

Schlussbericht 2018

Lebensmittelabfälle in Schweizer Grüngut

Feldstudie zur Erhebung und zur quantitativen Analyse von Lebensmittelabfällen in Schweizer Grüngut



IM AUFTRAG DES BUNDESAMTES FÜR UMWELT (BAFU)

In Zusammenarbeit mit der KTI



Energie
Swiss Competence Centers for Energy Research



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Kommission für Technologie und Innovation KTI



Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Life Sciences



biosweet

Swiss Competence Center for
Energy Research

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



**Life Sciences und
Facility Management**

ICBT Institut für
Chemie und Biotechnologie

Datum: 30.08.2018

Ort: Wädenswil

Auftraggeberin:

Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Abfall und Rohstoffe
CH-3003 Bern
www.bafu.admin.ch

Auftragnehmer/in:

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Chemie und Biotechnologie, Fachstelle Umweltbiotechnologie
Campus Reidbach, Postfach
CH-8820 Wädenswil
www.zhaw.ch/icbt/umweltbiotech

Autor/in:

Ragini Hüschi	ZHAW	ragini.huesch@zhaw.ch
Urs Baier	ZHAW	urs.baier@zhaw.ch
Lena Breitenmoser	FHNW	lana.breitenmoser@fhnw.ch
Thomas Gross	FHNW	thomas.gross@fhnw.ch
Florian Rüschi	ZHAW	florian.ruesch@zhaw.ch

BAFU-Programmleitung: Petar Mandaliev petar.mandaliev@bafu.admin.ch

BAFU-Vertragsnummer: 00.5038.PZ / Q272-0704

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

Dieses Projekt ist Teil des Swiss Competence Center for Energy Research SCCER BIOSWEET der Schweizerischen Agentur für Innovationsförderung Innosuisse.

Bundesamt für Umwelt BAFU

Worbentalstrasse 68, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 93 11 · Fax +41 58 462 99 81 · info@bafu.admin.ch · www.bafu.admin.ch

Zusammenfassung

In der Schweiz bestehen Bestrebungen, Abfälle entlang der Lebensmittelkette zu quantifizieren und Massnahmen zu deren Vermeidung einzuleiten. Es wurden bereits umfangreiche Erhebungen zu Lebensmittelabfällen in der Landwirtschaft, der Lebensmittelverarbeitung, der Gastronomie und im Gross- und Detailhandel durchgeführt. Auf Ebene des privaten Konsums besteht noch eine Datenlücke. Während im Zehnjahresrhythmus die Zusammensetzung des Kehrichts inklusive der darin enthaltenen Lebensmittelabfälle untersucht wird, fehlen Informationen zu Lebensmittelabfällen im separat gesammelten kommunalen Grüngut. Ziel dieser Studie ist es, erste Grundlagendaten in diesem Bereich zu sammeln und die Vermeidbarkeit dieser Lebensmittelabfälle zu beurteilen. Hierzu wurden zwei Erhebungskampagnen von Grüngut aus kommunaler Separatsammlung in ausgewählten Gemeinden der Deutschschweiz zwischen Januar und April 2018 durchgeführt. Es wurde dabei nach den Gemeindekategorien *städtisch*, *periurban* und *ländlich* unterschieden. Die Kategorisierung des Grünguts folgte der Kategorisierung der biogenen Abfälle der *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012* (BAFU, 2012) mit den Kategorien *Gartenabfälle*, *Fleisch/Fisch* (noch geniessbar), *Andere Nahrungsmittel* (noch geniessbar) und *Rüstabfälle*. *Fleisch/Fisch* (noch geniessbar) und *Andere Nahrungsmittel* (noch geniessbar) wurden dabei als *vermeidbare* Lebensmittelabfälle angesehen, *Rüstabfälle* als *unvermeidbare*. Basierend auf den erhobenen Daten wurde eine Abschätzung der jährlich in der Schweiz anfallenden Mengen Lebensmittelabfälle und *vermeidbare* Lebensmittelabfälle pro Gemeindekategorie und Einwohnerzahl getroffen.

Den grössten Teil des Grünguts machten, bezogen auf die Frischsubstanz (FS), *Gartenabfälle* mit 47% bis 92% aus. Lebensmittelabfälle waren im Bereich von 4.8% bis 49% ($21\% \pm 15\%$) im Grüngut vorhanden, wovon 20% bis 49% ($35\% \pm 10\%$) *vermeidbar* gewesen wären. Tendenziell waren im *periurbanen* Bereich mit rund 13% weniger Lebensmittelabfälle im Grüngut zu finden als im *städtischen* und *ländlichen* Bereich mit rund 20%. Im *städtisch/periurbanen* Gebiet war der Anteil der Lebensmittelabfälle mit rund 44% am höchsten. Der Anteil *vermeidbarer* Lebensmittel an der Gesamtmenge der Lebensmittelabfälle war im *städtischen* Bereich mit rund 26% tendenziell geringer als im *periurbanen* und *ländlichen* Bereich mit rund 39%. Die Anteile der Lebensmittelabfälle schwankten stark auch innerhalb der gleichen Gemeinde. Ein Grund dafür ist die Abhängigkeit der Menge an *Gartenabfällen* von Jahreszeit, Wetter und Temperatur.

Basierend auf den in dieser Studie ermittelten Anteilen an Lebensmittelabfällen pro Gemeindekategorie und Erfahrungswerten von 109 kg FS Grüngut pro Einwohner und Jahr (BAFU, 2017) können jährlich rund 171'000 t FS Lebensmittelabfälle, respektive rund 20 kg FS Lebensmittelabfälle pro Einwohner im Grüngut der Schweiz erwartet werden. Dies ist in etwa ein Drittel der Lebensmittelabfälle und knapp ein Sechstel der *vermeidbaren* Lebensmittelabfälle, die im Kehricht anfallen. Handlungsbedarf besteht somit im Besonderen in Bezug auf das Potenzial von rund 482'000 t FS Lebensmittelabfällen, die noch immer mit dem Haushaltskehricht entsorgt und daher nicht stofflich und nur teilweise energetisch genutzt werden. Dieses Potenzial ist besonders im *städtischen* und *periurbanen* Bereich gegeben. Der Anteil an *vermeidbaren* Lebensmitteln an der Gesamtmenge der Lebensmittelabfälle im Grüngut war im Vergleich zu anderen Ebenen der Lebensmittelkette geringer, i.e. 46% geringer als im Kehricht und 71%, 60% und 59% geringer als auf den Stufen Gross- und Detailhandel, Gastronomie und Verarbeitung.

Gesamthaft kann auf der Ebene des privaten Konsums jährlich mit rund 81 kg FS Lebensmittelabfällen und rund 37 kg FS *vermeidbaren* Lebensmittelabfällen pro Einwohner aus Kehricht und Grüngut gerechnet werden. Unter Einbezug weiterer Entsorgungswege auf Haushaltsebene, i.e. Kanalisation,

Hauskompostierung und Tierfütterung, kann laut einer Studie zu Lebensmittelabfällen aus Haushalten in England mit rund 35% höheren Werten gerechnet werden (WRAP, 2017).

Im Vergleich zu einer Studie von 2000/01 (Schleiss & Kaiser, 2001) wurden mit 1.3% bis 4.1% ($2.2 \pm 1.0\%$) bezogen auf die Frischsubstanz im Mittel drei- bis fünf Mal höhere Fremdstoffgehalte inkl. Kunststoff gefunden. Sie erreichten damit eine Grössenordnung, welche im Inputmaterial den Grenzwert für die Produkte Kompost und Gärgut zum Teil um ein Vielfaches überstieg. In Bezug auf die verschiedenen Gemeindekategorien war kein deutlicher Unterschied im Fremdstoffgehalt zu erkennen. Einzig der Anteil *Kunststoff* am Fremdstoffgehalt war mit rund 11% im *städtischen* Bereich tendenziell höher als im *periurbanen* (5.8%) und *ländlichen* (2.1%) Bereich. Handlungsbedarf ist besonders in Gemeinden gegeben, die erfahrungsgemäss höhere Fremdstoffgehalte aufweisen.

Diese Studie ermöglicht eine Charakterisierung des Grünguts ausgewählter Gemeinden zu bestimmten Zeitpunkten und gibt wichtige Anhaltspunkte, in welchem Rahmen sich die Anteile der verschiedenen Fraktionen pro Gemeindekategorie befinden. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl sollten die Ergebnisse jedoch mit Bedacht interpretiert werden. Nicht einbezogen wurden beispielsweise regionale Unterschiede. Jahreszeitliche Unterschiede wurden durch die Analyse im Zeitraum Ende Winter/Anfang Frühling teilweise berücksichtigt.

Résumé

La Suisse s'efforce de quantifier les déchets produits par la filière alimentaire et de prendre des mesures pour les limiter. Des relevés détaillés des déchets alimentaires dans l'agriculture, l'industrie alimentaire, la gastronomie ainsi que le commerce de gros et de détail ont déjà été réalisés. Toutefois, les données relatives à la consommation privée présentent des lacunes. Si la composition des ordures, y compris les déchets alimentaires qu'elles contiennent, est analysée tous les dix ans, des informations sur les déchets alimentaires éliminés dans les déchets verts collectés séparément font défaut. La présente étude s'est donc attachée à rassembler des données de référence relatives à ces déchets et à évaluer dans quelle mesure ils peuvent être limités. À cette fin, deux campagnes de relevé des déchets verts collectés séparément ont été menées dans plusieurs communes de Suisse alémanique entre janvier et avril 2018. Celles-ci ont été classées en trois catégories : *urbaines*, *périurbaines* et *rurales*. La catégorisation des déchets verts s'est alignée sur celle des biodéchets adoptée dans la publication *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012* (OFEV, 2012), à savoir *déchets de jardin*, *viandes et poissons* (encore consommables), *autres aliments* (encore consommables) et *épluchures*. Les catégories *viandes et poissons* (encore consommables) et *autres aliments* (encore consommables) ont été considérées comme de la *nourriture gaspillée* et la catégorie *épluchures*, comme des déchets *inévitables*. Sur la base de ces relevés ont été estimées, par habitant et par catégorie de communes, les quantités de déchets alimentaires et de *nourriture gaspillée* éliminés dans les déchets verts chaque année en Suisse.

Avec une part de 47 % à 92 %, les *déchets de jardin* (rapportés à de la substance fraîche) représentent la fraction la plus grande des déchets verts. La part des déchets alimentaires éliminés dans les déchets verts varie de 4,8 % à 49 % ($21 \% \pm 15 \%$), dont 20 % à 49 % ($35 \% \pm 10 \%$) constituent de la *nourriture gaspillée*. De manière générale, la part des déchets alimentaires éliminés dans les déchets verts est moins élevée dans les communes *périurbaines* (env. 13 %) que dans les communes *urbaines* et *rurales* (env. 20 %). Elle atteint sa valeur maximale (env. 44 %) dans la région *urbaine/périurbaine*. De manière générale, la part de *nourriture gaspillée* est plus faible dans les communes *urbaines* (env. 26 %) que dans les communes *périurbaines* et *rurales* (env. 39 %). Par ailleurs, les parts de déchets alimentaires éliminés dans les déchets verts varient fortement au sein d'une même commune. Ces variations s'expliquent notamment par la saisonnalité des déchets de jardin ainsi que par l'influence de la météo et des températures sur leur production.

Sur la base des parts de déchets alimentaires par catégorie de communes relevées dans le cadre de la présente étude et d'une valeur empirique de 109 kg de substance fraîche par habitant et par an (OFEV, 2017), la quantité de déchets alimentaires éliminés dans les déchets verts par an en Suisse est estimée à environ 171 000 t (substance fraîche), ce qui équivaut à 20 kg (substance fraîche) par habitant. Ces chiffres correspondent à près d'un tiers des déchets alimentaires et à un sixième des déchets considérés comme de la *nourriture gaspillée* qui finissent dans les ordures. Des mesures s'imposent donc avant tout afin d'exploiter le potentiel que représentent les quelque 482 000 t de déchets alimentaires (rapportés à de la substance fraîche) qui continuent d'être éliminés dans les ordures, qui ne sont pas recyclés et dont une partie seulement est valorisée énergétiquement. Ce potentiel est particulièrement présent dans les régions *urbaines* et *périurbaines*. Pour ce qui est des déchets verts, la part de *nourriture gaspillée* sur la fraction totale de déchets alimentaires est plus faible que dans les autres étapes de la filière alimentaire : 46 % plus faible que dans les ordures, et respectivement 71 %, 60 % et 59 % plus faible que dans le commerce de gros et de détail, la gastronomie et l'industrie alimentaire.

Au niveau de la consommation privée, les quantités respectives de déchets alimentaires et de *nourriture gaspillée* éliminés dans les ordures et les déchets verts sont estimées à environ 81 kg (substance

fraîche) et à environ 37 kg (substance fraîche) par habitant. Tenant compte des autres filières d'élimination au niveau des ménages (p. ex. canalisations, compostage domestique, alimentation des animaux), une étude anglaise estime que ces valeurs sont plus élevées d'environ 35 % (WRAP, 2017).

La présente étude a trouvé des teneurs en substances étrangères (rapportées à de la substance fraîche) entre 1,3 % et 4,1 % ($2,2 \pm 1,0$ %), qui sont en moyenne 3 et 5 fois supérieures aux résultats d'une étude de 2000-2001 (Schleiss et Kaiser, 2001). Les teneurs relevées excèdent ainsi largement la valeur limite pour les intrants destinés à être compostés et méthanisés. Aucune des trois catégories de communes ne présente des taux de substances étrangères significativement différents. Seule la part de *matières plastiques* par rapport à la teneur totale de substances étrangères est, de manière générale, plus élevée dans les communes *urbaines* (11 %) que dans les communes *périurbaines* (5,8 %) et *rurales* (2,1 %). Des mesures s'imposent donc avant tout dans les communes qui présentent des teneurs empiriques élevées de substances étrangères.

La présente étude permet une caractérisation des déchets verts de certaines communes à une certaine période, et fournit de précieuses indications sur les ordres de grandeur des parts des différentes fractions de déchets par catégorie de communes. Le faible nombre d'échantillons exige néanmoins une certaine prudence dans l'interprétation des résultats. En effet, les différences régionales n'ont pas été prises en considération. De plus, les différences saisonnières ont été prises en compte uniquement pour les périodes hivernale et printanière.

Riassunto

In Svizzera sono in corso sforzi per quantificare i rifiuti prodotti lungo la catena alimentare e per introdurre misure volte a evitarne la produzione. Lo spreco alimentare nei settori agricoltura, trasformazione alimentare, gastronomia, commercio all'ingrosso e al dettaglio è già stato oggetto di indagini approfondite. Tuttavia, sussiste ancora una lacuna nei dati relativi ai consumi privati. Mentre la composizione dei rifiuti, compresi i rifiuti alimentari ivi contenuti, viene esaminata ogni dieci anni, mancano informazioni sui rifiuti alimentari mischiati agli scarti vegetali nella raccolta separata dei Comuni. Questo studio ha lo scopo di raccogliere i primi dati di base al riguardo e di valutare come prevenire questo spreco alimentare. A tal fine, tra gennaio e aprile 2018 sono state condotte due campagne di rilevamento degli scarti vegetali provenienti dalla raccolta differenziata in alcuni Comuni selezionati della Svizzera tedesca. In tal ambito è stata fatta una distinzione tra le categorie di Comune *urbano*, *periurbano* e *rurale*. La classificazione degli scarti vegetali è avvenuta secondo la classificazione dei rifiuti biogeni nell'*Analisi della composizione dei rifiuti 2012* (UFAM, 2012) con le categorie *rifiuti da giardino*, *carne/pesce* (ancora commestibili), *altre derrate alimentari* (ancora commestibili) e *scarti alimentari*. Le categorie *carne/pesce* (ancora commestibile) e *altre derrate alimentari* (ancora commestibili) sono state considerate rifiuti alimentari *evitabili*, mentre gli *scarti alimentari* sono stati considerati rifiuti *inevitabili*. Sulla base dei dati raccolti, è stata effettuata una stima delle quantità annuali di rifiuti alimentari e di rifiuti alimentari *evitabili* prodotti in Svizzera per categoria di Comune e numero di abitanti.

