sonstige Fremdstoffe* (2.4 ± 1.1 %). Diese Fraktionen machten zusammen 98.4 % des gesamten Grünguts aus.

Lebensmittelverluste gesamt waren im Bereich 5.3–41.8 % FS (26.9 ± 10.6 %) im kommunalen Grüngut vorhanden. Damit lagen sie in einem ähnlichen Bereich wie bei der Studie im Jahr 2018 (Hüsch et al., 2018). Gemittelt pro Gemeindekategorie war der Anteil *Lebensmittelverluste* in den *städtischen* Gemeinden mit rund 28 % tendenziell höher als in den *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden mit rund 20 % und 15 %. Der Zeitpunkt der Probenahme beeinflusste den Anteil *Gartenabfälle* und damit auch den Anteil der *Lebensmittelverluste* im Grüngut stark. Im Gegensatz zu 2018 liess sich keine direkte Abhängigkeit der Grüngutzusammensetzung von der Temperatur beobachten. Hochgerechnet und unter Berücksichtigung der räumlichen Struktur gemäss Gemeindetypologie kann mit rund 157'000 t FS (17.8 kg FS $p^{-1} a^{-1}$) *Lebensmittelverlusten* pro Jahr im separat gesammelten kommunalen Grüngut der Schweiz gerechnet werden. Aufgrund der höheren Einwohner/-innenzahlen fällt der grösste Teil dieser Abfälle im *städtischen* Bereich an.

Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle waren zu 2.2–13.2 % FS (6.6 ± 2.7 %) im kommunalen Grüngut vorhanden. Die Mittelwerte lagen in den *städtischen*, *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden in einem ähnlichen Bereich. Relativ zu den *Lebensmittelverlusten gesamt* war der Anteil der *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* signifikant geringer in den *städtischen* Gemeinden (25 %) als in den *ländlichen* Gemeinden (40 %). Dieser Unterschied ergibt sich daraus, dass der Anteil der gesamten *Lebensmittelverluste* im Grüngut der *städtischen* Gemeinden höher war.

Fremdstoffe gesamt (*Kunststoff, nicht abbaubar* und *Sonstige Fremdstoffe*) waren zu 0.6 % und 4.9 % FS (2.8 ± 1.1 %) im kommunalen Grüngut vorhanden. 1.4–41.8 % FS (12.9 ± 13.8 %) davon waren *nicht abbaubare* oder nicht eindeutig als abbaubar erkennbare *Kunststoffe*. Bezogen auf das *Grüngut gesamt* betrug der Anteil von *Kunststoff, nicht abbaubar* 0.02–1.4 % FS (0.4 ± 0.5 %). Der Gehalt an Gesamt-Fremdstoffen war gemittelt nach Gemeindekategorie in den *städtischen* (2.8 %) Gemeinden deutlich und in den *periurbanen* (2.2 %) tendenziell höher als in den *ländlichen* (1.2 %) Gemeinden. Der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* war bezogen auf das Gesamt-Grüngut und bezogen auf die Gesamt-Fremdstoffe tendenziell höher in den *städtischen* (0.4 / 13.4 %) Gemeinden als in den *periurbanen* (0.1 / 7.0 %) und *ländlichen* (0.1 / 6.5 %) Gemeinden. Hochgerechnet und unter Berücksichtigung der räumlichen Struktur gemäss Gemeindetypologie kann mit rund 16'000 t FS (1.8 kg FS $p^{-1} a^{-1}$) *Fremdstoffe gesamt* und 1'800 t FS (0.2 kg FS $p^{-1} a^{-1}$) *Kunststoffe, nicht abbaubar* gerechnet werden, die unsachgemäss über das kommunale Grüngut entsorgt werden. Auch hier fällt das grösste Aufkommen im *städtischen* Bereich an.

Basierend auf den gemittelten Werten je Gemeindekategorie zeigte sich gegenüber der Grüngutanalyse von 2018 (Hüsch et al., 2018) in den *städtischen* und *periurbanen* Gemeinden tendenziell eine Zunahme der Anteile *Lebensmittelverluste gesamt* und *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* im kommunalen Grüngut, während diese in den *ländlichen* Gemeinden in etwa gleich geblieben sind. Der Anteil an

Kunststoffen, nicht abbaubar scheint in den *städtischen* und *ländlichen* Gemeinden weiterhin teilweise markant zuzunehmen, während er in den *periurbanen* Gemeinden in etwa gleichblieb.

4.1.1 Vermeidbarkeit der Lebensmittelverluste

Die Hochrechnung ergab ein Aufkommen von $4.9 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* im kommunalen Grüngut der Schweiz, welche analog der Studie von 2018 als vermeidbar angesehen werden können. Gemäss einer Abschätzung von Beretta & Hellweg (2019) sind rund 12 % der *Rüstabfälle* im kommunalen Grüngut Präferenzverluste. Unter Einbezug dieser Präferenzverluste kann mit einem rund 32 % höheren spezifischen Aufkommen an vermeidbaren Lebensmittelverlusten («Food Waste») gerechnet werden ($6.5 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1} / 57'000 \text{ t FS}$).

4.1.2 Relevanz der Lebensmittelverluste im kommunalen Grüngut im Vergleich zum Schweizer Gesamtaufkommen

In der Schweiz wird davon ausgegangen, dass gesamthaft, d.h. über alle Stufen der Lebensmittelkette, rund $330 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vermeidbare Lebensmittelverluste anfallen. Davon stammen rund 20 % direkt aus der Landwirtschaft, 35 % aus der Lebensmittelverarbeitung, 10 % aus Gross- und Detailhandel, 8 % aus der Gastronomie und rund 28 % aus Haushalten¹⁶ (BAFU, 2023b; Beretta & Hellweg, 2019). Dies ergibt ein Aufkommen von $92 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vermeidbaren Lebensmittelverlusten, die jährlich in Haushalten anfallen. Gemäss Abschnitt 4.1.1 kann mit $6.5 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vermeidbaren Lebensmittelverlusten im kommunalen Grüngut gerechnet werden. Somit fallen rund 7 % der vermeidbaren Lebensmittelverluste aus Haushalten in der separat gesammelten kommunalen Grüngutsammlung an.

Eine Hochrechnung zur schweizweiten Menge Lebensmittelverluste pro Person aus Haushalten wurde unter Einbezug der Ergebnisse der vorliegenden Grüngutanalyse dieses Jahr als Teil der Kehrichtsackanalyse gemacht (BAFU, 2023c). Gemäss jener Studie fallen 52 % der Lebensmittelverluste aus Haushalten im Kehricht und 19 % im kommunalen Grüngut an. Die Menge der über den Kehricht entsorgten Lebensmittelverluste ist damit 2.7-mal so hoch wie die Menge Lebensmittelverluste, die über das kommunale Grüngut entsorgt wird. Gegenüber 2018 scheint sich eine leichte Steigerung (+8 %) der über das Grüngut entsorgten Lebensmittelverluste im Verhältnis zu den im Kehricht entsorgten abzuzeichnen (BAFU, 2023c; Hüsch et al., 2018).

Lebensmittelverluste haben ein hohes stoffliches und energetisches Verwertungspotenzial. Anhand der Lebensmittelverluste, die heute noch über den Kehricht entsorgt werden, ergibt sich ein theoretisches Potenzial von $50.2 \text{ kg FS p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (BAFU, 2023c) respektive $443'000 \text{ t FS}$ Lebensmittelverluste, die zusätzlich zu den schon separat gesammelten Mengen über die Grüngutschiene verwertet und in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden könnten¹⁷. Ein weiteres, geringeres Potenzial ergibt sich anhand

¹⁶ Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Konsumperspektive gemäss Beretta & Hellweg (2019). Dort wird unterschieden zwischen Konsumperspektive (Lebensmittelverluste, welche in der gesamten Versorgungskette der in der Schweiz konsumierten Lebensmittel anfallen) und Entsorgungsperspektive (Lebensmittelverluste, welche innerhalb der Schweizer Grenzen anfallen).

¹⁷ Produkte von Kompostierung und Vergärung sind Kompost und ein nährstoffreiches Gärgut, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden können sowie der Energieträger Methan. Produkte der Verbrennung sind Energie in Form von Wärme und Strom und Asche, welche in Deponien endgelagert werden muss (AWEL, 2018; BIOMASSE Suisse, 2023). Wertvolle Nährstoffe und organisches Material, das zur Bodenverbesserung beitragen kann, gehen so verloren. Da Lebensmittelverluste einen hohen Feuchtigkeitsgehalt haben, ist eine thermische Nutzung mittels Verbrennung zudem nur bedingt geeignet.

der Gartenabfälle, die über den Kehricht entsorgt werden (2.2 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$ respektive 19'000 t FS) sowie der Lebensmittelverluste, die über die Kanalisation entsorgt werden (13.5 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$ respektive 119'000 t FS).

Die Hochrechnung der Kehrichtsackanalyse 2022 (BAFU, 2023c) ergab ein Gesamtaufkommen an Lebensmittelverlusten aus Haushalten von 96.6 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$. Beretta & Hellweg (2019) schätzten die Gesamtmenge auf 115.2 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$, die Hochrechnung der Studie zur Grüngutanalyse von 2018 (Hüsch et al., 2018) ergab ein Aufkommen von 124.6 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$. Die Annahmen in Bezug auf die Anteile Hauskompost, Tierfutter und Kanalisation waren bei den jeweiligen Hochrechnungen mit 29 %, 30 % und 35 % jedoch verschieden. Unter Annahme der Anteile Hauskompost, Tierfutter und Kanalisation, die von den anderen beiden Studien verwendet wurden, liegt das Gesamtaufkommen an Lebensmittelverlusten der Grüngutanalyse 2018 bei 112–114 kg FS $\text{p}^{-1} \text{a}^{-1}$ ¹⁸. Weitere Unterschiede ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen der Menge Grüngut pro Person (vgl. Abschnitt 4.2.3). Es kann daher nur bedingt von einem Rückgang des Gesamtaufkommens an Lebensmittelverlusten gesprochen werden. Auf Ebene des Haushaltkehrichts zeigte sich ein Rückgang von rund 16 % der Lebensmittelverluste von 2012 bis 2022 (10 Jahre), auf Ebene des kommunalen Grünguts eine Zunahme von rund 35 % von 2018 bis 2022 (4 Jahre). Ein Teil der Zunahme der Lebensmittelverluste im Grüngut könnte von einer Verlagerung der Entsorgung über den Kehricht zur Entsorgung über das kommunale Grüngut stammen.

4.1.3 Problematik der Fremdstoffe im Grüngut

Es wird aktuell davon ausgegangen, dass in der Schweiz jährlich rund 14'000 t Kunststoff in die Umwelt gelangen. Rund 0.7 % des gesamten Kunststoffs, der in die Schweizer Natur gelangt, i.e. 100 t a^{-1} , stammen aus verschmutztem Grüngut und werden so auf und in Böden eingetragen. Bei Anlieferung auf den Grüngutverwertungsanlagen sind schätzungsweise 6'300 t Kunststoff im Grüngut enthalten. Es wird also davon ausgegangen, dass gut 98 % des Kunststoffs bei der Sammlung und nach Anlieferung aus dem verschmutzten Grüngut entfernt wird. Dies geschieht mittels aufwendiger und kostenintensiver Aufbereitungs- und Sortierungsprozesse und z.T. auch manuell. (BAFU, 2020a, 2020b; Der Bundesrat, 2022b; Kawecki et al., 2020)

Grenzwerte für Fremd- und Kunststoffgehalte in den Produkten der Kompostierung und Vergärung sind in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) SR 814.81 (2005) festgelegt. Die Fremd- und Kunststoffgehalte von Kompost und Gärgut müssen unter 0.4 % TR, respektive 0.1 % TR liegen.

