

Littering-Kosten in der Schweiz

Vorstudie zur Methodikentwicklung
24. Februar 2010

Ernst **Basler + Partner** AG

seecon gmbh
society - economy - ecology - consulting

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Zielsetzungen	1
1.3	Vorgehensweise	1
2	Grundlagen	2
2.1	Was ist Littering?.....	2
2.2	Die Kosten des Litterings	2
2.3	Die Littering-Landkarte	2
2.4	Untersuchungsgegenstand und Abgrenzungen	3
3	Methodik zur Kostenermittlung	5
3.1	Anforderungen an die Kostenerhebung.....	5
3.2	Elemente der Methodik	6
3.3	Vorgehen Kostenermittlung.....	8
4	Fallbeispiel	14
4.1	Kurzcharakteristik Stadt Luzern bezüglich Littering	14
4.2	Erhobene Littering-Orte Stadt Luzern.....	16
4.3	Littering-Kosten Stadt Luzern.....	16
4.4	Hochrechnung für Gemeindetyp 2.....	17
5	Fazit	17
6	Ausblick / weitergehende Überlegungen.....	18
6.1	Mögliche Methodenentwicklung für Littering-Kosten im öffentlichen Verkehr	19
6.2	Zuordnung der Littering-Kosten zu Littering-Fraktionen	20

Anhänge

- A1 Glossar
- A2 Notwendige Zahl von Beispielgemeinden für die Hochrechnung auf die Schweiz
- A3 Littering Standorte Stadt Luzern
- A4 Kostenberechnungen Stadt Luzern

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) organisiert und moderiert den nationalen Runden Tisch zum Thema Littering. Ein kontrovers diskutiertes Thema sind die durch Littering verursachten Kosten. Obwohl im Jahr 2009 die Kostenfrage von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern etwas weniger prioritär betrachtet wurde, erwartet das BAFU, dass in naher Zukunft konkrete Angaben zu den durch Littering in der Schweiz verursachte Kosten benötigt werden.

Die Informationen zu den Kosten sollen eine zuverlässige und unter den Akteuren akzeptierte Basis für die weiteren Gespräche bilden; insbesondere bezüglich einer Regelung der zukünftigen Leistungen bzw. für einen Kostenteiler.

Aus diesem Grunde hat das BAFU den Auftrag für Vorabklärungen zu den Littering-Kosten in der Schweiz ausgelöst. Im Zentrum der Arbeit steht die Methodik-Entwicklung zur Erhebung der Littering-Kosten in der Schweiz.

1.2 Zielsetzungen

Mit der vorliegenden Vorstudie werden insbesondere folgende drei Ziele verfolgt:

- Das System „Littering“ und seine Elemente strukturieren, definieren und gegenüber anderen Systemen abgrenzen.
- Eine Methodik entwickeln, mit der die Littering-Kosten für die Schweiz auf wissenschaftlich fundierte Weise und mit vertretbarem Aufwand berechnet werden können.
- Überprüfung der Methodik und Sicherstellung der Anwendbarkeit zur Ermittlung der gesamtschweizerischen Littering-Kosten.

1.3 Vorgehensweise

Das Vorgehen der Vorstudie umfasste folgende Arbeitsschritte:

1. Untersuchungsgegenstand und Systemgrenzen festlegen
2. Akteure und deren Leistungen analysieren
3. Methodik zur Berechnung der Littering-Kosten entwickeln
4. Beispielhafte Erhebung und Hochrechnung durchführen
5. Synthese, Fazit und Empfehlung zum weiteren Vorgehen

2 Grundlagen

2.1 Was ist Littering?

Littering bezeichnet Verunreinigungen von Strassen, Plätzen, Parkanlagen oder öffentlichen Verkehrsmitteln durch unbedacht oder absichtlich fallen und liegen gelassene Abfälle. Auch wenn absolut gesehen vergleichsweise kleine Mengen von Abfällen auf dem Boden liegen bleiben, so empfindet doch die grosse Mehrheit der Bevölkerung dies als störend. Littering beeinträchtigt die Lebensqualität und das Sicherheitsgefühl im öffentlichen Raum, führt zu erhöhten Kosten bei den Reinigungsdiensten und schadet dem Ruf eines Ortes.

Die Ursachen des Littering sind vielfältig: Veränderte Konsum- und Ernährungsgewohnheiten, Bequemlichkeit, Individualismus und schwindende Rücksichtnahme im öffentlichen Raum, verändertes Freizeitverhalten, aber auch die wachsende Zahl von Veranstaltungen auf öffentlichen Plätzen usw.

2.2 Die Kosten des Litterings

Littering verursacht direkte und indirekte Mehrkosten, die bis anhin mehrheitlich durch die öffentliche Hand getragen werden. Die direkten Kosten beinhalten die erhöhten Ausgaben für das Einsammeln und Aufputzen von Litter im öffentlichen Raum (grösserer Reinigungsumfang, höhere Reinigungsfrequenz, etc.), zu den indirekten Kosten gehören die Mehraufwände für zusätzliche präventive Massnahmen wie z.B. Ausbau der Sammelinfrastruktur (mehr und andere öffentliche Abfalleimer, etc.), häufigere Leerungen derselbigen, Kontrollen (Videoüberwachung etc.) und Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit in Bezug auf die Problematik des Litterings.

Der Fokus dieser Studie liegt ausschliesslich auf den direkten Kosten.

2.3 Die Littering-Landkarte

Nachstehende Abbildung zeigt die wesentlichen Elemente des Litterings und deren Zusammenhänge bzw. gegenseitige Beeinflussung.

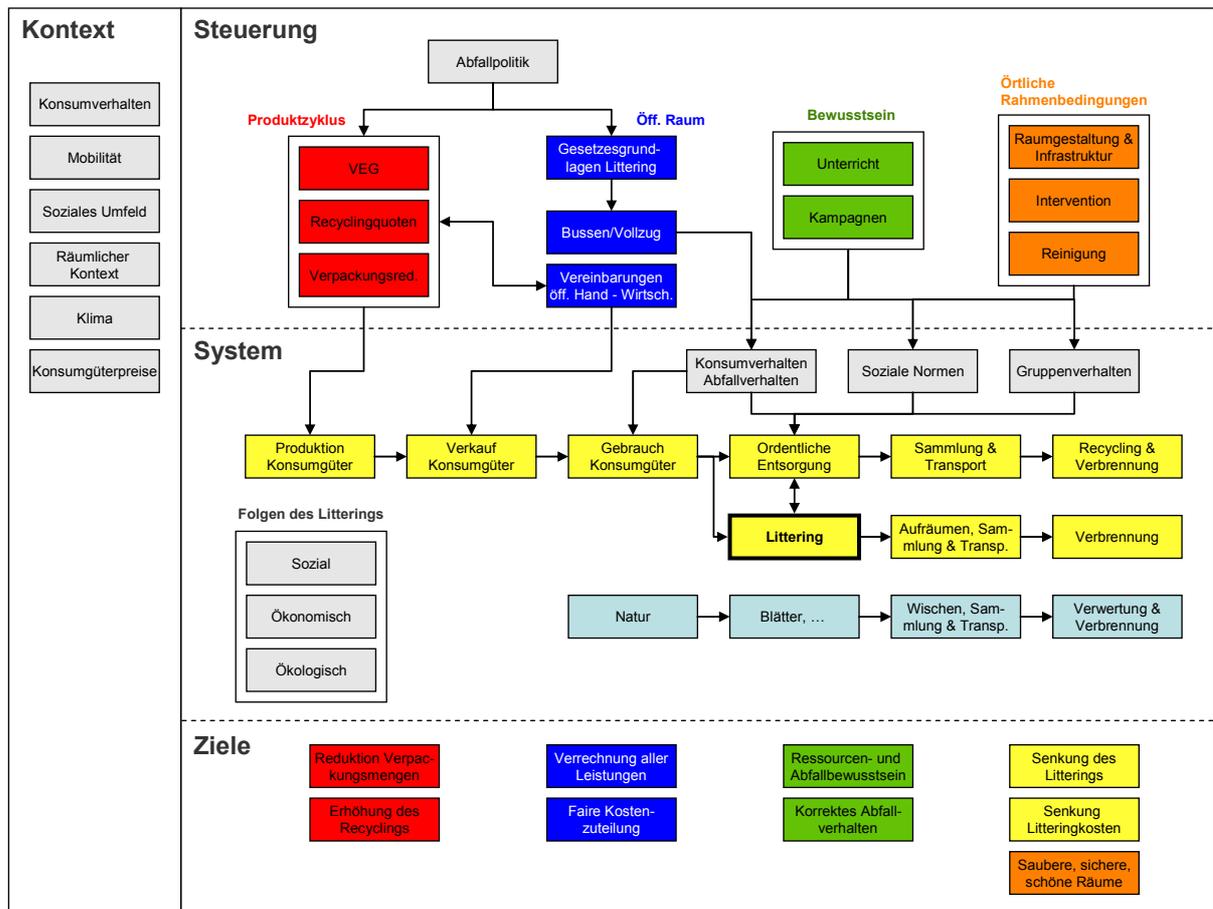


Abbildung 1: Littering-Landkarte.

2.4 Untersuchungsgegenstand und Abgrenzungen

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die **zusätzlichen Leistungen und direkten Kosten**, die für das Aufräumen und die Reinigung der Litteringabfälle auf öffentlichen Plätzen anfallen. Dabei geht es auch darum, diese Kosten von den ordentlichen Aufwendungen für die Reinigung öffentlicher Plätze und Leerung der Abfalleimer abzugrenzen (siehe Abbildung 2).

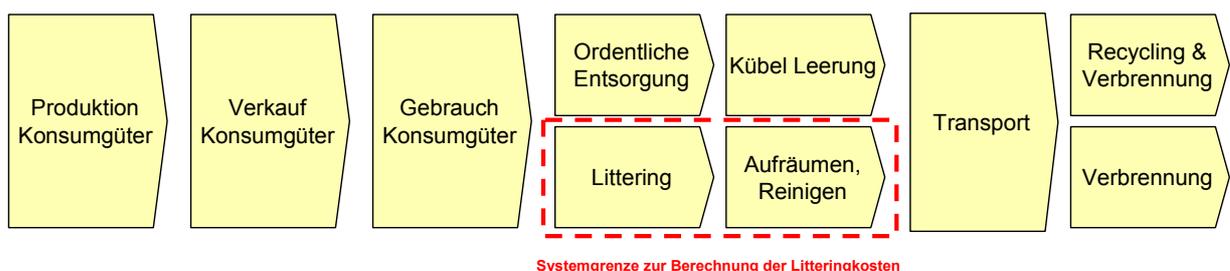


Abbildung 2: Abgrenzung zur Berechnung der direkten Littering-Kosten (roter, gestrichelter Rahmen).