La frazione maggiore degli scarti vegetali, riferita alla sostanza fresca (SF), era composta da *rifiuti da giardino* (47%-92%). I rifiuti alimentari vi costituivano una quantità tra il 4,8% e il 49% (21% \pm 15%), di cui dal 20 al 49 per cento (35% \pm 10%) avrebbero potuto essere *evitati*. Con una frazione di rifiuti alimentari inferiore del 13 per cento circa negli scarti vegetali, i rifiuti alimentari dell'*area periurbana* erano inferiori a quelli delle aree *urbane* e *rurali*, con una frazione pari al 20 per cento circa. Nell'*area urbana* e *periurbana*, la quota più alta di rifiuti alimentari è stata del 44 per cento circa. Le aree *urbane* hanno fatto registrare sul totale dei rifiuti alimentari una quota di rifiuti alimentari *evitabile* (26%) inferiore a quella delle zone *periurbane* e *rurali* (39%). La percentuale di rifiuti alimentari ha fatto registrare ampie fluttuazioni da un Comune all'altro, dovute anche al rapporto fra la quantità di *rifiuti da giardino* e le variabili stagione, tempo e temperatura.

Sulla base delle quantità di rifiuti alimentari per categoria di Comune e per valori empirici stabiliti in questo studio di 109 kg di SF di scarti vegetali annui pro capite (UFAM, 2017), negli scarti vegetali in Svizzera è lecito attendersi ogni anno circa 171 000 t di SF di rifiuti alimentari e circa 20 kg di SF di rifiuti alimentari pro capite. Si tratta di circa un terzo dei rifiuti alimentari e pressoché di un sesto dei rifiuti alimentari *evitabili* che si accumulano nei rifiuti. Occorre quindi intervenire in particolare per quanto riguarda il potenziale di circa 482 000 t di SF di rifiuti alimentari tuttora smaltiti insieme ai rifiuti domestici e quindi non utilizzati come materiale e valorizzati solo in parte come fonte energetica. Questo potenziale è particolarmente presente nelle aree *urbane* e *periurbane*. La percentuale di prodotti alimentari *evitabili* nella quantità totale di rifiuti alimentari negli scarti vegetali è stata inferiore rispetto ad altri livelli della catena alimentare, vale a dire il 46 per cento in meno rispetto ai rifiuti domestici e il 71, 60 e 59 per cento in meno rispetto ai livelli del commercio all'ingrosso e al dettaglio, della gastronomia e della trasformazione.

Complessivamente, nei rifiuti domestici e negli scarti vegetali si prevedono per il consumo privato annuo pro capite circa 81 kg di SF di rifiuti alimentari e circa 37 kg di SF di rifiuti alimentari *evitabili*. Uno studio condotto in Inghilterra sui rifiuti alimentari da nuclei familiari, che considera altre vie di smaltimento a livello domestico, come ad esempio le fognature, il compostaggio privato e l'alimentazione degli animali, mostra che si possono prevedere valori superiori del 35 per cento circa (WRAP, 2017).

Rispetto ai risultati di uno studio del 2000/01 (Schleiss & Kaiser, 2001), dal presente studio si evince che con una componente dal 1,3-4,1 per cento ($2,2 \pm 1,0\%$) di sostanza fresca le sostanze estranee rinvenute sono aumentate da tre a cinque volte, raggiungendo così un ordine di grandezza che nel materiale in entrata ha superato, in parte di gran lunga, il valore limite per i prodotti compost e digestato. In merito alle diverse categorie di Comuni non si è tuttavia potuto appurare una chiara differenza per quanto riguarda il tenore di impurità. Soltanto la quota della *plastica* nelle materie estranee era con l'11 per cento tendenzialmente più elevata nelle aree *urbane* rispetto alle aree *periurbane* (5,8%) e *rurali* (2,1%). Interventi sono necessari in particolare in quei Comuni, in cui l'esperienza insegna che i livelli delle sostanze estranee sono più elevati.

Questo studio consente di caratterizzare gli scarti vegetali di Comuni selezionati in determinati momenti e fornisce importanti indicazioni sull'entità delle diverse quote di frazioni per categoria di Comune. Tuttavia, a causa del numero ridotto di campioni, l'interpretazione dei risultati impone cautela. Le differenze regionali, ad esempio, non sono state incluse, mentre l'analisi ha in parte preso in considerazione le differenze stagionali nel periodo fine inverno/inizio primavera.

Summary

In Switzerland, efforts are being made to quantify the amount of waste produced within the food chain and to implement measures to avoid the creation of such waste. Comprehensive surveys on the subject of food waste in the agricultural sector, in the food processing industry, in the catering trade and in wholesale and retail industries have already been carried out. There is a gap in the data at the level of private consumption. While the composition of refuse, including the food waste contained within it, is examined every ten years, there is a lack of information on food waste within the green waste collected separately by the communities. The aim of this study is to collect some basic data in this area and to assess whether this food waste is avoidable. For this purpose, two survey campaigns relating to green waste collected separately by the communities were carried out in selected communities within German-speaking Switzerland between January and April 2018. A distinction was made between the types of community, whether *urban*, *periurban* or *rural*. Classification of the green waste matched the classification of biogenic waste in the *Survey of Waste Composition 2012* (FOEN, 2012) with the categories of *garden waste*, *meat/fish* (still edible), *other foods* (still edible) and *kitchen waste*. *Meat/fish* (still edible) and *other foods* (still edible) were regarded as *avoidable* food waste, *kitchen waste* as *unavoidable*. Based on the data collected, an estimate was made of the annual quantities of food waste and *avoidable* food waste in Switzerland according to type of community and size of population.

Most of the green waste based on fresh matter (FM) was *garden waste* at 47% to 92%. Food waste was at the level of 4.8% to 49% ($21\% \pm 15\%$) within the green waste, of which 20% to 49% ($35\% \pm 10\%$) would have been *avoidable*. There was a tendency for the *periurban* areas to contain less food waste within the green waste, around 13%, as opposed to the *urban* and *rural* levels of around 20%. The highest level of food waste was observed in the *urban/periurban* district where it was approximately 44%. The amount of *avoidable* food within the total quantity of food waste was slightly lower in the *urban* area, around 26%, than in the *periurban* and *rural* areas where it was around 39%. Levels of food waste showed strong variation even within the same community. One reason for this is that the quantity of *garden waste* depends on season, weather and temperature.

Based on the quantities of food waste per type of community that were calculated in this study and on the experience-based values of 109 kg FM of green waste per inhabitant annually (FOEN 2017), approximately 171,000 t FM of food waste annually can be expected within Switzerland's green waste, that is, approximately 20 kg FM of food waste per inhabitant. This is about a third of the food waste and about a sixth of the *avoidable* food waste that lands in the refuse collection. Action is therefore needed, especially with regard to the potential of approximately 482,000 t FM of food waste that is still disposed of in the household refuse collection and is therefore not available for material recovery and can be used only to a limited extent for energy recovery. This potential is particularly noticeable in the *urban* and *periurban* areas. The amount of *avoidable* food in the total quantity of food waste within the green waste was low in comparison with other levels of the food chain, i.e. 46% less than in the refuse and 71%, 60% and 59% less than in the wholesale and retail sectors, the catering trade and the processing industry.

In total, it is possible to calculate at the level of private consumption an annual quantity of around 81 kg FM of food waste and around 37 kg FM of *avoidable* food waste per inhabitant from refuse and green waste. When other disposal routes at the household level are included i.e. sewerage systems, home composting and the feeding of animals, a study of households in England has shown that values can be expected to be approximately 35% higher (WRAP, 2017).

By comparison with a study from 2000/01 (Schleiss & Kaiser, 2001), levels of contaminants were found to be on average three to five times higher, with a percentage of 1.3% to 4.1% ($2.2 \pm 1.0\%$) in relation to the fresh material. They thus achieved a magnitude that in the input material considerably exceeded

the limit for the products compost and digestate. In relation to the different categories of community, no clear difference in terms of contaminant level could be distinguished. Only the amount of *plastic* in the contaminants, around 11%, tended to be higher in the *urban* area than in the *periurban* (5.8%) and *rural* (2.1%) areas. Action is needed particularly in the communities that regularly show higher levels of contaminants.

This study makes possible an analysis of the green waste in selected communities at certain times and gives important clues as to the quantities of the different fractions to be found in each type of community. The results should however be interpreted with caution because of the low sample number. For example, regional differences were not included. Seasonal differences were partly taken into account through analysis carried out in the period: end of winter/beginning of spring.

Inhaltsverzeichnis

Glossar	13
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	15
1.1 Projektziele	15
1.2 Nationale Zusammenarbeit	16
2 Methodik	17
2.1 Kategorisierung der biogenen Abfälle	17
2.2 Kontext der Stichprobenerhebung	18
2.3 Versuchskonzept	19
2.4 Angaben zu den Gemeinden	21
2.5 Versuchsdurchführung	22
2.5.1 Probenahme	22
2.5.2 Grüngutanalyse	24
2.5.3 Bestimmung der Schüttdichte	25
2.5.4 Bestimmung von TR und oTR	25
2.6 Auswertung	25
2.6.1 Software und Daten	25
2.6.2 Hochrechnung	26
3 Resultate	27
3.1 Zusammensetzung des Grünguts	27
3.2 Lebensmittelabfälle im Grüngut	28
3.3 Fremdstoffe im Grüngut	30
3.4 Einfluss von Beprobungszeitpunkt und Temperatur	31
3.5 Hochrechnung	32
4 Bewertung und Ausblick	33
4.1 Zusammenfassung und Diskussion der Resultate	33
4.1.1 Relevanz der Lebensmittelabfälle	33
4.1.2 Problematik der Fremdstoffe im Grüngut	35
4.2 Gültigkeit der Ergebnisse	37
4.2.1 Auswahl der Gemeinden	37
4.2.2 Probenahme und Analyse des Grünguts	38
4.2.3 Abhängigkeit des Anteils Lebensmittelabfälle im Grüngut von der Jahreszeit	38
4.2.4 Auswertung der Ergebnisse	38
4.3 Ausblick	39
Anhang	40
A1 TR und oTR ausgewählter Fraktionen	40
A2 Schüttdichte	40
A3 Gemeindetypologien und ausgewählte Zielgemeindetypen	41

A4	Bestandteile der Fraktionen	43
A5	Messdaten der Fraktionen pro Gemeinde	48
Verzeichnisse.....		49
1	Abbildungsverzeichnis	49
2	Tabellenverzeichnis	50
Referenzen		51

Glossar

Bioklappe	Zentrale Sammelstelle für Grünabfall; der Nutzer identifiziert sich mit einer Chipkarte, woraufhin er das Grüngut einwerfen kann; über die Chipkarte kann eine Entsorgungsgebühr abgebucht werden.
Bringsystem	Art des Grüngut-Sammelsystems; das Grüngut wird vom Verursacher zu einer Sammelstelle gebracht
Gemeindekategorien	Hauptkategorien der Strukturanalyse <i>Raum mit städtischem Charakter 2012</i> (BFS, 2014)
Grüngut	Mit der kommunalen Grüngutabfuhr separat gesammelte biologisch abbaubare Abfälle (Gartenabraum, Grünflächenschnitt, Rüst- und Speiseabfälle)
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. Dies umfasst ländliche Gemeinden ohne städtischen Charakter, die geringe Pendlerbewegungen in Richtung städtischer Kerne aufweisen (BFS, 2014).
Lebensmittelabfälle	Lebensmittel, die entlang der Wertschöpfungskette verloren gehen oder weggeworfen werden. Dies beinhaltet auch Lebensmittel, die zum Zeitpunkt der Entsorgung noch geniessbar gewesen wären (BAFU, 2016a).
Periurban	Einflussgebiet städtischer Kerne. Dies umfasst Agglomerationsgürtelgemeinden und mehrfach orientierte Gemeinden, die ein gewisses Mass an Pendlerbewegungen zum städtischen Kernraum aufweisen (BFS, 2014).
Städtisch	Städtischer Kernraum. Dies umfasst Kernstädte und Kerngemeinden der Agglomerationen sowie Kerngemeinden ausserhalb der Agglomerationen. Berücksichtigt werden Dichte- und Grössekriterien hinsichtlich Einwohner/innen, Arbeitsplätzen und Äquivalenten für Logiernächte (BFS, 2014).
Vermeidbare Lebensmittelabfälle	Teil der Lebensmittelabfälle, der zur Zeit der Entsorgung noch geniessbar gewesen wäre (BAFU, 2016a)
Zielgemeindetyp	Der gemäss Versuchskonzept ausgewählte Gemeindetyp, aus dem Gemeinden zur Beprobung ausgewählt wurden

Abkürzungsverzeichnis

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFS	Bundesamt für Statistik
EW	Einwohner
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
FS	Frischsubstanz
LA	Ländlich
LM	Lebensmittelabfälle
LMV	Vermeidbare Lebensmittelabfälle
M	Arithmetischer Mittelwert
oTR	Glührückstand; organischer Trockenrückstand [% TR w/w]
PU	Periurban
SD	Standardabweichung
SP	Städtisch/periurban
ST	Städtisch
TR	Trockenrückstand [% FS w/w]
TS	Trockensubstanz
% v/v	Volumenprozent
% w/w	Gewichtsprozent
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

1 Einleitung

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

Das BAFU ist dabei bestrebt, entlang der gesamten Lebensmittelkette, also von der landwirtschaftlichen Produktion über die Verarbeitung, Lagerung und Verteilung bis zur Konsumation auf allen Ebenen eine verlässliche und einheitliche Datenbasis zu schaffen.

Auf den Ebenen landwirtschaftliche Produktion (Baier et al., 2017), industrielle Verarbeitung (Mosberger et al., 2016) und Detailhandel und Gastronomie (Baier & Deller, 2014) wurden in der Schweiz zwischen 2014 und 2017 entsprechende Studien durchgeführt und Grundlagendaten erhoben. Auf Stufe Konsument bzw. Privathaushalt, der quantitativ wichtigsten Quelle von Lebensmittelabfällen, besteht noch eine Datenlücke. Während im Zehnjahresrhythmus die Zusammensetzung des Schweizer Haushaltskehrichts inklusive der darin enthaltenen biogenen Anteile erhoben wird (letztmals 2012), fehlt eine Erhebung der Zusammensetzung des separat gesammelten Grünguts inklusive des darin enthaltenen Anteils an Lebensmittelabfällen.

Um diese Datenlücke zu schliessen, wurde im Frühjahr 2018 eine Erhebung der Zusammensetzung von separat gesammeltem Grüngut aus Schweizer Haushalten durchgeführt. Die Erhebung berücksichtigt die Gemeindetypologie gemäss Raumgliederung (BFS, 2017a) mit drei Kategorien: *städtisch*, *peri-urban* und *ländlich*. Sie zeigt auf, welche Anteile an *vermeidbaren* und *unvermeidbaren* Lebensmittelabfällen in der Schweiz auf Stufe Haushalt im separat gesammelten Grüngut anfallen.

Die Erhebung gibt zugleich einen Einblick in den Gehalt an Fremdstoffen im Grüngut. In den letzten Jahren wurde eine Zunahme des Fremdstoffanteils im Grüngut verzeichnet (Schleiss & Kaiser, 2001; Quartier, 2016; BAFU, 2016b). Da nicht-biogene Fremdstoffe den Verarbeitungsprozess sowie die Qualität der durch Vergärung respektive Kompostierung entstehenden Produkte Gärgut und Kompost beeinträchtigen, müssen sie im Verlauf der Verarbeitung des Grünguts von Hand oder mechanisch herausgelesen werden, was zu erhöhten Kosten führt. Aufgrund ihrer Umweltrelevanz werden *Kunststoffe* innerhalb der Kategorie der Fremdstoffe separat betrachtet.

1.1 Projektziele

Hauptziel des Projektes ist eine Abschätzung des **Aufkommens an Lebensmittelabfällen in Grüngut aus der kommunalen Separatsammlung** in der Schweiz, folgend «Grüngut» genannt, anhand ausgewählter Stichproben. Der Anteil Lebensmittelabfälle soll dabei in *vermeidbare* und *unvermeidbare* Fraktionen unterteilt werden.

Es gelten die folgenden Rahmenbedingungen:

- Kategorisierung des Grünguts entlang der bisher verwendeten Kategorien der Fraktion *Biogene Abfälle* der Schweizerischen Kehrichtanalysen (BAFU, 2012) gemäss Abschnitt 2.1
- Kategorisierung der Lebensmittelabfälle in *vermeidbar* und *unvermeidbar* gemäss Abschnitt 2.1
- Erhebung der Stichproben nach ausgewähltem Kontext (Gemeindetyp, Haushaltsgrösse oder Haushaltstyp) gemäss Abschnitt 2.2
- Grobe Hochrechnung der in der Schweiz im Grüngut anfallenden Lebensmittelabfälle: Gesamtmenge pro Kategorie, Kontext und Einwohnerzahl

1.2 Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wurde im Auftrag des BAFU durch die Fachstelle *Umweltbiotechnologie* des Instituts für Chemie und Biotechnologie der ZHAW in Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen *Umwelt- und Wassertechnologien* und *Nachhaltiges Ressourcenmanagement* des Instituts für Ecopreneurship der Hochschule für Life Sciences FHNW durchgeführt.