In der diesjährigen Studie wurden Anteile von 3.8 % TR (2.8 % FS) *Fremdstoffe gesamt* und 0.4 % TR (0.4 % FS) *Kunststoffe, abbaubar* im kommunalen Grüngut beobachtet. Unter Annahme, dass 98 % des Kunststoffanteils im Laufe des Verwertungsprozesses entfernt werden (Kawecki et al., 2020), würden rund 0.006 % TR *Kunststoffe, nicht abbaubar* im Kompost oder Gärgut verbleiben. Unter Annahme des gleichen Abscheidungsgrads für Fremdstoffe, würden entsprechend rund 0.06% TR *Fremdstoffe gesamt* im Kompost oder Gärgut verbleiben. Die Werte liegen damit gut unterhalb der Grenzwerte gemäss ChemRRV.

Ein Vergleich der Analysen, die im Rahmen des Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz jährlich durchgeführt werden, zeigt im Zeitraum von 2018 bis 2021 einen Rückgang der Fremd-

¹⁸ Der verbleibende Unterschied beruht auf der aktualisierten Datenbasis der Einwohner/-innenzahlen, die Beretta & Hellweg (2019) für die Hochrechnung verwendeten.

stoff- und Kunststoffgehalte in den Produkten Kompost und Gärgut von 36 % TR und 39 % TR (Mittelwert von 139 und 394 Proben) (Inspektorat, 2021; Schleiss, 2019)¹⁹. Gemäss Inspektoratsbericht (Inspektorat, 2021) erfüllten dennoch 11 % von 394 analysierten Proben die Kriterien der ChemRRV nicht. Die Kunststoffgehalte lagen bei 10 % der Kompostproben und bei 25 % der Proben von festem Gärgut über dem Grenzwert²⁰.

Während der Anteil *Fremdstoffe gesamt* der diesjährigen Analyse gegenüber 2018 um 24 % FS (gemittelt über alle Gemeindekategorien) gestiegen ist, nahm der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* im kommunalen Grüngut sehr viel stärker um durchschnittlich 78 % FS (gemittelt über alle Gemeindekategorien) zu. Schweizweit (nach Hochrechnung; Abschnitt 2.6.3) beträgt die Zunahme an *Fremdstoffen gesamt* und *Kunststoffen, nicht abbaubar* rund 9 % FS und 57 % FS.

Da der Anteil *Kunststoffe, nicht abbaubar* gemäss aktueller Analyse des kommunalen Grünguts noch immer ansteigt, ist davon auszugehen, dass der Rückgang des Kunststoffs im Grüngut auf eine effektivere Abtrennung der Verunreinigungen im Rahmen der Grüngutsammlung und der Aufbereitungs- und Sortierungsprozesse zurückzuführen ist. Grüngut der kommunalen Separatsammlung wird oft schon bei der Sammlung kontrolliert und verunreinigte Chargen nicht mitgenommen. Dennoch passiert es immer wieder, dass auch mit (Kunststoff-)Abfall gefüllte Müllsäcke im Grüngut versteckt und so bei den Anlagen angeliefert werden.



Abbildung 14: Abtrennung von Kunststoffen

Links: Grüngut wird bei der Sammlung kontrolliert, verschmutztes Grüngut stehengelassen. Markierungen weisen die Anwohner darauf hin, warum das Grüngut nicht mitgenommen wurde. Rechts: Kunststoff wird im Siebüberlauf zusammen mit grobem und holzigem Material abgetrennt und verbrannt.

¹⁹ Dies bezieht sich auf das gesamte Grüngut, das auf Grüngutverwertungsanlagen angeliefert und dort behandelt wird. Etwa 50 % des Grünguts stammte aus der kommunalen Grüngutsammlung.

²⁰ Flüssige Proben wiesen selten erhöhte Kunststoffgehalte auf, besonders wenn das Gärgut zuvor mittels Fest-/Flüssigtrennung separiert worden war (Inspektorat, 2021).

Aus folgenden Gründen sind weiterhin Massnahmen zur Reduktion insbesondere des Kunststoffgehalts von (kommunalen) Grüngut angezeigt:

- Der Kunststoffgehalt im kommunalen Grüngut nimmt tendenziell zu (vgl. Abschnitt 3.6).
- Nicht alle Grüngutverwertungsanlagen können die Grenzwerte einhalten (Inspektorat, 2021).
- Effektive Aufbereitungs- und Sortierungsprozesse sind aufwendig und kostenintensiv (Der Bundesrat, 2022b).
- Trotz Aufbereitung und Sortierung wird über das kommunale Grüngut Kunststoff in die Umwelt eingetragen, der dort verbleibt und sich akkumuliert.
- Die Verantwortung für sauberes Grüngut sollte nicht allein bei den Grüngutverwertungsanlagen und Transportunternehmen liegen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Hauptgründe der Kunststoffverschmutzung des kommunalen Grünguts Fehlwürfe, z.T. aus Unkenntnis, Bequemlichkeit und zur Vermeidung von Entsorgungskosten sind (Der Bundesrat, 2022b). Da die *Kunststoffgehalte* im kommunalen Grüngut der *städtischen* Gemeinden am höchsten sind, sowie die *Fremdstoffgehalte* in *städtischen* und *periurbanen* Gemeinden, sollten Massnahmen zuerst in diesen Gebieten ergriffen werden.

4.1.4 Saisonale Abhängigkeit der Grüngutzusammensetzung

Im Gegensatz zu der Erhebung von 2018 (Hüsch et al., 2018) konnte bei den Analysen von 2022/23 keine Abhängigkeit zur Temperatur beobachtet werden. Der Einfluss der Jahreszeit und der Witterung in den Tagen vor der Sammlung scheint einen grösseren Einfluss zu haben als die Temperatur. Da das Grüngut von den Haushalten während mindestens 1 bis 2 Wochen gesammelt wird, bis es im Rahmen der kommunalen Grüngutsammlung abgeholt wird, könnte ein Einfluss der Temperatur in den 1 bis 2 Wochen vor der Grüngutsammlung gegeben sein, der jedoch nicht direkt nachgewiesen werden kann.

Gemäss der Erfahrungen der kontaktierten Anlagenbetreiber (persönliche Kommunikation während der Probenahme) sowie eine Studie von Schleiss und Kaiser (2001) bestätigen eine Abhängigkeit vor allem der Menge Gartenabfälle von Jahreszeit und Witterung. Die Schwankungen des Anteils *Gartenabfälle* wirken sich in der Folge auf die Mengenanteile der anderen Fraktionen aus.

4.2 Gültigkeit der Ergebnisse

4.2.1 Auswahl der Gemeinden

Für diese Studie wurden 9 Gemeinden aus 7 Kantonen der deutschsprachigen Schweiz ausgewählt. Aufgrund des Versuchskontexts mit sehr geringen Stichprobengrössen pro Gemeindekategorie wurde auf eine Berücksichtigung anderer Sprachregionen verzichtet. Regional sowie zwischen den einzelnen Kantonen bestehen grosse Unterschiede in Bezug auf die Zusammensetzung des kommunalen Grünguts (BAFU, 2017; Schleiss, 2019). Ob sich die Zusammensetzung des Grünguts zwischen den verschiedenen Sprachgebieten der Schweiz unterscheidet, wurde bisher nicht untersucht. Bei der vorhandenen Stichprobengrösse würde die regionale Diversität die Unterschiede zwischen den Sprachregionen voraussichtlich überlagern. Da 65 % der Kantone zur Deutschschweiz gehören und in diesen Kantonen 71 % der Schweizer Bevölkerung wohnen (BFS, 2022), wird durch die Wahl der Gemeinden ein grosser Teil der Bevölkerung und Kantone der Schweiz berücksichtigt.

Tabelle 12 gibt einen Überblick über den Anteil der Bevölkerung und Gemeinden, die durch die Grüngutanalyse pro Gemeindekategorie abgebildet werden im Vergleich zur räumlichen Struktur der

Schweiz. In Bezug auf die Einwohner/-innenzahlen sind *städtische* Gemeinden in dieser Studie eher über-, *periurbane* und *ländliche* Gemeinden eher unterrepräsentiert. Ein anderes Bild ergibt sich in Bezug auf die Gemeinden: Dort sind *städtische* und *ländliche* Gemeinden nur leicht überrepräsentiert, während *periurbane* Gemeinden entsprechend leicht unterrepräsentiert sind.

Tabelle 12: Anteile Bevölkerung und Gemeinden pro Gemeindekategorie der Grüngutanalyse (GGA) 2022/23 und der Schweiz gemäss Gemeindetypologie (BFS, 2022); Einwohner/-in (EW) per 31.12.2022 (BFS, 2023b)

Gemeindekategorie	Gemeindeauswahl GGA 2022/23				Gemeindetypologie 25			
	EW	Gem.	Anteil EW	Anteil Gem.	EW	Gem.	Anteil EW	Anteil Gem.
Städtisch	222'089	3	92.1 %	30.0 %	5'547'579	475	62.9 %	22.1 %
Periurban	13'526	3	5.6 %	30.0 %	2'225'367	945	25.2 %	44.1 %
Ländlich	5'564	4	2.3 %	40.0 %	1'042'439	725	11.8 %	33.8 %
Alle	241'179	10	100 %	100 %	8'815'385	2'145	100 %	100 %

Gegenüber der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018) hat sich der Anteil der *städtischen* Bevölkerung in den untersuchten Gemeinden und damit die Überrepräsentation der *städtischen* Gebiete um rund 11 % erhöht. Da ein Teil der Gemeinden gemäss Versuchskonzept denen entsprechen sollte, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse (BAFU, 2023c) untersucht wurden, war bei der aktuellen Analyse eine Vorauswahl gegeben (vgl. Abschnitt 2.3). Die Auswahl dieser Gemeinden basierte auf einem anderen Konzept und damit anderen Auswahlkriterien (vgl. Abschnitt 4.2.3). Zusammen mit den übrigen Auswahlkriterien, die die Vergleichbarkeit mit 2018 gewährleisten sollten und aus methodischen und qualitätssichernden Gründen nötig waren, blieb wenig Spielraum bei der Wahl der Gemeinden. Besonders im *ländlichen* Bereich war es sehr schwierig, in der Vorauswahl passende Gemeinden zu finden, weshalb schliesslich nur eine Gemeinde aus jenen der Kehrichtsackanalyse gewählt werden konnte. Zur besseren Repräsentation der Bevölkerungsstrukturen könnten bei einer Wiederholung der Erhebungen im Vorfeld von Kehrichtsackerhebung und Grüngutanalyse Gemeinden identifiziert werden, die für eine strukturell repräsentative Analyse beider Studien geeignet sind.

Um bei kleiner Stichprobengrösse eine möglichst gute Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wurden analog 2018 (Hüsch et al., 2018) entscheidende Einflussfaktoren auf Alter und Zusammensetzung des Grünguts bei der Auswahl der Gemeinden gleichgesetzt (vgl. Abschnitt 2.3). Die Ergebnisse sind daher charakteristisch für Gemeinden, in denen alle Speisereste mit dem Grüngut entsorgt werden dürfen und in denen das Grüngut grösstenteils im Holsystem gesammelt wird. Gemäss BAFU (2017) wurden 2016 in ca. 38 % der Gemeinden Rüstabfälle und Speisereste sowie in 30 % der Gemeinden nur Rüstabfälle über die Grüngutabfuhr entsorgt. In den restlichen Gemeinden wurden nur

Gartenabfälle über die Grüngutabfuhr entsorgt. Es wird davon ausgegangen, dass der Anteil Gemeinden, bei denen Speisereste über das Grüngut entsorgt werden dürfen, weiterhin steigen wird und das Kriterium der aktuellen Entwicklung in der Schweiz entspricht²¹.