Diese Vorstudie konzentriert sich auf Littering innerhalb von Gemeinden und Städten der Schweiz. Darin werden Littering-Situationen auf **Erholungs- und Grünanlagen** (im Folgenden „natürliche Flächen“ genannt) sowie auf **Verkehrsflächen im urbanen Raum** (im Folgenden „versiegelte Flächen“ genannt) unterschieden (siehe Abbildung 3, rot umrandet).

Die berücksichtigten Flächen innerhalb der Siedlungsflächen werden wie folgt definiert¹⁾:

- Innerhalb der Verkehrsflächen: Strassen [33] und Parkplätze [34]. Hier wird vereinfachend angenommen, dass diese Oberflächen versiegelt sind, z.B. geteert.
- Innerhalb der Erholungs- und Grünanlagen: Offene Sportanlagen [51], Friedhöfe [56], öffentliche Parkanlagen [59] und Strassengrün [68]. Hier wird vereinfachend angenommen, dass die Oberflächen natürlich sind, z.B. Rasen, Kiesweg.

Damit ist Littering entlang von Überlandstrassen und Autobahnen, auf Landwirtschaftsflächen, in Wäldern, auf Bahngelände oder in öffentlichen Verkehrsmitteln nicht berücksichtigt.

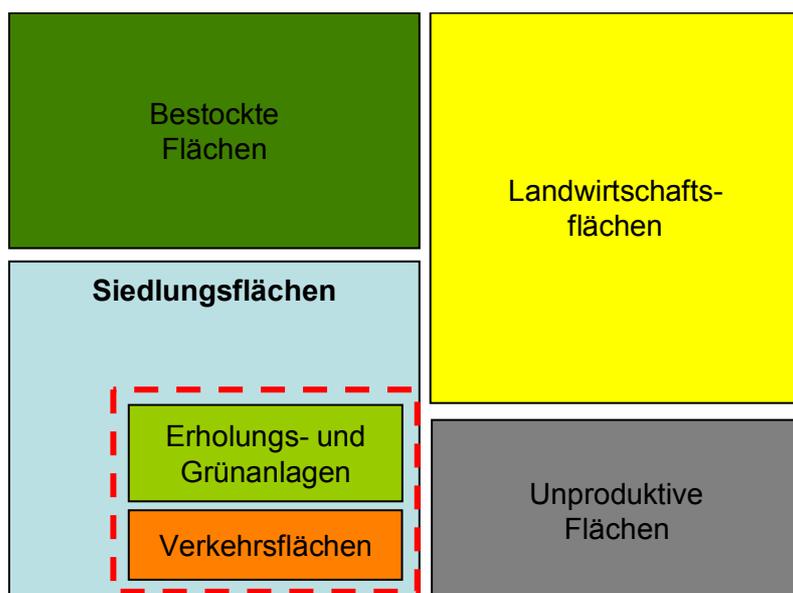


Abbildung 3: Fokus auf Littering im öffentlichen Raum in Siedlungsgebieten. Darin berücksichtigt sind Erholungs- und Grünanlagen („natürliche Flächen“) sowie Verkehrsflächen im urbanen Raum („versiegelte Flächen“).

Littering findet vor allem während der warmen Jahreszeiten statt, also von Frühling bis Herbst. Die Kosten werden für **das im Alltag anfallende Littering** ermittelt.

1) Begriffe und Definitionen gemäss Arealstatistik 1992/1997, siehe auch Kapitel 3.2.1.

Die Kosten für die Beseitigung liegen gelassener und weggeworfener Abfälle während und nach grossen Anlässen, z.B. Fasnacht, Streetparade, Sächsilüte, Ziebelämärit, usw., sind in diesem Alltags-Littering nicht enthalten. Die Littering-Kosten von Events können separat abgeschätzt und müssen zu den oben dargestellten Kosten addiert werden.

In einer allfälligen Hauptuntersuchung zu den Kosten des Litterings kann erwogen werden, zusätzlich die Littering-Kosten zu evaluieren, die in den öffentlichen Verkehrsmitteln wie Trams/Busse, S-Bahnen und SBB-Zügen verursacht werden. Die mögliche Methodik wird in diesem Papier in Kapitel 6.1 kurz skizziert. Damit wären aus heutiger Sicht die wesentlichen Littering-Kosten in der Schweiz erfasst (es fehlen noch Littering entlang Autobahnen und entlang Kantonsstrassen sowie Littering entlang Wanderwegen).

3 Methodik zur Kostenermittlung

Im anschliessenden Kapitel 3.2 werden die grundlegenden methodischen Elemente der Littering-Kostenerhebung vorgestellt. Die konkreten Vorgehensschritte der Erhebung sind in Kapitel 3.3 beschrieben.

3.1 Anforderungen an die Kostenerhebung

Die Methodik zur Erhebung der Kosten ist so zu entwickeln, dass die nachstehenden Anforderungen und Vorgaben erfüllt werden können:

- Die Vorgehensweise muss möglichst einfach und nachvollziehbar sein.
- Die Methodik ist so aufzubauen, dass diese bei Bedarf gezielt in ausgewählten Bereichen verfeinert werden kann, wenn beispielsweise eine höhere Genauigkeit der Littering-Kosten gefordert wird.
- Der Aufwand für die Kostenermittlung soll angemessen und „vernünftig“ machbar sein.
- Die Grundlage der Studie sollen echte Kosten aus den öffentlichen Diensten von Gemeinden und Städten bilden.

3.2 Elemente der Methodik

Die folgende Grafik stellt die Methodik-Elemente in der Übersicht dar.

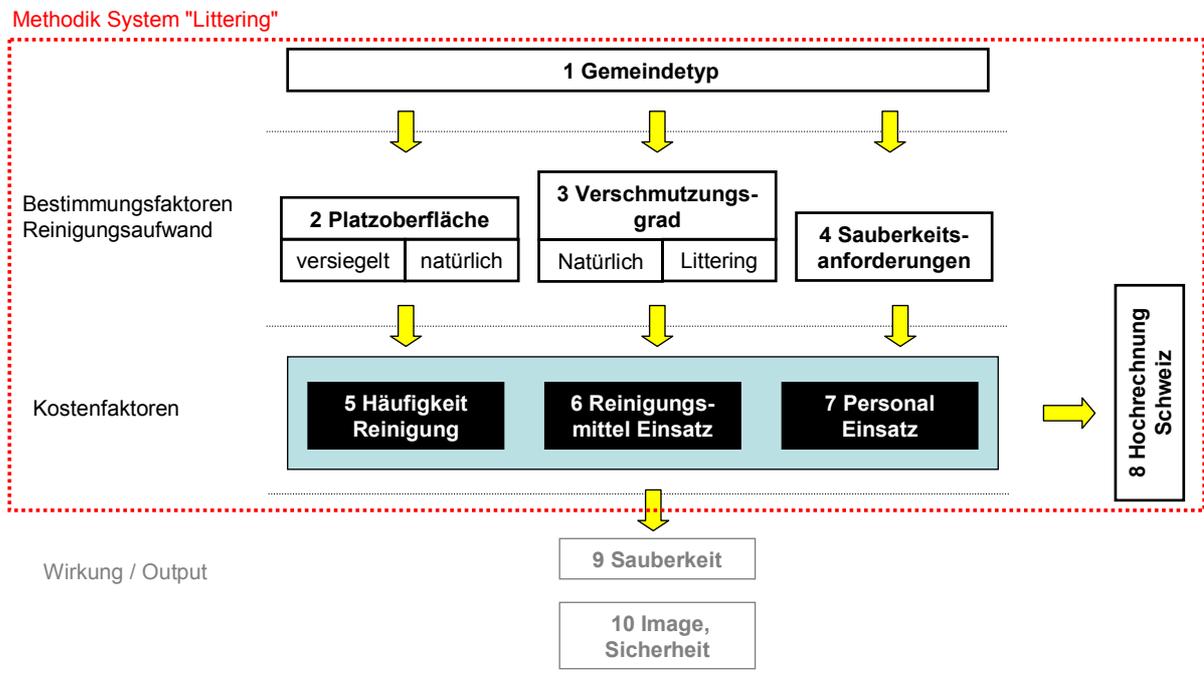


Abbildung 4: Methodikelemente zur Berechnung der Littering-Kosten.

3.2.1 Gemeindekategorien [1]

Die Erhebung und Hochrechnung der Littering-Kosten werden auf Gemeindeebene durchgeführt. Dafür werden die Kosten in einer Anzahl Gemeinden direkt erhoben und die Resultate auf die übrigen Gemeinden übertragen.

Für die Hochrechnung der Littering-Kosten muss die Vergleichbarkeit von erhobenen zu nicht erhobenen Gemeinden sichergestellt werden. Die Anzahl, die Beschaffenheit und der Verschmutzungsgrad der durch Littering betroffener Räume ist nicht in allen Gemeinden gleich. Während Landgemeinden eher durch Littering an nächtlichen Treffpunkten oder an Ausflugszielen betroffen sind, sind urbane Siedlungsgebiete eher von Littering in „Picknickbereichen“ und Durchgangszonen geprägt.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen erhobenen und hochgerechneten Gemeinden zu schaffen, wird der Verschmutzungsgrad als Vergleichswert hinzugezogen, da dieser auf eine ganze Gemeinde gesehen der entscheidende Faktor für den Reinigungsaufwand ist.

Die „Typologie der Gemeinden der Schweiz“ gemäss der Studie BFS/BRP/IREC hat die Schweizer Gemeinden in 22 Gemeindetypen klassiert. Diese Gemeindetypen haben aufgrund ihrer Grösse,

Frequentierung und der Nutzungsarten des öffentlichen Raums unterschiedliche Belastungen durch Littering. Da diese Einteilung zu feingliedrig ist, werden Gemeindetypen mit vergleichbarem Verschmutzungsgrad durch Littering in **Gemeindekategorien** eingeteilt. Die Zuordnung ist erfahrungsbasiert und kann bei der Erhebung im Rahmen einer allfälligen Hauptuntersuchung noch Änderungen erfahren.