2 Methodik

2.1 Kategorisierung der biogenen Abfälle

In Anlehnung an die Studie *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012* (BAFU, 2012) wurde das Grüngut in die in Tabelle 1 aufgeführten Fraktionen sortiert.

Tabelle 1: Beschreibung der Fraktionen im Grüngut
 in Anlehnung an die Kategorisierung der Studie *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012* (BAFU, 2012)

Kategorie	Fraktion	Zuordnung
<i>Biogene Abfälle</i>	Gartenabfälle	Äste, Reisig, Laub, Topfpflanzen mit Erde, Blumen, Gras (Schnitt und Narben), Moos, Stroh, Einstreu, Vogelfutter, Weihnachtsbäume
	Fleisch und Fisch noch geniessbar ¹	Frischfleisch, Charcuterie, getrocknetes Fleisch, ganze Fische, Meerestiere bzw. Teile davon
	Andere Nahrungsmittel noch geniessbar ¹	Früchte, Gemüse, Nüsse, Brot und andere Backwaren, ungekochte Teigwaren, Getreide, Käse, Eier, Schokolade, Getränke, Speisereste
	Rüstabfälle	Rüstabfälle von Gemüse und Früchten, Eierschalen, Käserinde, Knochen, Fischgräten, Schalen von Krustentieren, Kaffeesatz, Teebeutel
	Kompostsäcke	Kompostbeutel zur Sammlung von Küchen- und Grüngutabfällen, vollständig abbaubar, aus nachwachsenden Rohstoffen
<i>Fremdstoffe</i>	Kunststoffe	Abfallsäcke, Blumentöpfe, Eierschachteln, Flaschen (Getränke, Milch, Öl, Essig, Sirup, Putzmittel, Waschmittel, Pflanzendünger), Folien, Gummi, Kunststoffbehälter, Luftballons, Plexiglas, Putzschwämme, Schilder, Schnur, Styropor, Teebeutel (Kunststoff), Verpackungen u.ä.
	Sonstige Fremdstoffe	Glas, Kerzen, Metalle, Mineralien (Asche, Hydrokugelchen, Katzensand, Keramik, Kies, Staub, Steine), organische Naturprodukte (Fell, Haare, Holzkohle, Korkzapfen, Leder, naturbelassenes Holz), Papier und Karton, Schlachtabfälle und Tierkadaver, Textilien, Verbundwaren (Blumen mit Draht, Fotos, Staubsaugersäcke, Tee- und Kaffeekapseln, Werkzeug, Windeln, Zigaretten usw.), Wischgut u.ä.

¹ geniessbar bedeutet hier, dass das Nahrungsmittel zu einem früheren Zeitpunkt geniessbar war (z.B. Fruchtfleisch)

Die Beurteilung der Lebensmittelabfälle in Bezug auf ihre **Vermeidbarkeit** respektive **Unvermeidbarkeit** basierte auf der oben genannten Kategorisierung wie folgt:

- | | |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| - <i>Gartenabfälle</i> | kein Lebensmittelabfall |
| - <i>Fleisch/Fisch</i> (noch geniessbar ¹) | vermeidbar |
| - <i>Andere Nahrungsmittel</i> (noch geniessbar ¹) | vermeidbar |
| - <i>Rüstabfälle</i> | unvermeidbar |
| - <i>Kompostsäcke, Kunststoffe und Sonstige Fremdstoffe</i> | kein Lebensmittelabfall |

2.2 Kontext der Stichprobenerhebung

Die Erhebungen wurden auf Ebene der Grüngutsammelzentren, respektive deren Sammellogistik, durchgeführt. Sie erfolgten entlang der drei Hauptkategorien der Strukturanalyse *Raum mit städtischem Charakter 2012* (BFS, 2014), folgend «Gemeindekategorien» genannt, die die Grundlage der *Gemeindetypologie 2012* des Bundesamtes für Statistik (BFS, 2017a) bilden (Abbildung 1):

- **städtisch** (Gemeindetypen 11-13)
- **periurban** (Gemeindetypen 21-23)
- **ländlich** (Gemeindetypen 31-33)

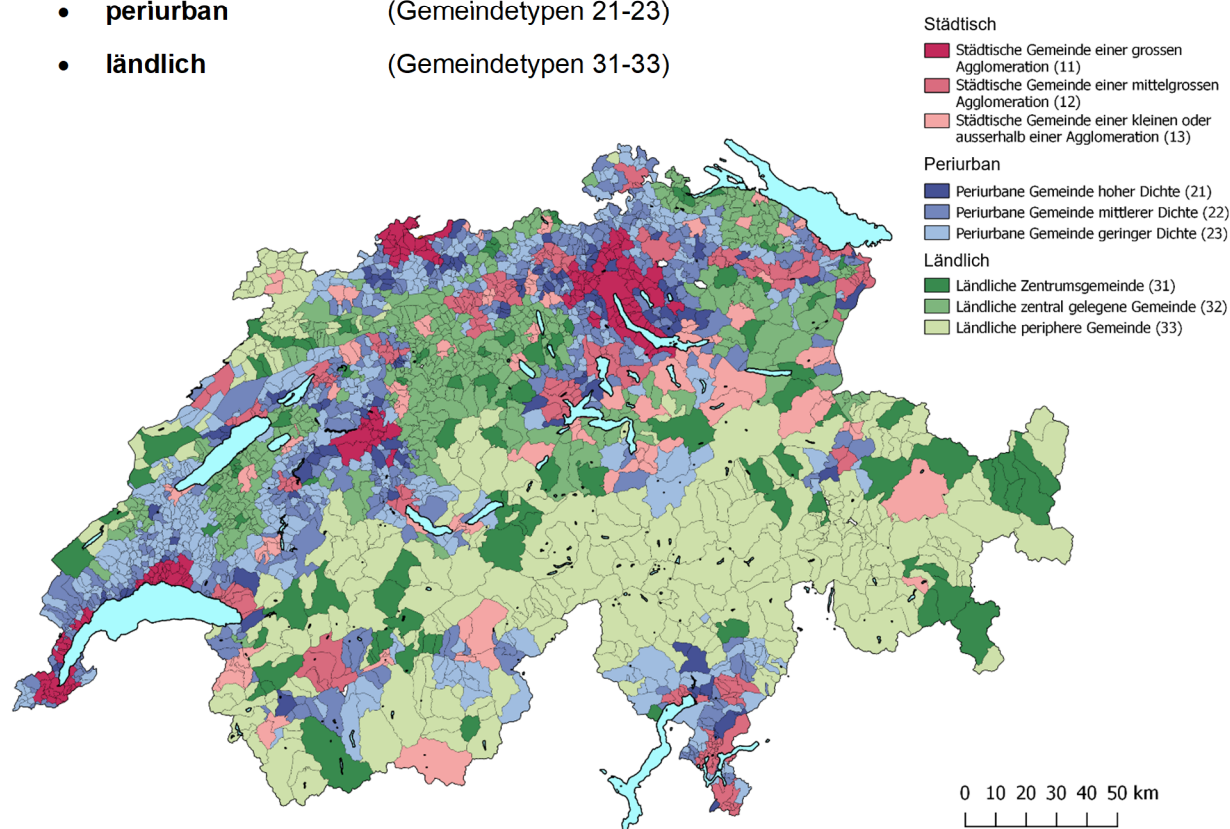


Abbildung 1: Gemeindetypologie der Schweiz
 Hauptkategorien der Strukturanalyse *Raum mit städtischem Charakter 2012* (BFS, 2014) vor dem Hintergrund der *Gemeindetypologie 2012* mit neun Typen (BFS 2017a; BFS, 2018)

Der Bezug zur *Gemeindetypologie* des BFS (2017a) erlaubt Hochrechnungen, räumliche Darstellungen und eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien.

Eine weitere Stratifizierung, z.B. anhand des *Haushaltstyps* und der *Haushaltsgrösse*, müsste an der Quelle, i.e. durch Beprobung einzelner Haushalte, durchgeführt werden. Zur Vermeidung des Hawthorne-Effekts (Probanden ändern ihr Verhalten unter Beobachtung) sowie aus datenschutzrechtlichen Gründen wurde im Rahmen dieser Studie eine Beprobung auf dieser Ebene ausgeschlossen.

Die Definitionen der Gemeindekategorien gemäss BFS (2017a) sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Definition der Gemeindekategorien (BFS, 2017a)

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

2.3 Versuchskonzept

Innerhalb jeder Gemeindekategorie (*städtisch*, *periurban* und *ländlich*) wurde derjenige Gemeindetyp zur Beprobung ausgewählt, folgend «Zielgemeindetyp» genannt, der auf Ebene der 25-er Typologie (BFS, 2017a) dem Median (± 1 Gemeindetyp) bezogen auf die Einwohnerzahl entsprach (vgl. Abbildung 2). Eine Übersicht über die Gemeindetypen der drei Typologien mit gekennzeichneten Zielgemeindetypen ist in Anhang 3 gegeben.

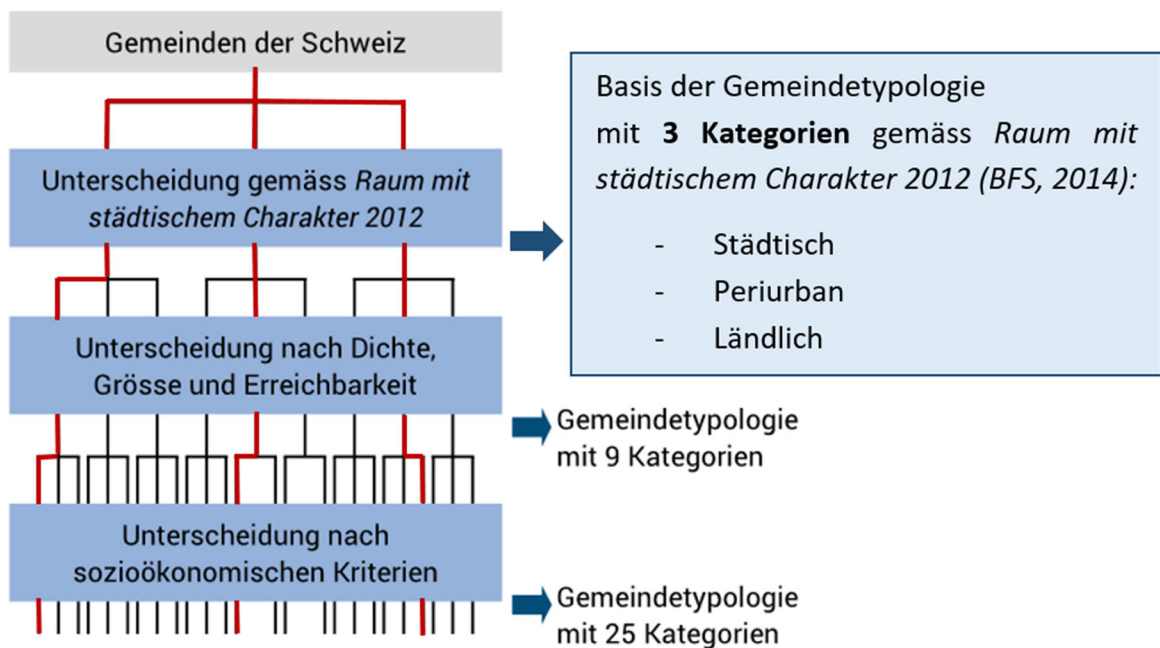


Abbildung 2: Vereinfachter Entscheidungsbaum zur Gemeindetypologie nach BFS (2017a), bearbeitet; rote Pfade skizzieren das Versuchskonzept: innerhalb jeder Hauptkategorie der Gemeindetypologie wurde derjenige Gemeindetyp beprobt, der auf der Ebene der 25-er Typologie bezogen auf die Einwohnerzahl dem Median (± 1 Gemeindetyp) entsprach.

Pro Gemeindekategorie wurden zwei Gemeinden aus verschiedenen Regionen der Schweiz gewählt, die je zwei Mal beprobt wurden (Tabelle 3).

Um eine in Bezug auf die Gemeindekategorien vergleichbare Datenbasis zu schaffen, war es das Ziel, möglichst viele Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung des Grünguts gleichzusetzen. Die Gemeinden mussten deshalb folgende Kriterien erfüllen:

- **Rüstabfälle und Speisereste** durften mit der Grüngutabfuhr entsorgt werden.²
- Sammeltouren konnten einem gemäss Versuchskonzept ausgewählten Gemeindetyp möglichst eindeutig zugeordnet werden³.
- Möglichst hohe Frequenz der Grüngutabfuhr:
Dez.-Feb.: zweiwöchentlich; Mrz.-Nov.: wöchentlich gemäss BAFU (2017).

² Nicht alle Gemeinden erlauben die Entsorgung von Speiseresten über die Grüngutabfuhr. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das Grüngut nicht in einer Biogasanlage vergärt wird.

³ Die Grüngutsammelzentren, respektive deren Sammellogistik, orientieren sich nicht streng an einem Kriterium. Sammeltouren konnten deshalb Grünabfälle mehrerer Gemeindetypen umfassen.

Weitere relevante Attribute zur Sammellogistik der beprobten Gemeinden, i.e. das Sammel- und Gebührensystem, wurden beschrieben, konnten aufgrund des Stichprobenumfangs aber nicht in die Auswertung miteinbezogen werden. Nicht berücksichtigt wurden jahreszeitliche und regionale Unterschiede.

Tabelle 3: Schema der Erhebungskampagne

Erhebungskampagne pro Gemeindegategorie: <i>städtisch, periurban, ländlich</i>			
Region 1		Region 2	
Kampagne 1 1 Stichprobe	Kampagne 2 1 Stichprobe	Kampagne 1 1 Stichprobe	Kampagne 2 1 Stichprobe

2.4 Angaben zu den Gemeinden

Sechs Zielgemeinden im Raum der deutschsprachigen Schweiz wurden für die Grüngutanalyse ausgewählt (Tabelle 4). Zusätzlich wurde das Grüngut eines grösseren Gebiets beprobt, das sowohl *städtische* als auch *periurbane* Gemeinden umfasste. Das Grüngut der Gemeinden *ST 1* und *LA 2* wurde zusammen mit dem Grüngut je einer weiteren Gemeinde eingesammelt, deren Gemeindetypen der räumlichen Hauptkategorie und, im Falle von *ST 1*, auch der Zielgemeindegategorie entsprachen und somit in das Versuchskonzept passten. In allen Gemeinden bestand die Möglichkeit, Speisereste mit dem Grüngut zu entsorgen. In allen Gemeinden wurde ausserdem das Grüngut im Holsystem gesammelt. In fünf der acht Gemeinden des *städtisch/periurbanen* Sammelgebiets existierte zusätzlich zum Holsystem ein Bringsystem in Form von Bioklappen und, in einer Gemeinde, Bioklappe und Mulde.

Die Art des Sammelsystems der beprobten Gemeinden und Angaben, ob die Grüngutentsorgung mit einer zusätzlichen Gebühr für den Verursacher verbunden war, sind in Tabelle 4 gegeben.

Tabelle 4: Eckdaten der beprobten Sammeltouren:
 Gemeindecategorien, Gemeindetyp, Sammelsystem und Gebührenpflicht

Gemeindecategorie	Ziel-gemeinde	Zusätzliche Gemeinden	Gemeindetyp ⁴	Sammelsystem ⁵	Gebühr ⁵
Städtisch	ST 1		113	Container, Bündel	Nein
		ST 1+	113	Container, Bündel	Nein
	ST 2		137	Container, Bündel	Nein
Städtisch/ periurban	Sammel- gebiet	SP 1	112	Container, Mulde, Bioklappe	Nein
		SP 2	112	Container	Ja
		SP 3	136	Container, Bioklappe	Ja
		SP 4	217	Container, Bioklappe	Ja
		SP 5	227	Container, Bioklappe	Ja
		SP 6	227	Container, Bioklappe	Ja
		SP 7	227	Container	Ja
		SP 8	237	Container	Ja
Periurban	PU 1		217	Container, Bündel	Nein
	PU 2		217	Container, Bündel	Ja
Ländlich	LA 1		325	Container, Bündel	Ja
	LA 2		325	Container	Ja
		LA 2+	326	Container, Bündel	Nein

2.5 Versuchsdurchführung

2.5.1 Probenahme

Das Grüngut der entsprechenden Sammeltouren wurde bei Anlieferung auf der Grüngutverwertungsanlage beprobt. Die Proben wurden im Zeitraum vom 24. Januar bis zum 23. April 2018 genommen. Die Daten der einzelnen Analysen sind in Anhang 5 aufgeführt. Die Grüngutlieferungen der Zielgemeinden wurden auf von der Grüngutverwertungsanlage zur Verfügung gestellten Flächen abgeladen und mit einem Pneulader gründlich durchmischt (Abbildung 3).