In Bezug auf die Hochrechnung kann die ausschliessliche Wahl von Gemeinden, die Speisereste im kommunalen Grüngut zulassen, zu folgenden Effekten geführt haben:

- Überschätzung der Gesamtmenge an Lebensmittelverlusten im Grüngut; dieser Fehler wird dadurch geringfügig gemindert, dass die Sammelmengen tendenziell höher sind, wenn Speisereste im Grüngut zugelassen werden (BAFU, 2017).
- Überschätzung des Anteils nicht abbaubarer Kunststoffe im Grüngut, da die Verunreinigung mit Kunststoffen in der Regel höher ist, wenn Speisereste mit dem Grüngut entsorgt werden dürfen (Der Bundesrat, 2022b).

4.2.2 Probenahme und Analyse des Grünguts

Probenahme und Analyse des Grünguts folgten der Methodik von 2018 (Hüsch et al., 2018) und konnten repräsentativ durchgeführt werden. Die Fraktionen *Gartenabfälle*, *Fleisch / Fisch* und *Früchte / Gemüse, ungekocht* konnten mit hoher Genauigkeit sortiert werden. Bei den Fraktionen *Rüstabfälle*, *Kunststoffe, abbaubar* und *Kunststoffe, nicht abbaubar* gab es Stichproben, die nicht vollständig sauber getrennt werden konnten. Kleinere Ungenauigkeiten ergaben sich in einigen Stichproben aufgrund von

- nassen bzw. klebrigen Lebensmitteln, die an Teilen anderer Fraktionen hafteten und nicht zu trennen waren. Dies konnte z.B. durch die Beschaffenheit der Lebensmittel, einen fortgeschrittenen Abbaugrad oder Witterungsverhältnisse bedingt sein.
- der Zuordnung von feinen Materialien wie z.B. Sand, kleinen Steinen, Mehl, Kaffeepulver mit der Feinfraktion zu den Gartenabfällen.
- der Unterscheidbarkeit von abbaubaren Kunststoffen und nicht abbaubaren Kunststoffen: Die Unterscheidung wurde anhand entsprechender Markierungen z.B. Gitterdruck, Keimling-Label oder sonstigen Aufdrucken, welche die Abbaubarkeit ausweisen, getroffen. Kunststoffe, die nicht eindeutig als abbaubar identifiziert werden konnten, wurden der Fraktion *Kunststoffe, nicht abbaubar* zugeordnet (vgl. Abschnitt 2.5.2). Der Anteil abbaubarer Kunststoffe kann dadurch leicht unterschätzt worden sein.
- Nachweisbarkeit von Lebensmitteln der Fraktion *Milchprodukte, Eier, Margarine*: Lebensmittel wie z.B. Butter, Joghurt, Milch können im Rahmen einer Grüngutanalyse nicht nachgewiesen werden. In dieser Studie wurden alle Anteile dieser Fraktion erfasst, die sichtbar waren. Je nach Entsorgungsverhalten der Bevölkerung (z.B. bevorzugter Entsorgungsweg für Milch) kann der Anteil der Fraktion *Milchprodukte, Eier, Margarine* aufgrund der Einschränkungen der Sortierbarkeit leicht unterrepräsentiert sein. Ganze rohe Eier zerbrechen im Prozess der Anlieferung, was zur Folge hat, dass die Schalen den *Rüstabfällen* zugeordnet werden und das Ei nicht im Gewicht der Fraktion *Milchprodukte, Eier, Margarine* erscheint.

²¹ Gemäss Jahresbericht 2021 des Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz (2021) werden 48 % der gesamten biogenen Abfälle mittels Vergärung, 11 % mittels Co-Vergärung und 36 % mittels Platzkompostierung verwertet. Dabei ist der Anteil des mittels Vergärung verarbeiteten Grünguts seit 2014 stetig steigend. Da Speisereste öfter im Grüngut erlaubt sind, wenn das Grüngut in einer Vergärungsanlage verwertet wird (BAFU, 2017), wird davon ausgegangen, dass der Anteil Gemeinden, in denen Speisereste mit dem kommunalen Grüngut entsorgt werden dürfen, weiterhin steigen wird.

- Unterscheidbarkeit von vermeidbaren und unvermeidbaren Lebensmittelverlusten (vgl. Abschnitt 2.1, Präferenzverluste); offensichtlich viel zu grosse Abschnitte, bei denen ein beträchtlicher Teil des geniessbaren Lebensmittels weggerüstet wurde, wurden bei der Analyse der entsprechenden Fraktion zugeordnet; oft waren dies Käse in der Fraktion *Milchprodukte*, *Eier*, *Margarine* oder *Früchte / Gemüse, ungekocht*

Im Schnitt wurden 10 ± 16 % FS (1–68 % FS) des auf einer Grüngutverwertungsanlage angelieferten Grünguts sortiert. Die Mindestanzahl Einzelproben je Grüngutlieferung wurde bestimmt gemäss Methode zur Probenahme von Kompost (Agroscope, 2020). Die Berechnung der Mindestanzahl Einzelproben wurde zum Zeitpunkt der Probenahme durchgeführt mit dem Erfahrungswert des Raumgewichts von kommunalem Grüngut von 330 kg m^{-3} (GSA, 2006; WRAP, 2010) (vgl. Abschnitt 2.5.1). Da sich anhand der Analysen eine Schüttdichte von rund 250 kg m^{-3} ergab, wurde überprüft, ob die Anzahl Einzelproben bei der Probenahme auch bei diesem Wert dem Kriterium entsprachen. Das Kriterium wurde mit einer Ausnahme für alle Gemeinden unter Anwendung beider Werte erfüllt. Bei der Analyse PU1.1 wurde eine aussergewöhnlich grosse Menge Grüngut angeliefert, wodurch die Anzahl Einzelproben nicht genügte (5 statt 9 Einzelproben).

4.2.3 Auswertung der Ergebnisse

Feinfraktion

Die *Feinfraktion* wurde analog 2018 den *Gartenabfällen* zugerechnet (vgl. Abschnitt 2.5.2). Die Analyse des oTR zeigte, dass die *Feinfraktion* rund 50 % mineralischen Anteil enthielt (Anhang 2). Mögliche Quellen des relativ hohen mineralischen Anteils der *Feinfraktion* können z.B. Sand und Eierschalen sein. Eine Analyse der *Feinfraktion* im Rahmen der Studie von 2018 (Hüsch et al., 2018) ergab einen Anteil von rund 75 % *Gartenabfällen* und 22 % *Rüstabfällen*. Unter der Annahme einer ähnlichen Verteilung könnten die *Gartenabfälle* leicht überschätzt worden sein. Da die *Feinfraktion* im Schnitt nur 2.7 ± 2.2 % der gesamten Grüngutmenge ausmachte, sollte dieser Fehler jedoch vernachlässigbar sein. Bei einer Wiederholung der Studie könnten mehrere Proben der Feinfraktion untersucht und die Feinfraktion anteilig zugeordnet werden.

Hochrechnung

Die Hochrechnung basiert auf den Mengen kommunales Grüngut pro Person des Jahres 2022 der in dieser Studie untersuchten Gemeinden. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl (9 Gemeinden, 3 Gemeinden pro Gemeindekategorie) ist dieser Wert mit einer grossen Unsicherheit behaftet. Das Aufkommen biogener Abfälle schwankt stark zwischen den Kantonen und Gemeinden und ist u.a. abhängig von der Grösse einer Gemeinde (Kommunale Infrastruktur, 2012; Schleiss, 2019).

Für die Hochrechnung wurden in dieser Studie die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte pro Gemeindekategorie verwendet. Da ein Literaturvergleich auf dieser Ebene nicht möglich war, wurde er auf Ebene des über alle Gemeinden bevölkerungsgewichteten Mittelwerts durchgeführt: Der über alle Gemeinden bevölkerungsgewichtete Mittelwert der analysierten Gemeinden liegt mit $68.8 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in einem plausiblen, aber eher niedrigen Bereich (vgl. Anhang 7). Die hochgerechneten Mengen Lebensmittelverluste und Fremdstoffe könnten daher eher unterschätzt worden sein.

Saisonale Repräsentativität

Menge und Zusammensetzung des Grünguts werden von jahreszeitlichen Schwankungen beeinflusst (vgl. Abschnitt 4.1.4). In dieser Studie wurden je 2 Analysen des Grünguts der ausgewählten Gemeinden zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt (vgl. Abschnitt 2.3). Die zeitlichen Abstände zwischen den 2 Analysen einer Gemeinde waren dabei in etwa gleich. So wurde gewährleistet, dass jede

Gemeinde je einmal in einem Zeitraum von grösserem Grüngutaufkommen (Herbst / Frühling) und einmal in einem Zeitraum von geringerem Grüngutaufkommen (Winter) analysiert wurde. Die Ergebnisse dieser Studie berücksichtigen damit einen Teil der saisonalen Schwankungen. Aufgrund der Berücksichtigung der saisonal unterschiedlichen Zeiträume kann davon ausgegangen werden, dass die Extrapolation auf das gesamte Jahr innerhalb der Hochrechnung in einem realistischen Rahmen liegt.

Vergleichbarkeit mit 2018

Durch die Erweiterung der Datenlage (je 2 Analysen von 9 statt 6 Gemeinden), weisen die Daten gegenüber 2018 (Hüsch et al., 2018) eine höhere Repräsentativität auf.

Der direkte Vergleich der Ergebnisse mit 2018 in Abschnitt 3.6 ist eingeschränkt durch folgende Punkte:

- Nur 4 von 9 Gemeinden entsprachen jenen, die auch 2018 analysiert wurden.
- Geänderte Methodik bei der **Auswahl der Gemeinden**:
 - 2018: Auswahl nach neutralem Kriterium: Innerhalb einer Gemeindekategorie wurden Gemeinden ausgewählt, deren Einwohner/-innenzahlen dem Median der Einwohner/-innenzahlen einer Gemeindekategorie entsprach (Hüsch et al., 2018). So wurde eine für die jeweilige Gemeindekategorie repräsentative Untereinheit gewählt.
 - 2022/23: Auswahl von je einer Gemeinde aus der Studie und somit nach dem Konzept von 2018 und je 2 Gemeinden aus einer Vorauswahl von Gemeinden, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse (BAFU, 2023c) getroffen wurde.
- Der Anteil *Gartenabfälle* beeinflusst den mengenmässigen Anteil der anderen Fraktionen im kommunalen Grüngut (vgl. Abschnitt 4.1.4). 2018 und 2022/23 wurden Proben von Grüngut im Winter und Frühjahr analysiert. 2022 wurden zusätzlich Proben von Grüngut im Herbst analysiert. Dies verbessert die saisonale Repräsentativität, vermindert aber die direkte Vergleichbarkeit mit 2018. Dieser Effekt wird allerdings als gering eingeschätzt.
- Unterschiedliche Grundlage des Werts der Menge kommunales Grüngut pro Person und Jahr bei der **Hochrechnung**.
 - 2018: Anwendung des nicht gewichteten Mittelwerts einer Umfrage von 251 Schweizer Gemeinden (BAFU, 2017) → hohe Repräsentativität für die Schweiz aufgrund der grossen Stichprobenzahl, Datenbasis von 2016, nicht gewichtet.
 - 2022/23: Anwendung des bevölkerungsgewichteten Mittelwerts der Angaben seitens der Gemeinden, deren Grüngut in dieser Studie untersucht wurde, gemäss BAFU (2023c) → geringere Repräsentativität aufgrund der sehr viel geringeren Stichprobenzahl, Datenbasis von 2022, gewichtet.