3.2.2 Oberflächenbeschaffenheit von Littering-Standorten [2]

Ein wesentlicher Faktor für den Reinigungsaufwand ist die **Oberflächenbeschaffenheit** eines Ortes. Es wird unterschieden zwischen versiegelter Oberfläche (Teerbelag, Pflastersteine etc.) und natürlicher Oberfläche (Wiese, Kiesfläche etc.). Natürliche Flächen zeichnen sich durch einen erheblich höheren Reinigungsaufwand aus. In städtischen Grünräumen wird die Reinigung zusätzlich durch Bäume, Hecken, Blumenrabatten und andere Vegetation erschwert.

3.2.3 Verschmutzungsgrad von Litteringflächen [3]

Ein zweiter wesentlicher Faktor für den Reinigungsaufwand ist die **Verschmutzung** der Plätze. Es wird unterschieden zwischen natürlicher Belastung (Laub, Staub etc.) und liegen gelassenen Abfällen (Littering). Die Beseitigung von Streugut im Winter wird nicht berücksichtigt.

3.2.4 Anforderungen an die Sauberkeit einer Gemeinde [4]

Ein dritter massgebender Faktor für den Reinigungsaufwand ist die **Anforderung** einer Gemeinde an die **Sauberkeit** eines Platzes. Diese wirkt sich vor allem auf die Reinigungshäufigkeit aus. Gering belastete Räume mit hohem Sauberkeitsanspruch können dadurch einen deutlich höheren Reinigungsaufwand haben als stark belastete Räume mit durchschnittlicher Sauberkeitsanforderung.

3.2.5 Kostenrelevante Leistungen [5-7]

Der Reinigungsaufwand wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- die eingesetzten personellen Ressourcen: Anzahl Personen bzw. Personenstunden für das Beseitigen von Littering [5],
- die eingesetzten Reinigungsmittel bei maschineller Reinigung und Handreinigung [6] und
- die Reinigungshäufigkeit eines Platzes: Anzahl Platzreinigungen in einer Woche [7]

3.2.6 Hochrechnung der Kosten auf die Schweiz [8]

Innerhalb der Gemeindekategorien (siehe 3.2.1) werden in einzelnen Beispielgemeinden die Littering-Kosten erhoben. Durch die **Hochrechnung** werden die Resultate der untersuchten

Beispielgemeinden auf die anderen Gemeinden der Gemeindekategorien übertragen und anschliessend auf die Schweiz hochgerechnet.

Die berechneten Littering-Kosten sind mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet. Da diese auf den Werten der untersuchten Beispielgemeinden beruhen, ist ein direkter Vergleich der Littering-Kosten zwischen den Gemeinden und zwischen Kantonen nicht möglich.

3.3 Vorgehen Kostenermittlung

3.3.1 Vorgehen in der Übersicht

Das Vorgehen zur Ermittlung der Littering-Kosten erfolgt in vier Schritten (nachstehend zusammengefasst, detaillierter beschrieben in den Kapiteln 3.3.2 - 3.3.6):

1. Zuordnung der Schweizer Gemeinden in Gemeindekategorien, deren Gemeinden auf gleicher Fläche ähnliche Verschmutzungsgrade aufweisen. Diese Zuordnung erfolgt im Sinne eines ExpertInnenansatzes und wird im Rahmen der Erhebungen der Hauptstudie verifiziert.
2. Erhebung der Reinigungskosten für eine repräsentativen Anzahl Littering-Orte in Beispielgemeinden. Hierfür werden für jede dieser Gemeinden die Littering-Orte, deren Flächen und die Reinigungskosten erhoben.
3. Berechnung der Littering-Kosten für die ganze Gemeinde. Da nicht alle Littering-Orte in den Beispielgemeinden erhoben werden können, werden die Kosten der übrigen Littering-Orte berechnet. Pro Gemeindekategorie werden mehrere Beispielgemeinden untersucht.
4. Für die Hochrechnung wird anhand der Arealstatistik in allen Schweizer Gemeinden die Fläche des öffentlichen Raums im Siedlungsgebiet ermittelt. Aus diesen Angaben wird der Flächenanteil von Littering-Flächen an der Gesamtfläche des öffentlichen Raums ermittelt. Dies führt für jede Gemeindekategorie zu einem bestimmten Verhältnis von belasteten zu unbelasteten Flächen. Damit können die Kosten für die ganze Schweiz ermittelt werden.

3.3.2 Bildung von Gemeindekategorien

Die Einteilung der Schweizer Gemeinden gemäss der „Typologie der Gemeinden der Schweiz“ (Studie BFS/BRP/IREC) in 22 Gemeindetypen ist sehr feingliedrig und würde eine zu hohe Stichprobengrösse erfordern. Deshalb werden die Gemeindetypen mit vergleichbarem Verschmutzungsgrad durch Littering in Gemeindekategorien eingeteilt. Die Zuordnung erfolgte unter Berücksichtigung der Nutzung der öffentlichen Plätze in der *Freizeit* einerseits und während *Arbeits- und Schulzeit* andererseits. Die Zuordnung ist erfahrungsbasiert und kann im Rahmen einer allfälligen Hauptstudie noch Änderungen erfahren.

Es werden drei Gemeindekategorien gebildet, wobei die Differenzierung der Kategorien bei Bedarf noch verfeinert werden könnte (4 oder 5 Kategorien). Die Gemeindekategorien werden nach den Verschmutzungsgraden „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ eingeteilt (siehe Abbildung 5).

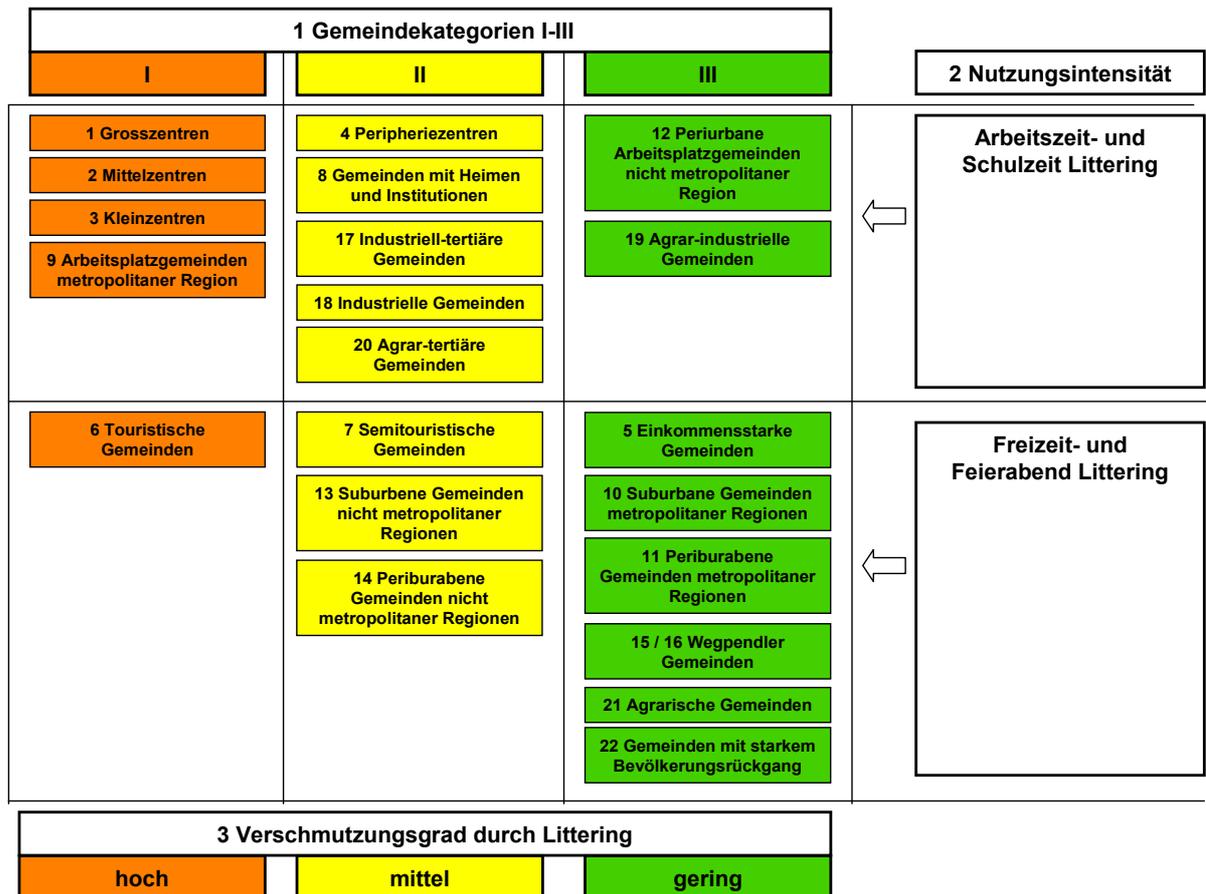


Abbildung 5: Gemeindekategorien bezüglich Verschmutzungsgrad. Die Gemeindetypen sind mit den Nummern 1-22 gekennzeichnet. Die Gemeindekategorien mit den Ziffern römisch I-III.

3.3.3 Erhebung der Reinigungskosten an Littering-Orten in Beispielmunicipalitäten

In den ausgewählten Beispielmunicipalitäten werden die durch Littering verursachten Reinigungskosten von einer repräsentativen Anzahl Littering-Orten ermittelt. Es werden folgende Daten erhoben:

- Oberfläche der Gemeinde (versiegelt oder natürlich)
- Flächen der Littering-Orten in m²
- Verschmutzungsgrade (hoch, mittel, gering)
- Dauer Handreinigung und maschinelle Reinigung pro Reinigungsrundgang
- Anzahl Reinigungsrundgänge pro Woche

Da der Verschmutzungsgrad und somit auch die Reinigungsintensität saisonal stark variieren, wird die Verschmutzung eines Raums anhand seines Zustands in der Littering-Hochsaison von Anfang Juni bis Mitte August definiert. In diesem Zeitraum ist die Verschmutzung des öffentlichen Raums maximal (=100%). Die Einteilung des Verschmutzungsgrades erfolgt anhand von Standard-Fotos. Es wird empfohlen, die gesamte Erhebung in diesem Zeitraum durchzuführen.