⁴ Eine Beschreibung der Gemeindetypen ist in Anhang 3 gegeben

⁵ Gemäss Informationen auf den Webseiten der jeweiligen Gemeinden



Abbildung 3: Anlieferung des Grünguts einer Zielgemeinde (links), Durchmischen der Probe (rechts) mittels Pneulader

Ca. 500 kg Grüngut (Probenmenge analog BAFU, 2012) wurden der angelieferten Menge entnommen. Die Probenahme folgte der Methode zur Probenahme von Kompost ab Lager (FAC, 1995; Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 1996). Mehrere Einzelproben wurden an verschiedenen, gleichmässig verteilten Stellen der Gesamtmenge des angelieferten Grünguts entnommen. Die Mindestanzahl der zu entnehmenden Einzelproben richtete sich dabei nach dem Volumen des angelieferten Grünguts (Tabelle 5). In der Praxis waren dies drei bis vier Einzelproben. Das Volumen wurde berechnet aufgrund des Gewichts der Grüngutlieferung (Angaben der Grüngutverwertungsanlagen) und des Erfahrungswertes des Raumgewichts von kommunalem Grüngut von 330 kg m^{-3} (GSA, 2007; WRAP, 2009).

Anschliessend wurden die entnommenen Proben ein weiteres Mal mittels Pneulader durchmischt und bis zum nächsten Tag bei Umgebungstemperatur aufbewahrt. Aufgrund des zeitlichen Aufwands der Grüngutanalyse war eine Lagerung über Nacht angezeigt. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Grüngut zum Schutz vor Umwelteinflüssen und Tieren mit einer Plane abgedeckt und/oder in einer Halle vom übrigen Grüngut getrennt gelagert wurde.

Bei der Anlieferung wurde darauf geachtet, dass keine Rückstände im Abfallsammelfahrzeug zurückblieben. Zusätzlich wurde abgeschätzt, wieviel Sickerwasser beim Abladen anfiel.

Tabelle 5: Methode zur Probenahme von Kompost ab Lager
 (FAC, 1995; Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 1996)

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
Kompost gesiebt	1 je 30 m^3	total 10

Wenn ausnahmsweise kleinere Chargen als 15 m^3 bzw. 30 m^3 beprobt werden müssen, sind mind. 3 Einzelproben zu entnehmen.

2.5.2 Grüngutanalyse

Von der entnommenen Probe wurden zwischen 309 kg und 570 kg analysiert. Dazu wurde der Probe chargenweise Grüngut entnommen und in die in Abschnitt 2.1 genannten Fraktionen sortiert. 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 4 und Abbildung 5)



Abbildung 4: Durchmischte Probe (links) und Sortierstation (rechts)

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

Das Gewicht der Teilfraktionen wurde mit einer Plattformwaage (PCE-SD 150C; 1-150 kg; Messgenauigkeit $e=20$ g) ermittelt. Zusätzlich wurden die Hauptbestandteile der Fraktionen schriftlich festgehalten.

Wenn die Probe viel sehr feines Material, folgend «Feinfraktion» genannt, enthielt, das nicht mit vertretbarem Aufwand in die oben genannten Fraktionen unterteilt werden konnte, wurde dieses separat beprobt. Dazu wurde von jeder Charge das Gesamtgewicht der Feinfraktion bestimmt (Waage Mettler Toledo PG5000-SRE, 0.02-5.00 kg, $e=1$ g) und mittels *Quartering Method* (Alakangas, 2015) eine Unterstichprobe von ca. 300 g entnommen. Diese Unterstichprobe wurde in die oben genannten Fraktionen unterteilt und auf das Gesamtgewicht der Charge hochgerechnet. Dieses Vorgehen war jedoch nur in einem Fall, bei der ersten Beprobung der Gemeinde *PU 1*, nötig. Bei den übrigen Beprobungen wurde auf diese Vorgehensweise verzichtet und die Feinfraktion den *Gartenabfällen* zugerechnet, die den grössten Anteil der Feinfraktion ausmachten. Zur Abschätzung des anorganischen Anteils (i.e. Sand, kleine Steine) der Feinfraktion wurden jeweils eine Probe von ca. 0.5 kg genommen und Trockenrückstand (TR) und organischer Trockenrückstand (oTR) bestimmt.

Von den Fraktionen *Fleisch/Fisch*, *Andere Nahrungsmittel* und *Rüstabfälle* wurde je eine durchmischte Probe von ca. 5 kg entnommen zur Bestimmung von TR und oTR. In den Fällen, in denen Sickerwasser anfiel, wurde auch dieses auf TR und oTR analysiert.



Abbildung 5: Sortierung des Grünguts (links) und sortiertes Grüngut (rechts)
das Bild zeigt das Grüngut einer Gemeinde mit einem hohen Anteil an Lebensmittelabfällen;
links: *Gartenabfälle*, Mitte: *Andere Nahrungsmittel*, rechts: *Rüstabfälle*, im Eimer: *Sonstige Fremdstoffe*, andere Fraktionen in geringem Masse

2.5.3 Bestimmung der Schüttdichte

Von allen Fraktionen sowie dem Grüngut vor Sortierung 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 (1995) beschrieben wird. Das Volumen der Probe wurde in einem 5 L Messbecher, das Gewicht mit einer Mettler Toledo Waage des Typs PG5000-SRE (0.02-5.00 kg, e=1 g) bestimmt.

2.5.4 Bestimmung von TR und oTR

Zur Bestimmung von TR und oTR wurden die Proben homogenisiert. Dazu wurden in einem ersten Schritt grosse Stücke innerhalb der Proben zerkleinert. Anschliessend wurden die Proben durchmischt und mittels *Quartering Method* (Alakangas, 2017) reduziert. Die so reduzierten Proben wurden mit einem Gastro-Mixer (Gastroback Design Mixer Advanced Pro 1680-200W) auf eine Partikelgrösse von < 5 mm (*Fleisch/Fisch, Andere Nahrungsmittel*) und < 10 mm (*Rüstabfälle, 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 Instituts für Biotechnologie der 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. Es wurde mit Probengewichten von 30 g bis 50 g (Feinfraktion: 10-30 g) gearbeitet.

2.6 Auswertung

2.6.1 Software und Daten

Alle Berechnungen und graphischen Darstellungen mit Ausnahme der kartographischen Darstellung in Abbildung 1 wurden mit Excel 2016 durchgeführt. Für die Berechnung der Standardabweichung wurde die Funktion STABW.S verwendet, die ausgehend von einer Stichprobe die Standardabweichung in der Grundgesamtheit schätzt.

Die kartographischen Darstellung in Abbildung 1 wurde mit QGIS, Version 2.18.7, (QGIS, 2017) erstellt. Datengrundlage waren die Gemeindetypologie der *Raumgliederung der Schweiz 2018* (BFS, 2018) sowie GIS-Daten des Bundes (Swisstopo, 2018).

Zur Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf die Zusammensetzung des Grünguts (Abschnitt 3.4) wurden die Tagesmitteltemperaturen verwendet, die an den Beprobungstagen an der Wetterstation Zürich-Affoltern auf 444 m ü.M. (Klimaregion *Nordöstliches Mittelland*) gemessen wurden (MeteoSchweiz, 2018).

Die prozentualen Anteile der Fraktionen im Grüngut beziehen sich, soweit nicht anders gekennzeichnet, auf Gewichtsprozent (% w/w) Frischsubstanz (FS).

2.6.2 Hochrechnung

Eine grobe Hochrechnung der zu erwartenden Menge Lebensmittelabfälle pro Gemeindegategorie und Jahr in der Schweiz wurde erstellt basierend auf den Mittelwerten pro Gemeindegategorie der in dieser Studie erhobenen Anteile Lebensmittelabfälle und *vermeidbare* Lebensmittelabfälle im Grüngut (vgl. Abschnitt 2.1 und 3.2) und der über alle Gemeindetypen gemittelten Menge Grüngut pro Einwohner (EW) in der Schweiz des Jahres 2016 ($109 \text{ kg FS EW}^{-1} \text{ a}^{-1}$) (BAFU, 2017). Die Einwohnerzahlen pro Gemeindegategorie wurden berechnet anhand der Einwohnerzahlen pro Gemeinde des Jahres 2015 (BFS, 2017b) und der Zuordnung der Gemeinden zu den BFS Gemeindetypen (BFS, 2018) (Anhang 3).

Die Hochrechnung basiert auf folgenden Annahmen:

- Die gesammelte Menge Grüngut pro EW und Jahr ist für alle Gemeindegategorien gleich.
- Die gemittelten Anteile Lebensmittelabfälle, respektive *vermeidbare* Lebensmittelabfälle pro Gemeindegategorie aus der Periode Januar bis April 2018 sind repräsentativ für die gemittelten Werte dieser Anteile über das ganze Jahr.
- Die Zusammensetzung des Grünguts der untersuchten Gemeinden ist repräsentativ für die jeweilige Gemeindegategorie.

3 Resultate

3.1 Zusammensetzung des Grünguts

Gartenabfälle bildeten die grösste (47-92%), Rüstabfälle die zweitgrösste (2.5-29%) Fraktion im Grüngut bezogen auf die Frischsubstanz. Fleisch/Fisch (0.01-1.7%), Kunststoff (0.03-0.3%), Kompostsäcke (0.07-1.4%) und Sonstige Fremdstoffe (1.1-3.8%) waren im Bereich von wenigen Prozent enthalten. Die Anteile der verschiedenen Fraktionen schwankten zum Teil stark auch innerhalb der gleichen Gemeinde (Abbildung 6). Sickerwasser fiel bei Grüngut von vier Beprobungen an: ST 1.1 3.4 L t⁻¹, ST 1.2 0.9 L t⁻¹, ST 2.2 0.4 L t⁻¹ und LA 2.2 0.01 L t⁻¹ Grüngut.

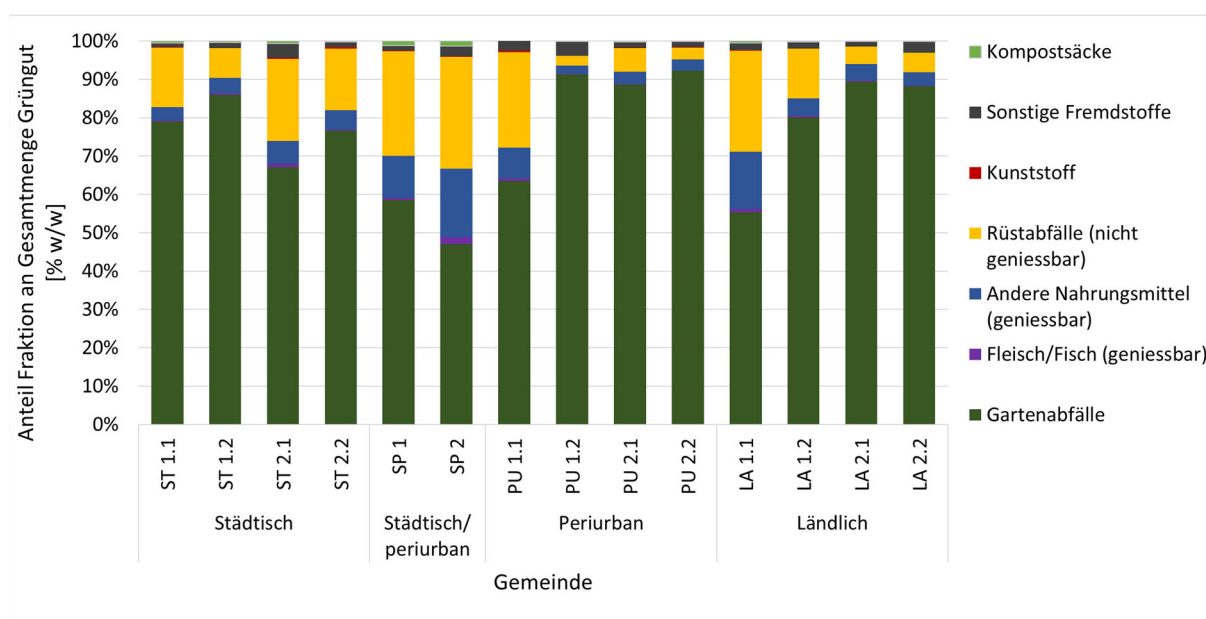


Abbildung 6: Anteile der untersuchten Fraktionen im Grüngut
 ausgewählter Gemeinden bezogen auf die Frischsubstanz an zwei verschiedenen Zeitpunkten

In den folgenden Kapiteln wird näher auf den Gehalt an Lebensmitteln im Grüngut und deren Vermeidbarkeit (Abschnitt 3.2), den Gehalt an Fremdstoffen (Abschnitt 3.3) und den Einfluss von Beprobungszeitpunkt und Temperatur (Abschnitt 3.4) eingegangen. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie wird anschliessend eine grobe Abschätzung der jährlich zu erwartenden Menge Lebensmittelabfälle in der Schweiz gesamthaft sowie für den städtischen, periurbanen und ländlichen Raum gemacht (Abschnitt 3.5). TR und oTR der Fraktionen Fleisch/Fisch, Andere Nahrungsmittel, Rüstabfälle, Feinfraktion und Sickerwasser sind in Anhang 1 aufgeführt, die Schüttdichte und die Hauptbestandteile aller Fraktionen in Anhang 2 und Anhang 4 und die den Auswertungen zugrundeliegenden Messdaten in Anhang 5.

3.2 Lebensmittelabfälle im Grüngut

Bezogen auf die Frischsubstanz betrug der Anteil Lebensmittelabfälle im Grüngut 4.8% bis 49% (21% ± 15%) (Tabelle 6). Gemittelt nach Gemeindekategorie ergaben sich tendenziell höhere Werte im *städtischen* (20%) und im *ländlichen* (19%) als im *periurbanen* (13%) Bereich (Abbildung 7). Im *städtisch/periurbanen* Sammelgebiet, in dem das Grüngut von drei *städtischen* und fünf *periurbanen* Gemeinden zusammen analysiert wurde, war der Anteil der Lebensmittelabfälle im Grüngut (Mittelwert von zwei Analysen) mit 44% zwei- bis dreimal höher als in den anderen Kategorien.

Der grösste Teil der Lebensmittelabfälle (ausgelagerte Kreise in Abbildung 7) bestand in allen Gemeindekategorien aus *Rüstabfällen* (9.2-28%). *Fleisch/Fisch* war nur in sehr geringem Masse im Grüngut zu finden (0.01-1.7%), *Andere Nahrungsmittel* im Bereich von 2.2% bis 18% (Abbildung 6; Anhang 5).

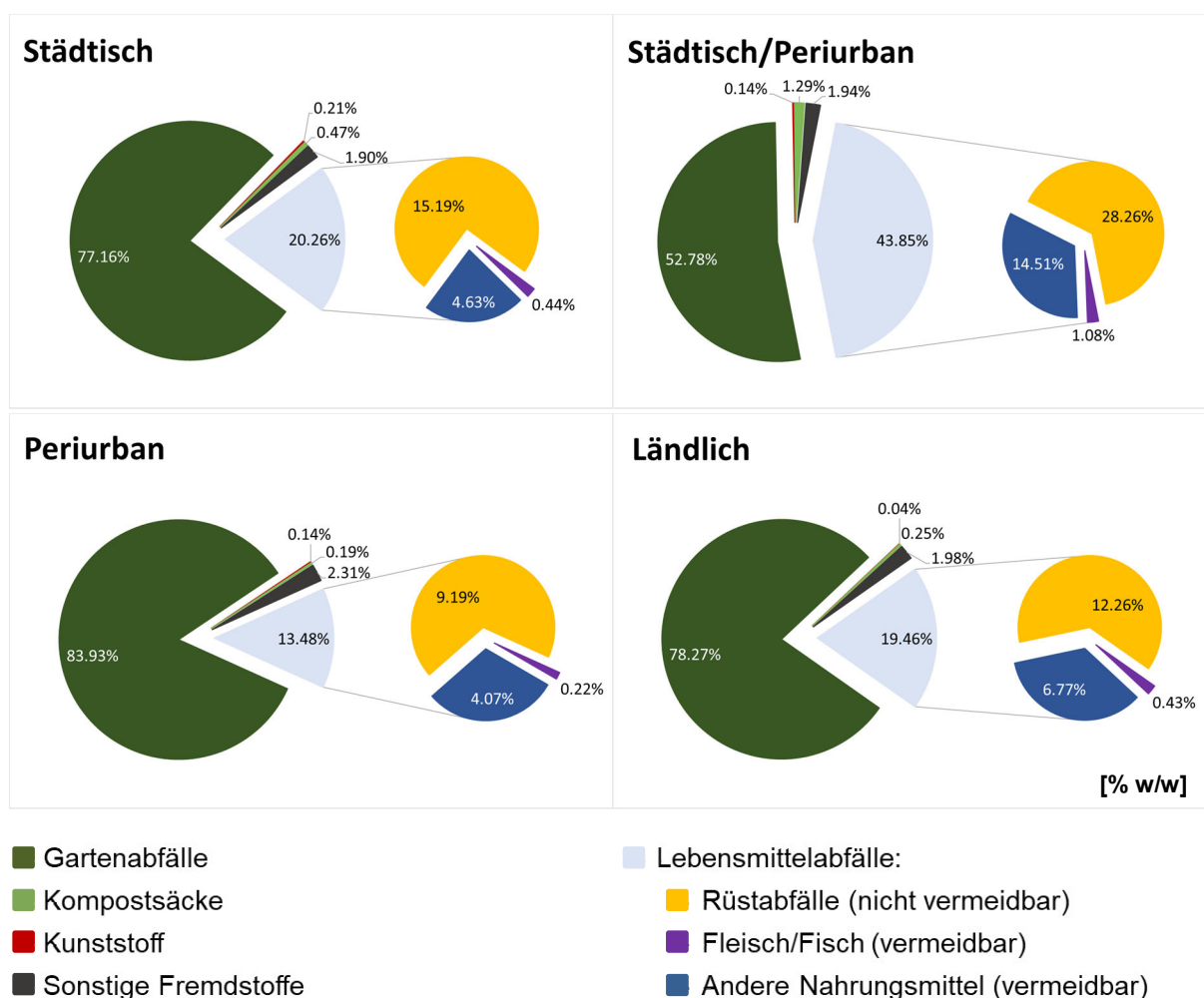


Abbildung 7: Anteil Lebensmittelabfälle im kommunalen Grüngut bezogen auf die Frischsubstanz (Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindekategorie)

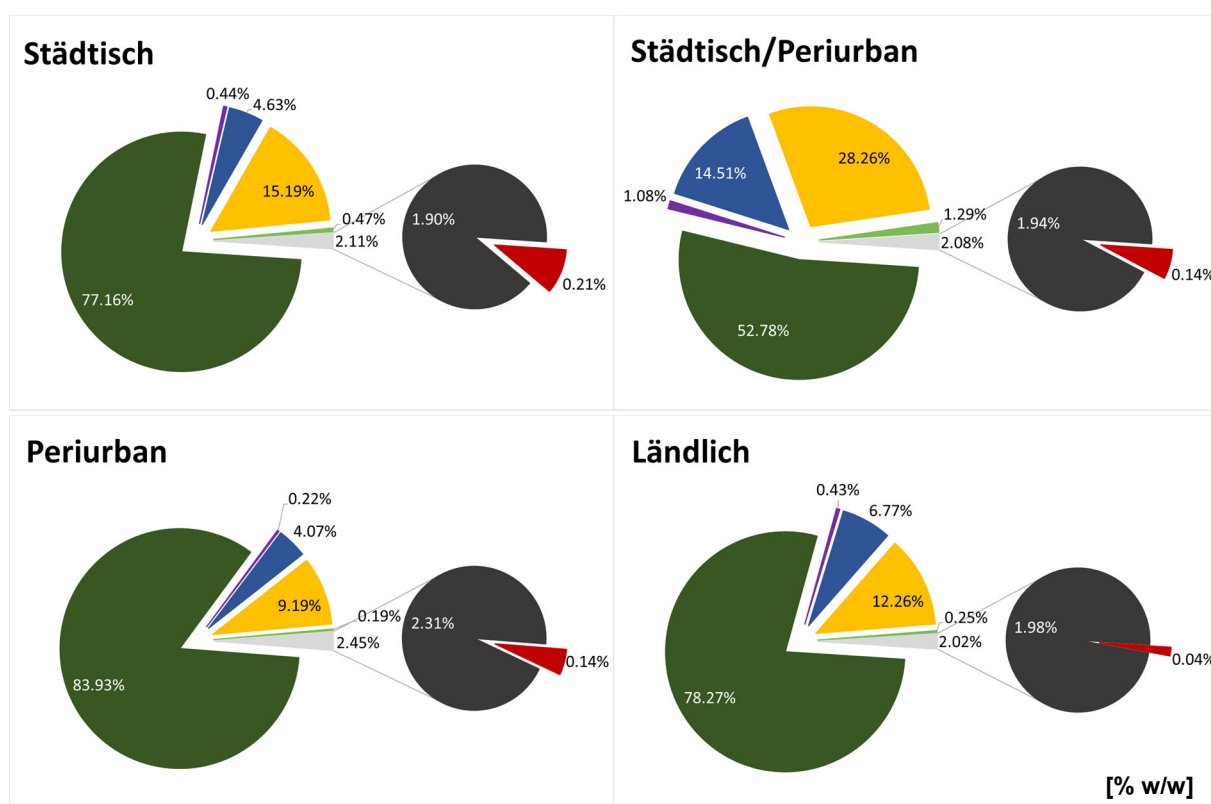
Eine Beurteilung bezüglich Vermeidbarkeit der Lebensmittelabfälle wurde getroffen, indem *Rüstabfälle* als *unvermeidbar* und *Fleisch/Fisch* und *Andere Nahrungsmittel* als *vermeidbar* angesehen wurden (vgl. Abschnitt 2.1). Der Anteil der *vermeidbaren* Lebensmittelabfälle an der Gesamtmenge der Lebensmittelabfälle lag zwischen 20% und 49% (35% \pm 10%). Er war tendenziell geringer im *städtischen* (26%) als im *periurbanen* (39%) und *ländlichen* (39%) Bereich (Tabelle 6).

Tabelle 6: Anteil Lebensmittelabfälle (LM) und vermeidbare Lebensmittelabfälle (LMV) im Grüngut pro Gemeinde und Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) pro Gemeindekategorie im Zeitraum Januar bis April 2018 bezogen auf die Frischsubstanz (FS)

Gem.-Kategorie	Gemeinde	Lebensmittelabfälle					
		Vermeidbar («Food Waste»)				Gesamt	
		% w/w FS	M \pm SD	% LM FS	M \pm SD	% w/w FS	M \pm SD
Städtisch	ST 1.1	3.76		19.59		19.16	
	ST 1.2	4.38	5.07 \pm 1.34	35.85	26.11 \pm 6.89	12.23	20.26 \pm 6.58
	ST 2.1	6.85		24.31		28.17	
	ST 2.2	5.30		24.69		21.46	
Städtisch/ periurban	SP 1	11.56	15.58 \pm 5.69	29.79	34.95 \pm 7.30	38.81	43.85 \pm 7.12
	SP 2	19.61		40.11		48.88	
Periurban	PU 1.1	8.61		25.64		33.58	
	PU 1.2	2.29	4.29 \pm 2.91	47.95	39.19 \pm 10.81	4.78	13.48 \pm 13.55
	PU 2.1	3.36		35.31		9.51	
	PU 2.2	2.89		47.86		6.03	
Ländlich	LA 1.1	15.79		37.39		42.24	
	LA 1.2	4.91	7.19 \pm 5.76	27.53	38.93 \pm 9.00	17.83	19.46 \pm 15.77
	LA 2.1	4.47		49.07		9.11	
	LA 2.2	3.61		41.71		8.65	
Alle			6.96 \pm 5.22		34.77 \pm 9.75		21.46 \pm 14.56

3.3 Fremdstoffe im Grüngut

Der Anteil an Fremdstoffen (*Kunststoff* und *Sonstige Fremdstoffe*) im Grüngut der beprobten Gemeinden lag zwischen 1.3% und 4.1% ($2.2\% \pm 1.0\%$) bezogen auf die Frischsubstanz. Davon waren 1.3% bis 21% ($6.5\% \pm 5.6\%$) *Kunststoff*. Bezogen auf das Gesamt-Grüngut betrug der *Kunststoff*anteil 0.03% bis 0.3% ($0.1\% \pm 0.1\%$) (Anhang 5). Fremdstoff- und *Kunststoff*gehalt variierten z.T. stark auch innerhalb der gleichen Gemeinde. Zwischen den Gemeindekategorien liess sich kein Unterschied feststellen im Gesamt-Fremdstoffgehalt. Der Anteil *Kunststoff* im Gesamt-Grüngut wie auch im Verhältnis zur Gesamt-Fremdstofffraktion war jedoch am höchsten im *städtischen* Bereich (0.2%, respektive 11%). Der niedrigste *Kunststoff*gehalt war im *ländlichen* Gebiet festzustellen mit 0.04%, respektive 2.1%. Im *periurbanen* Bereich lag er bei 0.1%, respektive 5.8% (Abbildung 8, Anhang 5).



- Gartenabfälle
- Kompostsäcke
- Rüstabfälle (nicht vermeidbar)
- Fleisch/Fisch (vermeidbar)
- Andere Nahrungsmittel (vermeidbar)
- Fremdstoffe:
 - Kunststoff
 - Sonstige Fremdstoffe

Abbildung 8: Anteil der Fremdstoffe im kommunalen Grüngut bezogen auf die Frischsubstanz (Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindekategorie)

Da *Kunststoff* eine geringere Dichte aufwies als andere Fraktionen, wurde der Anteil an *Kunststoff* im Gesamtgrüngut zusätzlich in Volumenprozent (% v/v) berechnet basierend auf den erhobenen Daten der Schüttdichte (Anhang 2). Ihr Anteil in Volumenprozent bezogen auf die Frischsubstanz betrug 0.1% v/v bis 1.3% v/v, was 7.5% v/v bis 63% v/v der gesamten Fremdstofffraktion entspricht.

3.4 Einfluss von Beprobungszeitpunkt und Temperatur

Es lassen sich grosse Schwankungen insbesondere der Fraktionen *Gartenabfälle* und *Lebensmittelabfälle* auch innerhalb der gleichen Gemeinde über die Zeit beobachten (Abbildung 6). In *PU 1* z.B. lag der Anteil *Gartenabfälle* im Januar 2018 bei 64% bezogen auf die Frischsubstanz, im April 2018 dagegen bei 91%. In *LA 1* wurden Ende Februar 2018 55%, Ende März 2018 80% *Gartenabfälle* gemessen. Bei Analysen, zwischen denen nur zwei Wochen lagen, befanden sich die Werte tendenziell in einem ähnlicheren Bereich (*ST 1*: 79% und 86%; *ST 2* 67% und 77%; *PU 2*: 89% und 92%; *LA 2*: 89% und 88%). Basierend auf diesen Ergebnissen sowie auf Erfahrungswerten der Anlagenbetreiber (persönliche Kommunikation während der Beprobungen) liess sich ein Zusammenhang vermuten zwischen Zeitpunkt der Beprobung (Jahreszeit, Monat, Temperatur usw.) und dem Anteil an *Gartenabfällen* und somit auch dem Anteil an *Lebensmittelabfällen* im Grüngut.

Eine Darstellung der Ergebnisse der Grüngutanalyse geordnet nach Beprobungszeitpunkt (Abbildung 9) lässt eine Tendenz erkennen, dass der Anteil an *Gartenabfällen* im Verlauf der Erhebungskampagne anstieg. Die Trendlinie der Temperaturentwicklung in diesem Zeitraum unterstreicht diese Tendenz.

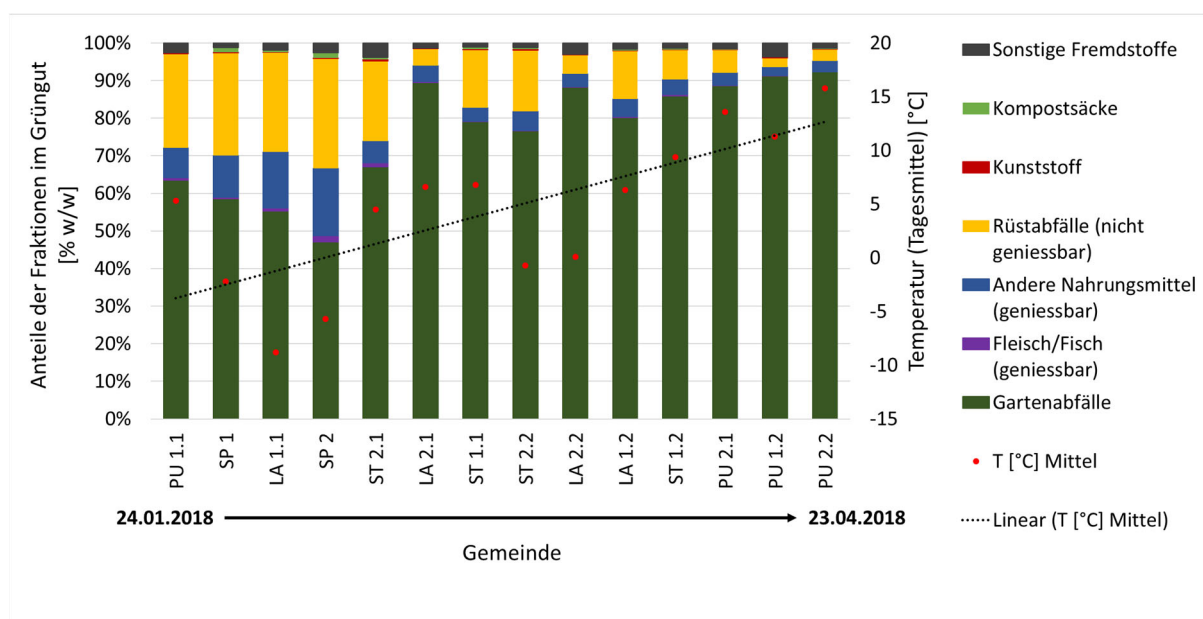


Abbildung 9: Zusammensetzung des Grünguts bezogen auf die Frischsubstanz
 geordnet nach Beprobungszeitpunkt, in Relation zu den Tagesmitteltemperaturen an den Tagen der Beprobungen

3.5 Hochrechnung

Basierend auf den erhobenen Daten und den vorhandenen Daten der Menge Grüngut pro EW in der Schweiz (BAFU, 2017) können rund 171'000 t FS Lebensmittelabfälle pro Jahr im Grüngut der Schweiz erwartet werden. Davon sind rund 48'000 t FS pro Jahr (28%) *vermeidbare* Lebensmittelabfälle. Der grösste Teil der Lebensmittelabfälle und der *vermeidbaren* Lebensmittelabfälle fällt im *städtischen* Bereich an (Tabelle 7). Pro EW und Jahr ergibt dies im Schnitt 20.4 kg FS Lebensmittelabfälle und 5.7 kg FS *vermeidbare* Lebensmittelabfälle im Grüngut.

Tabelle 7: Hochrechnung pro Gemeindekategorie
 basierend auf den Mittelwerten des beobachteten Anteils Lebensmittelabfälle, respektive *vermeidbare* Lebensmittelabfälle, im Grüngut pro Gemeindekategorie bezogen auf die Frischsubstanz (FS), der Menge separat gesammelten Grünguts pro Einwohner (EW) im Jahr 2016 (BAFU, 2017) und der Anzahl Einwohner pro Gemeindekategorie (Anhang A3)

Gemeindekategorie	Lebensmittelabfälle		Vermeidbare Lebensmittelabfälle	
	[t FS a ⁻¹]	[kg FS EW ⁻¹ a ⁻¹]	[t FS a ⁻¹]	[kg FS EW ⁻¹ a ⁻¹]
Städtisch	117'838	22.1	29'500	5.5
Periurban	26'619	14.7	8'467	4.7
Ländlich	26'941	21.2	9'962	7.8
Total	171'398	20.4	47'929	5.7

4 Bewertung und Ausblick

4.1 Zusammenfassung und Diskussion der Resultate

Von sechs Schweizer Gemeinden wurden die Grüngutzusammensetzung untersucht und die Anteile an Lebensmittelabfällen und Fremdstoffen bestimmt. Je zwei Stichproben pro Zielgemeinde wurden im Zeitraum von Januar bis April 2018 bei Anlieferung auf Grüngutverwertungsanlagen erfasst. Den grössten Teil der Grüngutstichproben machten *Gartenabfälle* aus. Die prozentualen Anteile der Lebensmittelabfälle schwankten stark zwischen 4.8% und 49% FS ($21\% \pm 15\%$). In den zwei *städtischen* und *ländlichen* Gemeinden waren sie mit rund 20% im Mittel tendenziell höher als in den *periurbanen* Gemeinden mit 13%. Die Anteile der *vermeidbaren* Lebensmittelabfälle variierten zwischen 20% und 49% FS ($35\% \pm 10\%$) der Lebensmittelabfälle, wobei dieser Anteil in den *städtischen* Gemeinden mit rund 26% deutlich niedriger war als in den *periurbanen* und *ländlichen* Gemeinden mit rund 39%. Zeitpunkt der Beprobung und Temperatur beeinflussten den Anteil *Gartenabfälle* und damit den Anteil der Lebensmittelabfälle im Grüngut.

Der Fremdstoffanteil (*Kunststoff* und *Sonstige Fremdstoffe*) lag zwischen 1.3% und 4.1% FS ($2.2\% \pm 1.0\%$) des Grünguts, wovon 1.3% bis 21% ($6.5\% \pm 5.6\%$) *Kunststoff* waren. Bezogen auf die Gesamtmenge Grüngut machte der *Kunststoff*anteil 0.03% bis 0.3% ($0.1\% \pm 0.1\%$) aus. Der *Kunststoff*gehalt war in den *städtischen* Gemeinden erwartungsgemäss am höchsten. Ausgehend von 109 kg FS Grüngut pro EW und Jahr und den in dieser Studie ermittelten Anteilen an Lebensmittelabfällen pro Gemeindegemeinde können gesamtschweizerisch rund 171'000 t FS Lebensmittelabfälle pro Jahr erwartet werden, was rund 20 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ entspricht. 28% dieser Lebensmittelabfälle könnten vermieden werden.

4.1.1 Relevanz der Lebensmittelabfälle

In der Schweiz wird davon ausgegangen, dass gesamthaft, d.h. über alle Stufen der Lebensmittelkette etwa 300 kg FS Lebensmittelabfälle pro EW und Jahr anfallen. Davon wird geschätzt, dass 4% im Gross- und Detailhandel, 13% in der Gastronomie, 22% bei der Verarbeitung und 61% auf der Ebene von privatem Konsum, Lagerung/Transport und Landwirtschaft anfallen (BAFU, 2016a). Von den somit geschätzten 183 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ Lebensmittelabfälle aus privatem Konsum, Lagerung/Transport und Landwirtschaft, fallen gemäss dieser Studie ca. 20 kg FS EW⁻¹ a⁻¹, d.h. ca. 11%, in der kommunalen Grüngutsammlung an.

In der letzten *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung* von 2012 (BAFU, 2012) wurden 68.3 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ biogene Abfälle⁶ im Kehricht gefunden. Von den biogenen Abfällen waren 88.8% (60.6 kg FS EW⁻¹ a⁻¹) Lebensmittelabfälle und 46.2% (31.6 kg FS EW⁻¹ a⁻¹) *vermeidbare* Lebensmittelabfälle. Verglichen mit dem Schweizer Grüngut wurden im Schweizer Kehricht somit drei Mal mehr Lebensmittelabfälle und fast sechs Mal mehr *vermeidbare* Lebensmittelabfälle pro EW und Jahr gefunden wie im Schweizer Grüngut. Der Anteil *vermeidbarer* Lebensmittelabfälle an der Gesamtmenge der Lebensmittelabfälle war im Grüngut um knapp die Hälfte (46%) geringer als im Kehricht (Tabelle 8) und rund 71%, 60% und 59% geringer als auf den Stufen Gross- und Detailhandel, Gastronomie und Verarbeitung (BAFU, 2016a).

⁶ Die biogenen Abfälle der *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung* von 2012 (BAFU, 2012) umfassten die Fraktionen *Gartenabfälle*, *Fleisch/Fisch*, *Andere Nahrungsmittel* und *Rüstabfälle*.

Tabelle 8: Geschätztes Aufkommen an Lebensmittelabfällen (LM) aus kommunalen Quellen in der Schweiz

aufgeteilt in vermeidbare und unvermeidbare Lebensmittelabfälle der Quellen Grüngut, Kehricht und Kanalisation/Hauskompost/Tierfütterung basierend auf den einwohnerbereinigten Werten der Hochrechnungen dieser Studie, der Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012 (BAFU, 2012) und dem Erfahrungswert von 35% FS Lebensmittelabfälle aus Kanalisation/Hauskompost/Tierfütterung einer Erhebungen der Lebensmittelabfälle auf Haushaltsebene im Jahre 2015 in England (WRAP, 2017), bezogen auf die Frischsubstanz (FS)

	Lebensmittelabfälle							
	Vermeidbar («Food Waste»)			Unvermeidbar			Gesamt	
	t FS a ⁻¹	kg FS EW ⁻¹ a ⁻¹	% FS LM	t FS a ⁻¹	kg FS EW ⁻¹ a ⁻¹	% FS LM	t FS a ⁻¹	kg FS EW ⁻¹ a ⁻¹
Kommunales Grüngut	48'000	5.7	28.0	123'000	14.7	72.0	171'000	20.4
Kommunaler Kehricht	251'000	31.6	52.1	231'000	29.0	47.9	482'000	60.6
Kanalisation/ Hauskompost/ Tierfütterung	161'000	20.1	45.7	191'000	23.5	54.3	352'000	43.6
Total	460'000	57.3	45.7	545'000	67.3	54.3	1'005'000	124.6

Lebensmittelabfälle auf Ebene des privaten Konsums, welche über die Grüngut- und Kehrichtsammlung entsorgt werden, lassen sich in der Summe folglich auf rund 81.0 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ schätzen, wovon 37.3 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ *vermeidbar* sind. Lebensmittelabfälle können zusätzlich über Kanalisation, Hauskompostierung und Tierfütterung entsorgt werden. Gemäss einer englischen Studie kann dies 35% aller Lebensmittelabfälle auf Haushaltsebene ausmachen (WRAP, 2017). In der Schweiz existiert diesbezüglich noch keine Datengrundlage. Erhebungen der Lebensmittelabfälle auf Haushaltsebene im Jahre 2015 in England, die diese Abfallströme mit einbezogen, ergaben, verglichen mit den Ergebnissen dieser Studie, rund 39% (112.6 kg FS EW⁻¹ a⁻¹) höhere Werte (WRAP, 2017). Unter Einberechnung eines Anteils von 35% Lebensmittelabfällen aus Kanalisation, Hauskompostierung und Tierfütterung an der Gesamtmenge der Lebensmittelabfälle kann mit rund 124.6 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ Lebensmittelabfälle aus kommunalen Quellen in der Schweiz gerechnet werden (Tabelle 8). Diese Berechnungen stützen sich auf die einwohnerbereinigten Daten aus den Hochrechnungen dieser Studie und der Kehrichtanalyse von 2012 (BAFU, 2012). Der Anteil an Lebensmittelabfällen aus Haushalten kann somit auf rund 41.5% der gemäss BAFU (2016a) in der Schweiz jährlich anfallenden Lebensmittelabfälle geschätzt werden und liegt damit leicht unter früheren Schätzungen von 45% (WWF, 2012).

Der grösste Teil der im Kehricht gefundenen biogenen Abfälle waren Lebensmittelabfälle (88.8%). Bei einer Menge von 543'000 t FS a⁻¹ biogenen Abfällen im Kehricht macht dies rund 482'000 t FS a⁻¹ Lebensmittelabfälle, deren Potenzial bislang nur teilweise energetisch und nicht stofflich genutzt wird. Nur ein kleiner Teil der Lebensmittelabfälle scheint bislang über die Grüngutabfuhr verwertet zu werden. Da in der Kehrichtanalyse von 2012 (BAFU, 2012) in *ländlichen* Gemeinden im Vergleich zu anderen Gemeindetypen ein geringerer Anteil an Lebensmittelabfällen gefunden wurde, ist Handlungsbedarf besonders in *städtischen* und *periurbanen* Gebieten gegeben.

Auffällig ist, dass der Anteil biogener Abfälle im Kehricht im Zeitraum von 2001 bis 2012 um 19% gestiegen ist, während bei anderen separat gesammelten Abfällen, i.e. Eisen, Papier und Karton, im gleichen Zeitraum ein Rückgang der entsprechenden Fraktionen im Kehricht zu verzeichnen war (BAFU, 2012). Einfluss auf die Menge über die Grüngutsammlung entsorgter Lebensmittelabfälle, können u.a. die Art der Verwertung (Kompostierung/Vergärung), spezifische Vorgaben der Gemeinden oder von Hauswarten, das Gebührensystem der Gemeinden sowie Art und Häufigkeit der Sammlung haben. Diese Faktoren wurden teilweise in das Versuchskonzept, aber aufgrund der geringen Stichprobenzahl nicht in die Auswertung mit einbezogen. In der *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012* (BAFU, 2012) wurde gezeigt, dass der Anteil des entsorgten Abfalls in Gemeinden mit verursachergerechtem Gebührensystem im Vergleich zu allen untersuchten Gemeinden um ca. 43% geringer ausfiel. Ein Einfluss der Grüngutabfuhr auf die im Kehricht gefundenen biogenen Abfälle konnte dagegen nur teilweise gefunden werden. Um die getrennte Sammlung von Lebensmittelabfällen auf Ebene der Haushalte gezielt zu fördern, könnten die entscheidenden Faktoren, die das Verhalten der Bevölkerung diesbezüglich beeinflussen, und allfällige Wechselwirkungen zwischen ihnen in weitergehenden Studien untersucht werden.

Die grossen Schwankungen der Werte der Grüngutfaktionen entsprechen den Ergebnissen der entsprechenden Fraktion *Biogene Abfälle* aus der *Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012*. Die im Verhältnis zu anderen Fraktionen auffällig starke Streuung wurde dort auf eine zwischen den Gemeinden unterschiedliche Ausnutzung der Grüngutabfuhr zurückgeführt (BAFU, 2012).

4.1.2 Problematik der Fremdstoffe im Grüngut

Die Anteile an Fremdstoffen (*Kunststoff* und *Sonstige Fremdstoffe*) mit 1.3% bis 4.1% ($2.2\% \pm 1.0\%$) bezogen auf die Frischsubstanz und *Kunststoff* alleine mit 0.03% bis 0.3% ($0.1\% \pm 0.1\%$) im analysierten Grüngut könnten als gering betrachtet werden. Jedoch gehen auch Fremdstoffanteile in dieser Größenordnung mit erhöhten Kosten in der Verarbeitung und qualitativen Einbussen bei den Endprodukten einher. Der grösste Teil des in der Schweiz gesammelten Grünguts wird heute vergoren und/oder kompostiert (BAFU, 2017). Die Anforderungen an die Qualität von Gärgut und Kompost in Bezug auf Fremd- und Kunststoffe sind in der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, SR 814.81 vom 18. Mai 2005), Anhang 2.6 geregelt: Fremdstoffe in Kompost und Gärgut dürfen höchstens 0.4% bezogen auf die Trockensubstanz (TS) ausmachen, der Gehalt an Alufolie und Kunststoffen maximal 0.1% TS. Dies entspricht in etwa 0.08% und 0.02% FS (Schleiss & Kaiser, 2001). Untersuchungen von Kompost und Gärgut haben gezeigt, dass es in der Praxis teilweise nicht möglich ist, diese Grenzwerte einzuhalten (Kupper & Fuchs, 2007; Quartier, 2016; BAFU, 2016b). Die in dieser Studie gefundenen Fremd- und Kunststoffanteile bestätigen diese Aussage; sie liegen bereits im Inputmaterial teilweise um ein Vielfaches über den Grenzwerten der entsprechenden Endprodukte.

In zwei Erhebungskampagnen der Jahre 2000/2001 (Schleiss & Kaiser, 2001) wurden mittlere Fremdstoffanteile im kommunalen Grüngut von 0.2% (0.07-0.3%) im Sommer und von 0.7% (0.3-1.5%) im Winter festgestellt. Im Mittel lagen die in dieser Studie gefundenen Werte drei- bis zehnmal über den Werten von 2001. Die in früheren Untersuchungen beobachtete Zunahme an Fremdstoffen im Grüngut (Schleiss & Kaiser, 2001; Quartier, 2016; BAFU, 2016b) wird durch die Ergebnisse dieser Studie bestätigt. Schleiss und Kaiser (2001) brachten diese Entwicklung in Zusammenhang mit der Zunahme des Anteils an Küchenabfällen im Grüngut.

Der Anteil Fremdstoffe im Grüngut kann zwischen Gemeinden stark variieren. Die Erfahrung von Mitarbeitern der Grüngutverwertungsanlagen zeigt, dass bestimmte Gemeinden bzw. Stadtbezirke Grüngut anliefern, welches einen vergleichsweise sehr hohen Anteil an Fremdstoffen enthält. Dies wurde ebenfalls von Schleiss und Kaiser (2001) und in der *gesamtschweizerischen Erhebung über biogene Abfälle aus kommunalen Quellen* (BAFU, 2017) festgehalten. Diese Erfahrung kann genutzt werden, um gezielt

in problematischen Gemeinden Aktionen zur Verminderung des Fremdstoffgehalts im Grüngut zu ergreifen.

4.2 Gültigkeit der Ergebnisse

4.2.1 Auswahl der Gemeinden

Im Bereich der Grüngutsammlung und -verwertung bestehen bzgl. Sammellogistik, Sammelfrequenz, Gebührensystem und Verwertungsart Unterschiede zwischen den Gemeinden, welche die Zusammensetzung des Grünguts beeinflussen können. Um eine möglichst grosse Vergleichbarkeit der Ergebnisse innerhalb der untersuchten Gemeindekategorien zu erzielen, wurden gezielt Gemeinden ausgewählt, welche sich in Bezug auf solche Einflussfaktoren ähnlich verhielten. So wurden ausschliesslich Gemeinden beprobt, in welchen Speisereste mit dem Grüngut entsorgt werden, welche ähnliche Sammelsysteme nutzen und in welchen die Sammelfrequenz vergleichbar war.

Da schweizweit nicht in allen Gemeinden Speisereste mit dem Grüngut entsorgt werden, dürfen die Ergebnisse nur als charakterisierend gewertet werden für Gemeinden, in denen Speisereste mit dem Grüngut entsorgt werden. Gemäss BAFU (2017) werden heutzutage in ca. 38% der Gemeinden *Rüstabfälle* und Speisereste und in 30% der Gemeinden nur *Rüstabfälle* mit dem Grüngut entsorgt. In den restlichen Gemeinden werden nur *Gartenabfälle* über die Grüngutabfuhr entsorgt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in Zukunft der Anteil der Gemeinden, die Speisereste mit dem Grüngut einsammeln, steigen wird und sich die Wahl der Gemeinden somit gut in die aktuelle Entwicklung einfügt⁷.

In Bezug auf die Hochrechnung kann dies jedoch zu einer Überschätzung der Gesamtmenge an Lebensmittelabfällen im Grüngut geführt haben. Dieser Fehler wird dadurch geringfügig gemindert, dass die Sammelmengen tendenziell höher sind, wenn Speisereste im Grüngut zugelassen werden (BAFU, 2017).

Auch regional können Unterschiede bei der Zusammensetzung des gesammelten Grünguts bestehen. Es wurden grosse Unterschiede im Sammelsystem zwischen Gemeinden der verschiedenen Sprachgebiete (BAFU, 2017) sowie in der bevorzugten Art der Verwertung des Grünguts zwischen einzelnen Kantonen und der Gesamtschweiz (BAFU, 2017; AWEL, 2018)⁸ festgestellt. Ob sich die Zusammensetzung des Grünguts zwischen den verschiedenen Sprachgebieten der Schweiz unterscheidet, wurde bisher nicht untersucht.

Diese Studie berücksichtigte Gemeinden aus sieben Kantonen der Deutschschweiz. Allfällige regionale Unterschiede innerhalb der Schweiz und ihr Einfluss auf die Zusammensetzung des Grünguts könnten in Folgestudien abgeklärt werden.

⁷ Zwischen 2008 und 2016 war eine Zunahme des prozentualen Anteils der Gemeinden, in denen Speisereste zugelassen sind, zu vermerken (Bukowiecki et al., 2012; BAFU, 2017) verbunden mit einem Wechsel von Kompostierungs- zu Vergärungsanlagen (BAFU, 2017; AWEL, 2018) sowie einem Kapazitätswachstum bei den Vergärungsanlagen (Mandaliev & Schleiss, 2016) in den letzten Jahren. Da in Vergärungsanlagen hauptsächlich Grüngut mit Speiseresten verwertet wird, und im Hinblick auf die Abfallverordnung (VVEA, SR 814.600 vom 4. Dezember 2015), in deren Rahmen eine Verwertungspflicht für biogene Abfälle eingeführt wurde (Mandaliev & Schleiss, 2016), kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft der Anteil der Gemeinden, die Grüngut mit Speiseresten einsammeln, weiter steigen wird.

⁸ Im Kanton Zürich werden 72% aller biogenen Abfälle mittels Vergärung/Co-Vergärung verwertet (AWEL, 2018), in der Gesamtschweiz sind es ca. 35% des separat gesammelten Grünguts (BAFU, 2017).