Da keine aktualisierte Studie zur Menge Grüngut aus kommunaler Separatsammlung pro Person und Jahr mit Methodik und Stichprobenumfang analog BAFU (2017) verfügbar war, wurde auf den Mittelwert der in dieser Studie analysierten Gemeinden zurückgegriffen (BAFU, 2023c). Aufgrund der unterschiedlichen Datenbasis sind die Werte nicht direkt vergleichbar. Daher berücksichtigt der Vergleich zu 2018 nur die Änderung der Mengenanteile der Fraktionen über die Zeit und nicht die mengenmässige Entwicklung des kommunalen Grünguts pro Person in dieser Zeit. Auch die Berechnung der prozentualen Änderung unter Berücksichtigung der räumlichen Struktur auf Ebene Hochrechnung (vgl. Abschnitt 3.6, Tabelle 11) wurde unabhängig von der spezifischen Menge kommunales Grüngut pro Person durchgeführt.

Bei einer erneuten Durchführung der Grüngutanalyse kann unter Anwendung der diesjährigen Methodik auf eine vergleichbare Datenbasis zurückgegriffen werden. Eine repräsentative Aussage zur Entwicklung der Menge kommunales Grüngut pro Person und Jahr könnte durch eine Aktualisierung der Studie von 2017 (BAFU, 2017) gewonnen werden. Eine Aufstellung von Literaturwerten zur Menge kommunales Grüngut pro Person in der Schweiz ist in Anhang 7 gegeben. Gemäss der jährlich publizierten Abfallstatistiken des BAFU (2023a) betrug die Steigerung der Mengen biogene Siedlungsabfälle, die in zentralen Anlagen kompostiert oder vergärt wurden²², von 2018 bis 2022 rund 4 %. Dies kann einen Anhaltspunkt geben, in welchem Rahmen die Steigerung der Mengen kommunales Grüngut aus der Separatsammlung liegen könnte. Rund 50 % dieser biogenen Siedlungsabfälle stammen erfahrungsgemäss aus der kommunalen Grüngutsammlung (Inspektorat, 2021).

4.3 Ausblick

Lebensmittelverluste

Es kann mit rund 17.8 kg FS $p^{-1} a^{-1}$ *Lebensmittelverlusten* und 6.5 kg FS $p^{-1} a^{-1}$ vermeidbaren Lebensmittelverlusten im kommunalen Grüngut gerechnet werden. Gegenüber 2018 haben die *Lebensmittelverluste* um rund 35 % FS zugenommen. Ein Teil der Zunahme könnte auf eine vermehrte Entsorgung biogener Abfälle über die Grüngutabfuhr zurückzuführen sein.

Weiterhin verbleibt ein theoretisches Potenzial von rund 443'000 t FS a^{-1} *Lebensmittelverlusten*, die zusätzlich zu den bereits über das Grüngut entsorgten rund 160'000 t FS a^{-1} *Lebensmittelverlusten* statt über den Kehrriem einer stofflichen *und* thermischen Verwertung zugeführt werden könnten. Massnahmen zur Steigerung der stofflichen und energetischen Verwertung biogener Abfälle sind gemäss den Ergebnissen dieser Studie vor allem in *städtischen* und *periurbanen* Gemeinden angezeigt.

Fremdstoffe

Es kann mit einer unsachgemässen Entsorgung von rund 1.8 kg FS $p^{-1} a^{-1}$ *Fremdstoffen* und 0.2 kg FS $p^{-1} a^{-1}$ *nicht abbaubaren Kunststoffen* gerechnet werden. Gegenüber 2018 sind die gesamten *Fremdstoffgehalte* im kommunalen Grüngut schweizweit in etwa gleich geblieben, die *Kunststoffgehalte* (*nicht abbaubar*) jedoch um fast 60 % gestiegen. Unter Annahme eines Abscheidungsgrades von rund 98 % bei Aufbereitung und Sortierung des Grünguts, sollten die Grenzwerte der ChemRRV für Kunst- und Fremdstoffe im Durchschnitt aber eingehalten werden können.

Da die Verschmutzung des Grünguts durch *nicht abbaubaren Kunststoff* zuzunehmen scheint, sollten weiterhin Massnahmen ergriffen und ausgebaut werden, um die Bevölkerung für die Wichtigkeit der Sortenreinheit des Grünguts zu sensibilisieren und um verunreinigtes Grüngut schon an der Quelle zu identifizieren und zurückzuweisen. Gemäss den Ergebnissen dieser Studie sind Massnahmen v.a. im *städtischen* und *ländlichen* Bereich angezeigt.

²² Kommunale Sammlung und schätzungsweise das, was von Gärtnereien angeliefert wird, die für Privathaushalte gearbeitet haben; ohne Haus- und Quartierkompost; Schweiz und FL (BAFU, 2023b und Auskunft per E-Mail von S. Hardmeier, BAFU)

Bewertung und Forschungsbedarf

Versuchskonzept und -durchführung erwiesen sich als geeignet und praktikabel. Sie erlaubten eine grobe Hochrechnung der Mengen *Lebensmittelverluste* im kommunalen Grüngut der Schweiz, aufgeteilt nach Gemeindekategorie. Gleichzeitig wurde eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien gewährleistet.

Genauere Prognosen wären möglich unter Berücksichtigung folgender Punkte:

- Weitere Vergrösserung der Stichprobenzahl pro Gemeindekategorie, i.e. Anzahl beprobter Gemeinden
- Bei grösserer Stichprobenzahl: Einbezug weiterer (Sprach-)regionen der Schweiz
- Erhebung der spezifischen Menge kommunales Grüngut pro Person von einer repräsentativen Grundeinheit von Gemeinden (vgl. BAFU, 2017).

Anhang

A1 Definition der Gemeindekategorien

Tabelle A1.1: Definition der Gemeindekategorien gemäss (2017)

Gemeinde-kategorie	Kriterien	Merkmale
Städtisch	Städtischer Kernraum: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kernstädte und Kerngemeinden der Agglomerationen ▪ Kerngemeinden ausserhalb der Agglomerationen 	Erfüllt Dichte- und Grössekriterien bzgl. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einwohner/-innen ▪ Arbeitsplätzen ▪ Äquivalenten für Logiernächte
Periurban	Einflussgebiet städtischer Kerne: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agglomerationsgürtelgemeinden ▪ Mehrfach orientierte Gemeinden 	Gewisses Mass an Pendlerbewegungen zum städtischen Kernraum
Ländlich	Gebiete ausserhalb des Einflusses städtischer Kerne: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ländliche Gemeinden ohne städtischen Charakter 	Geringe Pendlerbewegungen in Richtung städtischer Kerne

A2 Analysedaten der Fraktionen

Tabelle A2.1: Schüttdichte, Trockenrückstand (TR) und organischer Trockenrückstand (oTR)
der analysierten Fraktionen; Mittelwerte und Standardabweichung (M \pm SD); Schüttdichte und TR bezogen auf Frischsubstanz (FS)

Fraktion	Schüttdichte	TR	oTR
	[(kg m ⁻³) FS]	[% FS]	[% TR]
Gartenabfälle	192.3 \pm 88.5	39.2 \pm 9.0	70.6 \pm 14.8
Rüstabfälle	435.0 \pm 44.5	11.6 \pm 2.4	76.7 \pm 7.0
Fleisch / Fisch	549.4 \pm 57.2	39.8 \pm 4.9	86.3 \pm 9.0
Milchprodukte, Eier, Margarine	448.1 \pm 178.6	53.3 \pm 5.8	90.3 \pm 5.4
Früchte / Gemüse, ungekocht	494.8 \pm 66.6	14.7 \pm 3.9	91.6 \pm 1.8
Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet	471.4 \pm 70.3	42.4 \pm 6.3	90.4 \pm 5.1
Kunststoffe abbaubar	181.6 \pm 105.8	42.7 \pm 7.6	---
Kunststoffe nicht abbaubar	131.9 \pm 77.5	49.2 \pm 17.8	---
Sonstige Fremdstoffe	359.4 \pm 106.2	55.4 \pm 15.5	---
Feinfraktion	439.3 \pm 78.9	49.3 \pm 9.4	52.9 \pm 13.4

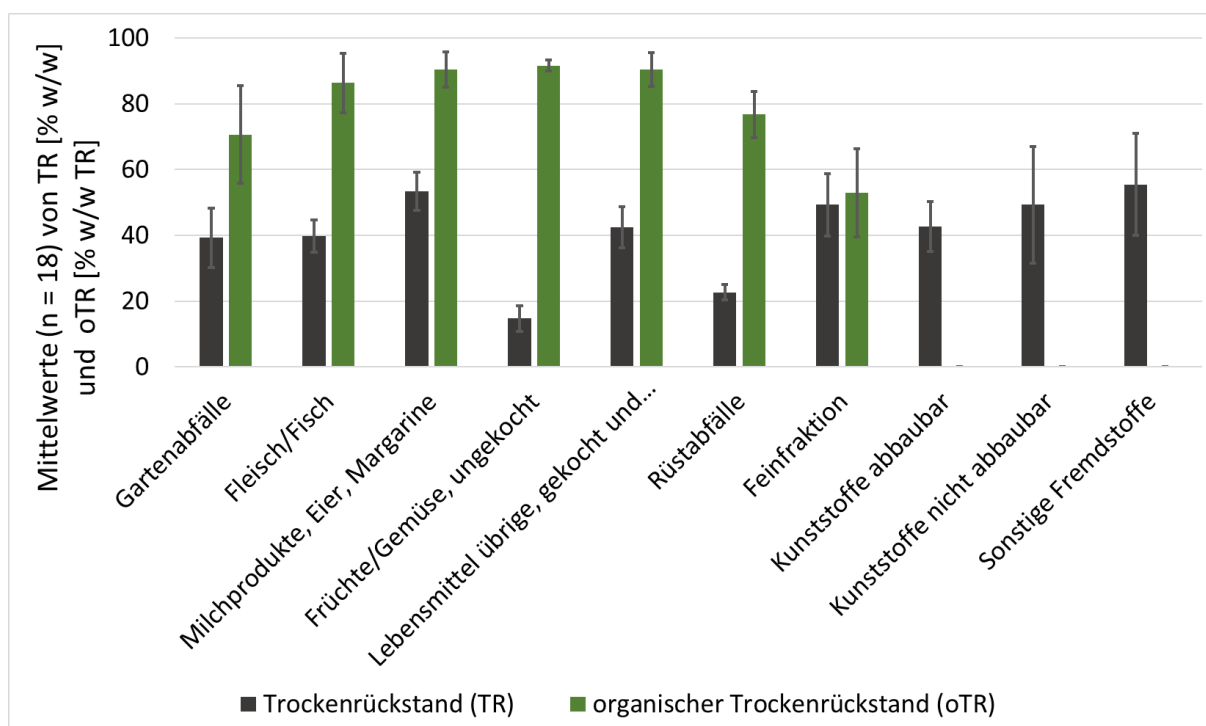


Abbildung A2.1: Trockenrückstand (TR) und organischer Trockenrückstand (oTR)
Mittelwerte und Standardabweichung aller Fraktionen