Die Berechnung der Reinigungskosten der Littering-Orten erfolgt anhand der aufgewendeten Zeit des Reinigungspersonals (Handreinigung und maschinelle Reinigung) pro Reinigungsrundgang. Für den Stundenansatz des Reinigungspersonals werden die Vollkosten verwendet. Unterhalt und Abschreibung von Reinigungsmaschinen sind in den Kosten der maschinellen Reinigung berücksichtigt.

Die Reinigungskosten der Littering-Orten werden in Kosten pro m² ausgedrückt. Die m²-Reinigungskosten der Littering-Orten ergeben sich aus dem Quotienten der Kosten eines Reinigungsrundgangs und der Gesamtfläche des Standorts (in m²).

3.3.4 Ermittlung der totalen Littering-Kosten in Beispielmunicipalitäten

In den Beispielmunicipalitäten können aus Kostengründen nicht alle Littering-Standorte erhoben werden. Für die Berechnung der Reinigungskosten der nicht erhobenen Littering-Standorte werden **Littering-Homogenflächen** gebildet, welche sich durch bestimmte m²-Reinigungskosten auszeichnen.

Für die Definition der Littering-Homogenflächen kommen verschiedene kostenrelevante Faktoren in Frage, wie die Oberfläche (versiegelt oder natürlich), der Verschmutzungsgrad, die Reinigungsart (Handreinigung oder maschinelle Reinigung) und die Struktur eines Raums (z.B. Teerbelag gegenüber Pflastersteinen, Aussenbestuhlung von Restaurants, Schwellen und andere Hindernisse etc.). Alle diese Faktoren üben einen Einfluss auf die Reinigungskosten eines Raums aus. In der Praxis erweisen sich jedoch nur die Oberfläche und der Verschmutzungsgrad als

zweckmässige Grössen für die Einstufung von Littering-Standorten, da sie einerseits einen direkten und massgeblichen Einfluss auf die Reinigungskosten haben und andererseits leicht zu bestimmen sind.

Durch die Differenzierung von Littering-Homogenflächen mittels Oberfläche und Verschmutzungsgrad entstehen sechs Kategorien (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kategorien von Littering-Homogenflächen.

Kategorie Littering-Homogenfläche	Oberfläche	Verschmutzungsgrad
A	versiegelt	stark
B	versiegelt	mittel
C	versiegelt	schwach
D	natürlich	stark
E	natürlich	mittel
F	natürlich	schwach

Die m²-Reinigungskosten der Littering-Homogenflächen werden für jede Gemeindekategorie einzeln ermittelt. Hierfür werden die erhobenen Littering-Orte den Littering-Homogenflächen (A-F) zugeordnet. Die m²-Reinigungskosten der Littering-Homogenflächen werden aus dem Durchschnitt der Kosten der zugeordneten Littering-Orte berechnet.

Zur Berechnung der gesamten Littering-Kosten der Beispielmunicipien werden die nicht erhobenen Littering-Orte durch GIS in ihrer Fläche erfasst und einer Kategorie der Littering-Homogenflächen zugeordnet. Die gesamten Reinigungskosten einer Beispielmunicipie ist die Summe der Kosten aller Littering-Homogenflächen.

Die Belastung durch Littering weist im Jahresverlauf die Form einer gauss'schen Glockenkurve auf, mit dem Maximum der Verschmutzung in den Monaten Mai bis August. Auf diese jahreszeitlichen Schwankungen reagieren nicht alle Gemeinden gleich, da der Reinigungsaufwand nicht immer flexibel an die Verschmutzung angepasst werden kann. Für die Berechnung der Littering-Kosten über das Jahr hinweg ist deshalb für jede Gemeindekategorie eine eigene Abstufung des saisonalen Reinigungsaufwands zu bestimmen. Diese Abstufung erfolgt expertenbasiert in Zusammenarbeit mit den Beispielmunicipien.

Die durch Littering verursachten Reinigungskosten müssen von den anderen Kosten für die ordentliche Platzreinigung (verursacht durch natürliche Verschmutzungen) abgegrenzt werden. Dies erfolgt durch eine analoge Ermittlung der Reinigungskosten pro m² von Referenzräumen, die nicht von Littering belastet sind (Baseline). Die Kostendifferenz wird dem Littering zugeordnet.

3.3.5 Hochrechnung der Flächen von Beispielgemeinden zu Gemeindekategorien

Zur Hochrechnung der Resultate der Beispielgemeinden wird für jede Gemeindekategorie ein Verhältnis zwischen belasteten und unbelasteten Flächen gebildet:

- Mit Hilfe der Arealstatistik des Bundesamts für Statistik wird ermittelt, wie viel m² Flächen in den Beispielgemeinden *insgesamt* als versiegelte Fläche² bzw. als natürliche Fläche³ vorkommen.
- Für jede Beispielgemeinde wird ermittelt, wie viele m² der Fläche durch Littering-Homogenflächen eingenommen wird.
- Für die Gemeinden einer Gemeindekategorie wird angenommen, dass das Verhältnis von Littering-Homogenflächen an der Gesamtfläche (versiegelt und natürlich) gleich ist.

Pro Gemeindekategorie wird für die Hochrechnung der Anteil der sechs Littering-Homogenflächen (A-F) an der Gesamtfläche (versiegelt und natürlich) berechnet. Dieser Anteil ist der Durchschnittswert der Beispielgemeinden (siehe Abbildung 6).

² Dies umfasst folgende Kategorien der Arealstatistik: Verkehrsflächen (Strassen und Wege, Parkplätze)

³ Dies umfasst folgende Kategorien der Arealstatistik: Erholungs- und Grünanlagen (Offene Sportanlagen, Friedhöfe, öffentliche Parkanlagen) sowie Verkehrsflächen (Strassengrün)

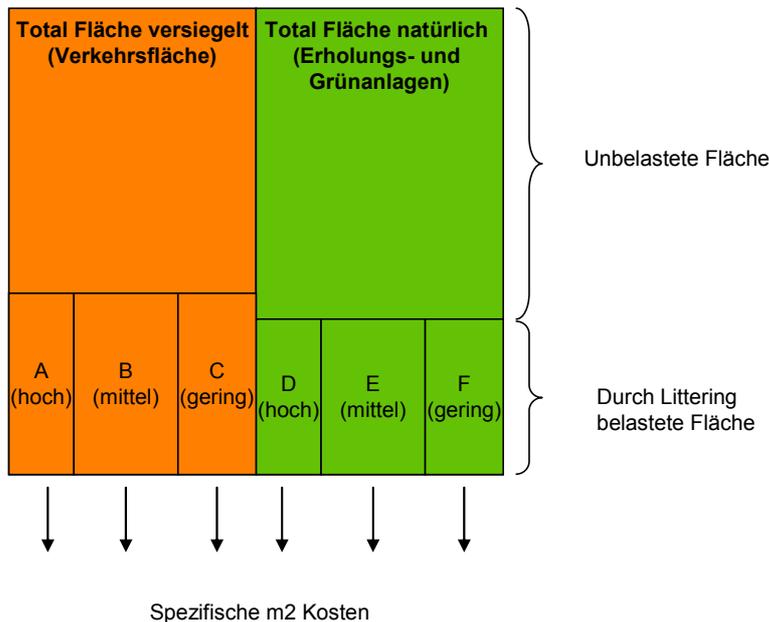


Abbildung 6: Prinzip der Bildung von Littering-Homogenflächen in Gemeindekategorien. Für jede Gemeindekategorie wird ein Anteil der Littering-Homogenflächen A-F an der Gesamtfläche der Gemeinden ermittelt.

3.3.6 Hochrechnung Littering-Kosten auf die Schweiz

Für die nicht untersuchten Gemeinden der Gemeindekategorie wird durch die Arealstatistik deren m² versiegelte (Verkehrsflächen) und natürliche Flächen (Erholungs- und Grünflächen) ermittelt. Durch die Anwendung des berechneten Verhältnisses wird ermittelt, wie viel m² dieser Gemeinden den verschiedenen Littering-Homogenflächen zugeordnet werden können. Die resultierenden m²-Zahlen werden anhand fixer m²-Kosten zu Gesamtkosten umgerechnet.

Die Summe der durch dieses Vorgehen ermittelten Gemeindegemeinkosten ergibt die totalen Kosten pro Gemeindekategorie.

Notwendige Stichprobengröße für die Hochrechnung auf die Schweiz

Es stellt sich die Frage, für wie viele Beispielmunicipalitäten (Stichprobengröße) die Littering-Kosten ermittelt werden müssen, damit nach den Regeln der Statistik der resultierende Schätzwert für die schweizweiten Littering-Kosten höchstens um einen vorgegebenen Prozentsatz vom wahren, unbekanntem Wert abweicht. Im Rahmen der vorliegenden Vorstudie wurde die erforderliche Stichprobengröße mittels Simulationen ermittelt, welche die Zufallsprozesse bei der Wahl einer Stichprobe abbilden. Das Vorgehen, die Annahmen und die Ergebnisse sind im Anhang A2 dieses Berichts detailliert beschrieben.

Die Ergebnisse können basierend auf den getroffenen Annahmen wie folgt zusammengefasst werden:

- Geht man von einem Konfidenzintervall von 90%⁴⁾ aus, so müssen bei einer erwarteten Genauigkeit in Bezug auf die Gesamtkosten von $\pm 10\%$ die Littering-Kosten für ca. 130 Beispielgemeinden (50 Gemeinden der Kategorien I sowie mindestens je 40 Gemeinden der Kategorie II und III) erhoben werden. Begnügt man sich mit einer Genauigkeit von lediglich $\pm 20\%$, so genügt bereits eine Stichprobe von etwa 40 Gemeinden.
- Da die im Rahmen der vorliegenden Vorstudie ermittelten Ergebnisse von verschiedenen Annahmen abhängig sind, die im Rahmen des Hauptprojekts anhand von Daten aus Beispielgemeinden wesentlich präzisiert werden können, empfiehlt sich ein iteratives Vorgehen. Es wird vorgeschlagen, aufgrund von Daten aus einer beschränkten Stichprobe für Gemeinden der untersuchten Kategorien im Verlauf der Hauptuntersuchung eine verbesserte Abschätzung der notwendigen Stichprobengrösse vorzunehmen. Die obigen Zahlenwerte sind deshalb lediglich als Richtwerte zu verstehen.
- Unabhängig vom der hier dargestellten Methodik sollten die Beispielgemeinden pro Kategorie für die Hauptuntersuchung möglichst "zufällig" ausgewählt werden. Damit kann am ehesten sichergestellt werden, dass unterschiedliche Merkmale der Gemeinden (z.B. bzgl. Grösse, Bevölkerungszusammensetzung etc.), die sich auf das Littering-Verhalten bzw. letztlich die Littering-Kosten auswirken könnten, in der untersuchten Stichprobe möglichst repräsentativ vertreten sind.