4.2.2 Probenahme und Analyse des Grünguts

Probenahme und Analyse des Grünguts der beprobten Sammeltouren konnten repräsentativ durchgeführt werden. Kleinere Ungenauigkeiten ergaben sich aufgrund von nassen bzw. klebrigen Lebensmitteln, die an Teilen anderer Fraktionen hafteten und nicht zu trennen waren. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass kleinere Mengen anderer Fraktionen (z.B. Sand, kleine Steine) mit der Feinfraktion den *Gartenabfällen* zugerechnet wurden. Die Mengen an Sickerwasser waren relativ gering, so dass der Verlust organischer Substanz über diesen Weg vernachlässigbar war.

Zur Bestimmung von TR und oTR mussten die Proben reduziert und zerkleinert werden. Bei der Homogenisierung der trockeneren Materialien fielen z.T. einzelne grössere Stücke an, die sich nicht weiter zerkleinern liessen (*Fleisch/Fisch* max. 10 mm, *Rüstabfälle* max. 25 mm, *Andere Nahrungsmittel* max. 10 mm, Feinfraktion max. 50 mm), was zu geringen Ungenauigkeiten führte.

4.2.3 Abhängigkeit des Anteils Lebensmittelabfälle im Grüngut von der Jahreszeit

Wie in Abschnitt 3.4 angedeutet, beeinflussen jahreszeitliche Schwankungen die Menge und Zusammensetzung des Grünguts. Im Frühjahr (Gartenabraum und Rasen) und Herbst (Gartenabraum und Laub) fallen die grössten Mengen an Grüngut an, wogegen im Winter hauptsächlich Küchenabfälle mit der kommunalen Grüngutsammlung eingesammelt werden (Schleiss & Kaiser, 2001). Diese Schwankungen der absoluten Menge *Gartenabfälle* führen zu den beobachteten Schwankungen des Anteils der Lebensmittelabfälle im Grüngut.

In dieser Studie wurden mit Ende Winter/Anfang Frühling zwei charakteristisch unterschiedliche Zeiträume berücksichtigt. Ende Winter stellt einen Zeitraum mit geringer Grüngutfraktion und damit proportional höchstem erwarteten Anteil an Lebensmittelabfällen dar, Anfang Frühling einen Zeitraum mit grosser Grüngutfraktion und damit proportional geringstem erwarteten Anteil an Lebensmittelabfällen. Für die Hochrechnung wurden Mittelwerte der Messungen während dieser zwei Zeiträumen verwendet. Obwohl für die Hochrechnung von dem beobachteten Anteil Lebensmittelabfälle pro Gemeindekategorie im Zeitraum Januar bis April 2018 auf die Menge Lebensmittelabfälle im gesamten Jahr geschlossen wurde, kann basierend auf den Mittelwerten aus diesen zwei Zeiträumen davon ausgegangen werden, dass die Extrapolation auf das gesamte Jahr in einem realistischen Rahmen liegt.

Genauere Prognosen könnten unter Einbezug der jahreszeitlichen Schwankungen gemacht werden, deren Einfluss auf Menge und Anteil der Lebensmittelabfälle in Folgestudien untersucht werden sollte. Eine Erhebung der monatlich anfallenden Mengen Grüngut pro EW und Gemeindekategorie würde zusätzlich zu einer genaueren Abschätzung der Lebensmittelabfälle im Grüngut in der Schweiz beitragen.

4.2.4 Auswertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie sowie die auf ihr basierenden Berechnungen müssen mit Bedacht interpretiert werden, da sie pro Gemeindekategorie auf nur vier Datenpunkten beruhen – jeweils zwei Messungen in zwei Gemeinden pro Kategorie. Die Studie gibt jedoch wichtige Anhaltspunkte, in welchem Rahmen sich die Anteile der verschiedenen Fraktionen im Grüngut pro Gemeindekategorie befinden. Sie ermöglicht es, eine erste Abschätzung von Lebensmittelabfällen auf der Ebene des privaten Konsums in der Schweiz vorzunehmen und Handlungsbedarf aufzuzeigen. Die durchgeführten Erhebungen sind Momentaufnahmen, die abfallcharakterisierende, jedoch keine statistisch repräsentativen Aussagen zur Zusammensetzung des Grünguts in der Schweiz erlauben (LAGA, 2001).

4.3 Ausblick

Lebensmittelabfälle

Es kann mit Mengen von rund 20 kg FS EW⁻¹ a⁻¹ Lebensmittelabfällen im Grüngut gerechnet werden. Die Studie zeigt Handlungsbedarf auf in Bezug auf die Sammlung von Lebensmittelabfällen und die damit in Bezug stehende stoffliche und energetische Nutzung dieser Abfälle. Es konnte gezeigt werden, dass zwar ein grosser Teil der Lebensmittelabfälle aus Haushalten noch immer über den Kehricht, ein erheblicher Teil aber auch über das Grüngut entsorgt wird. Es besteht ein Potenzial von rund 482'000 t FS Lebensmittelabfällen aus dem Hauskehricht, welches zusätzlich zu den bereits über die Grüngutabfuhr verwerteten rund 171'000 t FS an Lebensmittelabfällen mit dem Grüngut gesammelt und energetisch und stofflich genutzt werden könnte. Da die Möglichkeit der Entsorgung von Lebensmittelabfällen aus Haushalten über die Grüngutabfuhr noch immer zu wenig genutzt wird, sollte abgeklärt werden, welche Faktoren ausschlaggebend sind für eine umfassendere Nutzung. Dieser Handlungsbedarf ist besonders in *städtischen* und *periurbanen* Gemeinden gegeben.

Der Anteil an *vermeidbaren* Lebensmitteln im Grüngut ist mit rund 28% im Verhältnis zum Anteil im Hauskehricht und auf anderen Ebenen der Lebensmittelkette relativ gering. Lebensmittelabfälle auf Ebene des privaten Konsums, die über andere Wege als Grüngut und Kehricht (z.B. Kanalisation, Hauskompostierung) entsorgt werden, wurden bislang nicht untersucht.

Fremdstoffe

Im Vergleich zu vorherigen Studien wurde ein höherer Fremdstoffgehalt gefunden. Der Anteil an Fremdstoffen lag drei bis zehn Mal über den 2000/01 von Schleiss und Kaiser (2001) beobachteten Werten und erreichte eine Grössenordnung, welche im Inputmaterial den Grenzwert für die Produkte Kompost und Gärgut teilweise um ein Vielfaches überstieg. Da die Fremdstoffproblematik nicht in allen Gemeinden gleich gross ist, sollten Massnahmen ergriffen werden, diejenigen Gemeinden mit den höchsten Fremdstoffanteilen zu identifizieren, und die Bevölkerung weiterhin für die Wichtigkeit der Sortenreinheit des Grünguts zu sensibilisieren.

Bewertung und Forschungsbedarf

Versuchskonzept und -durchführung erwiesen sich als geeignet und praktikabel. Sie erlaubten eine grobe Hochrechnung der Mengen Lebensmittelabfälle und *vermeidbare* Lebensmittelabfälle im Grüngut der Schweiz, aufgeteilt nach Gemeindekategorie. Gleichzeitig wurde eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien gewährleistet, die im Bereich von Lebensmittelabfällen der Schweiz schon durchgeführt worden sind. Die Datenlücke, die auf der Ebene des privaten Konsums zu Lebensmittelabfällen im Grüngut bestand, konnte verkleinert werden.

Genauere Prognosen wären möglich unter Berücksichtigung folgender Punkte:

- Vergrösserung der Stichprobenzahl pro Gemeindekategorie, i.e. Anzahl beprobter Gemeinden
- Jahreszeitliche Untersuchung des Anteils Lebensmittelabfälle im Grüngut pro Gemeindekategorie
- Regionale Untersuchung des Anteils Lebensmittelabfälle im Grüngut pro Gemeindekategorie (z.B. nach Sprachregion)
- Erhebung jahreszeitlich differenzierter Daten der spezifischen Mengen Grüngut pro EW, Jahr und Gemeindekategorie

Anhang

A1 TR und oTR ausgewählter Fraktionen

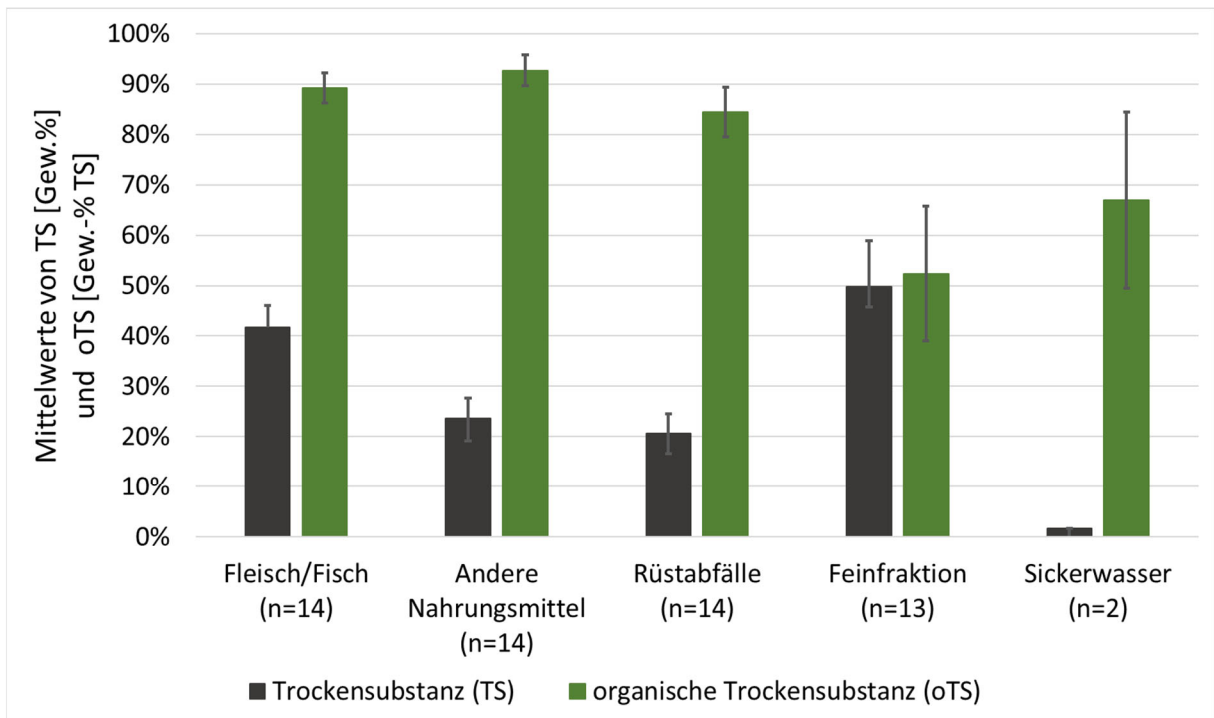


Abbildung A1.1: Trockenrückstand (TR) und organischer Trockenrückstand (oTR)

Mittelwerte und Standardabweichung der Fraktionen *Fleisch/Fisch*, *Andere Nahrungsmittel*, *Rüstabfälle*, Feinfraktion und Sickerwasser

A2 Schüttdichte

Tabelle A2.1: Gemessene Schüttdichte der Fraktionen und des unsortierten Grünguts
 bezogen auf die Frischsubstanz; Mittelwerte und Standardabweichungen von vier Proben

Grüngut gesamt	Garten- abfälle	Fleisch/ Fisch	Andere Nahrungs- mittel	Rüstab- fälle	Kunststoff	Kompost- säcke	Sonstige Fremd- stoffe
[kg m⁻³]							
282.39 ± 76.77	241.16 ± 25.48	504.05 ± 108.80	586.67 ± 88.25	513.75 ± 20.40	71.67 ± 13.10	202.11 ± 50.11	458.92 ± 44.57

A3 Gemeindetypologien und ausgewählte Zielgemeindetypen

Tabelle A3.1: Übersicht über die BFS Gemeindetypologien (BFS, 2017a; BFS, 2018) mit Einwohnerzahlen (BFS, 2017b) und Zielgemeindetypen;;
 die Zielgemeindetypen pro räumlicher Hauptkategorie, in der Tabelle gelb hinterlegt, wurden ausgewählt als Median (± 1) der Einwohnerzahl auf Ebene der 25-er Typologie

Stadt/Land-Typologie:		Anzahl Einwohner	Gemeindetypologie mit 9 Typen		Anzahl Einwohner	Gemeindetypologie mit 25 Typen		Anzahl Einwohner
1	Urban	5'337'090	11	Städtische Gemeinde einer grossen Agglomeration	2'634'020	111	Kernstadt einer grossen Agglomeration	1'140'394
2	Peri-urban	1'812'220	12	Städtische Gemeinde einer mittelgrossen Agglomeration	1'852'191	121	Kernstadt einer mittelgrossen Agglomeration	922'755
3	Ländlich	1'270'307	13	Städtische Gemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration	850'879	112	Städtische Arbeitsplatzgemeinde einer grossen Agglomeration	789'733
		8'419'617	21	Periurbane Gemeinde hoher Dichte	517'352	113	Städtische Wohngemeinde einer grossen Agglomeration	703'893
			22	Periurbane Gemeinde mittlerer Dichte	871'047	123	Städtische Wohngemeinde einer mittelgrossen Agglomeration	548'939
			23	Periurbane Gemeinde geringer Dichte	423'821	137	Städtische Dienstleistungsgemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration	387'109
			31	Ländliche Zentrumsgemeinde	366'354	122	Städtische Arbeitsplatzgemeinde einer mittelgrossen Agglomeration	380'497
			32	Ländliche zentral gelegene Gemeinde	643'993	136	Städtische Industriegemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration	370'729
			33	Ländliche periphere Gemeinde	259'960	134	Städtische Tourismusgemeinde einer kleinen oder ausserhalb einer Agglomeration	93'041
					8'419'617	226	Periurbane Industriegemeinde mittlerer Dichte	455'044
						227	Periurbane Dienstleistungsgemeinde mittlerer Dichte	416'003

Stadt/Land- Typologie:	Anzahl Einwohner	Gemeindetypologie mit 9 Typen		Anzahl Einwohner	Gemeindetypologie mit 25 Typen		Anzahl Einwohner
					216	Periurbane Industriegemeinde hoher Dichte	271'792
					217	Periurbane Dienstleistungsgemeinde hoher Dichte	245'560
					237	Periurbane Dienstleistungsgemeinde geringer Dichte	183'988
					236	Periurbane Industriegemeinde geringer Dichte	144'490
					235	Periurbane Agrargemeinde geringer Dichte	95'343
					326	Ländliche zentral gelegene Industriegemeinde	343'234
					327	Ländliche zentral gelegene Dienstleistungs- gemeinde	215'678
					316	Industriegemeinde eines ländlichen Zentrums	196'172
					338	Ländliche periphere Mischgemeinde	149'881
					314	Tourismusgemeinde eines ländlichen Zentrums	87'724
					325	Ländliche zentral gelegene Agrargemeinde	85'081
					317	Dienstleistungsgemeinde eines ländlichen Zent- rums	82'458
					334	Ländliche periphere Tourismusgemeinde	71'653
					335	Ländliche periphere Agrargemeinde	38'426
							8'419'617

A4 Bestandteile der Fraktionen

Tabelle A4.1: Hauptbestandteile der Fraktionen im Grüngut der Erhebungskampagne

Gartenabfälle	Fleisch/Fisch	Andere Nahrungsmittel	Rüstabfälle	Kunststoffe	Sonstige Fremdstoffe
Äste, Zweige	Wurst	Früchte:	Schalen, Strünke, Blätter, Kerne von...	Besteck	Metalle:
Blumen (Schnitt- und Topf-)	Schinken	Ananas	... Früchten:	Beutel	Aluminiumfolie
Erde	Aufschnitt	Äpfel	Ananas	Blumentöpfe	Besteck
Grasnarben	Geflügel roh	Avocado	Äpfel	Flaschenverschlüsse	Draht
Holzstücke (von Baumschnitt)	Fisch	Bananen	Artischocken	Frischhaltefolie	Getränkedose
Laub		Birne	Avocado	Geschenkbund	Kaffeekapseln
Mist		Erdbeeren	Bananen	Gummiband	Kerzenhalter
Moos		Erdnüsse	Baumnüsse	Kleber von Früchten	Kleineisenwaren
Rasenschnitt		Granatäpfel	Erdbeeren	Kunststoffbehälter (Joghurt, Rahm u.a.)	Kronkorken
Samen und Körner		Grapefruit	Granatäpfel	Kunststoff-Teebeutel	Nägeln
Sonstiger Gartenabraum		Kokosnuss (ganz)	Grapefruit	Luftballons	Glas:
Streu		Mandarinen	Kiwi	Netze von Vogelfutter	Dekorsteine
Stroh		Mandeln	Mandarinen	PET-Flaschen	Gewürzglas
Weihnachtsbäume		Maroni	Mango	Schilder	Scherben
Zapfen		Orangen	Melone	Schnur	Holz:
		Pistazien	Orangen	Steckschwamm	Bauholz
		Tomaten	Passionsfrucht	Styropor	Besenstock
		Walnüsse	Pistazien	Verpackungsmaterialien	Kisten
		Zitronen	Tomate		Spielzeug
		Gemüse:	Zitronen		Zellstoff:
		Aubergine	... Gemüse:		Eierkarton

Gartenabfälle	Fleisch/Fisch	Andere Nahrungsmittel	Rüstabfälle	Kunststoffe	Sonstige Fremdstoffe
		Blumenkohl	Aubergine		Karton
		Blumenkohl	Blumenkohl		Papier
		Brokkoli	Brokkoli		Zeitung
		Chinakohl	Chinakohl		Naturfasern:
		Fenchel	Fenchel		Blumenampel (Kokosfaser)
		Gurke	Frühlingszwiebeln		Körbe
		Ingwer	Grünkohl		Korken
		Kabis	Gurke		Matten (Kokosfaser, Bambus)
		Kartoffeln	Kabis		Verbundwaren:
		Knoblauch	Kartoffeln		Adventskranz
		Knollensellerie	Knoblauch		Backpapier
		Kohlrabi	Knollensellerie		Staubsaugersack (voll)
		Kürbis	Kohlrabi		Teebeutel (in Packung)
		Lauch	Kürbis		Verpackungen
		Mais	Lauch		Werkzeug
		Pastinaken	Maiskolben		Wickeldecke (Einweg)
		Peperoncini	Paprika		Organische Naturprodukte:
		Peperoni	Pastinaken		Katzenhaare
		Petersilie	Peperoncini		Kohle
		Randen	Peperoni		Tierkadaver (Amseln, Welpen)
		Rettich	Petersilie		Weiteres:
		Rüebli	Rande		Katzensand
		Salat	Rettich		Kerzen
		Sellerie	Rüebli		Steine
		Stangensellerie	Salat		Tonscherben

Gartenabfälle	Fleisch/Fisch	Andere Nahrungsmittel	Rüstabfälle	Kunststoffe	Sonstige Fremdstoffe
		Wirz	Sellerie		T-Shirt
		Zucchetti	Stangensellerie		
		Zwiebeln	Wirz		
		Speisereste:	Zucchetti		
		Bohnen	Zwiebeln		
		Kartoffeln	Diverses:		
		Linsen	Brotrinde/Pizzaränder		
		Reis	Käserinde		
		Rüeblialat	Eierschalen		
		Teig (roh)	Schalen von Krustentieren		
		Teigwaren	Knochen		
		anderes	Kaffeesatz		
		Diverses:	Teebeutel		
		Getreide			
		Käse			
		Käselaibe (verpackt)			
		Brot			
		Gebäck			
		Eier			
		Schokolade/Pralinen			
		Erdnussflips			



Abbildung A4.1: Mengenverhältnisse der verschiedenen Fraktionen:
links Grüngut mit geringem Anteil, rechts mit grossem Anteil an Lebensmittelabfällen (im Hintergrund Gärrest)



Abbildung A4.2: Beispiel der Zusammensetzungen der Fraktionen *Gartenabfälle* (links) und *Fleisch/Fisch* (rechts)



Abbildung A4.2: Beispiel der Zusammensetzungen der Fraktionen *Rüstabfälle*, *Andere Nahrungsmittel*, *Kunststoff* und *Kompostsäcke* und *Sonstige Fremdstoffe* (links oben nach rechts unten)

A5 Messdaten der Fraktionen pro Gemeinde

Tabelle A5.1: Messdaten aller Fraktionen pro Gemeinde und Gemeindekategorie bezogen auf die Frischsubstanz (FS)

Gemeindekategorie	Gemeinde	Datum	Gewicht Grüngutlieferung	Gewicht Probe	Gartenabfälle	Lebensmittelabfälle			Kompostsäcke	Fremdstoffe	
						Fleisch/Fisch	Andere Nahrungsmittel	Rüstabfälle		Kunststoff	Sonstige Fremdstoffe
						[t FS]	[kg FS]	[% w/w FS]			
Städtisch	ST 1.1	14.03.2018	8.76	331.69	79.05	0.15	3.60	15.41	0.51	0.16	1.11
	ST 1.2	04.04.2018	21.58	321.55	85.92	0.37	4.01	7.84	0.41	0.04	1.40
	ST 2.1	06.03.2018	6.88	326.09	67.09	0.99	5.86	21.33	0.63	0.31	3.79
	ST 2.2	20.03.2018	8.02	315.81	76.58	0.25	5.05	16.16	0.32	0.34	1.30
Städtisch/periurban	SP 1	14.02.2018	4.90	570.39	58.52	0.49	11.07	27.25	1.23	0.16	1.27
	SP 2	01.03.2018	4.92	324.73	47.04	1.66	17.94	29.27	1.3	0.12	2.62
Periurban	PU 1.1	24.01.2018	6.84	454.11	63.51	0.61	7.99	24.97	n.a.	0.31	2.60
	PU 1.2	11.04.2018	13.84	324.37	91.28	0.10	2.20	2.49	0.07	0.11	3.76
	PU 2.1	09.04.2018	6.82	338.33	88.65	0.15	3.21	6.16	0.31	0.05	1.47
	PU 2.2	23.04.2018	8.30	311.92	92.28	0.01	2.88	3.15	0.19	0.09	1.41
Ländlich	LA 1.1	27.02.2018	3.03	308.08	55.26	0.91	14.89	26.45	0.56	0.05	1.89
	LA 1.2	27.03.2018	0.92	321.42	80.13	0.37	4.54	12.92	0.29	0.04	1.71
	LA 2.1	08.03.2018	5.70	315.77	89.45	0.25	4.22	4.64	0.08	0.03	1.33
	LA 2.2	22.03.2018	7.48	356.80	88.24	0.18	3.42	5.04	0.08	0.04	3.00

Verzeichnisse

1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gemeindetypologie der Schweiz Hauptkategorien der Strukturanalyse <i>Raum mit städtischem Charakter 2012</i> (BFS, 2014) vor dem Hintergrund der <i>Gemeindetypologie 2012</i> mit neun Typen (BFS 2017a; BFS, 2018)	18
Abbildung 2:	Vereinfachter Entscheidungsbaum zur Gemeindetypologie nach BFS (2017a), bearbeitet; rote Pfade skizzieren das Versuchskonzept: innerhalb jeder Hauptkategorie der Gemeindetypologie wurde derjenige Gemeindetyp beprobt, der auf der Ebene der 25-er Typologie bezogen auf die Einwohnerzahl dem Median (± 1 Gemeindetyp) entsprach.	20
Abbildung 3:	Anlieferung des Grünguts einer Zielgemeinde (links), Durchmischen der Probe (rechts) mittels Pneulader	23
Abbildung 4:	Durchmischte Probe (links) und Sortierstation (rechts) Die Probe wurde zu einem länglichen Haufen angehäuft und chargenweise analysiert bis mindestens 300 kg erreicht waren (links); jeder angefangene Meter musste zu Ende beprobt werden....	24
Abbildung 5:	Sortierung des Grünguts (links) und sortiertes Grüngut (rechts) das Bild zeigt das Grüngut einer Gemeinde mit einem hohen Anteil an Lebensmittelabfällen; links: <i>Gartenabfälle</i> , Mitte: <i>Andere Nahrungsmittel</i> , rechts: <i>Rüstabfälle</i> , im Eimer: <i>Sonstige Fremdstoffe</i> , andere Fraktionen in geringem Masse.....	25
Abbildung 6:	Anteile der untersuchten Fraktionen im Grüngut ausgewählter Gemeinden bezogen auf die Frischsubstanz an zwei verschiedenen Zeitpunkten	27
Abbildung 7:	Anteil Lebensmittelabfälle im kommunalen Grüngut bezogen auf die Frischsubstanz (Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindecategorie)	28
Abbildung 8:	Anteil der Fremdstoffe im kommunalen Grüngut bezogen auf die Frischsubstanz (Mittelwerte pro Fraktion und Gemeindecategorie)	30
Abbildung 9:	Zusammensetzung des Grünguts bezogen auf die Frischsubstanz geordnet nach Beprobungszeitpunkt, in Relation zu den Tagesmitteltemperaturen an den Tagen der Beprobungen	31

2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beschreibung der Fraktionen im Grüngut in Anlehnung an die Kategorisierung der Studie <i>Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012</i> (BAFU, 2012).....	17
Tabelle 2:	Definition der Gemeindekategorien (BFS, 2017a)	19
Tabelle 3:	Schema der Erhebungskampagne	21
Tabelle 4:	Eckdaten der beprobten Sammeltouren: Gemeindekategorien, Gemeindetyp, Sammelsystem und Gebührenpflicht.....	22
Tabelle 5:	Methode zur Probenahme von Kompost ab Lager (FAC, 1995; Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalten, 1996)	23
Tabelle 6:	Anteil Lebensmittelabfälle (LM) und <i>vermeidbare</i> Lebensmittelabfälle (LMV) im Grüngut pro Gemeinde und Mittelwert (<i>M</i>) und Standardabweichung (<i>SD</i>) pro Gemeindekategorie im Zeitraum Januar bis April 2018 bezogen auf die Frischsubstanz (FS).....	29
Tabelle 7:	Hochrechnung pro Gemeindekategorie basierend auf den Mittelwerten des beobachteten Anteils Lebensmittelabfälle, respektive <i>vermeidbare</i> Lebensmittelabfälle, im Grüngut pro Gemeindekategorie bezogen auf die Frischsubstanz (FS), der Menge separat gesammelten Grünguts pro Einwohner (EW) im Jahr 2016 (BAFU, 2017) und der Anzahl Einwohner pro Gemeindekategorie (Anhang A3)	32
Tabelle 8:	Geschätztes Aufkommen an Lebensmittelabfällen (LM) aus kommunalen Quellen in der Schweiz aufgeteilt in vermeidbare und unvermeidbare Lebensmittelabfälle der Quellen Grüngut, Kehricht und Kanalisation/Hauskompost/Tierfütterung basierend auf den einwohnerbereinigten Werten der Hochrechnungen dieser Studie, der Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012 (BAFU, 2012) und dem Erfahrungswert von 35% FS Lebensmittelabfälle aus Kanalisation/Hauskompost/Tierfütterung einer Erhebungen der Lebensmittelabfälle auf Haushaltsebene im Jahre 2015 in England (WRAP, 2017), bezogen auf die Frischsubstanz (FS).....	34

Referenzen

- Alakangas, E., 2015. *Quality guidelines of wood fuels in Finland VTT-M-04712-15*. Bioenergia, Finnish Energy, Metsäteollisuus, Helsinki (FI).
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL (Hrsg.), 2018. *Zürcher Kompostier- und Vergärungsanlagen – Jahresbericht zu den Inspektionen 2018*. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL, Zürich.
- Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern GSA (Hrsg.), 2006. *Grundlagen für die Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen*. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern, Bern.
- Baier, U. & Deller, A., 2014. *FOOD WASTE – Fachliche Grundlagen. Bericht zur Po. Chevalley 12.3907*. BAFU, Bern (unveröffentlicht).
- Baier, U., Moser, Y., Rüschi, F. & Warthmann, R., 2017. *Biomassenutzung in der Schweizer Landwirtschaft - Stoffflussanalyse landwirtschaftlicher Biomassen auf Produktions- und Nutzungsebene*. ZHAW, Wädenswil (unveröffentlicht).
- Bukowiecki Gerber A., Halter M. & Aemisegger N., 2012. *Kosten und Leistungen der kommunalen Abfallwirtschaft, Auswertung der Gemeindeumfrage 2009*. Fachorganisation Kommunale Infrastruktur OKI, Bern.
- Bundesamt für Landestopographie Swisstopo, 2018. *swissBOUNDARIES^{3D}*. Abgerufen am 01.05.2018 unter <https://shop.swisstopo.admin.ch/de/products/landscape/boundaries3D>.
- Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, 2018. *Wetterdaten ZH-Affoltern (01.01. – 13.05.2018)*. Abgerufen am 14.05.2018 unter <https://shop.meteoswiss.ch/product-view.html?type=psc&id=17>.
- Bundesamt für Statistik BFS, 2014. *Raum mit städtischem Charakter 2012 – Erläuterungsbericht*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS, 2017a. *Raumgliederungen der Schweiz – Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS, 2017b. *Regionalporträts 2017: Kennzahlen aller Gemeinden*. Abgerufen am 29.05.2018 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/regionalstatistik/regionale-portraets-kennzahlen/gemeinden.assetdetail.2422865.html>
- Bundesamt für Statistik BFS, 2018. *Die Raumgliederungen der Schweiz 2018 - MS-Excel Version*. Abgerufen am 29.05.2018 unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/querschnittsthemen/raeumliche-analysen/raeumliche-gliederungen/raeumliche-typologien.assetdetail.4542638.html>.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2012. *Erhebung der Kehrlichzusammensetzung 2012*. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016a. *Lebensmittelabfälle*. Heruntergeladen am 13.06.2018 von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/biogene-abfaelle/abfallarten/lebensmittelabfaelle.html>.
- Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016b. *Kapitel 10 - Fremdstoffe*. In: Forum «Biogene Abfälle» – 17.11.2016. Heruntergeladen am 16.05.2018 von https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/veranstaltungen/forum_biogene_abfaelle_17-11-2016.html#1987193678.

- Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), 2017. *Kommunale Separatsammlung von biogenen Abfällen in der Schweiz, Stand 2016*. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene FAC, 1995. *Probenahme von Kompost*. In: Weisungen und Empfehlungen der FAC im Bereich Kompost. FAC, Liebefeld-Bern.
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (Wädenswil; vor 2004), Agroscope, FAL Reckenholz & Eidgenössische Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Changins (Nyon), 1996. *Schweizerische Referenzmethoden der Eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Landwirtschaftlichen Pflanzenbau FAP, Zürich-Reckenholz.
- Kupper T. & Fuchs J., 2007. *Kompost und Gärgut in der Schweiz. Studie 1: Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut. Studie 2: Auswirkungen von Kompost und Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit sowie die Pflanzengesundheit*. Umwelt-Wissen Nr. 0743. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA, 2001. *LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen*. LAGA, Mainz.
- Mandaliev P. & Schleiss K., 2016. *Kompostier- und Vergärungsanlagen. Erhebung in der Schweiz und in Liechtenstein*. Umwelt-Zustand Nr. 1602. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Mosberger L., Gröbly D., Buchli J., Müller C. & Baier U. (2016). *Schlussbericht Organische Verluste aus der Lebensmittelindustrie in der Schweiz - Massenflussanalyse nach Branchen und Beurteilung von Vermeidung/Verwertung*. ZHAW, Wädenswil (unveröffentlicht).
- Schleiss, K. & Kaiser, J.-P., 2001. *Bericht zum Projekt Fremdstoffuntersuchung im Grüngut*. Heruntergeladen am 16.05.2018 von <http://www.educompost.ch/downloads/fremdstoff2001.pdf>.
- Schöni, W., 2016. *Grünabfälle in den Gemeinden der Schweiz: Grundsätze für die Datenerhebung*. Schöni Personal & Qualifikation, Muttenz (unveröffentlicht).
- QGIS, 2017. *QGIS Geographic Information System Version 2.18.7*. QGIS Development Team, Open Source Geospatial Foundation Project, <http://qgis.osgeo.org>.
- Quartier, R., 2016. *Präsentation „Fremdstoffe in Kompost und Gärgut“*. Forum Biogene Abfälle vom 17.11.2016. Heruntergeladen am 16.05.2018 von https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/veranstaltungen/forum_biogene_abfaelle_17-11-2016.html#1987193678.
- WRAP, 2009. *Summary Report – Material Bulk Densities*. Report prepared by Resource Futures. WRAP, Banbury (UK).
- WRAP, 2017. *Household Food Waste in the UK, 2015 – Final report*. WRAP, Banbury (UK).
- WWF, 2012. *Lebensmittelverluste in der Schweiz – Ausmass und Handlungsoptionen*. Heruntergeladen am 17.09.2018 von https://assets.wwf.ch/downloads/12_10_04_wwf_foodwaste_ch_final.pdf
- ZHAW, 2007a. *Trockenrückstand (TR), Gesamttrockenrückstand (β TR) mit Mettler Waage PM 480, Infrarottrockner LP16 und Drucker LC-P45, S593-BT 1057*. In: Standardverfahren des Instituts für Biotechnologie, Umweltbiotechnologie ICBT-UBIOT. ZHAW, Wädenswil.

ZHAW, 2007b. *Glühverlust und Glührückstand, β Glühverlust und β Glührückstand, S593-BT 1050*. In: Standardverfahren des Instituts für Biotechnologie, Umweltbiotechnologie ICBT-UBIOT. ZHAW, Wädenswil.