A3 Messdaten der Fraktionen pro Gemeinde und Gemeindekategorie

Tabelle A3.1: Messdaten aller Fraktionen pro Gemeinde und Gemeindekategorie
bezogen auf Frischsubstanz (FS)

Gemeinde- kategorie	Ge- meinde	Datum	Gewicht Grüngut- lieferung	Gewicht Probe	Gartenab- fälle	Lebensmittelverluste					Kunst- stoffe, abbaubar	Fremdstoffe	
						Rüst- abfälle	Fleisch / Fisch	Milch- produkte, Eier, Mar- garine	Früchte / Gemüse, ungekocht	Lebens- mittel übrige, ge- kocht und verarbeitet		Kunst- stoffe, nicht abbaubar	Sonstige Fremd- stoffe
			[t FS]	[kg FS]	[% w/w FS]								
Städtisch	ST 1.1	15.12.2022	10.58	323.10	55.14	31.64	0.81	0.28	5.78	3.28	0.73	0.03	2.31
	ST 1.2	29.03.2023	17.00	364.97	78.97	13.60	0.33	0.07	1.77	2.95	0.32	0.30	1.67
	ST 2.1	30.11.2022	16.30	344.83	75.58	16.13	0.77	0.07	1.62	2.04	0.39	1.42	1.98
	ST 2.2	08.03.2023	11.38	364.84	62.65	26.43	0.53	0.24	2.46	2.02	0.77	0.17	4.72
	ST 3.1	18.02.2023	7.84	322.61	67.46	18.74	0.90	0.29	5.18	4.44	0.26	0.20	2.53
	ST 3.2	22.04.2023	8.00	445.45	87.58	6.75	0.26	0.23	1.36	2.46	0.13	0.12	1.10
Peri- urban	PU 1.1	08.12.2022	35.18	344.32	85.78	7.47	0.47	0.03	1.51	2.45	0.28	0.21	1.79
	PU 1.2	23.03.2023	12.14	481.06	87.47	4.99	0.13	0.05	2.03	1.54	0.18	0.05	3.57
	PU 2.1	02.02.2023	6.58	383.44	60.21	26.79	0.73	0.35	4.28	4.52	0.68	0.39	2.05
	PU 2.2	06.04.2023	7.42	372.80	77.84	11.07	0.24	0.22	1.99	4.11	0.23	0.10	4.18
	PU 3.1	18.11.2022	12.84	448.01	91.49	5.04	0.12	0.00	1.33	0.93	0.29	0.04	0.77
	PU 3.2	23.02.2023	8.92	351.52	59.27	25.65	0.70	0.26	4.06	8.15	0.67	0.09	1.16
Ländlich	LA 1.1	08.02.2023	0.59	398.60	67.42	19.94	0.71	0.14	8.05	2.06	0.11	0.05	1.53
	LA 1.2	12.04.2023	1.19	332.39	83.90	9.83	0.16	0.04	1.98	2.40	0.12	0.05	1.53
	LA 2.1	11.11.2022	5.34	399.68	94.01	2.99	0.17	0.00	1.60	0.56	0.08	0.02	0.57
	LA 2.2	17.03.2023	5.82	437.70	90.79	4.29	0.33	0.10	0.74	1.96	0.18	0.03	1.58
	LA 3.1	25.11.2022	5.98	331.93	89.25	5.39	0.38	0.00	2.03	1.54	0.33	0.16	0.91
	LA 3.2	02.03.2023	2.54	378.43	64.03	21.97	0.84	0.14	4.75	6.68	0.33	0.12	1.13

Tabelle A3.2: Mittelwerte ungewichtet und bevölkerungsgewichtet pro Gemeindekategorie
 bezogen auf Frischsubstanz (FS)

Fraktion	Städtisch		Periurban		Ländlich		Alle	
	ungewichtet	bev.-gewichtet	ungewichtet	bev.-gewichtet	ungewichtet	bev.-gewichtet	ungewichtet	bev.-gewichtet
[% w/w FS]								
Gartenabfälle	71.23	69.10	77.01	77.00	81.57	83.11	76.60	69.84
Rüstabfälle	18.88	20.91	13.50	13.59	10.74	9.64	14.37	20.26
Fleisch / Fisch	0.60	0.60	0.40	0.40	0.43	0.43	0.48	0.58
Milchprodukte, Eier, Margarine	0.20	0.18	0.15	0.15	0.07	0.07	0.14	0.17
Früchte / Gemüse, ungekocht	3.03	3.10	2.53	2.54	3.19	2.71	2.92	3.06
Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet	2.87	2.78	3.62	3.70	2.53	2.62	3.01	2.82
Kunststoffe, abbaubar	0.43	0.50	0.39	0.40	0.19	0.21	0.34	0.49
Kunststoffe, nicht abbaubar	0.38	0.39	0.15	0.14	0.07	0.08	0.20	0.37
Sonstige Fremdstoffe	2.38	2.45	2.25	2.09	1.21	1.12	1.95	2.40

A4 Bestandteile der Fraktionen

Tabelle A4.1: Hauptbestandteile der Fraktionen im Grüngut: Lebensmittelverluste
mit Kennzeichnung, in welchen Gemeindekategorien sie vorkamen: *Städtisch* (ST), *Periurban* (PU), *Ländlich* (LA)

Rüstabfälle	S T	P U	L A	Fleisch / Fisch	S T	P U	L A	Milchprodukte, Eier, Margarine	S T	P U	L A	Früchte / Gemüse, un- gekocht	S T	P U	L A	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbei- tet	S T	P U	L A
<i>Rüstabfälle von</i>				Aufschnitt	x	x	x	Cheddar	x			Ananas		x	x	Antipasti			x
Ananas Strunk / Schale	x	x	x	Brätkügel	x			Ei ganz, roh	x			Äpfel	x	x	x	Birchermüesli	x		x
Apfelschalen	x		x	Bratwurst	x		x	Emmentaler	x			Artischocke	x			Bisquitschnitte			x
Artischocken	x	x		Calamari	x			Feta		x		Aubergine	x	x		Bohnen		x	
Aubergine		x		Cervelat	x	x	x	Halbhartkäse	x		x	Bananen			x	Bolognese		x	x
Avocado	x	x	x	Chorizo		x		Hartkäse	x	x	x	Baumnüsse	x	x	x	Brokkoli gekocht		x	
Bananenschalen	x	x	x	Fisch	x		x	Käse	x	x	x	Bierrettich	x		x	Brot	x	x	x
Blaubeeren		x		Fleisch		x	x	Mozzarella	x	x		Birnen	x		x	Bulghur		x	
Blumenkohl			x	Fleischkäse	x	x		Parmesan	x			Blaubeeren		x		Chips		x	
Brokkoli		x	x	Forellenfilet	x			Rahmkäse			x	Blumenkohl	x	x		Couscous	x		
Chicoree	x			Garnelen		x		Tête de Moine	x			Blutorangen		x		Croissant	x		x
Chili	x			Geflügel	x		x	Tofu	x			Brokkoli	x	x	x	Datteln			x
Crevettenschwanz	x	x	x	Geflügelbratwurst		x		Weichkäse	x	x		Brokkoli violett		x		Ebli		x	
Eierschalen	x	x	x	Gewürzschinken	x			---				Champignons		x		Ei ganz, gekocht	x	x	
Erdbeeren	x	x		Hackbraten		x		---				Cherrytomaten			x	Essiggurken		x	
Erdnussschalen		x	x	Hackfleischbällchen			x	---				Chicoree	x	x	x	Fladenbrote		x	
Federkohl	x			Kotelett, Schwein	x		x	---				Chili	x	x	x	Fleischersatz Wurst	x		
Fenchel	x	x	x	Lachs	x	x		---				Chinakohl		x		Gebäck	x	x	x
Fischhaut	x	x	x	Landjäger	x			---				Cicorino Rosso	x			Gemüse gekocht	x	x	x
Frischgräten		x	x	Leberpastete			x	---				Eisbergsalat	x		x	Gipfeli	x		

Rüstabfälle	S T	P U	L A	Fleisch / Fisch	S T	P U	L A	Milchprodukte, Eier, Margarine	S T	P U	L A	Früchte / Gemüse, un- gekocht	S T	P U	L A	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbei- tet	S T	P U	L A
Garnelen	x	x	x	Lyoner		x		---				Erdbeeren	x			Glasnudelgericht	x		
Granatapfel	x	x	x	Miesmuscheln	x	x	x	---				Erdnüsse	x	x	x	Karotten gekocht	x	x	
Grapefruit		x	x	Muscheln	x	x	x	---				Esskastanien	x	x	x	Kartoffeln gekocht	x	x	x
Grünkohl	x	x		Oktopus	x			---				Federkohl	x			Kartoffelsalat	x		
Gurken	x	x	x	Plätzli	x	x		---				Feigen		x		Kartoffelschnitze Ofen			x
Hühnerfuss		x		Poulet	x	x	x	---				Feldsalat			x	Kastanien geröstet	x		x
Ingwer	x			Pouletbrust	x	x	x	---				Fenchel	x	x	x	Kichererbsen gekocht	x		
Kabis	x	x	x	Pouletschenkel	x	x	x	---				Frühlingszwiebel		x		Knödel	x		
Kaffee	x	x	x	Rindfleisch	x		x	---				Granatapfel	x	x	x	Kuchen		x	x
Kaki			x	Roast Beef	x			---				Grapefruit		x		Lachssandwich			x
Karottenschalen	x	x	x	Rohschinken	x		x	---				Grünkohl	x			Lebkuchen	x		
Kartoffelschalen	x	x	x	Salami	x	x	x	---				Gurken	x	x	x	Maisgericht		x	
Käserinde	x	x	x	Saucisson	x	x		---				Haselnüsse	x			Maissalat	x		
Kiwischalen		x	x	Schinken	x	x		---				Ingwer	x	x	x	Mandeln gesalzen ge- röstet	x	x	
Knoblauch	x	x	x	Schnitzel	x	x		---				Kabis	x	x	x	Marroni geröstet	x		x
Knochen Fleisch	x	x	x	Schüblig	x			---				Kaki		x		Milchreis			x
Knochen Geflügel	x	x	x	Schwarte		x	x	---				Karotten	x	x	x	Nudeln	x	x	x
Knollensellerie	x	x	x	Schweinsnierstück	x			---				Kartoffeln	x	x	x	Oliven	x		x
Kohl	x	x	x	Shrimp		x		---				Kiwi	x		x	Olivenbrot	x		
Kohlrabi	x	x		Speck	x	x	x	---				Knoblauch	x	x	x	Panettone		x	x
Krautstiel			x	Sucuk	x			---				Knollensellerie		x	x	Paprika gefüllt	x		
Kürbis	x	x	x	Tintenfisch	x			---				Kohl		x	x	Paprika gekocht		x	
Kürbiskerne		x	x	Wienerli	x	x	x	---				Kohlrabi	x	x		Partymix		x	
Lauch	x	x	x	Wurst	x	x	x	---				Kokosnuss	x			Pasta	x	x	x
Limettenschale	x			---				---				Kopfsalat			x	Penne	x		