4 Fallbeispiel

4.1 Kurzcharakteristik Stadt Luzern bezüglich Littering

Luzern zählt als Gemeindetyp zu den Mittelzentren der Schweiz. Die Gemeinde hat ein weit reichendes Einzugsgebiet und ist ein zentraler Tourismusstandort. Durch seine Attraktivität ist Luzerns öffentlicher Raum dicht genutzt, sowohl im Alltag als auch durch Events. Dies führt nicht nur in der warmen Jahreshälfte zu starkem Nutzungsdruck und entsprechend hohem Littering.

Besonders im Gebiet um den Bahnhof bis zum Grünraum „Aufschütli“ südöstlich vom Bahnhof besteht eine starke Belastung durch Littering (siehe Abbildung 7, rote Flächen). Im Gebiet der Altstadt besteht flächendeckend eine mittlere Belastung durch Littering (gelbe Flächen). Im Neu-

4) Ein Konfidenzintervall von 90% bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% die über eine geeignete Stichprobe hochgerechneten schweizweiten Littering-Kosten die erwarteten Genauigkeitsanforderungen erfüllen.

stadtbereich (westlich des Bahnhofs) herrscht vorwiegend eine geringe Belastung durch Littering (grüne Flächen), mit einigen stark belasteten Hot-Spots rund um Lokale. Die restlichen Gebiete der Gemeinde sind kaum durch Littering belastet, bzw. sind an beliebten Stellen (Erholungsräume, Seezugänge etc.) über das Jahr hinweg nur vereinzelt verschmutzt. Diese Gebiete werden durch die Strassenreinigung als so gering belastet erachtet, dass sich der Reinigungsaufwand nicht von der Grundreinigung unterscheidet (Reinigungsaufwand ohne Littering). Aus diesem Grund wurden diese Gebiete nicht als Littering-Standorte eingestuft (weisse Flächen).

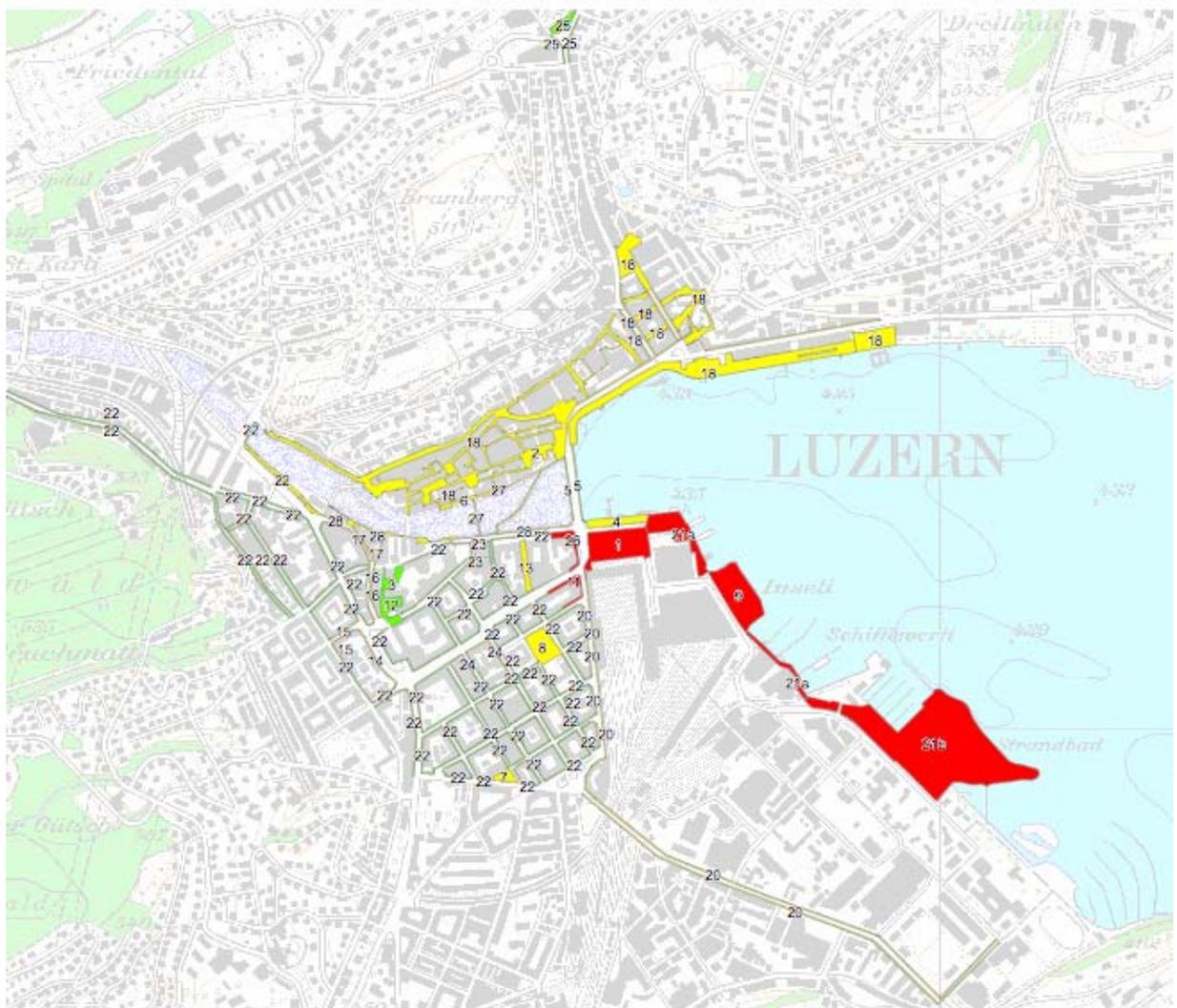


Abbildung 7: Littering-Homogenflächen der Stadt Luzern.

Als Tourismusstadt hat Luzern aber auch einen hohen Anspruch an die Sauberkeit im öffentlichen Raum und nimmt hohe Kosten auf sich, um diese zu gewährleisten. Auf dem Bahnhofplatz werden beispielsweise täglich drei Reinigungen durchgeführt, auf den meisten anderen Flächen wird täglich einmal gereinigt.

4.2 Erhobene Littering-Orte Stadt Luzern

Insgesamt wurden vom 24. August bis 24. September 2009 elf Littering-Orte erhoben. Hierfür wurde die Aufenthaltszeit des Reinigungspersonals (Handreinigung und maschinelle Reinigung) durch ein Zeiterfassungssystem des Strasseninspektorats festgehalten.

Die erhobenen Littering-Orte sind in Anhang A3 aufgeführt. Sie setzen sich aus versiegelten und natürlichen Flächen zusammen, welche stark, mittel und gering belastet sind. Die Flächen der untersuchten Standorte wurden mit dem Strasseninspektorat auf 1:1000 Karten abgegrenzt und anschliessend in GIS flächenmässig in m² erfasst.

4.3 Littering-Kosten Stadt Luzern

Für die elf untersuchten Littering-Standorte wurden die Kosten pro Reinigungsrundgang und m² berechnet. Grundlage für die Kostenberechnung war der Leistungsrapport des Strasseninspektorats, welcher den zeitlichen Aufwand und die daraus entstehenden Vollkosten für die Handreinigung und die maschinelle Reinigung für jeden Raum einzeln festhält.

Bei weiteren 16 Littering-Standorten und Gebieten wurden die Kosten pro Reinigungsrundgang und m² durch die Bildung von Littering-Homogenflächen gemäss Kapitel 3.3.4 errechnet (siehe Anhang A4).

Die saisonale Littering-Belastung bzw. Aufwand für die Reinigung der Gemeinde wurde durch Rolf Stocker des Strasseninspektorats abgeschätzt (siehe Abbildung 8).

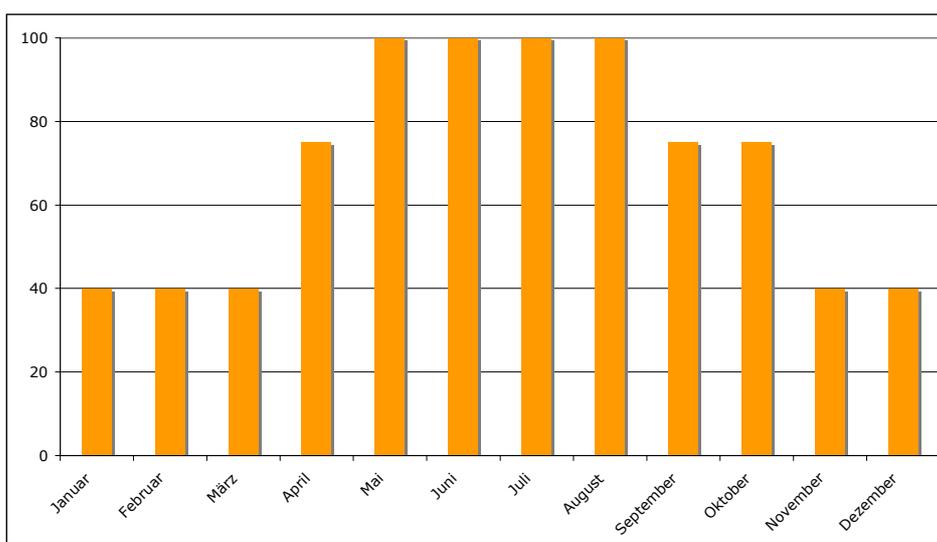


Abbildung 8: Saisonale Littering-Belastung der Gemeinde Luzern in Prozent. Die höchste Belastung von Juli bis August gilt als Referenzwert (100%).

Aus der Erhebung ergeben sich Littering-Kosten auf der Fläche des öffentlichen Raums in Luzern von jährlich rund 1.4 Millionen CHF (siehe Anhang A4). Aufgrund der geringen Stichprobengrösse an untersuchten Standorten ist die Fehlerbandbreite dieses Ergebnisses jedoch als hoch einzuschätzen und kann nicht zur Übertragung auf andere Standorte derselben Gemeindekategorie angewendet werden.

4.4 Hochrechnung für Gemeindetyp 2

Die Methodik der Hochrechnung der Littering-Kosten aus der Erhebung einer Gemeinde auf mehrere Gemeinden wurde am Beispiel der Städte des Gemeindetyps 2 überprüft⁵⁾.

Basierend auf den Resultaten der Erhebung der Stadt Luzern wurde der Anteil Littering-Homogenflächen aus der bestehenden (ungenauen) Datengrundlagen berechnet und mit den zugehörigen Reinigungskosten multipliziert. Total ergeben sich so für diesen Gemeindetyp Littering-Kosten im Siedlungsgebiet von ca. 21.5 Mio. Fr./a.

Tabelle 2: Grundlagentabelle mit wichtigsten Kennwerten für die Hochrechnung der Littering-Kosten in den Gemeinden des Typs 2.

		Versiegelte Oberfläche			Natürliche Oberfläche			Total
Typ Littering Homogenflächen	-	A	B	C	D	E	F	
Total Litteringflächen	ha	35.3	130.9	46.1	89.8	7.6	3.7	313.4
Gemeindetyp 2								
Reinigungskosten	Fr./a	4'047'597	9'613'909	1'551'960	5'412'144	745'974	47'279	21'418'863

5 Fazit

Die gewählte Methodik ermöglicht eine strukturierte und nachvollziehbare Ermittlung der Littering-Kosten im Siedlungsgebiet von Gemeinden.

Die Methodik erfasst und quantifiziert alle kostenrelevanten Parameter. Dadurch können Unsicherheiten weitgehend vermieden werden, was bei genügend grosser Stichprobe zu einer vertretbar geringen Fehlerbandbreite des Endergebnisses führt.

5) Die Städte des Gemeindetyps 2 sind: Aarau, Baden, Bellinzona, Biel/Bienne, Chur, Fribourg, La Chaux-de-Fonds, Locarno, Lugano, Luzern, Montreux, Neuchatel, Olten, Schaffhausen, Sion, Solothurn, St. Gallen, Thun, Vevey, Wil (SG), Winterthur und Zug.

Die Erhebung der notwendigen Basisdaten kann mit angemessenem Aufwand in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen aus Beispielmunicipalitäten durchgeführt werden. Die ausgewählten Parameter zur Bestimmung von Littering-Standorten und deren Einteilung in Littering-Homogenflächen sind für die Verantwortlichen nachvollziehbar und ohne Umstände anwendbar.

Die Gemeinden haben bei der Datenerhebung einen gewissen Aufwand zu gewärtigen. Dafür erhalten sie für ihre Gemeinde zuverlässige Informationen zu den Littering-Kosten.

Die beispielhafte Erhebung in Luzern basierte auf einer zu geringen Anzahl von Littering-Standorten und wäre somit in der Hauptuntersuchung zu präzisieren. Sie diene nur der methodischen Kontrolle und gibt aufgrund der geringen Stichprobengrösse kein verwendbares Resultat in Bezug auf die Kosten.

Geht man von einem Konfidenzintervall von 90% aus, so müssen bei einer erwarteten Genauigkeit in Bezug auf die Gesamtkosten von +/- 10% die Littering-Kosten für ca. 130 Beispielmunicipalitäten erhoben werden. Begnügt man sich mit einer Genauigkeit von +/- 20%, so genügt eine Stichprobe von etwa 40 Gemeinden. Die Stichprobengrösse pro Gemeindekategorie ist dabei unterschiedlich.

Die Kosten können mit der vorgeschlagenen Methodik für das Littering im öffentlichen Raum innerhalb des Siedlungsgebiets zuverlässig ermittelt werden. Für eine vollständige Übersicht müssten noch das Littering aus Grossanlässen, Littering im öffentlichen Verkehr sowie Littering ausserhalb des Siedlungsraums berücksichtigt werden.

6 Ausblick / weitergehende Überlegungen

Im Folgenden wird eine mögliche Studierweiterung in zwei Bereichen skizziert:

- Berechnung der Littering-Kosten im öffentlichen Verkehr
- Zuordnung der Littering-Kosten zu den wichtigsten Littering-Fraktionen und den entsprechenden Branchen

Es handelt sich hier um Grobkonzepte, welche im Rahmen der Studierweiterung zu konkretisieren sind.

6.1 Mögliche Methodenentwicklung für Littering-Kosten im öffentlichen Verkehr

6.1.1 Kurzbeschreibung und Abgrenzung

Neben dem Siedlungsgebiet ist in der Schweiz der öffentliche Verkehr (öV) der zweite grosse Bereich, in dem Littering ein Problem darstellt. Für eine möglichst vollständige Erfassung der Schweizerischen Littering-Kosten ist eine Erhebung in diesem Bereich nötig. Zum öV gehört sowohl der innerstädtische (Tram/Bus in den Städten und Agglomeration) wie auch der öffentliche Fernverkehr (S-Bahnen, SBB). Von Interesse ist das Littering in den Verkehrsmitteln selber und Littering an den Haltestellen.

6.1.2 Elemente der Methodik

Die Berechnung der Littering-Kosten im öffentlichen Verkehr basiert auf folgenden methodischen Elementen:

- Kategorisierung und Abgrenzung der zu erhebenden Littering-Orte (Verkehrsmittel, Bahnhöfe, Bahnareale) und der zu erhebenden Kosten (direkte Kosten durch Reinigung).
- Typisierung der Verkehrsbetriebe (städtische, regionale und nationale Verkehrsmittel).
- Definition der zu erhebenden Littering-Fraktionen (Pendlerzeitungen, fliegende Verpflegung flüssig und fest, Zigaretten und gegebenenfalls Kaugummis).
- Abgrenzung zwischen ordentlicher Abfallentsorgung und Littering.
- Ausgehend von den ermittelten Littering-Kosten der untersuchten Betriebe können die Kosten auf alle Schweizerischen Verkehrsbetriebe hochgerechnet werden. Eine mögliche Grösse für die Hochrechnung kann die Anzahl der transportierten Passagiere sein. Als Baseline können die Statistiken der entsprechenden Betriebe dienen.

6.1.3 Vorgehenskonzept

1. Methodikentwicklung und Wahl der Stichprobengrösse.
2. Kategorisierungen, Typisierungen, Definitionen und Abgrenzungen.
3. Erhebung der Abfallentsorgungskosten bei Beispieltransportunternehmen und Abgrenzung der darin enthaltenen Littering-Kosten (Kosten sind in der Regel bekannt). Je nach Datenlage ist hierfür an den betroffenen Standorten eine direkte Erhebung der Littering-Fraktionen erforderlich.
4. Hochrechnung der erhobenen Littering-Kosten von den Beispieltransportunternehmen auf alle Schweizerischen Verkehrsbetriebe.
5. Synthese

6.1.4 Einschätzung

Durch die Erweiterung der Erhebung werden die wichtigsten schweizerischen Littering-Standorte erfasst und können in die drei relevanten Posten "Littering auf öffentlichem Grund", "Littering durch Events" und "Littering im öffentlichen Verkehr" differenziert werden. Dadurch ist der grösste Teil der direkten Littering-Kosten erfasst. Für eine allfällige Erstellung eines Kostenschlüssels ist die Differenzierung der gelitterten Abfälle in Fraktionen erforderlich.

6.2 Zuordnung der Littering-Kosten zu Littering-Fraktionen

6.2.1 Kurzbeschreibung und Abgrenzung

Zur Zuordnung der Littering-Kosten auf die verursachenden Branchen ist eine Differenzierung des Litterings nach Fraktionen notwendig. Die wichtigsten, kostensystemrelevanten Littering-Fraktionen sind "Pendlerzeitungen", "fliegende Verpflegung flüssig", "fliegende Verpflegung fest", "Zigaretten" und gegebenenfalls "Kaugummis".

Die Methodik zur Ermittlung der Anteile der Littering-Fraktionen am gesamten Littering hängt von der angestrebten Genauigkeit ab. Für eine grobe Zuordnung der Fraktionen kann eine Erhebung anhand eines Rasters angewendet werden (Auswahl von Erhebungsstandorten nach einem räumlichen und zeitlichen Raster). Wird eine genauere Erhebung mit einer bekannten Unsicherheit angestrebt (z.B. $\pm 10\%$), ist eine differenziertere Erhebung erforderlich, da sich die Zusammensetzung der Fraktionen nach Standort und Erhebungszeitpunkt erheblich unterscheiden kann.

Die im Folgenden umrissene Methodik bezieht sich auf eine differenzierte Erhebung mit einer bekannten Unsicherheit.

6.2.2 Elemente der Methodik

Die Zuordnung der Schweizerischen Littering-Kosten zu Littering-Fraktionen beruht auf folgenden methodischen Elementen:

- Definition der Fraktionstypen und Verknüpfung zur entsprechenden Branche.
- Definition des Masses für die Quantifizierung der gelitterten Fraktionen: Gewicht, Volumen, Stückzahl.
- Differenzierung der Untersuchungsräume angelehnt an die Studien zur Erhebung der Littering-Kosten: Entwicklung einer Kategorisierung in Bezug auf Raumnutzung, Zeit und Gemeindekategorie.

- Differenzierung der Zusammensetzung der Littering-Fraktionen nach Tageszeiten, Wochentagen und Jahreszeiten.
- Ausgehend von der Zusammensetzung der Fraktionen in den differenzierten Untersuchungsräumen und der Flächenanteile dieser Räume wird der Anteil dieser Fraktionen am gesamtschweizerischen Littering berechnet.

6.2.3 Vorgehenskonzept

1. Methodikentwicklung und Einbindung in die Erhebungsmethodik der Littering-Kosten (diese Voruntersuchung Kapitel 1 bis 5).
2. Überprüfung dieser methodischen Erweiterung in Bezug auf die benötigte Stichprobengrösse.
3. Erhebung der Zusammensetzung der Littering-Fraktionen in einer repräsentativen Anzahl von Beispielräumen.
4. Hochrechnung der Erhebungsdaten auf Basis räumlicher und zeitlicher Kriterien.
5. Synthese

6.2.4 Einschätzung

Durch die Ermittlung der Zusammensetzung der Littering-Fraktionen können die gesamthaft in der Schweiz durch Littering verursachten Kosten gemäss den verschiedenen Produktkategorien "Pendlerzeitungen", "fliegende Verpflegung flüssig", "fliegende Verpflegung fest", "Zigaretten" und gegebenenfalls "Kaugummi" differenziert und den ursprünglichen verursachenden Branchen zugeordnet werden. Gerade im Kontext der Diskussion um die Verursacherverantwortung als Folge des Rechtsstreits zwischen dem Detailhandel und der Stadt Bern wird diese Information Wichtigkeit erlangen.

Damit die Berechnungsergebnisse von möglichen künftigen Kostenträgern (=Branchen) akzeptiert werden, sind solide Kostenschätzungen und eine nachvollziehbare Vorgehensweise von entscheidender Bedeutung. Dies kann durch eine sorgfältige und methodisch saubere Arbeit sichergestellt werden. Der Aufwand hierfür ist noch abzuschätzen.

A1 Glossar

Baseline	Reinigungskosten pro m ² ohne Littering (Grundreinigungskosten). Diese Kosten werden an Standorten ermittelt, welche nicht durch Littering belastet sind. Die Baseline wird von den erhobenen m ² -Reinigungskosten der Littering-Homogenflächen abgezogen.
Beispielgemeinde	Gemeinde in einer Gemeindekategorie, welche für die Berechnung der Littering-Kosten exemplarisch untersucht wird.
Gemeindekategorie	Einstufung der Gemeinden nach deren Verschmutzungsgrad.
Gemeindetyp	Einstufung der Gemeinden nach den 22 Typen des Bundesamts für Statistik.
Grundreinigungskosten	Siehe Baseline.
Littering-Homogenfläche	Raum einer Gemeindekategorie mit bestimmten m ² -Reinigungskosten.
Littering-Kosten	Kosten, die durch den Reinigungsaufwand zur Beseitigung von Littering entstehen. Diese Kosten enthalten nicht die Grundreinigungskosten, welche auch ohne Littering entstehen.
Littering-Ort	Raum im Siedlungsgebiet von Gemeinden, welcher durch Littering belastet ist. Räume, deren Reinigungskosten sich nicht von den Kosten der Grundreinigung unterscheiden, werden nicht als Littering-Standorte bezeichnet. Zur Berechnung der Littering-Kosten wird jeder Littering-Standort einer Littering-Homogenfläche zugeordnet.
Natürliche Flächen	Räume, deren Boden unbefestigt ist und/oder Rasenflächen beinhalten und/oder einen hohen Baum- und Heckenbestand haben. In der Arealsstatistik des BFE werden diese Flächen als Erholungs- und Grünanlagen aufgeführt (offene Sportanlagen, Friedhöfe, öffentliche Parkanlagen) und als Verkehrsflächen (Strassengrün).

Versiegelte Flächen

Flächen, deren Boden versiegelt ist und kaum über Vegetation verfügt. In der Arealstatistik des BFE werden diese Flächen als Verkehrsflächen aufgeführt (Strassen und Wege, Parkplätze).

A2 Notwendige Zahl von Beispielgemeinden für die Hochrechnung auf die Schweiz

Übersicht

Wie in Kapitel 3.3.6 beschrieben, werden die zu erwartenden schweizweiten Littering-Kosten für jede Gemeindekategorie ausgehend von erhobenen Werten für einzelne Beispielgemeinden der entsprechenden Kategorie hochgerechnet.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, für wie viele Beispielgemeinden (Stichprobengrösse) die Littering-Kosten ermittelt werden müssen, damit nach den Regeln der Statistik der resultierende Schätzwert für die schweizweiten Littering-Kosten höchstens um einen vorgegebenen Prozentsatz vom wahren, unbekanntem Wert abweicht. Je grösser die Stichprobe gewählt wird, desto genauer wird das Hochrechnungsergebnis ausfallen; andererseits nimmt aber auch der Aufwand für die Datenbeschaffung zu. Hier nicht betrachtet werden allfällige Unschärfen bei den ermittelten Littering-Kosten für die Beispielgemeinden.

Im Folgenden wird in kurzer Form dargelegt, wie im Rahmen der vorliegenden Vorstudie eine grobe Schätzung in Bezug auf die notwendige Stichprobengrösse pro Gemeindekategorie abgeleitet wurde. Dazu sind allerdings verschiedene Schätzungen notwendig. Im Rahmen der Hauptstudie werden sukzessive genauere Daten vorliegen, so dass empfohlen wird, die notwendige Stichprobengrösse zu einem geeigneten Zeitpunkt zu aktualisieren. Beispielsweise kann aufgrund der Daten zu je 10 Beispielgemeinden pro Kategorie die notwendige Stichprobengrösse für die Zielerreichung genauer ermittelt werden, als es aufgrund der aktuellen Datenlage möglich ist.

Konventionen und Annahmen

Je höher die Anforderungen an die Genauigkeit der Ergebnisse sind, desto grösser ist die notwendige Stichprobe. Wie in der Statistik üblich, werden die Genauigkeit sowie die Zuverlässigkeit der erwarteten Ergebnisse mit den folgenden zwei Kenngrössen beschrieben:

- Maximal zulässige Unschärfe ΔK im Ergebnis:
$$\Delta K = \frac{|K_{Sp} - K_{wahr}|}{K_{wahr}}$$
 wobei

K_{Sp} : hochgerechnete Gesamtkosten aufgrund einer Stichprobe

K_{wahr} : wahre, aber unbekannte Gesamtkosten

Im Folgenden werden die Stichprobengrössen für die beiden Werte $\Delta K = 0.1 (\pm 10\%)$ bzw. $0.2 (\pm 20\%)$ ausgewiesen.

- Wahrscheinlichkeit α , dass der ermittelte Wert K_{Sp} im Intervall $[K_{wahr}-\Delta K, K_{wahr}+\Delta K]$ liegt (sogenanntes Konfidenzintervall). Im Folgenden werden die Stichprobengrößen für das 90%- und 80%-Konfidenzintervall betrachtet.⁶⁾

Für eine gegebene Stichprobengröße hängt die Unschärfe im Ergebnis (Gesamtkosten) massgeblich von der Streuung der gemeindespezifischen Kosten pro Gemeindekategorie ab. Je grösser letztere ist, desto grösser sind auch die Unschärfen in den Ergebnissen. Es ist deshalb notwendig, entsprechende Annahmen zu treffen, um im Rahmen der Voranalyse bereits eine grobe Aussage zur Grösse der notwendigen Stichprobe pro Gemeindekategorie machen zu können. Da zudem die notwendigen Berechnungen nicht rein analytisch, sondern nur numerisch durchgeführt werden können, wird nachfolgend ein vereinfachtes Rechenmodell dargestellt, anhand dessen die Stichprobengrößen ermittelt werden. Folgendes vereinfachtes Rechenmodell wird zugrunde gelegt:⁷⁾

$$K_i = F_i \cdot A_i \cdot K_{norm} \quad (\text{Formel 1}) \quad \text{wobei}$$

K_i : jährliche Littering-Kosten für Gemeinde i (einer gegebenen Kategorie) [Fr./Jahr]

F_i : massgebliche Fläche (Verkehrs- und Grünflächen) für Gemeinde i [ha]

A_i : Anteil der massgeblichen Fläche, die von Littering betroffen ist

K_{norm} : normierte, flächenbezogene Kosten infolge Littering [Fr./ha/Jahr]
(vereinfachende Annahme: unabhängig von der Gemeinde)

Betrachtet man die Gesamtheit aller Gemeinden einer Kategorie, so stellen die Werte für F_i und A_i eine Verteilung dar. Für F_i wird eine Lognormalverteilung angenommen, für A_i eine Normalverteilung. Beide sind durch jeweils einen Erwartungswert sowie eine Standardabweichung eindeutig charakterisiert. Zudem wird angenommen, dass die Verteilungen für F_i und A_i unabhängig sind.⁸⁾

6) In anderen Anwendungsbereichen, z.B. in der Technik, sind 95%- oder sogar 99%-Konfidenzintervalle üblich. Die viel bessere Quantifizierbarkeit der Einzelparameter dieser Systeme ermöglicht wesentlich zuverlässigere Aussagen. 95%- oder 99%-Konfidenzintervalle lassen sich bei Littering-Kosten nicht machen, nicht einmal auf der Stufe einzelner Gemeinden, da die erhobenen Basisdaten selbst eine zu grosse Ungenauigkeit aufweisen.

7) Auf eine Differenzierung nach Grün- bzw. Verkehrsflächen sowie nach den drei Verschmutzungsgraden wird der Einfachheit halber verzichtet.

8) D.h. hohe Werte der einen Verteilung korrelieren nicht systematisch mit hohen (positive Korrelation) bzw. tiefen (negative Korrelation) Werten der anderen Verteilung (innerhalb einer Gemeindekategorie).

Vorgehen zur Ermittlung der Stichprobengrösse

Das Vorgehen zur Ermittlung der notwendigen Stichprobengrösse pro Gemeindekategorie kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Es werden pro Gemeindekategorie Stichproben der Grösse 5, 10, 20, 30, 40 bzw. 50 (fiktiven) Gemeinden betrachtet (im Sinne von Stützstellen) inkl. aller Kombinationen (d.h. $6^3 = 216$ Kombinationen zwischen minimal $3 \cdot 5 = 15$ und maximal $3 \cdot 50 = 150$ Gemeinden).
- Für jede dieser 216 Kombinationen wird pro (fiktiver) Gemeinde über Monte-Carlo-Simulationen⁹⁾ im Rahmen der angenommenen Verteilungen zufällige Werte für F_i und $A_{\square i}$ zugeordnet, daraus über Formel 1 die mittleren Littering-Kosten pro Gemeinde aus der Stichprobe berechnet und anhand der Zahl der Gemeinden sowie durch Aggregation über die einzelnen Kategorien die gesamten, schweizweiten Littering-Kosten ermittelt. Dieses Monte-Carlo-basierte Verfahren wird mehrere Tausend Mal durchgerechnet, so dass sich für jede der obigen Kombinationen von Stichprobengrössen eine Verteilung der schweizweiten Gesamtkosten ergibt.¹⁰⁾

Als Beispiel ist in Abbildung 9 die Gesamtkostenverteilung für je 50 Gemeinden der Kategorie I sowie je 40 Gemeinden der Kategorie II bzw. III dargestellt (Basis: 5'000 Stützstellen entsprechend der Zahl der Monte-Carlo-Durchläufe). Für dieses Beispiel ergibt sich, dass 90% der 5'000 zufälligen Stichproben (Monte-Carlo-Simulationen) Gesamtkosten liefern, die höchstens je 10% vom Mittelwert von 486 Mio. (=Schätzwert für den wahren, aber unbekanntem Wert) nach oben bzw. unten abweichen (d.h. zwischen 437 und 535 Mio. Fr. liegen).

9) Für Informationen zu Monte-Carlo-Simulationen vgl. den Artikel in <http://de.wikipedia.org/wiki/Monte-Carlo-Simulation>.

10) Für die Monte-Carlo-Berechnungen wird das Programm "Crystal Ball" der Firma Oracle eingesetzt.

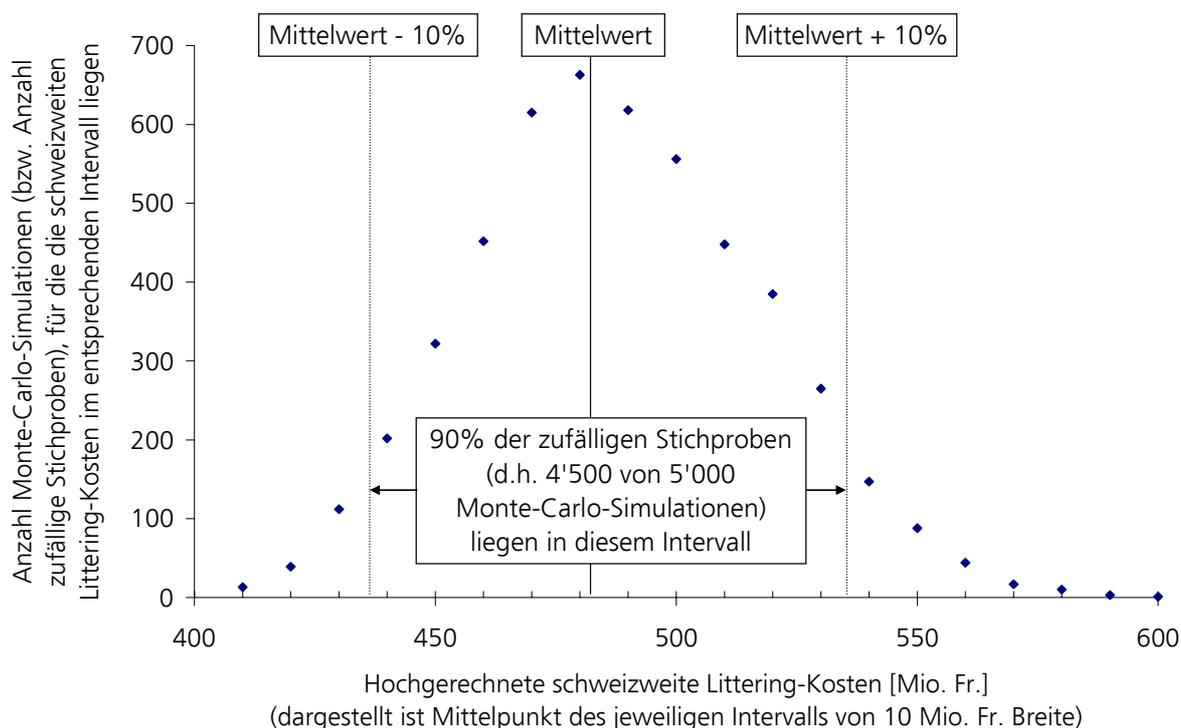


Abbildung 9: Verteilung der hochgerechneten, schweizweiten Littering-Kosten am Beispiel einer Stichprobe von 50 / 40 / 40 Gemeinden der Kategorie I / II / III. Basis sind 5'000 zufällige Stichproben (Monte-Carlo-Simulationen). Die Ergebnisse wurden für die Zwecke der Darstellung einer Klasse der Breite 10 Mio. Fr. zugeordnet.

Je grösser die Zahl der Gemeinden in der Stichprobe gewählt wird, desto schmäler wird die in Analogie zu Abbildung 9 dargestellte Verteilung der Gesamtkosten.

- Für jede der 216 Verteilungen werden für die beiden betrachteten Konfidenzintervalle 90% bzw. 80% die zugehörigen Unschärfen ermittelt.
- Schliesslich werden für die beiden betrachteten Konfidenzintervalle (90% bzw. 80%) je diejenige Verteilung identifiziert, für welche die Unschärfe gerade noch unterhalb der betrachteten beiden Grenzwerte ($\pm 10\%$ bzw. $\pm 20\%$) liegt und für welche die Grösse der gesamten Stichprobe (Summe der Gemeinden über alle Kategorien) minimal ist.

Ergebnisse

Die Ergebnisse, die sich auf Basis der Annahmen ergeben, sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Notwendige Stichprobengrösse pro Gemeindekategorie und total als Ergebnisse der Monte-Carlo-Berechnungen

maximale zulässige Unschärfe in den gesamten Littering-Kosten (Abweichung vom wahren Wert)	Konfidenzintervall	notwendige Stichprobengrösse (Anzahl Gemeinden)			
		Kat. I	Kat. II	Kat. III	total
+/-10%	90%	50	40	40	130
	80%	40	20	20	80
+/-20%	90%	20	10	10	40
	80%	10	5	5	20

Beispiel: Durch eine Stichprobe von mindestens 50 Gemeinden der Kategorien I sowie mindestens je 40 Gemeinden der Kategorie II und III ist sichergestellt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% die über eine Hochrechnung ermittelten schweizweiten Littering-Kosten höchstens um 10% oberhalb oder unterhalb des (unbekannten) wahren Werts liegen.

Zur Interpretation der Ergebnisse ist Folgendes zu bemerken:

- Die notwendige Stichprobengrösse für Gemeinden der Kategorie I ist im Vergleich zu deren Gesamtzahl deutlich am höchsten, weil diese Gemeinden gemäss Annahme in der Summe und pro Gemeinde einen überdurchschnittlichen Beitrag zu den schweizweiten Littering-Kosten ausmachen.
- Die notwendige Stichprobengrösse von Gemeinden der Kategorie II und III ist etwa vergleichbar. Der absolut und pro Gemeinde grössere Kostenbeitrag von Gemeinden der Kategorie II kompensiert sich etwa mit der angenommenen grösseren Unschärfe (in Relation zum Mittelwert) in den Grössen F_i und insbesondere A_i für die Gemeinden der Kategorie III.

A3 Littering Standorte Stadt Luzern

Übersicht

Raum Nr.	Name	Homogen- raum (*)	Oberfl.-Typ (vers./nat.)	Verschmutz- ungsgrad
1	Bahnhofplatz	A	vers	1
2	Kapellplatz	B	vers	2
3	Franziskanerplatz	C	vers	3
4	Schiffanlegestelle Trottoir	B	vers	2
5	Seebrücke Trottoir	C	vers	3
6	Rathausquai	B	vers	2
7	Park Helvetiaplatz	E	nat	2
8	Park Sempacherstrasse	E	nat	2
9	Park Inseli	D	nat	1
11	Vorplatz Monopol	A	Vers.	1
12	Franziskanergarten	F	nat	3
13	Seidenhofstr. (ganze Strasse)	B	vers	2
14	Hallwylweg	B	vers	2
15	Kasimir Pfeifferstr	B	vers	2
16	Burgerstr.	B	vers	2
17	Pfistergasse	B	vers	2
18	Altstadt	B	vers	2
19	Helvetiaplatz	E	Nat	2
20	Zentrastr., Bundensplatz, Langensandbrücke, bis Eisfeldstr. (Trottoirs)	B	vers	2
21a	Werftesteg	A	Vers	1
21b	Aufschütti	D	nat	1
22	Neustadtquartier (nur Trottoirs)	C	vers	3
23	Theaterplatz	B	vers	2
24	Hirschmattstr., Pilatusstr. Winkelriedstr.	B	vers	2
25	Schlossberg	C	vers	3
26	Bahnhofplatz Postseite	A	vers	1

Die Daten zu Flächen und Kosten der Littering-Standorte 1 bis 12 wurden vor Ort erhoben.

Erhobene Littering-Standorte in Luzern

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Bahnhofplatz	1	10'419		hoch	Mittel: Bänke, Schwellen durch Bushaltestellen etc.	A	21	Kombi
Kapellplatz	2	2'135		mittel	Mittel: Trottoir von Hand (Bänke, Baumscheiben)	B	7	Kombi

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Franziskanerplatz	3	21'519		niedrig	Mittel: Nur Handreinigung da „Pflüster-Platten“ auf Sand verlegt	C	7	Hand
Trottoir Bahnhofstr., Schiffanlegestellen	4	2'555		mittel	Gering: Maschinelle Reinigung genügt	B	7	Maschine

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Trottoir Seebrücke beidseitig	5	686		niedrig	Gering: Keine Hindernisse	C	7	Maschine

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Rathausquai	6	1'023		niedrig	Hoch: Erschwerung durch Pflasterstein, Mobiliar von Gewerbe etc.	B	7	Hand
Franziskangergarten beim Marienbrunnen	12	2'645		niedrig	Hoch: Handreinigung	F	3.5	Hand

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Park Helvetiaplatz	7	1'097		niedrig	Mittel-hoch	E	3.5	Hand
Park Sem-pacherstr.	8	4'236		mittel	Hoch: Grünflächen, Hecken etc.	E	7	Kombi

Beispielraum	Raumnummer	Fläche (m ²)	Foto	Litteringmenge	Aufwand durch Struktur	Littering-Homogenraum	Reinigungen pro Woche	Reinigungsart
Park Inseli	9	10'552		hoch	Hoch: Grünflächen etc., nur von Hand	D	7	Hand
Vorplatz Monopol	11	1'213		hoch	Gering: Versiegelte Fläche	A	14	Hand