Rüstabfälle	S T	P U	L A	Fleisch / Fisch	S T	P U	L A	Milchprodukte, Eier, Margarine	S T	P U	L A	Früchte / Gemüse, un- gekocht	S T	P U	L A	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbei- tet	S T	P U	L A
Maiskolben		x	x	---				---				Kraussalat		x		Pizza	x	x	x
Mandarinenschale	x	x	x	---				---				Krautstiel		x		Pommes frites			x
Mango	x	x	x	---				---				Kumquat		x		Quinoa	x		
Maracuja	x	x	x	---				---				Kürbis		x	x	Randen gekocht	x	x	
Marroni			x	---				---				Lauch	x	x	x	Reis	x	x	
Melonen		x		---				---				Limette	x	x	x	Reisgericht	x		x
Muscheln		x	x	---				---				Limone	x	x	x	Reiswaffeln			x
Nussschalen		x	x	---				---				Litschi		x		Risotto			x
Orangen	x	x	x	---				---				Maiskolben		x	x	Rosinenbrot	x		
Pak Choi	x			---				---				Mandarinen	x	x	x	Rösti	x		
Passionsfrucht	x	x	x	---				---				Mandeln		x		Salamisandwich	x		
Poulethaut		x	x	---				---				Mango	x	x		Salat (Fertiggericht)	x		
Quitten		x	x	---				---				Maracuja	x	x		Sandwich	x		x
Randen			x	---				---				Marroni	x	x	x	Schokolade	x		
Randenhaut	x	x	x	---				---				Nüsse	x	x	x	Schokoladencroissant	x		
Rosenkohl	x	x	x	---				---				Nüsslisalat			x	Sesamsamen	x		
Rotkohl	x		x	---				---				Orange	x	x	x	Silberzwiebeln		x	
Salat	x	x	x	---				---				Pak Choi	x			Spaghetti	x	x	x
Salatblätter	x	x	x	---				---				Paprika	x	x	x	Spätzli		x	
Sellereschale	x	x	x	---				---				Passionsfrucht	x	x		Speisereste diverse	x	x	x
Shrimps	x	x	x	---				---				Peperoncini		x	x	Süssgebäck	x	x	x
Spargel			x	---				---				Peperoni	x	x	x	Taboulé	x		
Speckschwarte	x			---				---				Pflaumen			x	Teig roh	x	x	x
Sprossen		x		---				---				Pistazien		x		Toastbrot	x	x	
Stangensellerie	x	x		---				---				Quitten		x	x	Tomaten gekocht		x	

Rüstabfälle	S T	P U	L A	Fleisch / Fisch	S T	P U	L A	Milchprodukte, Eier, Margarine	S T	P U	L A	Früchte / Gemüse, un- gekocht	S T	P U	L A	Lebensmittel übrige, gekocht und verarbei- tet	S T	P U	L A
Süsskartoffel			x	---				---				Radieschen	x		x	Tomaten getrocknet			x
Tee	x	x	x	---				---				Randen	x	x	x	Traubenzucker	x		
Tierfuss			x	---				---				Rettich	x		x	Vollkornbrot	x	x	x
Tomate		x	x	---				---				Rhabarber	x			Wrap			x
Trauben			x	---				---				Rosenkohl	x	x	x	Zimtschnecken	x		
Weisskohl	x	x	x	---				---				Rotkohl	x	x	x	Zopf	x	x	
Wirz		x	x	---				---				Rübe	x	x		---			
Zimt			x	---				---				Rucola		x		---			
Zitronen	x	x	x	---				---				Rüebli	x	x	x	---			
Zucchini	x		x	---				---				Salat	x	x	x	---			
Zwiebeln	x	x	x	---				---				Salatherzen	x			---			
---				---				---				Sellerie		x	x	---			
---				---				---				Snackpaprika	x			---			
---				---				---				Stangensellerie			x	---			
---				---				---				Süsskartoffel	x	x		---			
---				---				---				Tomaten	x	x	x	---			
---				---				---				Trauben		x	x	---			
---				---				---				Walnüsse	x	x	x	---			
---				---				---				Weisskohl	x	x	x	---			
---				---				---				Wirz	x	x		---			
---				---				---				Zitronen	x		x	---			
---				---				---				Zucchini	x	x		---			
---				---				---				Zuckerhut			x	---			
---				---				---				Zwiebeln	x	x	x	---			

Tabelle A4.2: Hauptbestandteile der Fraktionen im Grüngut: Gartenabfälle, abbaubare Kunststoffe und Fremdstoffe
mit Kennzeichnung, in welchen Gemeindekategorien sie vorkamen: *Städtisch (ST), Periurban (PU), Ländlich (LA)*

Gartenabfälle	ST	PU	LA	Kunststoffe, abbaubar	ST	PU	LA	Kunststoffe, nicht abbaubar	ST	PU	LA	Sonstige Fremdstoffe	ST	PU	LA
Astschnitt	x	x	x	Gummiband abbaubar			x	Augentropfen	x			Alufolie	x		x
Äste	x	x	x	KaffEEKapsel abbaubar	x	x		Avocado-Banderole	x	x		Aluminium	x	x	
Baumschnitt	x		x	Kompostbeutel Gitterdruck	x	x	x	Becher	x			Batterie		x	
Baumstrunk		x		---				Blumenampel			x	Bauholz	x		
Beikraut gejätet	x			---				Blumentopf	x	x	x	Blähton		x	x
Berberitze	x			---				Crevetten-Verpackung	x			Blech		x	
Blätter			x	---				Deckel	x	x	x	Blehdose	x		
Blumenerde aus Töpfen	x	x	x	---				Dekor-Plastik		x	x	Damenbinde	x		
Blumenschnitt		x	x	---				Erdbeerschale		x		Draht, u.a. Blumendraht	x	x	x
Brombeeren	x	x		---				Floristikzubehör			x	Eierkarton	x	x	
Efeu	x	x	x	---				(Klarsicht-)Folie	x			Flaschendeckel	x		
Einstreu		x	x	---				Fruchtbanderole	x	x		Fleischpapier	x	x	
Erde	x	x	x	---				Fruchtnetz	x			Fruchtsticker Papier	x	x	x
Farn			x	---				Fruchtsticker	x	x	x	Gartendekoration	x	x	x
Gartenhäcksel		x		---				Gemüsebanderole	x			Gartenzweig			x
Gartenschnitt	x	x	x	---				Geschenkbund			x	Glace-Stängel	x		
Gemüsepflanzen	x			---				Getränke-/PET-Flaschen	x	x		Glasscherben	x	x	x
Gewürzpflanzen (Thymian, Rosmarin, u.ä.)		x	x	---				Gewürzverpackung	x			Haare	x	x	
Grasnarbe	x		x	---				Gummiband	x	x	x	Handtasche	x		
Hartriegel			x	---				Gummischnur von Blumenstrauß		x		Haushaltspapier	x	x	x
Holz	x	x	x	---				Joghurtbecher	x			Holz div. (z.B. Dekorationen)	x	x	x
Holzkohle			x	---				Joghurtdeckel			x	Holz lackiert		x	

Gartenabfälle	ST	PU	LA	Kunststoffe, abbaubar	ST	PU	LA	Kunststoffe, nicht abbaubar	ST	PU	LA	Sonstige Fremdstoffe	ST	PU	LA
Holzschnitzel			x	---				Kabelbinder			x	Holzkiste	x		
Kirschlorbeerschnitt	x	x	x	---				Kaffee kapseln	x	x		Holzspielzeug			x
Laub	x	x	x	---				Kaffeerahmbecher	x			Holzwolle			x
Moos	x		x	---				Kaugummi-Verpackung		x		Hundekotbeutel	x		
Nadelbäume		x		---				Kehrichtsack	x			Joghurtdeckel Aluminium		x	
Nadelholzzweige	x		x	---				Konfetti		x		Kaffee filterpapier	x	x	x
Pferdemist		x	x	---				Kunstblumen		x		Kaffee kapseln Aluminium	x	x	
Rasen	x	x	x	---				Kunststoffteile div.	x			Karton	x	x	x
Rasenschnitt	x	x	x	---				Labels / Sticker	x	x	x	Käse papier	x	x	
Rhododendronschnitt	x			---				Medikamentenblister			x	Katzensand	x	x	
Rosen	x	x		---				Milchdeckel	x			Katzenstreu	x	x	
Rosenschnitt	x	x	x	---				Müsliriegel-Verpackung		x		Keramikscherbe	x		x
Schilf	x		x	---				Obststicker	x	x	x	Kerzen, Kerzenwachs	x	x	
Schnittblumen	x			---				Pingpongball			x	Kerzenschale	x		
Schwarzdorn		x		---				Plastikhandschuhe	x	x		Kordel		x	x
Stecklinge		x		---				Plastiksack	x	x	x	Korken	x	x	x
Strauchschnitt		x	x	---				Plexiglasplatte			x	Korkzapfen	x	x	
Stroh		x	x	---				Raschelsack	x	x	x	Kugelschreiber	x		
Tannenäste	x		x	---				Säcke div.	x	x	x	Kunststoffperlen			x
Thuja		x	x	---				Schaumstoff	x	x		Label / Sticker Papier	x	x	x
Topfpflanzen	x	x		---				Schnur			x	Löffel	x		
Tulpen	x	x		---				Spielzeug			x	Messer		x	
Unkraut gejätet	x			---				Steckmoos	x	x		Metall	x	x	x
Weinreben		x		---				Steckschilder, Garten	x	x		Metallmutter			x
Wurzelballen	x		x	---				Styroporteile			x	Nagel	x		
Wurzelstock	x		x	---				Süssigkeiten-Verpackungen	x	x	x	Papier	x	x	x

Gartenabfälle	ST	PU	LA	Kunststoffe, abbaubar	ST	PU	LA	Kunststoffe, nicht abbaubar	ST	PU	LA	Sonstige Fremdstoffe	ST	PU	LA
Zierkürbis	x			---				Taschentuch-Verpackung		x		Pflanzensteckschaum		x	x
Ziermais	x			---				Teebeutel	x			Schnur	x	x	x
Zierpflanzen		x		---				Teil eines Gartenschlauches	x			Serviette		x	
Zweige	x	x	x	---				Tetra Pak-Deckel			x	Stahlwolle		x	
---				---				Trinkhalme	x			Steine, grössere	x	x	x
---				---				Verpackung Fleisch	x	x		Stofflappen		x	
---				---				Verpackung Gemüse	x		x	Teebeutel	x	x	x
---				---				Verpackungen div. Lebensmittel	x	x	x	Teelichtaluschale		x	
---				---				Wursthülle	x	x	x	Thekenpapier	x	x	
---				---				---				Tierhaare	x		
---				---				---				Toilettenpapierrolle			x
---				---				---				Tonscherben	x	x	x
---				---				---				Töpferlehm			x
---				---				---				Verpackungen beschichtet	x	x	x
---				---				---				Vlies	x		x
---				---				---				Vogelhaus		x	
---				---				---				Wachs	x	x	
---				---				---				Watte		x	
---				---				---				WC-Papierrolle			x
---				---				---				Weihnachtsdekoration	x	x	
---				---				---				Zeitungen	x	x	x
---				---				---				Ziegel	x		x
---				---				---				Zigaretten	x	x	x



Abbildung A4.1: Beispiele von Grüngutproben aus der Gesamtlieferung von 3 Gemeinden
sowie Beispiel des Mengenverhältnisses der Fraktion *Gartenabfälle* zu der Fraktion
Früchte / Gemüse, ungekocht (rechts unten)



Abbildung A4.2: Beispiele für die Zusammensetzung der Fraktionen *Gartenabfälle* (oben) und *Rüstabfälle* (unten)



Abbildung A4.3: Beispiele für die Zusammensetzung der Fraktionen *Fleisch / Fisch* (oben) und *Milchprodukte, Eier, Margarine* (unten)



Abbildung A4.4: Beispiele für die Zusammensetzung der Fraktionen *Früchte / Gemüse, ungekocht* (oben) und *Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet* (unten)



Abbildung A4.5: Beispiele für die Zusammensetzung der Fraktion *Kunststoffe, nicht abbaubar*



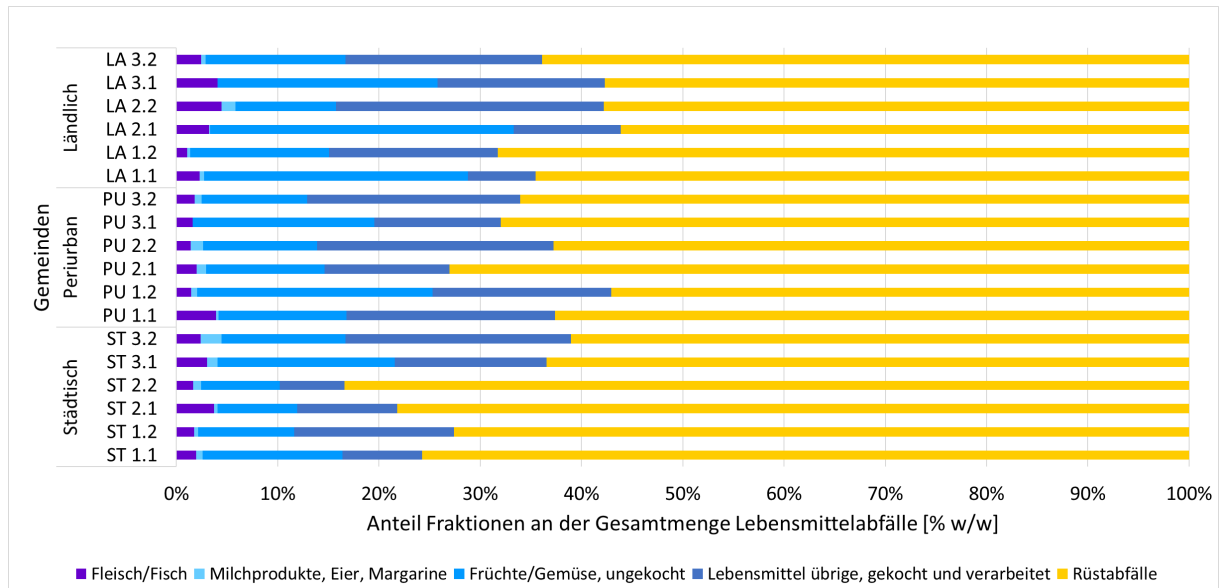
Abbildung A4.6: Beispiele für die Zusammensetzung der Fraktionen *Kunststoffe, abbaubar* (oben) und *Sonstige Fremdstoffe* (unten)



Abbildung A4.7: Beispiele für Fremdstoffe, die häufig zusammen mit biogenen Abfällen entsorgt werden und grosszügig gerüstete Pflanzenteile, die *Früchte / Gemüse, ungekocht* zugeordnet wurden (rechts oben)

A5 Zusammensetzung der Lebensmittelverluste

Abbildung A5.1: Anteile der Fraktionen der Lebensmittelverluste der analysierten Gemeinden
bezogen auf Frischsubstanz (FS) zu je 2 saisonal verschiedenen Zeitpunkten



A6 Statistische Auswertung

Tabelle 6.1: Analyse der Unterschiede der einzelnen Fraktionen nach Gemeindekategorie
Und Signifikanz gemäss Signifikanzniveau 5 % ($\alpha=0.0500$)

Fraktion	p-Wert (ANOVA, einfaktoriell)
Gartenabfälle	0.4030
Kunststoffe, abbaubar	0.1369
Kunststoffe, nicht abbaubar	0.2442
Sonstige Fremdstoffe	0.1572
Fleisch / Fisch	0.4138
Milchprodukte, Eier, Margarine	0.1612
Früchte / Gemüse, ungekocht	0.8506
Lebensmittel übrige, gekocht und verarbeitet	0.6446
Rüstabfälle	0.3197

Tabelle 6.2: Analyse der Unterschiede der übergreifenden Fraktionen nach Gemeindekategorie
Städtisch (ST), *periurban* (PU), *ländlich* (LA); Signifikanz gemäss Signifikanzniveau 5 % ($\alpha=0.0500$), nach Bonferroni-Korrektur (Post-Hoc Test) 1.7 % ($\alpha=0.0167$); Mengenanteile [%] bezogen auf Frischsubstanz (FS) und *Lebensmittelverluste gesamt* (LM) oder *Fremdstoffe gesamt* (FG)

Fraktion	p-Wert (ANOVA, einfaktoriell)	POST-HOC Test (t-Test)
Lebensmittelverluste [% FS]	0.5041	
Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle [% FS]	0.9708	
Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle [% LM]	0.0307	
ST > PU		0.0519
ST > LA		0.0109
PU > LA		0.1311
Fremdstoffe gesamt [% FS]	0.0810	
ST > PU		0.3225
ST > LA		0.0175*
PU > LA		0.0496*
Kunststoff, nicht abbaubar [% FG]	0.3830	

*Berechnung für ungleiche Varianz, getestet mit 2-Stichproben F-Test

A7 Literaturdaten

Menge Grüngut pro Person in der Schweiz

Das Aufkommen biogener Abfälle schwankt stark zwischen den Kantonen und Gemeinden und ist u.a. abhängig von der Grösse einer Gemeinde (Kommunale Infrastruktur, 2012; Schleiss, 2019).

In der Literatur sind gewichtete Werte von $67.2 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ($M_{\text{gew.}}$ von 159 Gemeinden, Basis 2009), $86.7 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und $92.4 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ($M_{\text{glob.}}$ von 251 Gemeinden, Basis 2015 und 2016) zu finden (BAFU, 2017; Kommunale Infrastruktur, 2012) (Tabelle A6.1). Dabei war das spezifische Aufkommen in grossen Gemeinden (grosse Dörfer) mit durchschnittlich $101 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ grösser als in grossen Städten mit durchschnittlich $41 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Kommunale Infrastruktur, 2012).

Im Rahmen der Abfallstatistiken publiziert das BAFU (2023a) jährlich die in zentralen Anlagen kompostierten oder vergärten biogenen Abfälle. Gemäss Jahresbericht 2021 des Inspektorats der Kompostier- und Vergärbranche (Inspektorat, 2021) stammen rund 50 % der verarbeiteten biogenen Abfälle aus der kommunalen Sammlung. Anhand der Abfallstatistiken des BAFU und des Erfahrungswertes des Inspektorats ergibt sich so ein spezifisches Aufkommen von rund $79 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Jahr 2022.

Der über alle Gemeinden bevölkerungsgewichtete Mittelwert der analysierten Gemeinden liegt mit $68.8 \text{ kg p}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in einem plausiblen, aber eher niedrigen Bereich (Tabelle A6.2).

Tabelle A6.2: Mengen kommunales Grüngut in der Schweiz – Literaturwerte
spezifisch (Mittelwert (M) gewichtet / ungewichtet und Median) und absolut, bezogen auf Frischsubstanz (FS)

Datenbasis	Kommunales Grüngut				Grundlage	Quelle
Jahr	M ungewichtet	M gewichtet	Median			
	kg FS $\text{p}^{-1} \text{ a}^{-1}$			t FS		
2021	71 ²³	--	--	620'000 ²³	259 Anlagen	(Inspektorat, 2021)
2017	82	--	--	693'064	24 Kantone + FL	(Schleiss, 2019)
2016	109	92.4 ²⁴	103	770'000	251 Gemeinden	(BAFU, 2017)
2015	101	86.7 ²⁴	96		251 Gemeinden	(BAFU, 2017)
2013	--	--	73	660'000	24 Kantone	(Mandaliev & Schleiss, 2016)
2009	90.7	67.2	--	--	159 Gemeinden	(Kommunale Infrastruktur, 2012)
	101	--	--	--	Grosse Gemeinden	
	41	--	--	--	Grosse Städte	

²³ Ungefährer Wert gemäss Graphik

²⁴ «globales Mittel»: berechnet als Quotient der Summe der jährlichen Mengen Grüngut pro Gemeinde und der Summe der Einwohner/-innen der untersuchten Gemeinden (BAFU, 2017).

Tabelle A6.1: Menge kommunales Grüngut pro Person (p) der Grüngutanalyse 2022/23
pro Gemeinde und Gemeindegategorie, bezogen auf Frischsubstanz (FS) (BAFU, 2023c)

Gemeindegategorie	Gemeinde	Kommunales Grüngut	Mittelwert	Mittelwert
		kg FS p ⁻¹ a ⁻¹	ungewichtet	bev.-gewichtet
Städtisch	ST1	82.2	76.4	67.7
	ST2	26.0		
	ST3	121.1		
Periurban	PU1	110.4	95.8	92.2
	PU2	110.5		
	PU3	66.4		
Ländlich	LA1	60.8	73.3	76.4
	LA2	121.1		
	LA3	38.0		
Alle			81.8	68.8

Vergleich Kehrichtsackanalyse

Analog 2018 (Hüsch et al., 2018) wurde auf Ebene der Hochrechnung eine Gewichtung nach Einwohner/-innen pro Gemeindegategorie durchgeführt (vgl. Abschnitt 2.6.3). Da in der Kehrichtsackanalyse 2022 (BAFU, 2023c) eine abweichende Methode der Hochrechnung verwendet wurde, wurde zusätzlich eine Hochrechnung analog dieser Methodik durchgeführt (Tabelle A8.1). Gemäss dieser Berechnung ergeben sich spezifische Mengen der *Lebensmittelverluste mit* und *ohne Rüstabfälle*, die um 4 % höher respektive 7 % niedriger ausfallen. Geringe Unterschiede zu den Daten, die im Rahmen der Kehrichtsackanalyse publiziert wurden, können sich ergeben aufgrund von Rundungsdifferenzen und einer anderen Datenbasis der Bevölkerungszahlen.

Tabelle A8.1: Hochrechnung der Lebensmittelverluste im kommunalen Grüngut (Vergleich KSA)
der Schweiz pro Gemeindegategorie; basierend auf den bevölkerungsgewichteten Mittelwerten der Mengenanteile *Lebensmittelverluste* und *Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle* im kommunalen Grüngut der Schweiz, den spezifischen Mengen separat gesammelten Grünguts pro Person (p) der analysierten Gemeinden (BAFU, 2023c) und der Anzahl Einwohner/-innen pro Gemeindegategorie BFS (2022, 2023b); Ergebnisse der unterschiedlichen Berechnungsarten in Grüngutanalyse (GGA) und Kehrichtsackanalyse (KSA) bezogen auf Frischsubstanz (FS)

	Lebensmittelverluste				Lebensmittelverluste ohne Rüstabfälle			
	Hochrechnung GGA		Hochrechnung KSA		Hochrechnung GGA		Hochrechnung KSA	
Gemeindegategorie	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS p ⁻¹ a ⁻¹]
Städtisch	102'733	18.5	105'135	19.0	24'794	4.5	25'373	4.6
Periurban	41'801	18.8	31'180	14.0	13'923	6.3	10'385	4.7
Ländlich	12'330	11.8	11'092	10.6	4'645	4.5	4'179	4.0
Total	156'864	17.8 ⁽¹⁵⁾	147'407	18.5	43'361	4.9 ⁽¹⁵⁾	39'937	4.6

Verzeichnisse

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gemeindetypologie der Schweiz	20
Abbildung 2:	Anlieferung von Grüngut einer Gemeinde (links), Durchmischen der Probe (rechts)	24
Abbildung 3:	Durchmischte Probe (links) und Sortierstation (rechts)	25
Abbildung 4:	Sortierung des Grünguts (links) und sortiertes Grüngut (rechts)	25
Abbildung 5:	Anteile der Fraktionen im Grüngut der analysierten Gemeinden	30
Abbildung 6:	Zusammensetzung des kommunalen Grünguts nach Grüngutfraktion	31
Abbildung 7:	Anteil <i>Lebensmittelverluste</i> im kommunalen Grüngut bezogen auf Frischsubstanz (FS); Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindekategorie, [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet	32
Abbildung 8:	Anteil <i>Fremdstoffe</i> im kommunalen Grüngut bezogen auf Frischsubstanz (FS); Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindekategorie [% w/w FS], bevölkerungsgewichtet	35
Abbildung 9:	Zusammensetzung des Grünguts bezogen auf Frischsubstanz (FS) geordnet nach Zeitpunkt der Grüngutanalyse, in Relation zu den Tagesmitteltemperaturen an den Tagen der Beprobungen	36
Abbildung 10:	Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – Alle Gemeinden	39
Abbildung 11:	Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – <i>Städtisch</i>	39
Abbildung 12:	Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – <i>Periurban</i> ...	40
Abbildung 13:	Zusammensetzung des kommunalen Grünguts im Vergleich zu 2018 – <i>Ländlich</i>	40
Abbildung 14:	Abtrennung von Kunststoffen	45

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung der Bestandteile des kommunalen Grünguts zu 9 Fraktionen	17
Tabelle 2:	Zuordnung der 9 Grüngutfractionen zu den übergreifenden Fraktionen,	18
Tabelle 3:	Schema der Erhebungskampagne der Grüngutanalyse (GGA) 2022/23	22
Tabelle 4:	Eckdaten der beprobten Sammeltouren	23
Tabelle 5:	Methode zur Probenahme von Kompost	24
Tabelle 6:	Anteile <i>Lebensmittelverluste</i> mit (LM) und <i>ohne Rüstabfälle</i> (LM-R) im Grüngut der kommunalen Sammlung pro Gemeinde in den Zeiträumen November bis Dezember 2022 und Februar bis April 2023; Mittelwert und Standardabweichung pro Gemeindekategorie ($M \pm SD$), bevölkerungsgewichtet, bezogen auf <i>Grüngut gesamt</i> , <i>Lebensmittelverluste gesamt</i> (LM) und Frischsubstanz (FS)	33
Tabelle 7:	Zusammensetzung der <i>Lebensmittelverluste</i> (LM)	34
Tabelle 8:	Anteile der <i>Fremdstoffe</i> im kommunalen Grüngut	35
Tabelle 9:	Hochrechnung der <i>Lebensmittelverluste</i> und <i>Fremdstoffe</i> im kommunalen Grüngut	37
Tabelle 10:	Veränderung der Mengenanteile im Grüngut je Fraktion von 2018 zu 2022/23; Methode 1:	41
Tabelle 11:	Veränderung der Mengenanteile im Grüngut je Fraktion von 2018 zu 2022/23; Methode 2:	41
Tabelle 12:	Anteile Bevölkerung und Gemeinden pro Gemeindekategorie	47

Referenzen

- Agroscope. (2020). *Probenahme von Kompost* (Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope RD-KP-PN; 1.2). Agroscope. <https://ira.agroscope.ch/en-US/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=48921>
- AWEL. (2018). *Massnahmenplan Abfall- und Ressourcenwirtschaft 2019—2022*. Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL). <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/abfall-rohstoffe/abfaelle/abfallanlagen/kehrichtverwertungsanlagen.html>
- BAFU. (2020a). *Kunststoffe in der Grüngutsammlung* (Faktenblatt 9; Kunststoffe in der Umwelt). Bundesamt für Umwelt BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/kunststoffe-in-umwelt.html>
- BAFU. (2019). *Grünabfälle* [Bundesamt für Umwelt BAFU]. Biogene Abfälle. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfallwegweiser--stichworte-a--z/biogene-abfaelle/abfallarten/gruenabfaelle.html>
- BAFU. (2020b). *Kunststoffe in der Umwelt*. Bundesamt für Umwelt BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfall--fachinformationen/abfallpolitik-und-massnahmen/kunststoffe-in-umwelt.html>
- BAFU. (2023a). *Abfallstatistiken*. Abfallstatistiken. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfall--daten--indikatoren-und-karten/abfallstatistiken.html>
- BAFU. (2023b). *Lebensmittelabfälle*. Bundesamt für Umwelt BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-abfall/abfallwegweiser--stichworte-a--z/biogene-abfaelle/abfallarten/lebensmittelabfaelle.html>
- BAFU, (Hrsg.). (2017). *Kommunale Separatsammlung von biogenen Abfällen in der Schweiz, Stand 2016* (S. 63) [Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU]. Bundesamt für Umwelt BAFU. https://www.swissrecycling.ch/fileadmin/user_upload/pdfs/Wertstoffe/Gruengut/Bericht_biogene_Abfaelle_dfi.pdf
- BAFU, (Hrsg.). (2023c). *Bericht zur Erhebung der Kehrichtsackzusammensetzung 2022*. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Baier, U., & Deller, A. (2014). *Food Waste – Fachliche Grundlagen. Bericht zur Po. Chevalley 12.3907*. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.
- Baier, U., Moser, Y., Rüschi, F., & Warthmann, R. (2017). *Biomassenutzung in der Schweizer Landwirtschaft – Stoffflussanalyse landwirtschaftlicher Biomassen auf Produktions- und Nutzungsebene* [Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.
- Beretta, C., & Hellweg, S. (2019). *Lebensmittelverluste in der Schweiz—Umweltbelastung und Vermeidungspotenzial* (S. 84) [Wissenschaftlicher Schlussbericht]. ETH Zürich.
- BFS. (2017). *Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012* (Raumgliederung der Schweiz, S. 16). Bundesamt für Statistik BFS. <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/2543323/master>
- BFS. (2018). *Raumgliederungen 2018—Resultat | Applikation der Schweizer Gemeinden*. https://www.agvchapp.bfs.admin.ch/de/typologies/results?SnapshotDate=31.12.2018&SelectedTypologies%5B0%5D=HR_GDETYP2012

- BFS. (2020). *Ständige Wohnbevölkerung, 2018* (7004424) [01 - Bevölkerung / Bevölkerungsstand und -entwicklung / Stand / 2018]. Statistischer Atlas der Schweiz; Bundesamt für Statistik (BFS). https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/14459_72_71_70/23027.html
- BFS. (2022). *Raumgliederungen 2022—Resultat | Applikation der Schweizer Gemeinden* [Applikation der Schweizer Gemeinden]. Raumgliederungen. https://www.agvchapp.bfs.admin.ch/de/typologies/results?SnapshotDate=01.05.2022&SelectedTypologies%5B0%5D=HR_GDETYP2012
- BFS. (2023a). *Karte: Gemeindetypologie 2012 mit 9 Kategorien - Stand 2023* (7004424). Statistischer Atlas der Schweiz; Bundesamt für Statistik (BFS). https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/17222_12482_3191_227/26732.html
- BFS. (2023b). *Ständige Wohnbevölkerung, 2022* (7004424) [01 - Bevölkerung / Bevölkerungsstand und -entwicklung / Stand / 2022]. Statistischer Atlas der Schweiz; Bundesamt für Statistik (BFS). https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/17492_72_71_70/27090.html
- BIOMASSE Suisse. (2023). *Biomasse*. <https://biomassesuisse.ch/biomasse>
- Der Bundesrat. (2022a). *Aktionsplan gegen die Lebensmittelverschwendung* [Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.3829 Chevalley vom 25. September 2018]. Der Bundesrat, Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Der Bundesrat. (2022b). *Kunststoffe in der Umwelt* [Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 18.3196, 18.3496, 19.3818, 19.4355]. Der Bundesrat, Schweizerische Eidgenossenschaft.
- FAC. (1995). *Probenahme von Kompost. In: Weisungen und Empfehlungen der FAC im Bereich Kompost*.
- GSA. (2006). *Grundlagen für die Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen* (S. 67). Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (GSA). <https://www.yumpu.com/de/document/view/9853674/grundlagen-fur-die-planung-von-kompostierungs-bau-verkehrs->
- Hüsch, R. S., Baier, U., Breitenmoser, L., Gross, T., & Rüsch, F. (2018). *Lebensmittelabfälle in Schweizer Grüngut* (S. 53) [Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW. <https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/22363>
- Inspektorat, K. V. S. (2021). *Jahresbericht 2021* (S. 19) [Jahresbericht]. Verein Inspektorat. <https://www.mpsecure.ch/cvis/index.aspx?site=informationen>
- Kawecki, D., Goldberg, L., & Nowack, B. (2020). Material flow analysis of plastic in organic waste in Switzerland. *Soil Use and Management*, 37, 277–288. <https://doi.org/10.1111/sum.12634>
- Kommunale Infrastruktur. (2012). *Kosten und Leistungen der kommunalen Abfallwirtschaft* (S. 153) [Auswertung der Gemeindeumfrage 2009]. Kommunale Infrastruktur. https://kommunale-infrastruktur.ch/cmsfiles/kosten_leistungen_abfall.pdf
- Mandaliev, P., & Schleiss, K. (2016). *Kompostier- und Vergärungsanlagen* (1602; Umwelt-Zustand, S. 32). Bundesamt für Umwelt BAFU.
- MeteoSchweiz. (2023). *Messwerte und Messnetze—MeteoSchweiz*. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/applikationen/messwerte-und-messnetze.html>
- Mosberger, L., Gröbly, D., Buchli, J., Müller, C., & Baier, U. (2016). *Organische Verluste aus der Lebensmittelindustrie in der Schweiz – Massenflussanalyse nach Branchen* [Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.

- Schleiss, K. (2019). *Kompostier- und Vergärungsanlagen* (S. 30) [Erhebung in der Schweiz und Lichtenstein]. <https://umweko.ch/base/uploads/Kompostier-%20und%20Verg%C3%A4rungsanlagen%20Erhebung%20in%20der%20Schweiz%20und%20Lichtenstein.DE.4-5d6924b380399.pdf>
- Schleiss, K., & Kaiser, J. P. (2001). *Bericht zum Projekt Fremdstoffuntersuchung im Grüngut* [Projektbericht]. Umwelt- und Kompostberatung. <http://www.educompost.ch/downloads/fremdstoff2001.pdf>
- Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen, Pub. L. No. SR 814.81, ChemRRV (2005). <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2005/478/de?print=true>
- WRAP. (2009). *Household Food and Drink Waste in the UK 2009* [Report prepared by WRAP]. WRAP. <https://wrap.org.uk/resources/report/household-food-and-drink-waste-uk-2009>
- WRAP. (2010). *Material bulk densities* (Summary Report ROT039; S. 14). Waste & Resources Action Programme (WRAP). <https://wrap.org.uk/sites/default/files/2021-02/WRAP-bulk-density-summary-report-Jan2010.pdf>
- ZHAW. (2007a). *S593-BT 1050: Glühverlust und Glührückstand, β Glühverlust und β Glührückstand* [Standardverfahren des Instituts für Biotechnologie, Umweltbiotechnologie ICBT-UBIOT]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.
- ZHAW. (2007b). *S593-BT 1057: Trockenrückstand (TR), Gesamttrockenrückstand (β TR) mit Mettler Waage PM 480, Infra-rotrockner LP16 und Drucker LC-P45* [Standardverfahren des Instituts für Biotechnologie, Umweltbiotechnologie ICBT-UBIOT]. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW.