Schlussbericht

Zürich und Basel, 10. Dezember 2020

# Projekt HARVE
# Holzaschen in der Schweiz

## Aufkommen, Verwertung und Entsorgung von Holzaschen aus Anlagen grösser als 50 kW

Schweizerische Hochrechnung der Massenflüsse der Holzaschen. Erarbeiten von Grundlagen für zukünftige Entsorgungs-, Verwertungs- und Logistikkonzepte.

---


**Auftragnehmer:**

Holzenergie Schweiz
Neugasse 6
8005 Zürich

Schweizerischer Verband für Umwelttechnik SVUT
Alte Bahnhofstrasse 5
3110 Münsingen


**Auftraggeber:**

Bundesamt für Umwelt (BAFU),

## Dank

Die Autoren danken allen Beteiligten für ihre Unterstützung und ihre Beiträge zu diesem Bericht und dem Bundesamt für Umwelt (Aktionsplan Holz), Holzenergie Schweiz und dem Schweizerischen Verband für Umwelttechnik für die finanzielle Unterstützung.

Ein spezieller Dank gebührt auch den Vertretern der Kantone Basel-Landschaft, St. Gallen, Graubünden, Solothurn und Tessin, welche die Planung und Durchführung der Umfragen und der Informationsanlässe massgeblich unterstützten.

### Impressum

Projekt HARVE

Holzaschen in der Schweiz, Aufkommen, Verwertung und Entsorgung von Holzaschen aus Anlagen grösser als 50 kW

Abschlussbericht

Version: def.

Verfasser: Michael Tobler, Maurice Jutz

Projektgruppe: Andreas Keel, Urs Rhyner, Michael Tobler, Maurice Jutz

Dieser Bericht wurde von den Verfassern mit Sorgfalt erarbeitet unter Verwendung der zur Verfügung stehenden aktuellen Informationen und Grundlagen; dies im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber.

# Inhalt


| | | |
|---|---|---|
| **Zusammenfassung** | | **5** |
| **1** | **Einleitung** | **7** |
| **1.1** | **Hintergrund und Rechtfertigung** | **7** |
| **1.2** | **Projektziele** | **8** |
| **2** | **Massenbilanz Holzaschen Schweiz** | **9** |
| **2.1** | **Methodische Vorbemerkungen** | **9** |
| **2.2** | **Berechnungen Aufkommen von Holzaschen auf Basis Schweizerischen Holzenergiestatistik 2019** | **9** |
| **2.3** | **Umfrage: Vorgehen und Methodik** | **13** |
| 2.3.1 | Fehlerbereich und Konfidenzniveau | 15 |
| 2.3.2 | Adressen für die Umfrage | 15 |
| **2.4** | **Holzaschen** | **16** |
| 2.4.1 | Orte des Anfalls | 16 |
| 2.4.2 | Umrechnungsfaktoren | 17 |
| **2.5** | **Ergebnisse aus den kantonalen Umfragen** | **18** |
| 2.5.1 | Anlagenbestand und Rücklauf der Umfrage | 18 |
| 2.5.2 | Rücklauf der Umfragen | 19 |
| 2.5.3 | Anlagenbestand Schweiz nach der Schweizerischen Holzenergiestatistik | 20 |
| 2.5.4 | Anlagenspezifikationen | 20 |
| 2.5.5 | Mengen der Holzaschen, Umfragewerte, kantonale und schweizerische Hochrechnungen | 22 |
| 2.5.6 | Holzaschen Lagerung und Entsorgung | 24 |
| 2.5.8 | Zusatzangaben | 29 |
| 2.5.9 | Entsorgungskosten | 30 |
| 2.5.10 | Zeitpunkt der Datenerfassung und Betriebsjahre | 30 |
| **2.6** | **Diskussion Massenbilanz Holzaschen Schweiz** | **31** |
| **2.7** | **Rücklauf** | **31** |
| **2.8** | **Umfrageergebnisse** | **31** |
| **3** | **Logistik- und Poolingkonzept** | **33** |
| **3.1** | **Ausgangslage / Einführung** | **33** |
| **3.2** | **Herausforderungen** | **34** |
| **3.3** | **Logistik- und Poolingkonzept** | **34** |
| 3.3.1 | Ziele | 34 |
| 3.3.2 | Zielgruppen | 35 |
| **3.4** | **Ergebnisse aus der Umfrage bei Logistikunternehmungen** | **35** |
| **3.5** | **Ergebnisse zum Thema Logistik aus der Umfrage bei den Anlagebetreibern** | **38** |
| **3.6** | **Stoffkategorien** | **40** |
| **3.7** | **Warenfluss** | **40** |
| **3.8** | **Entsorgungs- und Transportkosten** | **41** |
| **3.9** | **Zusammenfassung gesetzliche Rahmenbedingungen** | **42** |
| **3.10** | **Variantenstudium** | **43** |
| 3.10.1 | Teilprozesse | 43 |
| 3.10.2 | Beschreibung der Varianten | 43 |
| 3.10.3 | Zusammenfassung und Kommentar | 48 |
| **3.11** | **Massnahmenkatalog zur Optimierung der Logistik nach Stand der Technik** | **48** |
| 3.11.1 | Massnahmenkatalog Technik | 48 |
| 3.11.2 | Massnahmenkatalog Organisation | 49 |
| **3.12** | **Diskussion und Fazit** | **49** |
| **4** | **Kommunikation** | **52** |
| **4.1** | **Spezielle HARVE-Informationsanlässe** | **52** |
| **4.2** | **Übrige Informationsanlässe** | **52** |
| **4.3** | **Fachkongress Holzasche Schweiz** | **54** |
| 4.3.1 | Kommunikationstechnische Aspekte | 54 |

4.3.2 Fachliche Zusammenfassung 55
4.3.3 Fazit zur Fachtagung 56
**4.4 Medienarbeit 56**

**5 Literaturverzeichnis 57**

**6 Abbildungsverzeichnis 58**

**7 Tabellenverzeichnis 60**

**8 Anhang 61**
**8.1 Anlagekategorien der Schweizerischen Holzenergiestatistik: 61**
**8.2 Datentabellen Berechnungen Massenflüssen auf Basis Schweizerische Holzenergiestatistik 2019 62**
**8.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen 63**
8.3.1 Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA 63
8.3.2 Die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) 65
8.3.3 Luftreinhalte-Verordnung (LRV) 65

# Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht wurde vom Bundesamt für Umwelt BAFU (Aktionsplan Holz) in Auftrag gegeben. Mit der Zunahme der Bedeutung der Holzenergie für die Versorgung der Schweiz mit erneuerbarer Energie hat auch die Produktion von Holzaschen zugenommen (wenn nicht anders erwähnt sind mit Aschen immer Holzaschen, und zwar Rost-, Zyklon-, und Filteraschen zusammen gemeint).
Die Entsorgung dieser Aschen ist in der VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen SR 814.600 ) geregelt. Für die Entsorgung von Holzaschen gibt es zwei grundsätzliche Wege, die Deponierung oder die Verwertung. Holzaschen sind wegen der darin enthaltenen Schwermetalle Abfall. Die im Holz nur in sehr niedriger Konzentration vorliegenden Schwermetalle sind in der Asche stark angereichert und liegen zum Teil in leicht wasserlöslichen chemischen Verbindungen vor.
Holzaschen aus Einzelraumfeuerungen wie beispielsweise Cheminées oder kleinen Pelletöfen können mit dem Kehricht in einer Kehrichtverbrennungsanlage entsorgt werden. Rost- und Bettaschen ebenso wie Filteraschen und –stäube aus der thermischen Nutzung von Holzbrennstoffen können auf Deponien des Typs D und E entsorgt werden. Voraussetzung dafür ist, dass sie vorher mit Schlacke aus Kehrichtverbrennungsanlagen KVA vermischt werden. Rost- und Bettasche aus der thermischen Behandlung von Holzabfällen, die nicht als Holzbrennstoffe gelten, wie etwa Altholz, dürfen ebenso auf die beiden Deponietypen D und E gebracht werden. Voraussetzung ist, dass der Grenzwert von 50'000 mg/kg TOC (Deponietyp E) beziehungsweise 20'000 mg/kg (Deponietyp D) eingehalten wird (BAFU, 2020).

Neben dem Schutz der Umwelt vor schädlichen Emissionen soll gemäss VVEA auch die nachhaltige Nutzung der natürlichen Rohstoffe durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen gefördert werden.

Mit dem vorliegenden Projekt (HARVE – Holzaschen Recycling – Verwertung – Entsorgung) werden Grundlagen erarbeitet, welche der Holzenergiebranche eine saubere und kostengünstige Entsorgung der Holzaschen ermöglicht. Eine effiziente und saubere Lösung der Ascheproblematik ist deshalb ein essenzieller Beitrag zur Förderung der Nutzung von Schweizer Holz.
Ziel des Projektes ist es, bestehende Angaben zu den Massenflüssen der Holzaschen in der Schweiz zu plausibilisieren, die Grundlagen zu den Lagerkapazitäten und der Sammellogistik der Holzaschen zu beschreiben und diese für neue Konzepte für wirtschaftlich, ökologisch und arbeitshygienisch einwandfreie Lösungen zusammenzufassen. Die Arbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit mit Anlagenbetreibern, Transportunternehmen, Deponiebetreibern, Verwertern und Vollzugsbehörden. Gleichzeitig wurde auf der Basis von guten Praxisbeispielen ein Leitfaden zum Stand der Technik für die Entsorgung von Holzaschen erarbeitet.

Die Sensibilisierung der Betreiber von Holzfeuerungen für die Vorgaben der VVEA und den Stand der Technik für eine arbeitshygienisch korrekte Handhabung, Sammlung, Umladung und Deponierung/Verwertung von Holzaschen wurde mittels einer Vielzahl von Informationsveranstaltungen unterstützt.

Zusammenfassung der Aussagen aus diesem Bericht:

- Das Interesse der Branche an der Thematik ist sehr gross, ebenso wie die Bereitschaft, zu technisch, ökologisch, wirtschaftlichen sinnvollen Lösungen beizutragen.
- Die erfasst Massenströme stimmen im Allgemeinen mit den bisherigen Hochrechnungen zu den Holzaschemengen gut überein. Für bestimmt Anlagenkategorien und Regionen gibt es aufgrund von Differenzen in den erfassten Anlagenzahlen gewisse Unterschiede.
- Der weitaus grösste Teil der Anlagenbetreiber entsorgt Ihre Aschen gemäss den Vorgaben der VVEA.
- In vielen Fällen werden die Aschen noch nicht nach Flug-, bzw. Rostaschen getrennt entsorgt.
- Die Infrastruktur für eine effiziente Sammlung und Transportierung der Aschen ist erst in einzelnen Regionen etabliert.
- Ein grosser Teil der Heizungsbetreiber gibt an, Kapazität für eine getrennte und erweiterte Lagerung der Aschen als Voraussetzung für ein Pooling-Konzept zu haben.
- Wenige Heizungsbetreiber verfügen über eigene aktuelle Analysen zu den Aschequalitäten.
- Sowohl bei Sammlung/Transport wie auch bei der Deponierung und der Verwertung sind verschiedene neue Lösungen bereits umgesetzt und in Entwicklung, um den gesamten Prozess arbeitshygienisch, ökologisch und ökonomisch korrekt zu regeln.

# Begriffe und Abkürzungen

| | |
|---|---|
| Holzasche | Wenn nicht anders vermerkt sind damit alle Holzaschentypen aus der thermischen Verwertung von Holzbrennstoffen und Nicht-Holzbrennstoffen gemeint (Rost, Flug,- Zyklon, Kessel-, Bettaschen) |
| Holzenergiestatistik | Die Schweizerische Holzenergiestatistik (Basler & Hofmann AG, Yves Stettler, 2019) umfasst alle Feuerungen, die mit dem Brennstoff Holz betrieben werden, und beschreibt deren jährlichen Energieverbrauch in der Schweiz, aufgeteilt nach Kantonen (Grossanlagen). |
| AWEL | Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| Cr(VI) | Sechswertiges Chrom (Chromat) |
| Naturbelassenes Holz | Auch als Frischholz bezeichnet, Waldholz mit anhaftender Rinde, bspw. in Form von Scheitern, Reisig, Zapfen und Hackschnitzeln sowie Schwarten, Spreissel, Sägemehl aus Sägereien und bindemittelfreie Holzbriketts (LRV, Anhang 5 Ziffer 31). |
| Frischholz | Auch als "naturbelassenes Holz" bezeichnet, siehe Definition oben. |
| Restholz | Holz aus der holzverarbeitenden Industrie und dem holzverarbeitenden Gewerbe, soweit das Holz nicht druckimprägniert oder halogenorganisch beschichtet ist. |
| Altholz | In Anhang 5 der Luftreinhalteverordnung (LRV) werden die Brennstoffe detailliert beschrieben. Es wird definiert, was als Holzbrennstoff und was nicht als Holzbrennstoff gilt.<br>In der Umfrage wurde die Bezeichnungen für Altholz nach in der Praxis üblicherweise Terminologie der deutschen Altholzverordnung (AltholzV) A I bis A IV verwendet. |
| Aschengemische | Gemische aus Rost-, Bett-, Zyklon- und Flugasche |
| Rostasche, Bettasche | Begrifflichkeit Rost-, und Bettaschen wird zur Beschreibung der Aschen aus dem Brennraum verwendet. |
| Zyklonasche | Aschentyp, welcher aus dem Abgasstrom mittels Fliehkraft abgeschieden wird |
| Flugasche | Asche, die in den Rauchgasen mitgeführt wird, und im Zyklonabscheider anfällt oder an Elektro- und Gewebefilter (= Filterasche) abgeschieden wird |
| HHKW | Holzheizkraftwerk, als Synonym gilt Holzwärmekraftkopplungsanlage |
| KVA | Kehrichtverbrennungsanlage |
| $m^3$ | Kubikmeter (Festmeter) |
| SRm | Der Schüttraummeter ist eine lose geschüttete Holzmenge von gehacktem Holz im Volumen von einem Kubikmeter |
| t | Tonne; Masseinheit; 1000 kg = 1 Tonne |
| kW | Kilowatt: Leistungsmasseinheit für elektrische Geräte oder Heizanlagen |
| VASA Gebühren | Gebühr des Bundes bei der Ablagerung von Abfällen |

# 1 Einleitung

Holzfeuerungen zur Produktion von Strom und Wärme habe eine wichtige Bedeutung in der Energiestrategie 2050 des Bundes. Holz ist ein erneuerbarer, einheimischer Energieträger, dessen Wertschöpfung im Gegensatz zu den fossilen Brennstoffen grösstenteils in der Schweiz bleibt. Zudem ist die Energie aus Holz $CO_2$-neutral. Mit der Zunahme der Bedeutung der Holzenergie für die Versorgung der Schweiz mit erneuerbarer Energie, hat auch die Produktion von Holzaschen zugenommen.

Die Entsorgung dieser Aschen ist in der VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen SR 814.600 ) geregelt. Für die Entsorgung von Holzaschen gibt es zwei grundsätzliche Wege, die Deponierung oder die Verwertung. Holzaschen sind wegen der darin enthaltenen Schwermetalle Abfall. Die im Holz nur in sehr niedriger Konzentration vorliegenden Schwermetalle sind in der Asche stark angereichert und liegen zum Teil in leicht wasserlöslichen chemischen Verbindungen vor.
Holzaschen aus Einzelraumfeuerungen wie beispielsweise Cheminées oder kleinen Pelletöfen können mit dem Kehricht in einer Kehrichtverbrennungsanlage entsorgt werden. Rost- und Bettaschen ebenso wie Filteraschen und –stäube aus der thermischen Nutzung von Holzbrennstoffen können auf Deponien des Typs D und E entsorgt werden. Voraussetzung dafür ist, dass sie vorher mit Schlacke aus Kehrichtverbrennungsanlagen KVA vermischt werden. Rost- und Bettasche aus der thermischen Behandlung von Holzabfällen, die nicht als Holzbrennstoffe gelten, wie etwa Altholz, dürfen ebenso auf die beiden Deponietypen D und E gebracht werden. Voraussetzung ist, dass der Grenzwert von 50'000 mg/kg TOC (Deponietyp E) beziehungsweise 20'000 mg/kg (Deponietyp D) eingehalten wird (BAFU, 2020). Detaillierte Informationen finden sich dazu im «Erläuternder Bericht zur Änderung der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen» (BAFU, 2018-1) und in der zukünftigen Vollzugshilfe «Verbrennungsrückstände, Teil II, Holzaschen» (BAFU, 2020-2).

Neben dem Schutz der Umwelt vor schädlichen Emissionen soll gemäss VVEA auch die nachhaltige Nutzung der natürlichen Rohstoffe durch die umweltverträgliche Verwertung von Abfällen gefördert werden.

Mit dem vorliegenden Projekt (HARVE – Holzaschen Recycling – Verwertung – Entsorgung) werden Grundlagen erarbeitet werden, welche der Holzenergiebranche eine saubere und kostengünstige Entsorgung der Holzaschen ermöglicht. Eine effiziente und saubere Lösung der Ascheproblematik ist deshalb ein essenzieller Beitrag zur Förderung der Nutzung von Schweizer Holz.
Ziel des Projektes ist auf den bestehenden Angaben zu den Massenflüssen der Holzaschen in der Schweiz zu plausibilisieren, die Grundlagen zu den Lagerkapazitäten und der Sammellogistik der Holzaschen zu beschreiben und diese für neue Konzepte für eine wirtschaftliche, ökologische und arbeitshygienische einwandfreie Lösung für deren Entsorgung zusammenzufassen. Die Arbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit mit Anlagenbetreibern, Transportunternehmen, Deponiebetreiber, Verwertern und Vollzugsbehörden.

## 1.1 Hintergrund und Rechtfertigung

Die VVEA schreibt neu als Priorität das Vermeiden und Verwerten von Abfällen vor. In der Schweiz entstehen pro Jahr ca. 72'000 t Aschen aus der Holzverbrennung.

Holzaschen lassen sich in drei Fraktionen unterteilen:

- Feuerraum- Bett-, oder Rostaschen: stammen aus dem Verbrennungsteil des Ofens.
- Zyklonaschen: stammen aus dem Abgasstrom und fallen in einem Fliehkraftabscheider an.
- Filteraschen: stammen aus dem Abgasstrom und werden in einem Elektro- oder Gewebefilter abgeschieden.

Die Aschen entstehen in sehr unterschiedlichen Anlagen, welche die gesamte Bandbreite vom Kaminfeuer und Stückholzofen bis zum industriellen Holzheizkraftwerk umfassen. Von ersteren gibt es Zehntausende mit geringen spezifischen Aschemengen, von letzteren gibt es Dutzende mit spezifischen Aschenmengen im Bereich von mehreren Hunderten von Tonnen pro Jahr. Die Anlagen verbrennen unterschiedliche Holzqualitäten, vom Waldholz bis zum mit Schadstoffen kontaminierten Altholz minderer Qualität.

Die Zusammensetzung der Aschen ist abhängig von der Art der verwendeten Brennstoffe, der Verbrennungstechnologie, dem Ort und dem verwendeten Verfahren bei der Ascheabtrennung aus dem Prozess. Aufgrund dieser Parameter können sich Aschen in sehr unterschiedlicher Zusammensetzung ergeben.

Die Entwicklung von Konzepten und Technologien für die Kreislaufführung von minderwertigen Reststoffen benötigt zum Erreichen der Wirtschaftlichkeit in der Regel relativ grosse Mengen.

Der Beitrag der Holzenergiebranche für die Umsetzung der Energiestrategie ist wichtig. Die Akzeptanz in der Bevölkerung spielt dabei eine entscheidende Rolle. Die Holzenergiebranche ist deshalb interessiert an einer transparenten und effizienten Ascheentsorgung oder einer allfälligen Aufbereitung zur Verwertung. Die Projektpartner beabsichtigen mit dieser Studie die Datengrundlage und Konzepte zu erarbeiten für sichere, kostengünstige und umweltgerechte Verwertungs- und Entsorgungswege für Aschen aus Holzheizanlagen.

## 1.2 Projektziele

Im Rahmen einer Übersichtsstudie wurden vom Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC) 2017 im Auftrag des BAFU eine grössere Anzahl von Literaturquellen ausgewertet (Pohl, 2017). Der Fokus lag dabei auf folgenden Themen:

- Wissen und Information zur Holzascheentsorgung in der Schweiz zusammentragen mit Blick ins benachbarte Ausland
- Zusammentragen von chemischen und physikalischen Eigenschaften von Holzaschen
- Entsorgungswege inkl. Behandlungsarten der Holzasche in der Praxis aufzeigen
- Alternative Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten aufzeigen und beurteilen

Das vorliegende Projekt schliesst an die oben erwähnte UMTEC-Studie an. Insbesondere sollen die konkreten Praxis-Verhältnisse bei den Anlagenbetreibern vor Ort erfasst werden. Der thematische Fokus liegt auf der Erfassung der Massenströme der Aschen aus der Holzverbrennung und deren regionaler Verteilung in der Schweiz. Gleichzeitig sollen die Grundlagen zur Aschelagerung vor Ort zum Transport und der aktuellen Entsorgung erfasst werden, wenn möglich unterschieden nach Grössenkategorien der Holzfeuerungsanlagen. Die Einteilung der Grössenkategorien erfolgt dabei nach der Schweizerischen Holzenergiestatistik (BFE, 2020-2). Die Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit Anlagenbetreibern, Transportunternehmen, Deponiebetreibern, Verwertern und Vollzugsbehörden. Die wichtigsten Projektziele lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Erstellen einer schweizerischen Hochrechnung zu einer Massenbilanz über das Aufkommen von Aschen aus der Holzverbrennung von Anlagen > 50 kW
2. Erfassen der Ausgangslage bei den Anlagenbetreibern betreffend die Lagerung, den Transport und die Entsorgung der Holzaschen
3. Ausarbeitung eines Konzeptes zur Optimierung der Logistik für die Deponierung und/oder Verwertung der Holzaschen
4. Erarbeiten eines Leitfadens zum Stand der Technik für die Entsorgung von Holzaschen
5. Sensibilisierung und Information der Betreiber von Holzfeuerungen für die Vorgaben der VVEA und den Stand der Technik, für eine arbeitshygienisch korrekte Handhabung, Sammlung, Umladung und Deponierung/Verwertung von Holzaschen

# 2 Massenbilanz Holzaschen Schweiz

## 2.1 Methodische Vorbemerkungen

Die Schweizerische Holzenergiestatistik (Basler & Hofmann AG, Yves Stettler, 2019) umfasst alle Feuerungen, die Holz thermisch behandeln und beschreibt deren jährlichen Endenergieverbrauch von 1990 bis 2019. Diese Statistik wird jährlich herausgegeben. Die Hochrechnungen aus den Umfragen (siehe 2) wurden alle mit den Angaben aus der Statistik von 2017 gemacht (BFE, 2020-1). Die Feuerungen sind in 20 Kategorien eingeteilt (siehe 8.1). Pro Kategorie wird auch der Brennstoffverbrauch pro Jahr erfasst. Mittels der bekannten theoretischen Prozentsätze pro Brennstoffverbrauch und Feuerungstechnologie kann daraus der theoretische Holzaschenanfall pro Anlagenkategorie für die Schweiz beziehungsweise für die Kantone berechnet werden. Holzenergie Schweiz hat diese Berechnungen für das Jahr 2019 erstellt (Holzenergie Schweiz, Andreas Keel, 2020). Auf Basis dieser Daten wurden folgende Massenflüsse von Holzaschen für die Kantone und die ganze Schweiz berechnet.

## 2.2 Berechnungen Aufkommen von Holzaschen auf Basis Schweizerischen Holzenergiestatistik 2019

Insgesamt fielen in der Schweiz über die Kategorien (1-19) der Schweizerischen Holzenergiestatistik (dies sind alle Kategorien vom Chemineé bis zu Holzkraftwerken, jedoch ohne die Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)) 70'702 t Holzaschen. Beschreibung der Kategorien sind unter dem Punkt 8.1 zu finden. In den KVAs fielen zusätzlich 5'578 t Holzaschen an. Die Aufteilung in Rost- Bettaschen, Zyklonaschen und Flugaschen ist ersichtlich in untenstehender Abbildung.

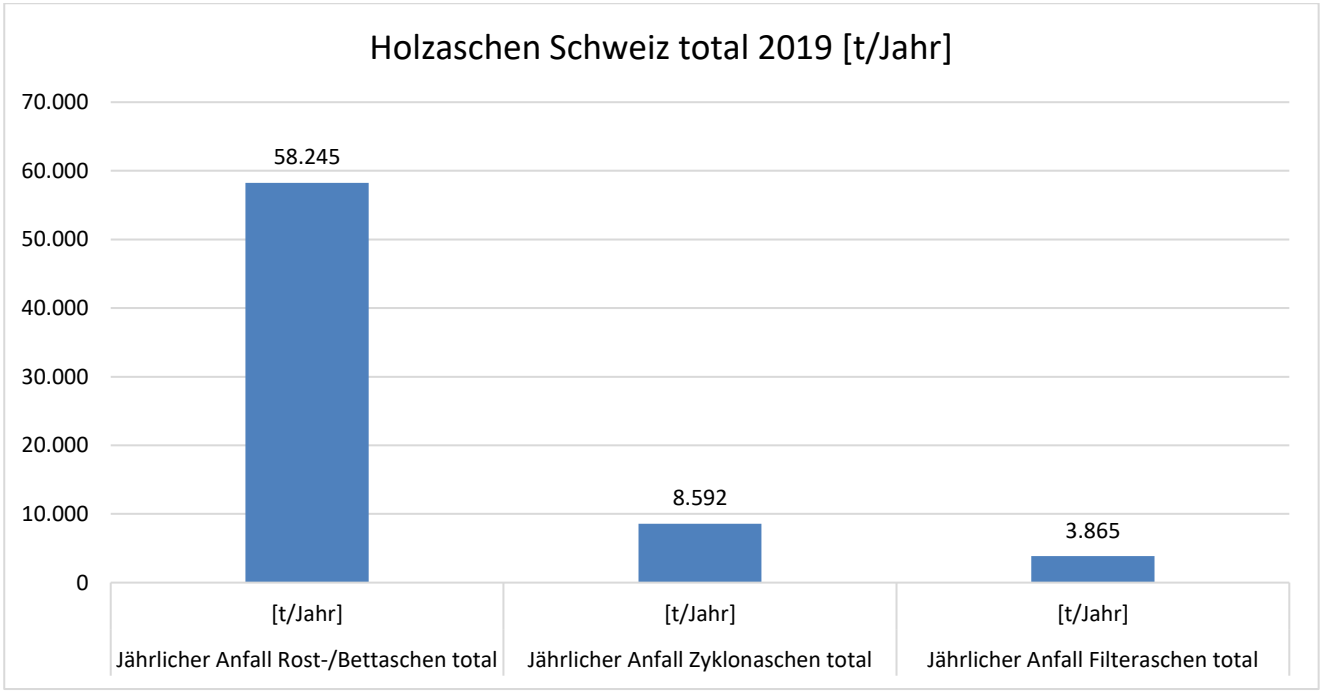



Abbildung 1: Anfall von Holzaschen (ohne KVA) in der Schweiz 2019 in t pro Jahr.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Verteilung des Anfalls von Holzaschen in den Kantonen.

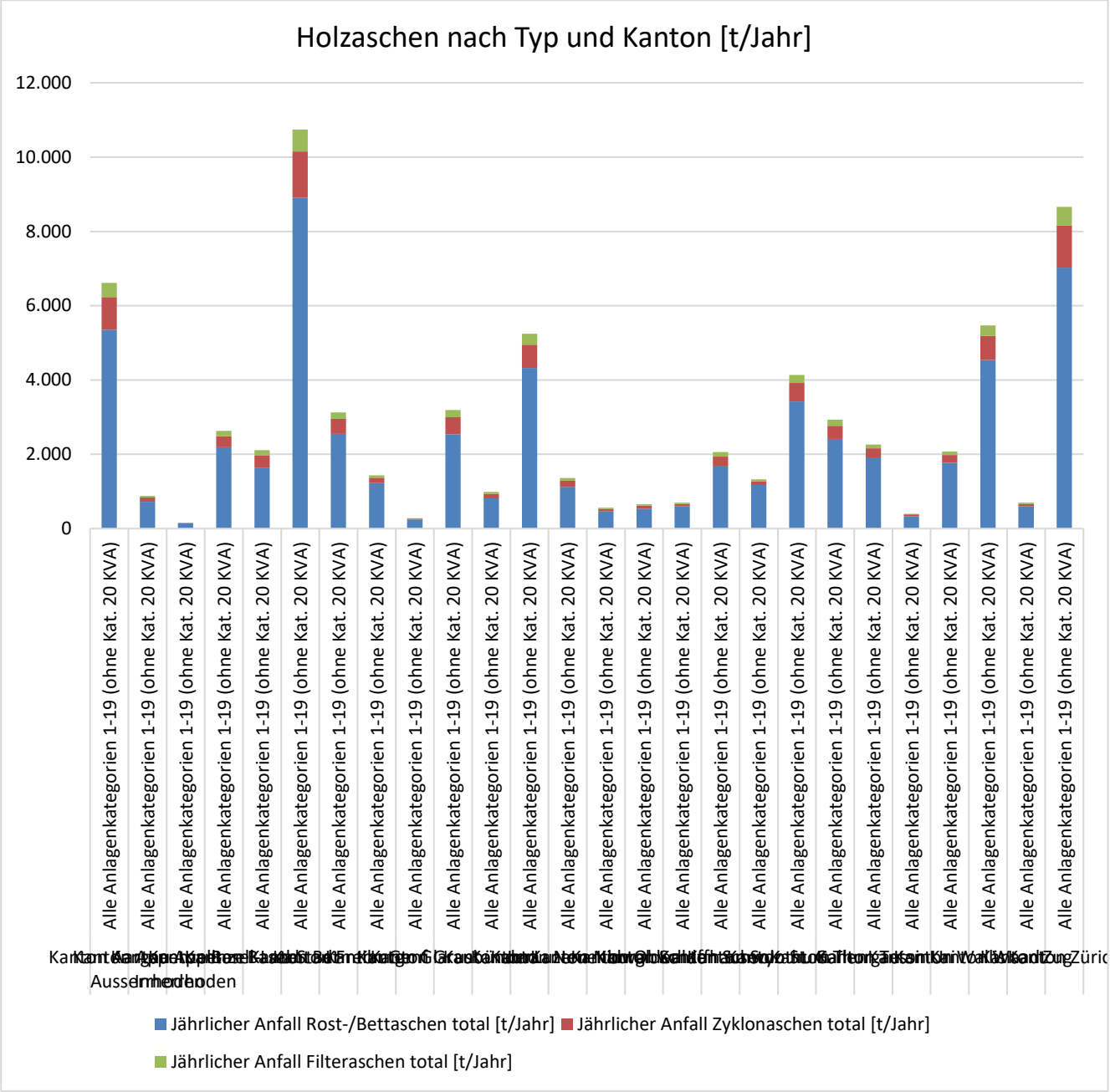



Abbildung 2: Mengen an Holzaschen (2019, ohne KVA) in den Kantonen nach Typ: Rost- Bettaschen, Zyklonaschen, Filteraschen

Auf die Unterschiede zwischen den Holzaschetypen wird Abbildung 6 separat eingegangen. Die Zusammensetzung der Aschen hängt neben dem Ort der Abscheidung aus der Anlage auch von der Zusammensetzung des Brennstoffs ab. In der Schweiz werden die Brennstoffe nach der Luftreinhalteverordnung (LRV) in Holzbrennstoffe und Nichtholzbrennstoffe unterteilt. Nachfolgende Abbildungen zeigen das Holzascheaufkommen in Abhängigkeit des Abscheideortes in der Anlage (Rost- Bettaschen, Zyklonaschen, Filteraschen) und des verwendeten Brennstofftyps.

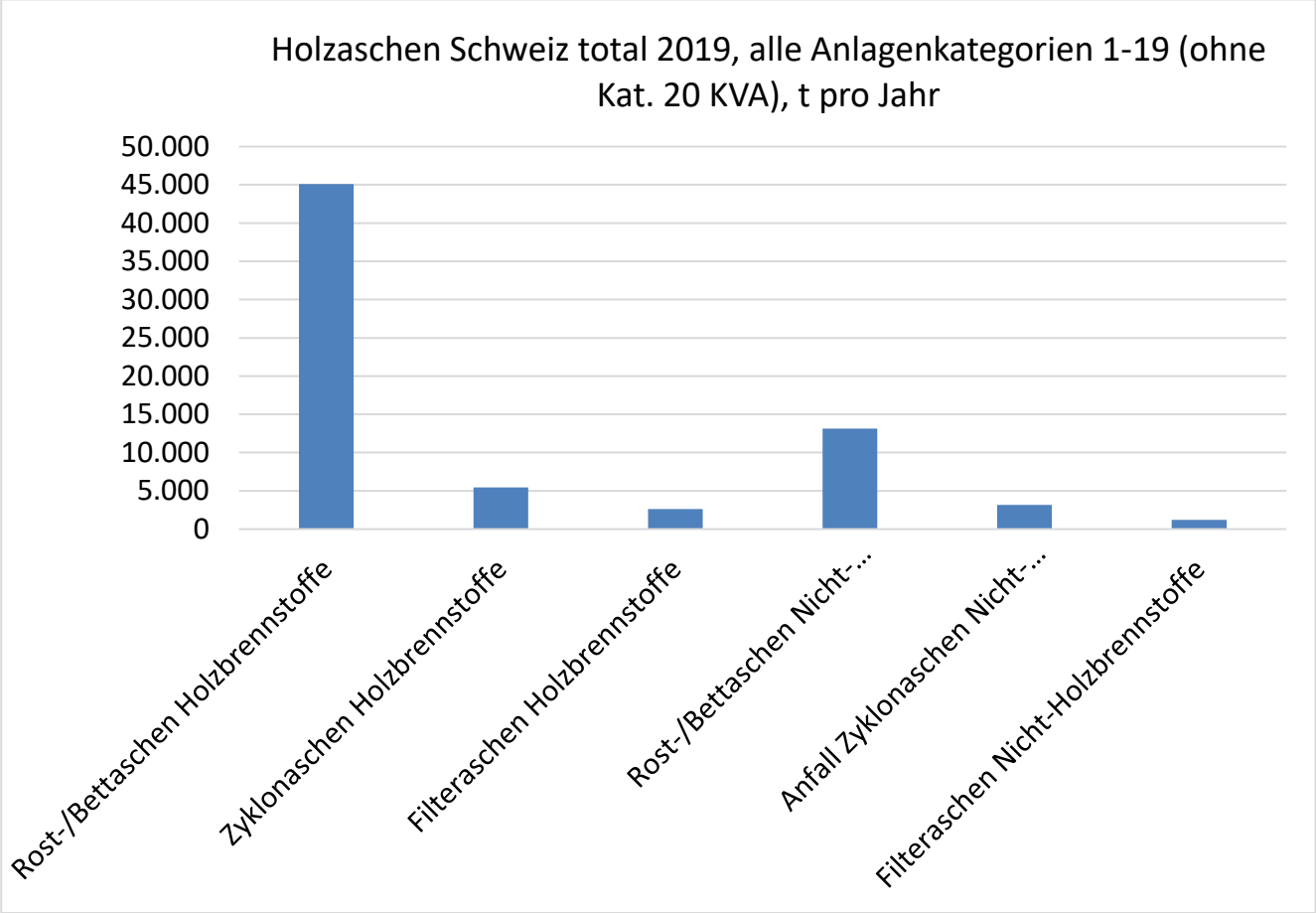



Abbildung 3: Holzbrennstoffe Schweiz nach verwendeten Brennstoffen

Die Holzaschen aus der Verbrennung von Holzbrennstoffen machen ca. 75 % der gesamten Holzaschemenge aus, welche in den Anlagenkategorien 1 - 19 entstehen.

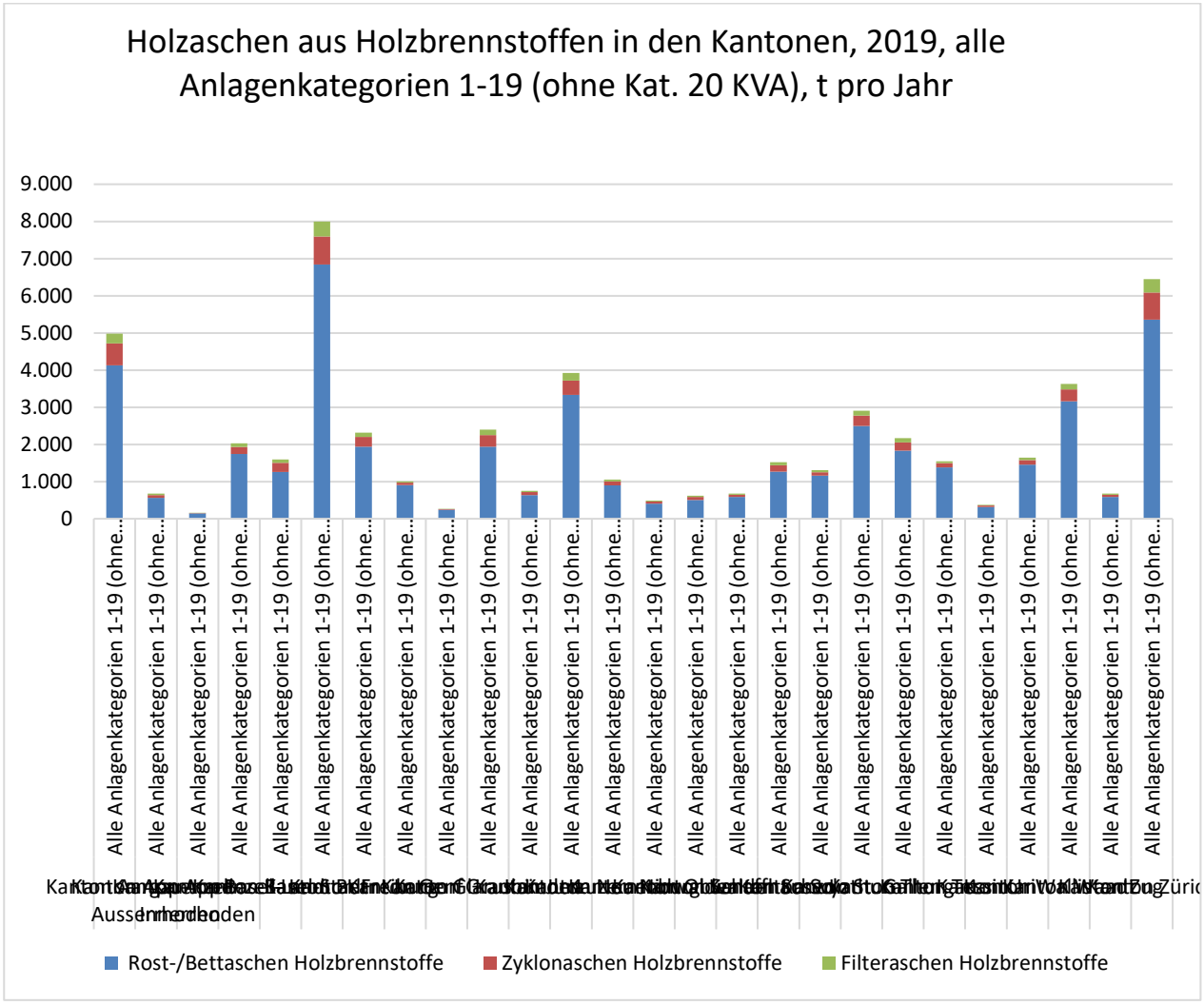



Abbildung 4: Holzaschen aus Holzbrennstoffen in den Kantonen im Jahr 2019

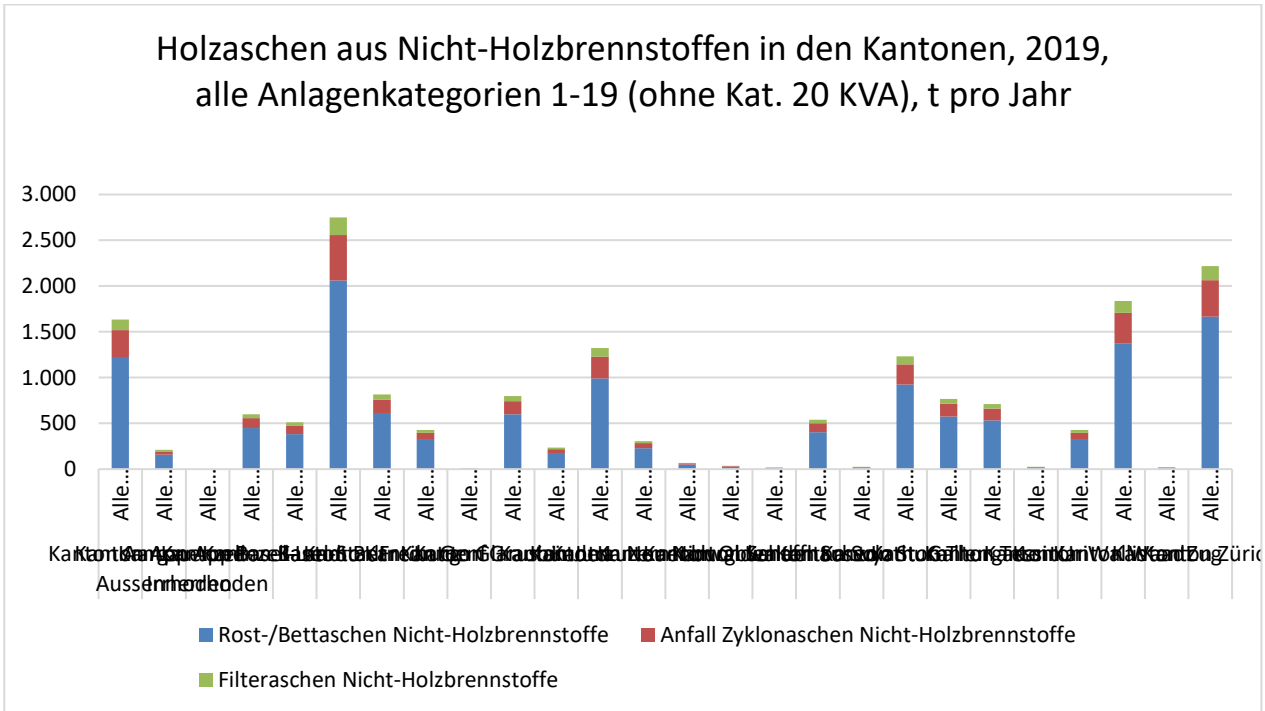



Abbildung 5: Holzaschen aus Nicht-Holzbrennstoffen in den Kantonen im Jahr 2019

Der Anfall von Holzaschen ist in den Kantonen sehr unterschiedlich. Für die Erfassung der Ausgangsbedingungen und die Beschreibung allfälliger Optimierungspotentiale im Bereich der Holzaschenlogistik, sind neben den absoluten Mengen noch weitere Kriterien entscheidend wie, Standorte, Lagerkapazitäten, Zugänglichkeiten etc. (siehe dazu 3). Aus diesem Grund wurden im Rahmen dieses Projektes in einer Umfrage bei Holzfeuerungsanlagenbetreibern neben den Angaben zu den Holzaschemengen auch Angaben zur Lagerung, Logistik etc. erfragt. Die Befragung beschränkte auf die Anlagenkategorien in Tabelle 1. Grund dafür war, die kleineren Anlagen entsorgen Ihre Holzaschen in der Regel über die KVAs und die Anlagen in Kategorie 19 und 20 setzen nicht ausschliesslich nur Holz als Brennstoff ein.

## 2.3 Umfrage: Vorgehen und Methodik

Die Schweizerische Holzenergiestatistik (BFE, 2020-2) erfasst die Holzfeuerungen in der Schweiz. Das ursprüngliche Konzept für die Erfassung der Rohdaten bei den Anlagenbetreibern hatte vorgesehen, die Adressen aus dieser Statistik auch für die Erfassung der Aschemengen und Logistikdaten zu verwenden. Aus Datenschutzgründen konnte dies so nicht realisiert werden, weshalb die Adressen für die Beschaffung der Rohdaten bei den Kantonen eingeholt werden mussten. Dies führte arbeitstechnisch zu einem Mehraufwand mit der Folge, dass die Erfassung der Rohdaten nur bei einer beschränkten Auswahl von Kantonen möglich war. Der Mehraufwand und die damit verbundenen zeitlichen Verzögerungen kamen im Wesentlich dadurch zustande, dass für die Planung und Durchführung der Datenerfassung mit jedem Kanton individuell verhandelt werden musste. Trotz ursprünglich vielfältigen Interessensbekundungen seitens der Kantone und zweimaliger Vorstellung des Projektes am «cercle déchets» hatten sich bis Ende März 2020 nur die Kantone Basel-Landschaft, Graubünden, St. Gallen, Solothurn und Tessin an der Datenerfassung zur Bestimmung der Massenflüsse beteiligt. Die Kantone Zürich (Personalmangel) und Thurgau (kein Bedarf) hatten explizit abgesagt. Die Kantone Waadt und Wallis haben Interesse an der Durchführung, und alle Dokumente zur Datenerfassung wurden auf Französisch übersetzt. Aus Kapazitätsgründen ist eine Ausführung dort bisher aber nicht erfolgt.

Aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik wurden folgende Kategorien für die Hochrechnungen verwendet:

Tabelle 1: Verwendete Kategorien aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik

| **Kategorie-Nr. nach Holzenergiestatistik** | **Kategorie** |
|---|---|
| 9 | Stückholzkessel > 50 kW |
| 12a + 13 | Schnitzelfeuerungen 50 – 300 kW |
| 14a + 15 | Schnitzelfeuerungen 301 - 500 kW |
| 16a + 17 | Schnitzelfeuerungen > 500 kW |
| 18 | Holz-Wärmekraftkopplungsanlagen |
| 12b | Pelletfeuerungen 50 - 300 kW |
| 14b | Pelletfeuerungen 300 - 500 kW |
| 16b | Pelletfeuerungen > 500 kW |

**Kommentar:** Holzkraftwerke, welche Altholz thermisch behandeln (Kategorie 19), gelten in der Schweizerischen Holzenergiestatistik als Anlagen für erneuerbare Abfälle. Die Anlagen aus dieser Kategorie wurden in der Umfrage aufgrund der Vermischung von verschiedenen erneuerbaren Abfällen nicht verwendet. Nur in der Tabelle 7 werden zur Hochrechnung der gesamten Menge an Holzaschen die Anlagen aus der Kategorie 19 auch berücksichtigt.

Die Erfassung der Rohdaten zu Aufkommen, Lagerung und Entsorgung der Holzaschen bei den Betreibern der Holzheizungsanlagen wurde als Online-Umfrage konzipiert. Grundlage bildete das Umfrage-Tool von «Umfrage-Online».

Die Ziele und Vorgaben für den Fragebogen/die Umfrage waren folgende:

1. Sammeln der Rohdaten pro Anlage für die Erstellung einer Hochrechnung für eine regionale Massenbilanz zu den verschiedenen Holzaschetypen
2. Sammeln der Angaben zu der vor Ort vorhandenen Infrastruktur zur Lagerung und zur Logistik der Entsorgung der Holzaschen
3. Unterteilung der befragten Anlagenbetreiber (Ascheproduzenten) gemäss den Kategorien der Schweizerischen Holzenergiestatistik für alle Anlagen > 50 kW
4. Rücklaufrate mindestens 25 % pro Anlagenkategorie
5. Anschrift 100 % der Anlagenbetreiber Anlagen > 50 kW pro Kanton
6. Der Fragebogen konnte auch anonym ausgefüllt werden. Die Angabe der PLZ ist zwingend für eine Filtermöglichkeit der Antworten nach PLZ-Kreis.

Mit Hilfe des Fragebogens sollen folgende Angaben und Auswertungen:

1. Verteilung/Anzahl der Anlagen pro Leistungskategorie und PLZ-Kreis
2. Brennstoffarten und -menge pro Anlagenkategorie und PLZ-Kreis
3. Feuerungstechnologien pro Anlagenkategorie
4. Systeme der Rauchgasreinigung pro Anlagenkategorie
5. Getrennte oder gemischte Lagerung der Aschen pro Anlagenkategorie und pro Aschentyp
6. Getrennte oder gemischte Entsorgung der Aschen pro Anlagenkategorie und pro Aschentyp
7. Anzahl Abholungen pro Aschentyp und Jahr
8. Möglichkeiten zur zukünftigen getrennten Entsorgung der Aschen pro Anlagenkategorie und Aschentyp
9. Mengen der getrennt entsorgten Aschen pro Anlagenkategorie und Aschentyp
10. Befeuchtung der Aschetypen pro Anlagenkategorie
11. Möglichkeiten der zukünftigen Steigerung des Lagervolumens pro Anlagenkategorie
12. Art der Entsorgungsbehälter pro Anlagentyp
13. Art der lokalen Infrastruktur zur Abholung der Asche pro Anlagentyp
14. Transportformen der Aschen zum Entsorgungspunkt pro Anlagentyp
15. Kenntnisse der Betreiber zur Zusammensetzung der Aschen/Analysen pro Anlagentyp
16. Kommunikationsschnittstellen mit Transporteuren zur Aschenabholung pro Anlagentyp
17. Kenntnis des Entsorgungsortes pro Anlagentyp und der Deponiekategorie pro Anlagentyp
18. Kenntnis der Totalkosten pro Aschentyp und Anlagenkategorie
19. Angabe zum Jahr der Datenangaben
20. Jahr der Inbetriebnahme der Anlagen

### 2.3.1 Fehlerbereich und Konfidenzniveau

Untenstehende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Populationsgrösse und Fehlerbereich in Abhängigkeit der eingegangenen Antworten auf die Umfrage.

Tabelle 2: Populationsgrößen nach Fehlerbereich bei einem Konfidenzniveau von 95 % (Monkey, 2020)

| Populationsgrösse | Stichprobenumfang pro Fehlerbereich | | |
|---|---|---|---|
| | ± 3 % | ± 5 % | ± 10 % |
| 500 | 345 | 220 | 80 |
| 1.000 | 525 | 285 | 90 |
| 3.000 | 810 | 350 | 100 |
| 5.000 | 910 | 370 | 100 |
| 10.000 | 1.000 | 385 | 100 |
| über 100.000 | 1.100 | 400 | 100 |

Die Populationsgrösse entspricht in diesem Fall der Gesamtheit der von den jeweiligen Kantonen erfassten Holzheizungsanlagen. Diese wurden jeweils alle angeschrieben. Aus der Grösse dieser Gesamtmenge und der Anzahl der verwertbaren Antworten ergibt sich der Fehlerbereich. Mit zunehmender Anzahl Umfragen in weiteren Kantonen liesse sich der Fehlerbereich weiter einschränken.

Aktuell liegen die Ergebnisse aus den Kantonen Basel-Landschaft Graubünden, St. Gallen, Tessin und Solothurn vor. Die Gesamtmenge der angeschriebenen Anlagen («Populationsgrösse») beträgt 1’189 Anlagen über alle Kategorien und die Anzahl der verwertbaren Antworten liegt bei 298. Daraus ergibt sich bei einem Konfidenzintervall von 95 % ein Fehlerbereich von +/- 5 %. Ein Konfidenzniveau von 95 % bedeutet, dass, wenn dieselbe Umfrage hundert Mal unter denselben Bedingungen wiederholt würde, das Ergebnis in 95 Fällen innerhalb des Fehlerbereichs liegen würde[1]. Der Fehlerbereich für die einzelnen Anlagenkategorie wird über diesem Wert liegen.

### 2.3.2 Adressen für die Umfrage

Gespräche mit Vertretern des Bundes und der Kantone ergaben, dass für die Kontrolle der Betriebe im Bereich der Luftreinhaltung bei den Kantonen umfassende und aktualisierte Adressdatenbanken vorhanden sind. Die Online-Umfrage wurde in den oben genannten Kantonen durchgeführt und die Ergebnisse aus dem Rücklauf auf die Anzahl der kantonalen Anlagen hochgerechnet (kantonale Hochrechnung). Gleichzeitig können die durchschnittlichen Ergebnisse aus den teilnehmenden Kantonen mit den Angaben aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik für sämtliche Kantone hochgerechnet werden, in welchen keine Befragung durchgeführt wurde. Für jeden beteiligten Kanton wurde eine individuelle Auswertung durchgeführt und ein Bericht

[1] ***Populationsgröße****: Die Gesamtanzahl der Objekte der Gruppe, die untersucht werden sollen.* ***Fehlermarge*** *oder* ***Fehlerspanne****: Ein Prozentwert, der besagt, in welchem Maße Sie erwarten können, dass Ihre Umfrageergebnisse für die Ansichten der betrachteten Gesamtpopulation repräsentativ sind. Je kleiner die Fehlerspanne, desto näher liegen Sie bei einem bestimmten Konfidenzniveau an der genauen Antwort.*
***Konfidenzniveau der Stichprobe:*** *Ein Prozentsatz, der angibt, wie sicher Sie sich sein können, dass die Population eine Antwort in einem bestimmten Bereich auswählen würde. Beispielsweise bedeutet ein Konfidenzniveau von 95 %, dass Sie zu 95 % sicher sein können, dass die Ergebnisse zwischen den Zahlen X und Y liegen* (Monkey, 2020).

geschrieben. Diese Berichte sind bei Bedarf unter Einwilligung der Kantone erhältlich. Eine Abgleichung der Daten mit der Schweizerischen Holzenergiestatistik dient auch der Validierung der kantonalen Daten und der Hochrechnung der Aschemengen entsprechend den befragten Anlagenkategorien auf die ganze Schweiz oder ausgewählte Regionen, sortierbar nach Postleitzahlen.

## 2.4 Holzaschen

### 2.4.1 Orte des Anfalls

Holzaschen fallen bei den Holzfeuerungen in verschiedenen Formen an. Prinzipiell werden folgende Typen unterschieden:

**Rostasche**: Im Verbrennungsteil der Feuerungsanlage anfallender, überwiegend mineralischer Rückstand der eingesetzten Biomasse. Diese Aschenfraktion ist oft mit in der Biomasse enthaltenen Verunreinigungen wie Sand, Erde und Steinen durchsetzt.
**Zyklonasche**: Als feine Partikel in den Rauchgasen mitgeführte feste, überwiegend anorganische Brennstoffbestandteile, die als Stäube im Wendekammer- und Wärmetauscherbereich der Feuerung, sowie in dem Kessel nachgeschalteten Fliehkraftabscheidern (Zyklonen) anfallen.
**Filterasche**: In Elektro- oder Gewebefiltern bzw. als Kondensatschlamm in Rauchgaskondensationsanlagen mit Nasselektrofiltern anfallende Flugaschenfraktion. Bei Holzheizwerken ohne entsprechende Apparate zur Feinstflugaschenabscheidung verbleibt diese als Reststaub im Abgas (Zürcher, 2016).

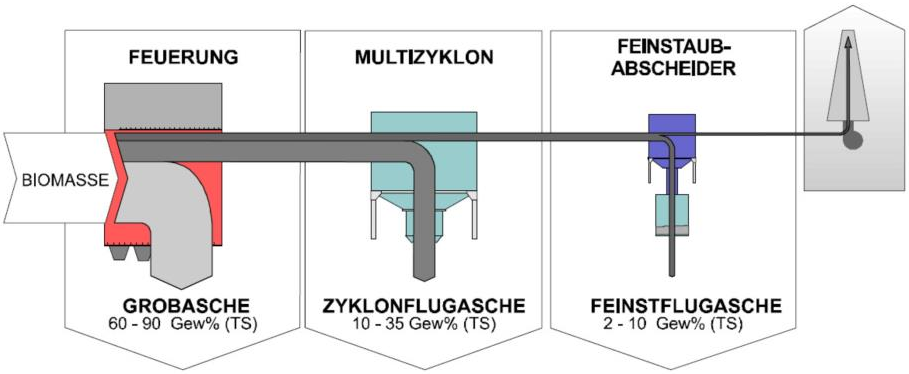



Abbildung 6: Schematische Darstellung der Aschefraktionen (Obernberger I. , 1997)

Die Mengen und Parameter dieser Aschen sind unterschiedlich. Für die Umrechnung von Volumeneinheiten auf Gewichtseinheiten und die Verteilung der Aschemengen auf die einzelnen Aschentypen wurden die im folgenden Kapitel festgehaltenen Faktoren verwendet.

### 2.4.2 Umrechnungsfaktoren

Im Fragebogen besteht die Möglichkeit, die Holzmengen in verschiedenen Masseinheiten zu deklarieren. Die Umrechnung in die gemeinsame Masseinheit (t) erfolgte mittels folgender Umrechnungsfaktoren:

Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren für Brennstoffe von Schüttraummetern (SRm) auf $m^3$ und von $m^3$ auf t. (Quelle BAFU [2])

| Brennstoff | Umrechnung Schüttkubikmeter (SRm) auf $m^3$ feste Holzmasse | Umrechnung $m^3$ feste Holzmasse auf Tonnen Holzmasse |
|---|---|---|
| Pellets | 0.8 | 0.52 |
| Stückholz/Scheitholz | 1.4 | 0.73 |
| Waldhackschnitzel | 2.8 | 0.85 |
| Landschaftspflegeholz | 2.8 | 0.85 |
| Restholz (Sägereirestholz) | 2.8 | 0.68 |
| Schreinereiholz | 2.8 | 0.64 |
| Altholz | 2.8 | 0.64 |

**Kommentar:** Für die Umrechnung von Landschaftsholz gelangten dieselben Faktoren zur Anwendung wie für Waldhackschnitzel. Bei Altholz wurde in der Umrechnung keine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Altholzklassen gemacht. Die Umrechnung von Schreinereirestholz erfolgte mit den gleichen Umrechnungsfaktoren wie das Altholz. Die Angaben zu den Tonnagen der Aschen wurden direkt aus der Umfrage übernommen, da keine Angaben zum Feuchtigkeitsgehalt erhältlich waren.

Tabelle 4: Dichte und prozentuale Verteilung des Anfalls der Holzaschentypen gemäss Obernberger Ingwald (Obernberger I. , 1997).

| Art der Holzasche | Dichte | Gewichtsanteile am Gesamtaschenanfall bei Rinde oder Hackgut als Brennstoff | | Verwendeter Mittelwert für vorliegender Arbeit |
|---|---|---|---|---|
| Rost-, Bettasche | 0.95 t/$m^3$ | 60 – 90 % | | 73.5 % |
| Filterasche aus Zyklon | 0.50 t/$m^3$ | 10 – 35 % | | 22.5 % |
| Filterasche aus Elektro- oder Metallgewebefilter | 0.35 t/$m^3$ | 2 - 10 % | | 5 % |
| Mittelwert | | | | 0.817 t/$m^3$ |

**Kommentar:** Umrechnungen von $m^3$ in Tonnagen erfolgen nach den oben genannten Umrechnungsfaktoren. Angaben mit gemischten Aschentypen wurden mit dem Mittelwert, Angaben spezifischer Aschentypen mit der Dichte des jeweiligen Aschentyps umgerechnet.

[2] Quelle: BAFU (2015), Jahrbuch Wald und Holz 2015, Bundesamt für Umwelt BAFU, Umwelt-Zustand Nr. 1520

## 2.5 Ergebnisse aus den kantonalen Umfragen

Der Stand der Arbeiten zur Durchführung der Umfragen bei den Kantonen per 31.08.2020 ist folgender:

- Basel-Landschaft, Graubünden, St. Gallen, Solothurn, Tessin, Logistiker abgeschlossen
- Waadt und Wallis Interesse mit Zusage, kantonale Umsetzung fehlt
- Zürich und Thurgau abgesagt

Für alle Kantone, die sich an der Umfrage beteiligten, wurden eine individuelle Auswertung und ein Bericht erstellt. Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse zeigen die Ergebnisse aus den Kantonen und die Hochrechnung auf die ganze Schweiz mittels der Angaben aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik ( (BFE, 2020-1) Ausgabe 2017) ab. Die Auswertung der Umfrage begann im Jahre 2018, aus diesem Grunde wurde für diese Hochrechnungen für alle Umfrageergebnisse aus Gründen der Vergleichbarkeit auf die Schweizerische Holzenergiestatistik aus dem Jahre 2017 zurückgegriffen. Im Jahr 2018 (2 %) und 2019 (2,3 %) hat der Anlagenbestand gegenüber 2017 leicht abgenommen (Basler & Hofmann AG, Yves Stettler, 2019). Insbesondere der Rückgang des Bestandes an geschlossenen Cheminées, Cheminéeöfen und Holzkochherden ist für diese Entwicklung verantwortlich. Das bedeutet der Einfluss dieser Abnahme auf die Schweizerischen Aschemengen ist marginal.

### 2.5.1 Anlagenbestand und Rücklauf der Umfrage

Tabelle 5: Anlagenbestand aus kantonalen Datenbanken pro Anlagenkategorie mit Vergleich zu den Anlagenzahlen aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik (BFE, 2020-1).

| Kantone | Basel-Landschaft | | Graubünden | | St.Gallen | | Tessin | | Solothurn | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Anlagen Basel-Landschaft (Holzenergiestatistik CH) | Anlagen Basel-Landschaft (Datenbank Kanton) | Anlagen Graubünden (Holzenergiestatistik CH) | Anlagen Graubünden (Datenbank Kanton) | Anlagen St. Gallen (Holzenergiestatistik CH) | Anlagen St. Gallen (Datenbank Kanton) | Anlagen Tessin (Holzenergiestatistik CH) | Anlagen Tessin (Datenbank Kanton) | Anlagen Solothurn (Holzenergiestatistik CH) | Anlagen Solothurn (Datenbank Kanton) |
| Stückholzkessel ab 50 kW | k. A. | 34 | k. A. | 56 | k. A. | Adressstamm ohne Einteilung der Anlagenkategorie | k. A. | 1 | k. A. | 146 |
| Schnitzelfeuerung 50 - 300 kW | 246 | 89 | 245 | 102 | 393 | | 61 | 33 | 214 | 66 |
| Schnitzelfeuerung 301 – 500 kW | 44 | 23 | 36 | 28 | 51 | | 16 | 14 | 44 | 34 |
| Schnitzelfeuerung > 500 kW | 46 | 38 | 37 | 32 | 45 | | 31 | 24 | 25 | 13 |
| Holzwärmekraftkopplungsanlage | k. A. | 10 | k. A. | 1 | 2 | | k. A. | 0 | 0 | 0 |
| Pelletfeuerung 50 - 300 kW | 70 | 112 | 70 | 103 | 27 | | 10 | 5 | 34 | 34 |
| Pelletfeuerung 301 – 500 kW | 8 | 6 | 3 | 8 | 3 | | 2 | 1 | 11 | 7 |
| Pelletfeuerung > 500 kW | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | | 0 | 0 | 1 | 3 |
| Weiterer Typ: | k. A. | 15 | k. A. | 0 | k. A. | | k. A. | 6 | k. A. | 0 |

**Kommentar:** Die Anzahl Anlagen in den Kategorien der Stückholzkessel ab 50 kW und der Holzwärmekraftkopplungsanlagen sind in der schweizerischen Holzenergiestatistik nur als Gesamtzahl aufgeführt, nicht pro Kanton. In der Kategorie «weiterer Typ» wurden Anlagen aufgeführt, welche nicht kompatibel mit der Einteilung der schweizerischen Holzenergiestatistik sind. Die Summen der Anlagen aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik und den kantonalen Datenbanken sind deshalb nicht direkt vergleichbar.

### 2.5.2 Rücklauf der Umfragen

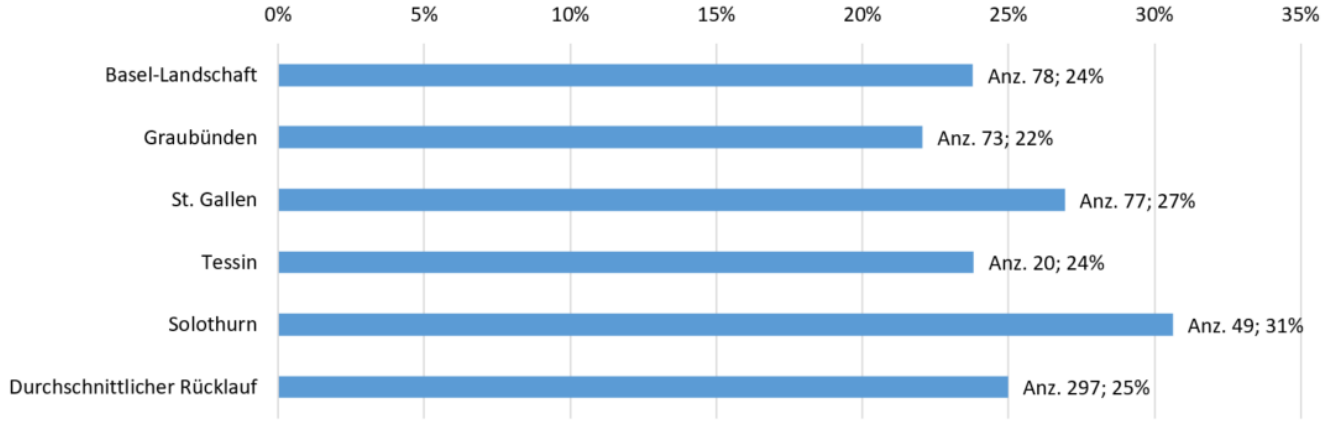



Abbildung 7: Rücklauf der Umfrage nach Kantonen (Anzahl Rückmeldungen; 100 % = Anzahl angeschriebene Anlagen)

**Kommentar:** Der Rücklauf von durchschnittlich 25 % ist sehr erfreulich und im Vergleich mit anderen Umfragen relativ hoch. Der Fehlerbereich über alle Anlagen in den befragten Kantonen liegt in der Grössenordnung von 5 %.

Tabelle 6: Anzahl Umfragerückmeldungen pro Kategorie und Kanton plus Angaben zu den Anlagezahlen in der ganzen Schweiz aus der Holzenergiestatistik.

| | Kanton Basel-Landschaft | Kanton Graubünden | Kanton St. Gallen | Kanton Tessin | Kanton Solothurn | Summe Rückmeldungen pro Anlagenkategorie | Anlagen ganze Schweiz (Holzenergiestatistik CH) | Rückmeldung in Prozent pro Anlagekategorie |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stückholzkessel ab 50 kW** | 9 | 5 | 7 | 1 | 4 | 26 | 2 849 | 0.9% |
| **Schnitzelfeuerung 50 - 300 kW** | 26 | 31 | 25 | 3 | 16 | 101 | 6 088 | 1.7% |
| **Schnitzelfeuerung 301 – 500 kW** | 10 | 8 | 20 | 1 | 11 | 50 | 850 | 5.9% |
| **Schnitzelfeuerung > 500 kW** | 16 | 12 | 20 | 8 | 8 | 64 | 1 019 | 6.3% |
| **Holzwärmekraftkopplungsanlage** | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 12 | 16.7% |
| **Pelletfeuerung 50 - 300 kW** | 13 | 7 | 4 | 2 | 3 | 29 | 1 200 | 2.4% |
| **Pelletfeuerung 301 – 500 kW** | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | 96 | 4.2% |
| **Pelletfeuerung > 500 kW** | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 39 | 5.1% |
| **Weiterer Typ:** | 3 | 5 | 0 | 5 | 6 | 19 | | |
| **Anzahl Rückmeldung pro Kanton** | 78 | 73 | 77 | 20 | 49 | 297 | 12 153 | 2.4% |

**Kommentar:** In der Schweiz gibt es in den aufgeführten Kategorien 12‘153 Holzenergieanlagen. An der Umfrage haben sich 2.4 % der Betreiber beteiligt. Der grösste Rücklauf ist bei den Holzwärmekraftkopplungsanlagen und bei den Schnitzelheizungen > 500 kW zu verzeichnen.

### 2.5.3 Anlagenbestand Schweiz nach der Schweizerischen Holzenergiestatistik

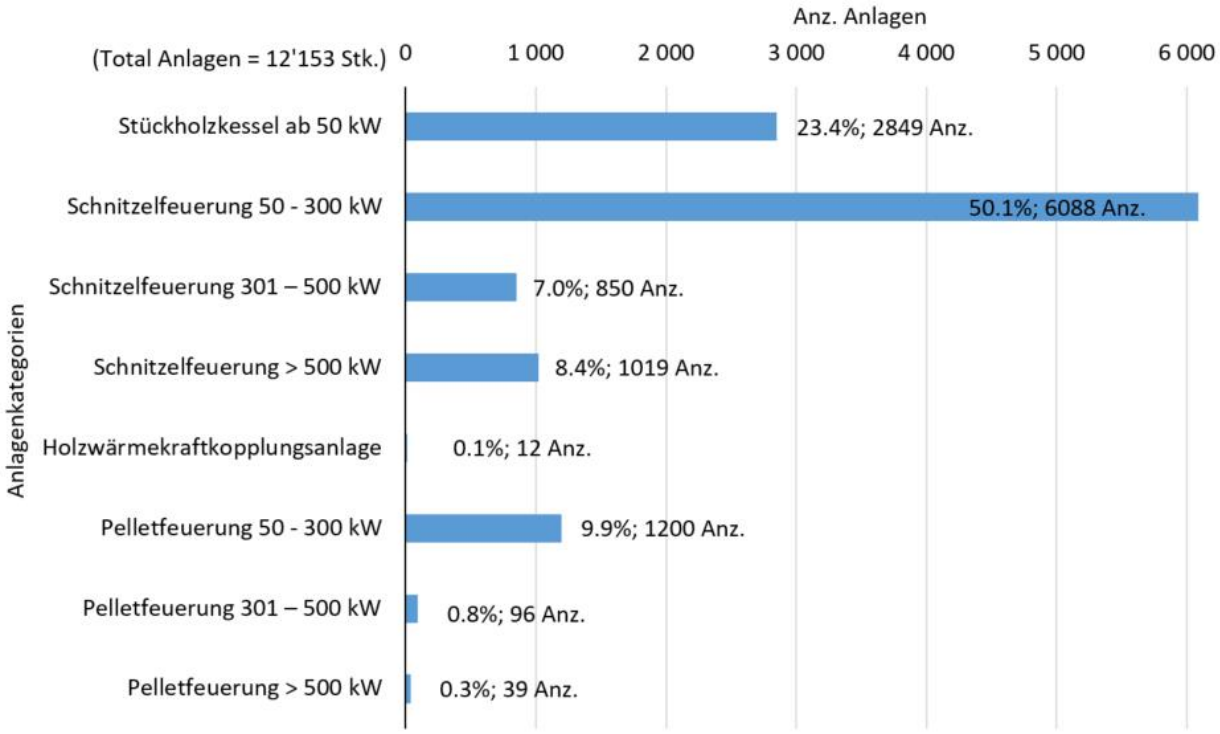



Abbildung 8: Anzahl Anlagen in der Schweiz nach der Schweizerischen Holzenergiestatistik pro Anlagenkategorie in Prozent und absolut.

**Kommentar:** Die grösste Kategorie der Anlagen in der Schweiz sind Schnitzelfeuerungen 50 – 300 kW, gefolgt von Stückholzkesseln ab 50 kW.

### 2.5.4 Anlagenspezifikationen

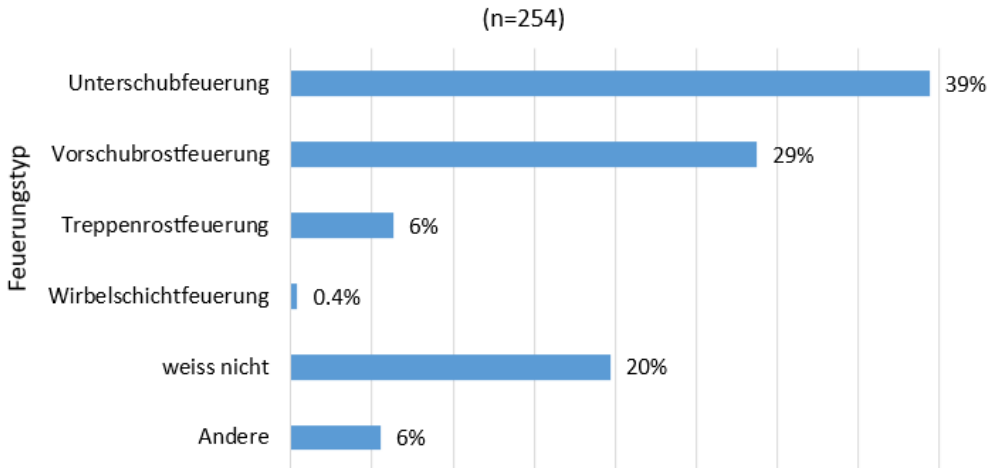



Abbildung 9: Verteilung der zum Einsatz kommenden Feuerungstechnologien (Antworten aus kantonalen Umfragen in Prozent)

**Kommentar:** Die meisten Anlagen sind Vorschubrost- oder Unterschubfeuerungen. 19 % der Betreiber kannten die verwendete Feuerungstechnologie ihrer Anlage nicht.

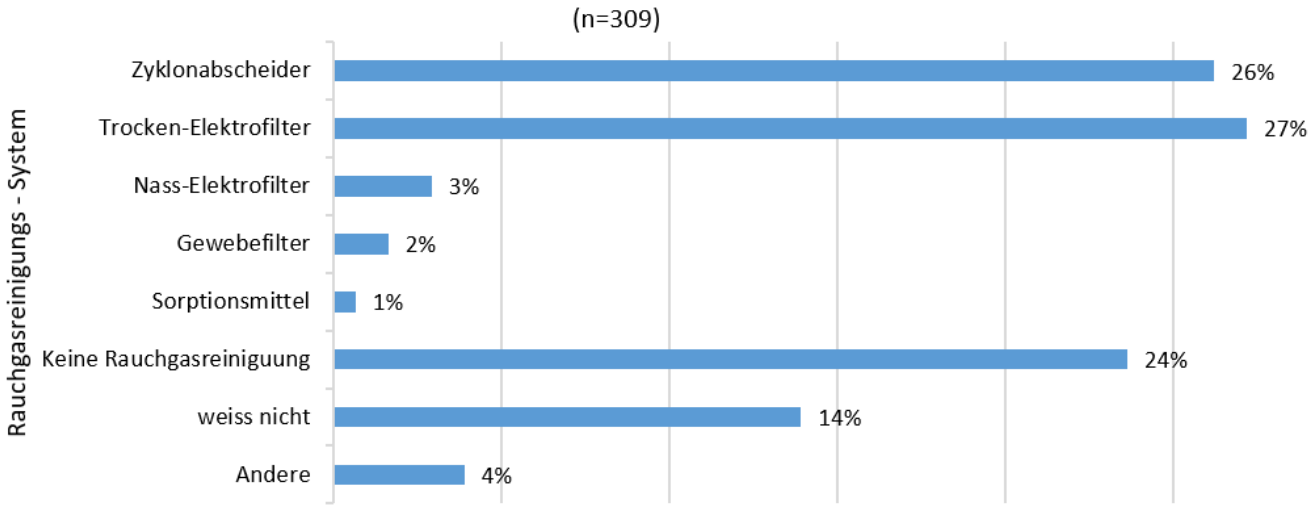



Abbildung 10: Verteilung der zum Einsatz kommenden Rauchgasreinigungssysteme aus kantonalen Umfragen

**Kommentar:** Pro Umfrageteilnehmer waren mehrere Antworten möglich. 24 % der Anlagen haben keine Rauchgasreinigung. 53 % der Betreiber setzten Trocken-Elektrofilter und Zyklonabscheider für die Rauchgasreinigung ein. Sorptionsmittel werden nur in geringem Umfang eingesetzt. 14 % der Betreiber kannten das verwendete Rauchgasreinigungssystem ihrer Anlage nicht.

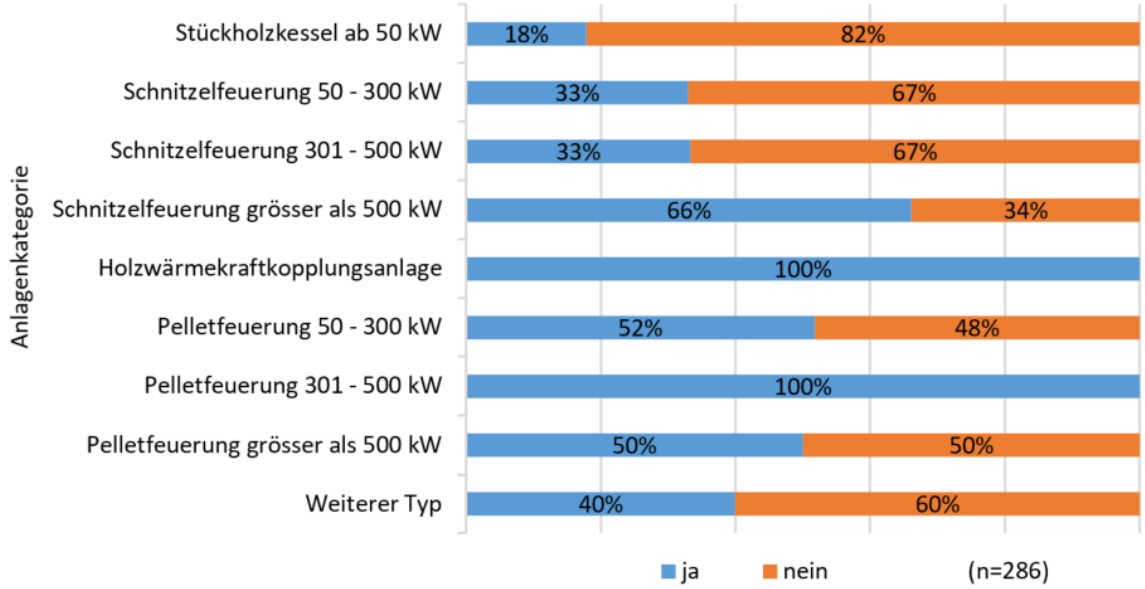



Abbildung 11: Sommerbetrieb der Anlage ja/nein (Antworten aus kantonalen Umfragen)

**Kommentar:** Pelletfeuerungen 301 - 500 kW und Holzwärmekraftkopplungsanlagen sind ganzjährig in Betrieb. Je kleiner die Kesselgrösse bei Schnitzelfeuerungen, desto seltener ist der Sommerbetrieb.

### 2.5.5 Mengen der Holzaschen, Umfragewerte, kantonale und schweizerische Hochrechnungen

In der Umfrage wurden von den Teilnehmern die Angaben zum Anfall der Holzaschen in Volumeneinheiten oder Gewichteinheiten gemacht. Für den Vergleich der jährlich in der Schweiz anfallenden Holzaschenmengen wurden die Volumenangaben wie in 2.4.2 erwähnt nach den Faktoren in Tabelle 3 in Tonnen Holzasche umrechnet. Im ersten Schritt wurden die durchschnittlichen Aschenmengen pro Anlagenkategorie aus den Umfragen ermittelt und anschliessend mit den Anzahl Anlagen der schweizerischen Holzenergiestatistik hochgerechnet.
Zur Ermittlung der in der Schweiz anfallenden Aschemengen aus Holzfeuerungen wurden die Heizungskategorien aus der Holzenergiestatistik von «grösser 50 kW» bis «Holzwärmekraftkopplungsanlagen» für alle Auswertungen verwendet (Siehe Tabelle 1: Verwendete Kategorien aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik).
Die Aschenmengen der Anlagen aus der Kategorie «Anlagen für erneuerbare Abfälle» wurden nur in der Tabelle 7 miteinbezogen, da diese Anlagen neben Holzbrennstoffen auch «Nichtholzbrennstoffe» nach Luftreinhalte-Verordnung LRV (BAFU. 2020-3, 2020) verbrennen, jedoch ebenfalls Aschen produzieren.

Tabelle 7: Hochrechnung Aschenmengen pro Anlagenkategorie für die Schweiz in Tonnen pro Jahr.

| | Stückholzkessel ab 50 kW | Schnitzelfeuerung 50 - 300 kW | Schnitzelfeuerung 301 – 500 kW | Schnitzelfeuerung > 500 kW | Holzwärmekraftkopplungsanlage | Pelletfeuerung 50 - 300 kW | Pelletfeuerung 301 – 500 kW | Pelletfeuerung > 500 kW | Weiterer Typ: | Gesamtergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittelwert der anfallenden Aschenmengen pro Anlagentyp und Jahr aus kantonalen Umfragen (t/Jahr) | 0.428 | 1.234 | 3.562 | 17.065 | 1 430 | 0.703 | 2.027 | k.A. | 1.724 | |
| Anzahl Anlagen nach Holzenergiestatistik | 2 849 | 6 088 | 850 | 1 019 | 12 | 1 200 | 96 | 39 | k. A. | 12 153 |
| Hochgerechnete kantonale Durchschnittsmengen pro Anlagenkategorie multipliziert mit den Anlagezahlen aus der Holzenergiestatistik (t/Jahr) | **1 218** | **7 511** | **3 028** | **17 389** | **17 160** | **844** | **195** | **k.A.** | **k.A.** | **47 345** |
| Prozentuale Verteilung Aschemengen | 3% | 16% | 6% | 37% | 36% | 2% | 0.4% | | | 100% |
| Hochrechnung der anfallenden Aschenmengen von Anlagen für erneuerbare Abfälle (Holzenergiestatistik Kategorie 19) Berechnung Holzenergie Schweiz 2020 | | | | | | | | | | 16 784 |
| **Gesamte anfallende Aschenmengen in der Schweiz ab Anlagen mit einer Heizleistung > 50 kW (t/Jahr)** | | | | | | | | | | **64 129** |

**Kommentar:** Die grössten jährlichen Aschenmengen fallen bei den Schnitzelfeuerungen > 500 kW und Holzwärmekraftkopplungen an. In der Schweiz fallen jährlich insgesamt 70‘702 t Holzaschen an (Stand 2019, inkl. der Anteile, welche in den KVAs verbrannt werden) (BAFU, 2020-4). Die Hochrechnung, basierend auf den Umfragen, weist für die Kategorien 9, 12 - 18, 47‘345 t Holzaschen pro Jahr aus. Die Berechnung auf Basis der theoretischen prozentualen Aschenmengen, abgeleitet von den Brennstoffmengen pro Kategorie, mit den Zahlen der Schweizerischen Holzenergiestatistik weist 36'187 t Aschen pro Jahr aus. Der Unterschied kann folgende Gründe haben:

1. Die Annahmen der theoretischen prozentualen Aschemengen pro Brennstoffmenge sind zu tief.
2. Die Angaben zu den Aschenmengen aus den Umfragen entsprechen nicht dem schweizerischen Mittelwert.

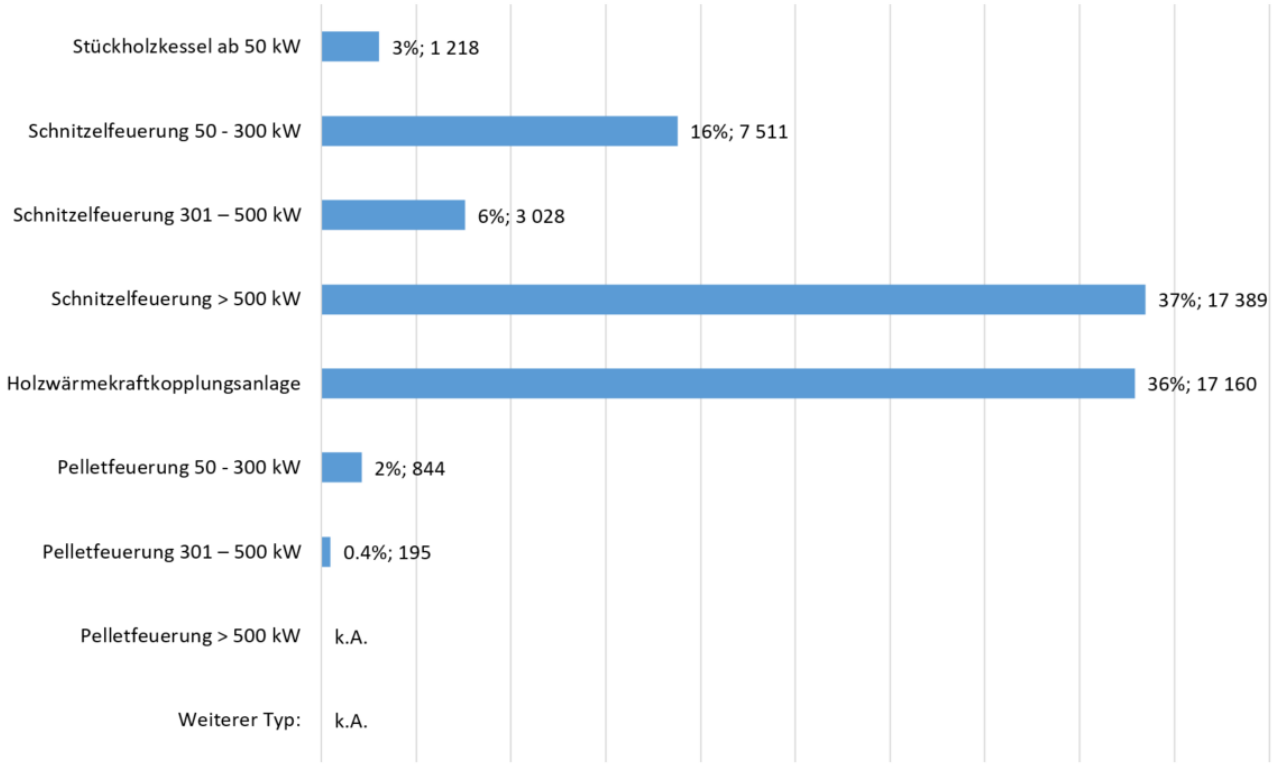



Abbildung 12: Hochrechnung Aschenmengen pro Anagenkategorie für die Schweiz in Prozent und in Tonnen pro Jahr (Quellen: Aschemengen aus den kantonalen Hochrechnungen, Anlagenbestand Schweiz aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik).

**Kommentar:** 73 % der gesamten Aschenmengen fallen bei den Schnitzelfeuerungen > 500 kW und den Wärmekraftkopplungsanlagen an.

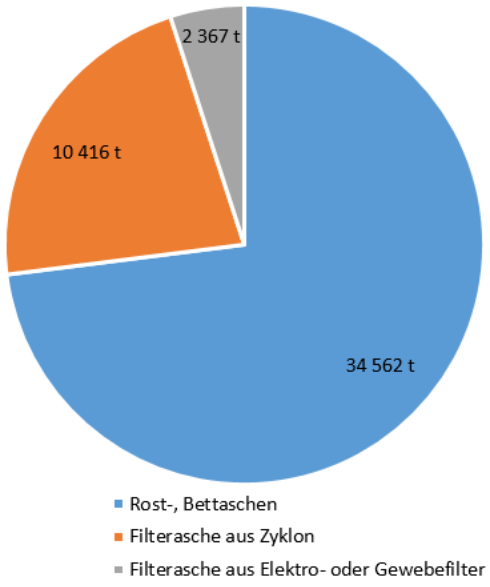



Abbildung 13: Aschenmengen in der Schweiz, aufgeteilt nach Aschentyp

**Kommentar:** Die Aufteilung der Aschenmengen zeigt den Aschenanfall in der Schweiz pro Jahr und Aschentyp. Die Anlagenzahlen entstammen der Schweizerischen Holzenergiestatistik, und die Aufteilung der Aschentypen erfolgt nach Obernberger (Obernberger I. , 1997).

### 2.5.6 Holzaschen Lagerung und Entsorgung

Von Interesse für eine effiziente Logistik und Verwertung sind die Art der Lagerung der Holzaschen am Entstehungsort und die damit verbundenen Möglichkeiten der getrennten Entsorgung von Rost- und Flugaschen.

Tabelle 8: Lagerung und Entsorgung der Holzaschen

| | Stückholzkessel ab 50 kW | Schnitzelfeuerung 50 - 300 kW | Schnitzelfeuerung 301 – 500 kW | Schnitzelfeuerung > 500 kW | Holzwärmekraftkopplungsanlage | Pelletfeuerung 50 - 300 kW | Pelletfeuerung 301 – 500 kW | Pelletfeuerung > 500 kW | Weiterer Typ: | Gesamtergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Aufteilung nach Lagerung und Entsorgung:** | | | | | | | | | | |
| **Gemischte Lagerung und gemischte Entsorgung der Aschen** | | | | | | | | **Mengenanteile** | | **22%** |
| Hochrechnung Aschenmengen (t/Jahr) | 565 | 2 026 | 1 642 | 4 735 | 708 | 683 | 22 | k.A. | k.A. | 10 381 |
| **Getrennte Lagerung und gemischte Entsorgung der Aschen** | | | | | | | | **Mengenanteile** | | **20%** |
| Hochrechnung Aschenmengen (t/Jahr) | 330 | 2 344 | 978 | 5 530 | 0 | 161 | 0 | k.A. | k.A. | 9 343 |
| **Getrennte Lagerung und getrennte Entsorgung der Aschen** | | | | | | | | **Mengenanteile** | | **58%** |
| Hochrechnung Aschenmengen (t/Jahr) | 323 | 3 141 | 409 | 7 124 | 16 452 | 0 | 172 | k.A. | k.A. | 27 621 |
| **Total Aschenmengen Schweiz** | | | | | | | | **Mengenanteile** | | **100%** |
| Hochrechnung Aschenmengen (t/Jahr) | 1 218 | 7 511 | 3 028 | 17 389 | 17 160 | 844 | 195 | k.A. | k.A. | 47 345 |

**Kommentar:** Die in der Tabelle 7 ermittelten jährlich anfallenden Aschemengen wurden nach den Angaben zur Art der Lagerung hochgerechnet. Die grosse Menge der getrennt gelagerten Aschen ist auf den grossen Mengenanteil bei den Holzwärmekraftkopplungsanlagen zurückzuführen. Der Wert von 47‘345 t ist für die folgenden Auswertungen der 100 %-Wert.

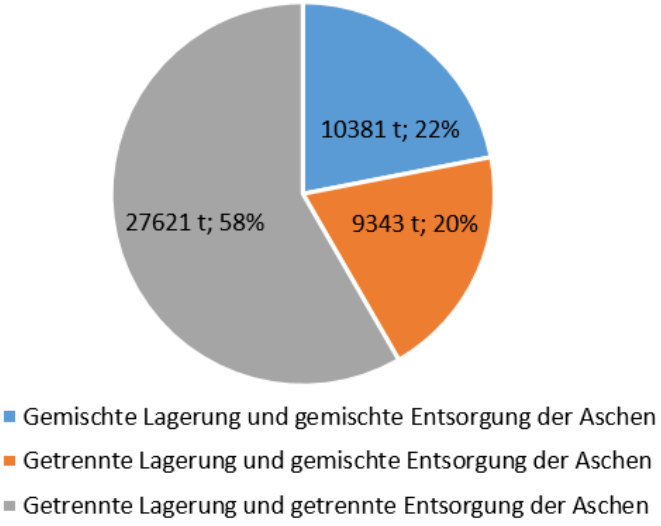



Abbildung 14: Form der Lagerung und Entsorgung der verschiedenen Aschetypen

**Kommentar:** Die Auswertung zeigt die Lagerungsform der gesamten Aschenmengen in der Schweiz. Die grösste Menge (58 %) der Aschen werden getrennt gelagert und getrennt entsorgt. 20 % der Mengen werden zwar getrennt gelagert, jedoch gemischt entsorgt. Nur 22 % der Aschenmengen werden gemischt gelagert und gemischt entsorgt.

Die Auswertung ohne Berücksichtigung der Holzwärmekraftkopplungsanlagen ergibt die folgende Verteilung:

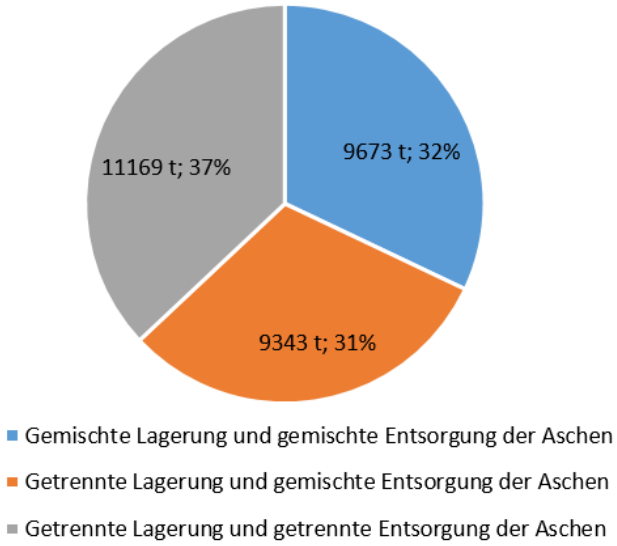



Abbildung 15: Form der Lagerung und Entsorgung der verschiedenen Aschentypen (ohne Holzwärmekraftkopplungsanlagen) Kleine Anlagen

**Kommentar:** Auswertung zeigt den gesamten Aschenmengen in der Schweiz ***ohne*** Holzwärmekraftkopplungsanlagen. 37 % der anfallenden Aschenmengen werden getrennt gelagert und getrennt entsorgt. 31 % der Mengen werden zwar getrennt gelagert, jedoch gemischt entsorgt. Nur 32 % der Aschenmengen werden gemischt gelagert und gemischt entsorgt.

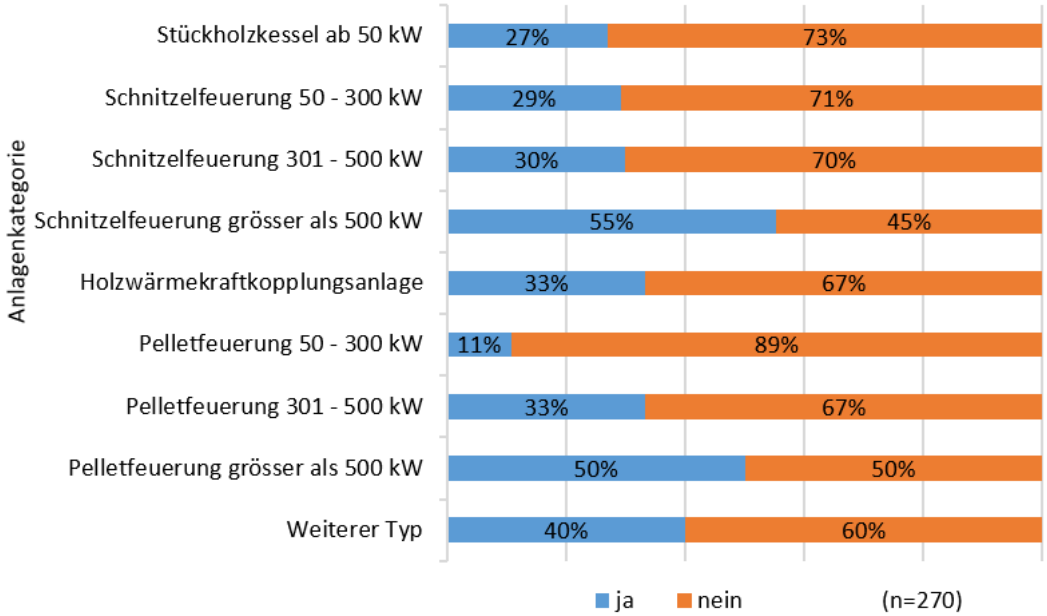



Abbildung 16: Aschenlagerung: Anzahl Anlagen nach Anlagenkategorie mit getrennter beziehungsweise nicht getrennter Lagerung von Rost-, Bett- und Flugaschen.

**Kommentar:** Im Durchschnitt werden die Aschen von 34 % der Anzahl Anlagen getrennt gelagert.

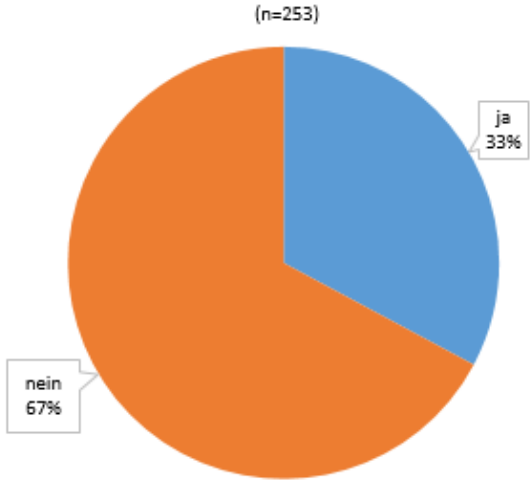



Abbildung 17: Möglichkeit zur Steigerung des Lagervolumens über alle Anlagen

**Kommentar:** Ein Drittel der Anlagenbetreiber haben die Möglichkeit, die Aschen-Lagerkapazität zu steigern.

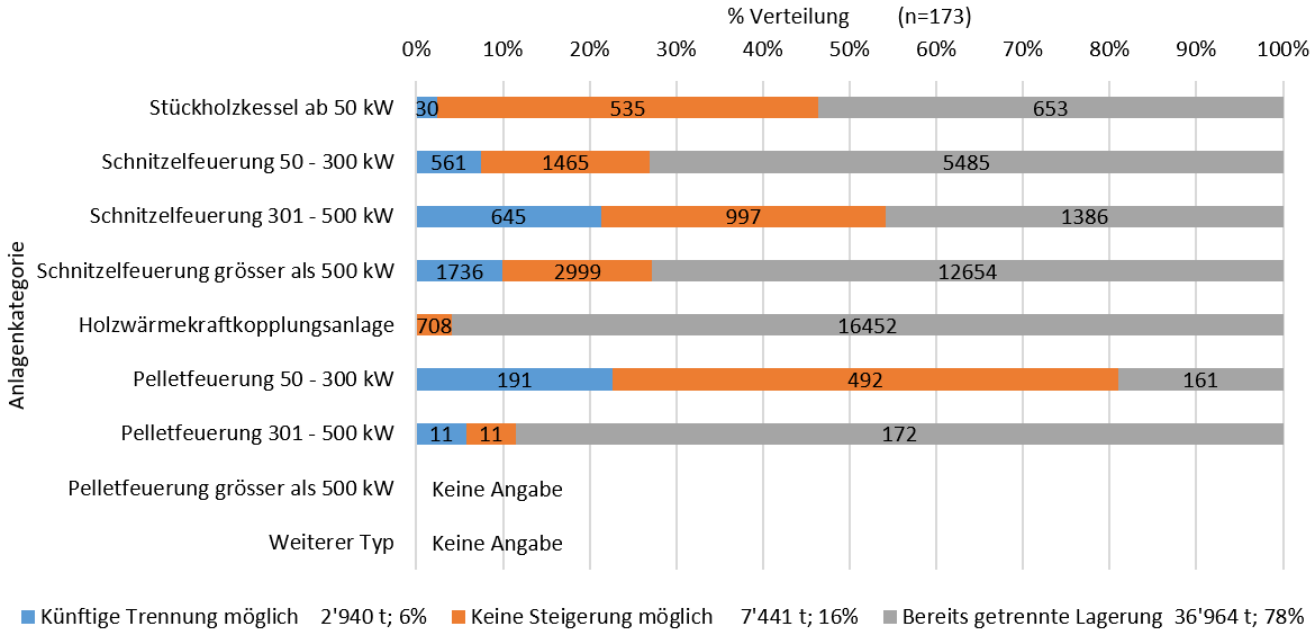



Abbildung 18: Angaben der Betreiber über die Möglichkeiten einer künftigen Trennung der Aschenmengen in Tonnen pro Jahr.

**Kommentar:** In Zukunft liessen sich bei Bedarf zusätzlich 2‘940 t Aschen trennen. Dies sind 6 % der in der Schweiz anfallenden Aschenmengen.

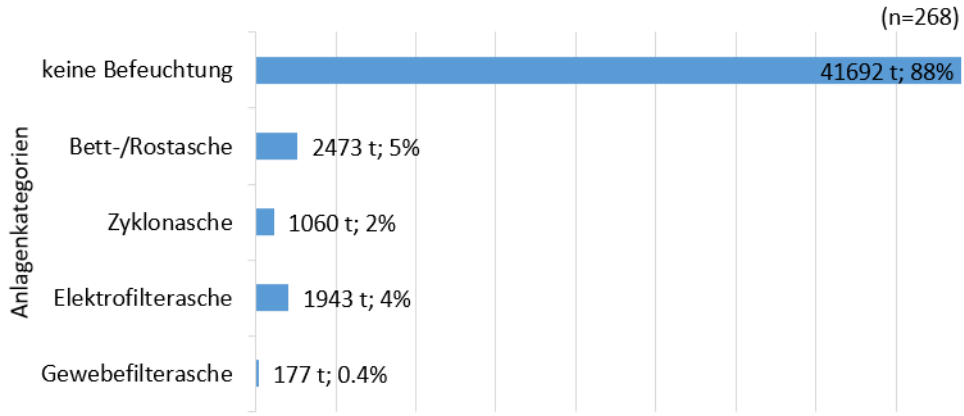



Abbildung 19: Aschenbefeuchtung

**Kommentar:** 88 % der Aschenmengen werden auf den Anlagen nicht befeuchtet. Nur 12 % der Aschenmengen werden befeuchtet.

### 2.5.7 Ascheentsorgung

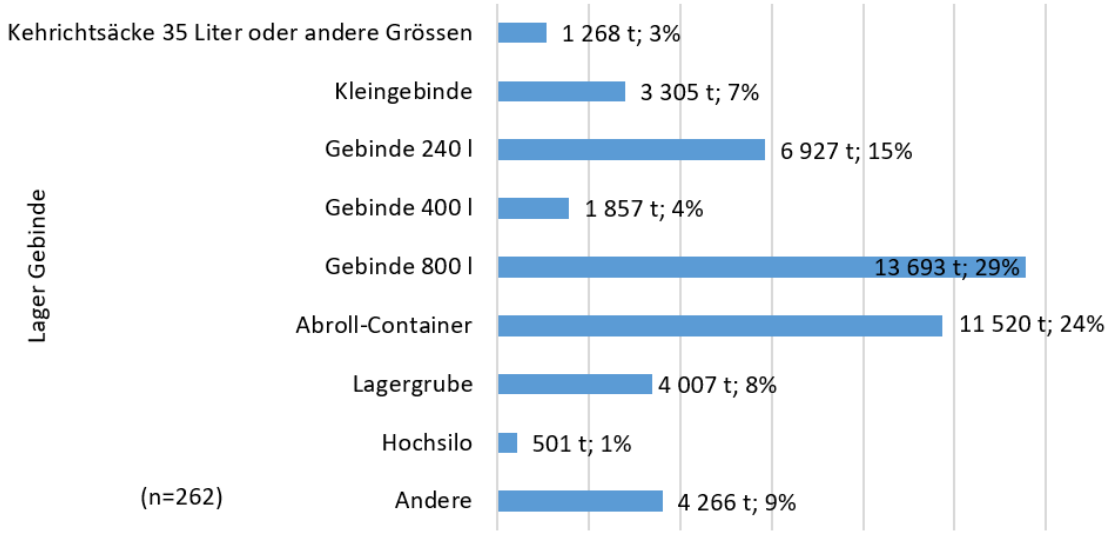



Abbildung 20: Holzaschen in t und % nach Art der verwendeten Entsorgungsgebinde

**Kommentar:** 29 % der anfallenden Aschen werden in 800 l-Containern. 24 % in Abroll-Containern gelagert. «Andere» Lagermöglichkeiten sind mit 9 % eine bedeutende Menge. Welche Lagerungsarten damit gemeint sind, ist nicht bekannt.

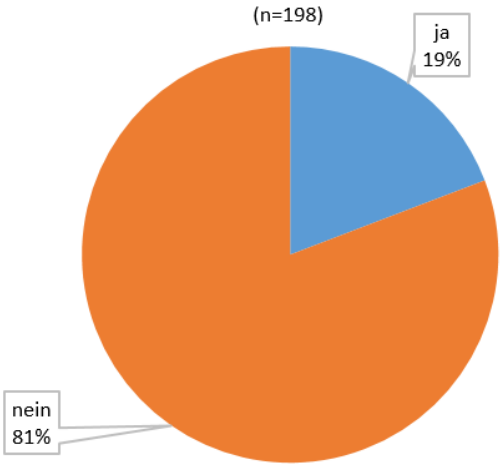



Abbildung 21: Infrastruktur zur Aschenabholung: Vorhandene Absaugleitung für die Aschenabsaugung

**Kommentar:** Bei 81 % der Anlagen ist keine Absaugleitung vorhanden.

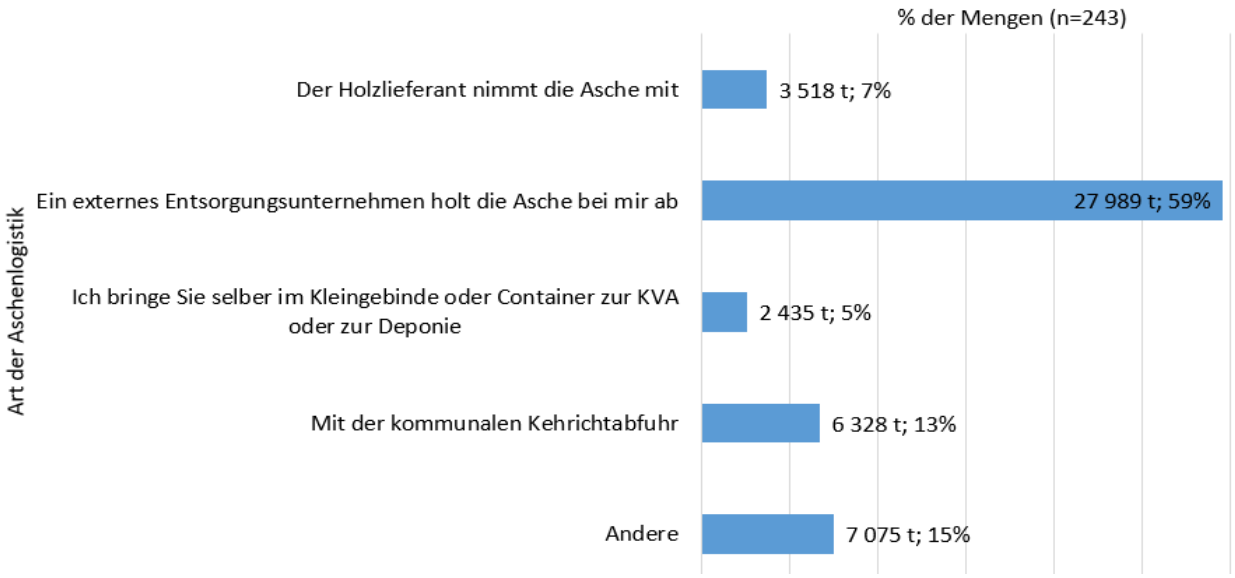



Abbildung 22: Antworten auf die Frage: Wie gelangt Ihre Asche zur KVA oder zur Deponie?

**Kommentar:** Das Resultat zeigt, dass 59 % der Aschen über externe Entsorgungsunternehmungen entsorgt werden. Unter «Andere Varianten» wurden eigene Transportmöglichkeiten sowie die Verwendung im Kompost oder auf eigenem Landwirtschaftsland genannt.

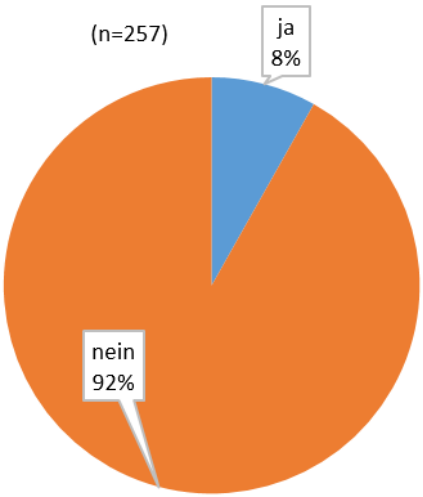



Abbildung 23: Antwort auf die Frage: Besitzen die Anlagenbetreiber aktuelle chemische Analysen der Zusammensetzung Ihrer Aschen?

**Kommentar:** Nur in 8 % der Fälle haben die Anlagenbetreiber chemische Analysen der Aschen.

### 2.5.8 Zusatzangaben

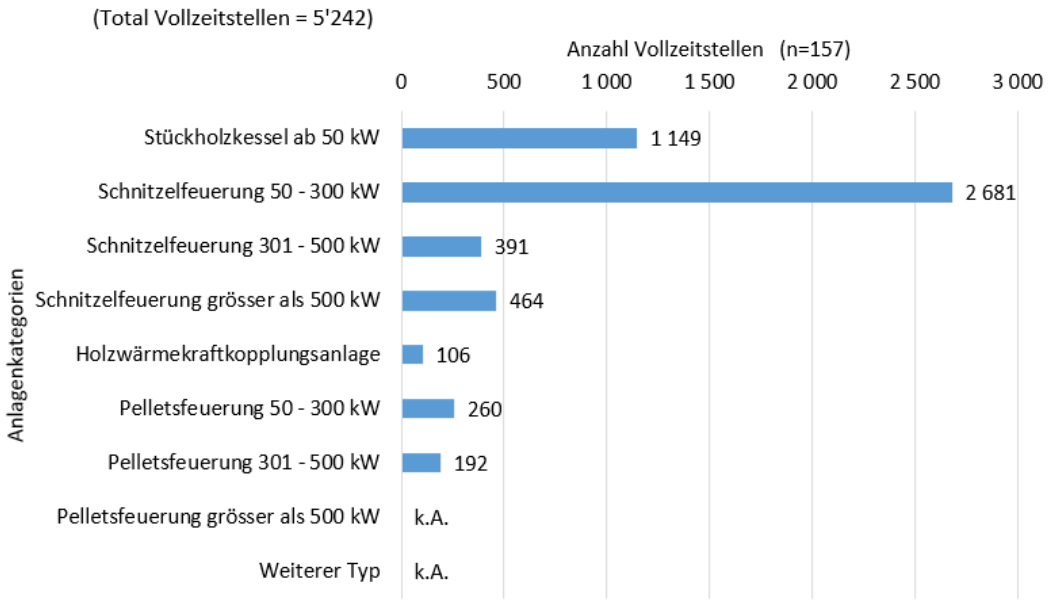



Abbildung 24: Anzahl Vollzeitstellen (Hochrechnung Schweiz in 100 %-Vollzeitäquivalente)

**Kommentar:** Die Holzenergieanlagen beschäftigen für den Betrieb der Anlagen in der ganzen Schweiz inkl. Brennstoffbeschaffung, Unterhalt, Aschenentsorgung, Administration ca. 5‘242 Vollzeitstellen (nationale Hochrechnung).

### 2.5.9 Entsorgungskosten

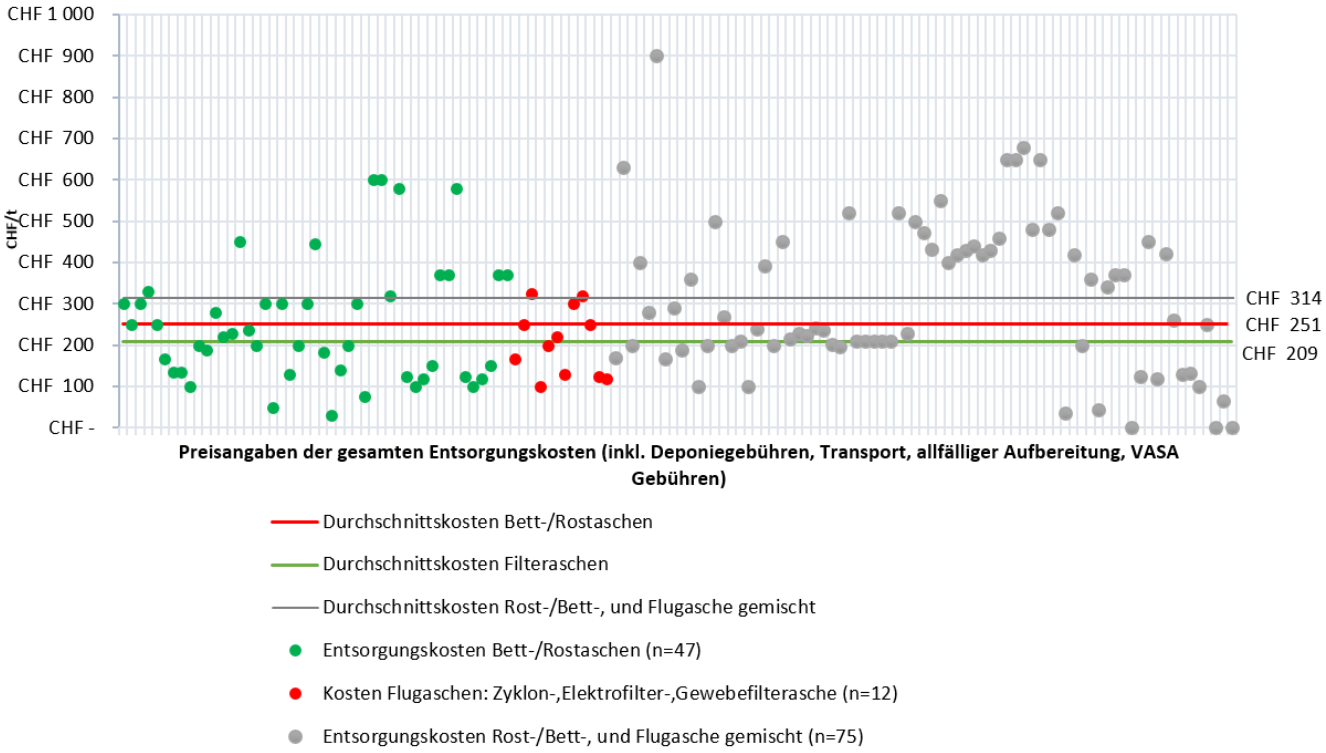



Abbildung 25: Kosten Aschenentsorgung

**Kommentar:** Der Durchschnittspreis für die Entsorgung von Rost-, Bett- und Flugaschen gemischt beträgt CHF 314.- pro t und ist teurer als eine getrennte Entsorgung. Die Heterogenität der Angaben ist enorm, bildet jedoch die Realität des Marktes ab.

### 2.5.10 Zeitpunkt der Datenerfassung und Betriebsjahre

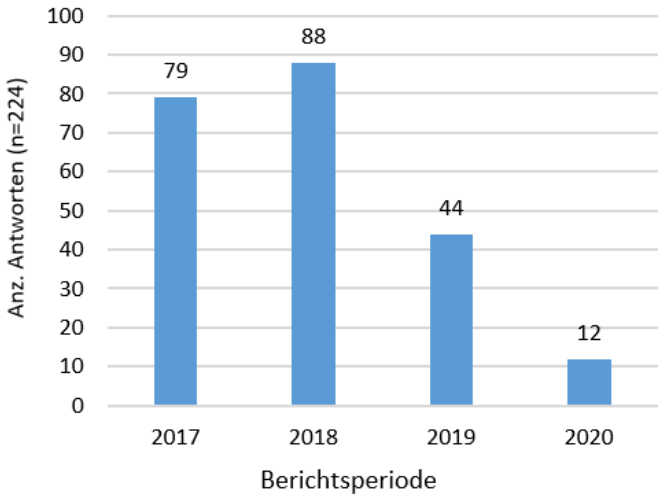



Abbildung 26: Berichtsjahr der Aussagen

**Kommentar:** Die grösste Anzahl der Aussagen betreffen die Jahre 2017 und 2018.

## 2.6 Diskussion Massenbilanz Holzaschen Schweiz

## 2.7 Rücklauf

Verschiedene Aspekte haben bei der Umfrage zu einer zufriedenstellenden Rücklaufquote geführt. Der Versand und die Aufforderung zur Umfrageteilnahme durch die Kantone dürften einer der Hauptgründe dafür gewesen sein. Wider Erwarten war der Rücklauf bei kleinen Heizungskategorien höher als bei grösseren Anlagen. Sehr unterschiedlich war die Qualität der Beantwortung der Fragen. In einzelnen Fällen mussten gewisse Antworten aufgrund offensichtlich unrealistischer Angaben von der Umfrage ausgeschlossen werden. Die ausgeschlossenen Daten wurden in der Auswertung markiert und beschrieben. Das benötigte Fachwissen und die Komplexität der Umfrage dürfte den einen oder andern Betreiber gefordert oder überfordert haben. Die Vermutung liegt nahe, dass deswegen einzelne Fragen nicht beantwortet wurden, oder die Umfrage frühzeitig abgebrochen wurde.

Der Rücklauf der Antworten über alle angeschriebenen Anlagenbetreiber beträgt im Mittel knapp 25 %. Damit befinden sich die Angaben aus den kantonalen Umfragen bei einem Konfidenzniveau von 95 % in einem Fehlerbereich von 5 %. Da die Rücklaufquoten pro Anlagenkategorie unterschiedlich waren, sind die Fehlerquoten dort teilweise höher. Mit der Ergänzung der Auswertung durch Umfrageergebnisse aus weiteren Kantonen liesse sich die Genauigkeit der Durchschnittwerte für die einzelnen Kategorien noch verbessern.
Aus Datenschutzgründen musste die Umfrage auch anonym ausgewertet werden können. Weniger als 10 % der Teilnehmenden nahmen dies in Anspruch.

## 2.8 Umfrageergebnisse

Wie einleitend erwähnt war es für das Versenden der Umfrage nötig, auf die Adressdaten der Kantone zurückzugreifen. Diese stammten in der Regel aus den Abteilungen, welche die Feuerungskontrolle durchführen.

Die Angaben zu den Anlagenbeständen variieren teilweise sehr stark zwischen den kantonalen Datenbanken und der Schweizerischen Holzenergiestatistik. Die Schweizerische Holzenergiestatistik erfasst die Stückholzheizungen nicht pro Kanton, sondern gesamtschweizerisch. Dies führt bei kantonalen Hochrechnungen zu einer gewissen Verzerrung. Aber auch in den übrigen Anlagenkategorien treten zum Teil Unterschiede auf (siehe Tabelle 5). Die Unterschiede lassen sich nicht vollends erklären und nachvollziehen.

Die Angaben zu den Stoffflüssen finden sich in Tabelle 7 und Abbildung 12. Am meisten Asche produzieren die Anlagen aus den beiden Kategorien Holzwärmekraftkopplungsanlagen und Schnitzelfeuerungen > 500 kW mit zusammen rund 40 % der gesamten Aschemenge.

Die Hochrechnung der Umfragen weist für die Kategorien 12 bis 18 47‘153 t Holzaschen pro Jahr aus. Die Berechnung auf Basis der theoretischen prozentualen Aschenmengen, abgeleitet von den Brennstoffmengen pro Kategorie und den Zahlen der Schweizerischen Holzenergiestatistik, weist für diese Kategorien 36'187 t Aschen pro Jahr aus. Der Unterschied kann folgende Gründe haben:

1. Die Annahmen der theoretischen prozentualen Aschenmengen pro Brennstoffmenge sind zu tief.
2. Die Angaben zu den Aschenmengen aus den Umfragen entsprechen nicht dem schweizerischen Mittelwert.
3. Die Unterschiede in den Anlagenzahlen zwischen den kantonalen Datenbanken und den Anlagenzahlen in der Schweizerischen Holzenergiestatistik spielen in diesem Fall keine Rolle, da für beide Berechnungen auf die Anlagenzahlen der Schweizerischen Holzenergiestatistik zurückgegriffen wurde.

Eine Systematisierung und Harmonisierung der Datenerfassung zwischen Kantonen und Bund wäre in jedem Fall sinnvoll.

Bei den Angaben zu den Anlagenspezifikationen ist aufgefallen, dass einige Betreiber nicht wissen, was für ein Feuerungssystem (20%) und was für eine Rauchgasreinigung (14%) sie im Einsatz haben. Zusammen mit teilweise ungenauen quantitativen Angaben zu den Anlagen lässt sich daraus ein gewisser Weiterbildungsbedarf ableiten.

Die Entsorgungskosten bewegen sich in einer grossen Bandbreite. Sowohl für gemischt abgelagerte wie auch für getrennt abgelagerte Aschen bestehen Unterschiede von Faktor 3 und mehr. Dies hängt einerseits mit der jeweils abtransportierten Menge, andererseits aber auch mit dem Angebot der entsprechenden Entsorgungsdienstleister zusammen (siehe auch 3.8).

Gemäss Umfrage verfügen nur 7 % der Anlagenbetreiber über aktuelle chemische Analysen ihrer Aschen. Von den Transporteuren führen 75 % keine Analysen durch. Sollten sich in Zukunft vermehrt Aschen verwerten lassen, werden regelmässige Analysen der Aschen eine Grundvoraussetzung für die Qualitätssicherung sein.

Neben den oben beschriebenen Ergebnissen ergab die Umfrage auch neue Erkenntnisse zur Lagerung und Entsorgung der Holzaschen. Diese werden im folgenden Abschnitt und im Kapitel 3 diskutiert.

Bei der Lagerung der Holzaschen zeigte sich, dass von der gesamten erfassten Holzaschenmenge bereits 58 % getrennt gelagert werden und getrennt entsorgt werden (Abbildung 14). Ohne die Anlagen aus der Kategorie der Holzwärmekraftkopplungsanlagen beträgt diese Menge immer noch 37 %.

Zusätzliche 19 % (Abbildung 14) der Aschen werden heute schon getrennt gelagert, aber noch nicht getrennt entsorgt. Dies dürfte hauptsächlich daran liegen, dass sich eine getrennte Entsorgung (noch) nicht lohnt. Das Lagervolumen an Holzaschen steigern könnten 33 % der Anlagenbetreiber. Dies dürfte bei der Entwicklung von Optionen zur Optimierung der Logistik eine Rolle spielen.

Ein grosser Teil der Holzaschen wird von externen Unternehmen (Entsorgungsbetriebe 59 %, Holzlieferanten 7 %, Kehrichtabfuhr 13%; siehe Abbildung 22) abtransportiert. Bei über 50 % der Aschen erfolgt die Lagerung in grossen Behältnissen wie Silos und Abrollcontainern. Auf die Aspekte der Logistik wird im folgenden Kapitel eingegangen.

Gemäss der Hochrechnung beschäftigen die Holzenergieanlagen für den Betrieb der Anlagen inkl. Brennstoffbeschaffung, Wartung, Unterhalt, Aschenentsorgung, Administration in der ganzen Schweiz ca. 5‘242 Vollzeitstellen.

**Fazit aus den Umfragen:**

- Bezüglich Anlagenzahlen bestehen teilweise deutliche Unterschiede zwischen den Angaben der Kantone und denjenigen der Schweizerischen Holzenergiestatistik.
- Die Mehrheit der Betreiber entsorgt ihre Aschen noch nicht getrennt nach Aschentypen.
- Die Infrastruktur für eine effiziente Sammlung und Transportierung der Aschen ist erst in einzelnen Regionen etabliert.
- Ein grosser Teil der Heizungsbetreiber gibt, an Kapazität für eine getrennte und erweiterte Lagerung der Aschen als Voraussetzung für eine Poolinglösung zu haben.
- Verschiedene «Holzaschenlogistiker» sind dabei, regional innovative Lösungen für Sammlung, Transport und Verwertung zu entwickeln.
- Wenige Heizungsbetreiber verfügen über eigene aktuelle Analysen zu den Aschequalitäten. Auch die Transporteure führen in der Regel keine regelmässigen Analysen der Aschen durch.
- Die Qualität der Angaben der Umfrageteilnehmer ist zu hinterfragen.
- Die Entsorgungskosten bewegen sich in einer grossen Bandbreite.
- Arbeitshygiene: 85 % der Transporteure schützen ihre Mitarbeitenden mit persönlichen Schutzausrüstungen.
- Relative viele Teilnehmende wussten nicht genau Bescheid über folgende Aspekte Ihrer Anlage:
    - Feuerungstyp der Anlage (20 %)
    - Installierte Rauchgasreinigungssysteme (14 %)
    - Entsorgungsort ihrer Holzaschen (ca. 30 %)
    - Zusammensetzung ihrer Holzaschen (ca. 90 %)

Aufgrund dieser Wissenslücken empfiehlt es sich, zu den Themen Anlagenausrüstung, Anlagenbetrieb und Entsorgung gezielte Aus- und Weiterbildungsangebote zur Verfügung zu stellen.

# 3 Logistik- und Poolingkonzept

## 3.1 Ausgangslage / Einführung

Mit der Einführung der neuen Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) haben sich die gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der Deponierung von Holzaschen geändert. Langjährig bewährte Massenströme wurden unterbrochen, und neue Entsorgungsmöglichkeiten mussten gesucht werden. In der Zeit zwischen der Einführung der VVEA am 1.1.2016 und dem 1. November 2018 war die Reduktion von Cr-VI vorgeschrieben. Die kantonal unterschiedlichen Handhabungen und Umsetzungen der Verordnung führten in der Folge zu Unsicherheiten. Die Entsorgungskosten von Holzaschen haben sich seit der Einführung der VVEA um das Zweieinhalb- bis Vierfache erhöht. Die Steigerung der Kosten erhöhte den Druck, Lösungen für eine kostengünstigere Entsorgung zu entwickeln. Zusätzlich werden Projekte zur Wiederverwertung von Holzaschen durchgeführt. Welche Aschenqualitäten künftig in welche Verwertungs-Kanäle fliessen können, ist aber zum grossen Teil noch unklar.

Diese Situation führt zu verschiedenen Fragestellungen:

- Wie können die Aschenentsorgungskosten optimiert werden?
- Wie lassen sich Aschenentsorgungstouren optimieren?
- Welche Kriterien müssen für eine einheitliche und gesetzeskonforme Aschenentsorgung erfüllt sein?
- Welche Kriterien müssen erfüllt werden, um Aschen der Verwertung zuzuführen?

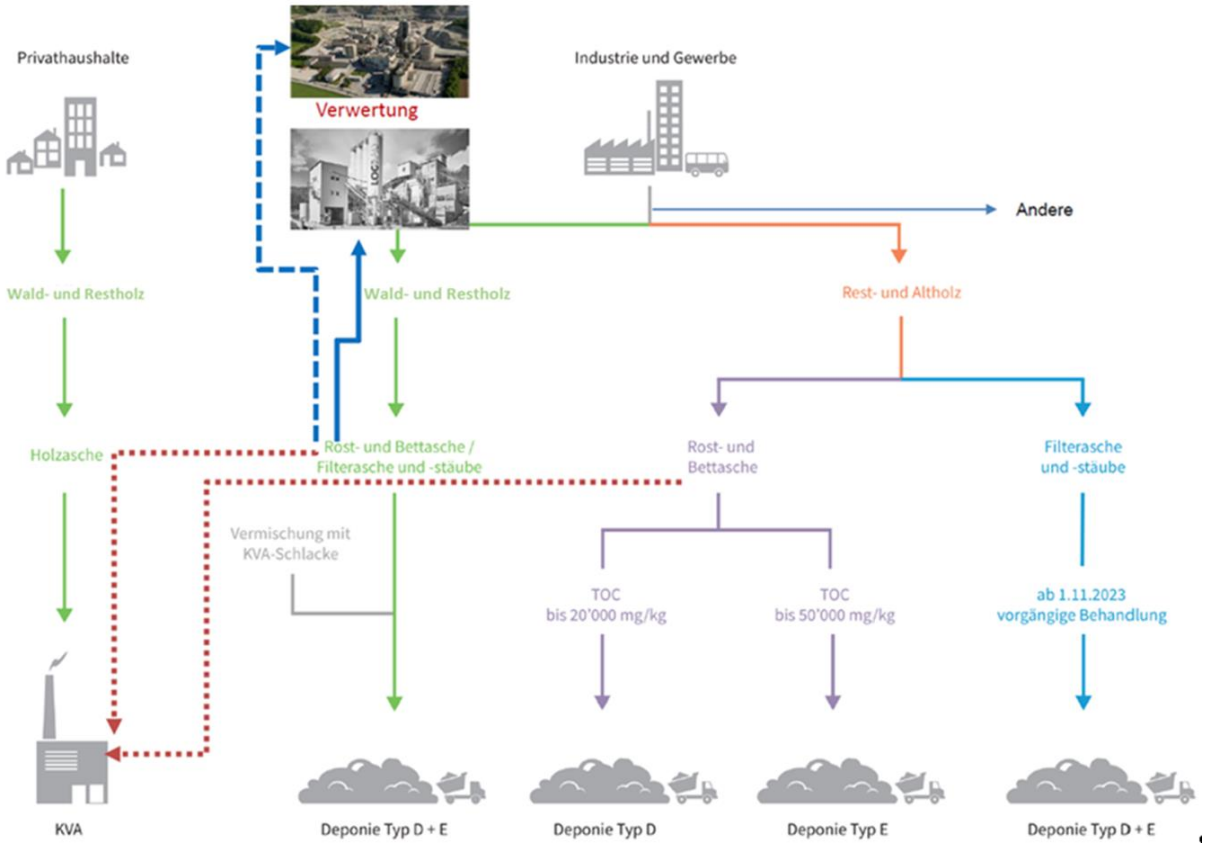



Abbildung 27: Heutiges Entsorgungssystem von Holzaschen (Quelle BAFU, mit Anpassungen)

**Kommentar:** Rote Punktelinie = heutige Entsorgungslösung in verschiedenen Kantonen; Blaue Punktelinie = Projekte zur Wiederverwertung von Holzaschen in der Zementindustrie; Ausgezogene blaue Linie = heutiger Verwertungspfad für Rostaschen aus Waldholz; blaue ausgezogene Linie = andere Verwertungen in Entwicklung.

## 3.2 Herausforderungen

Die logistischen Abläufe beim Transport von Holzaschen stellen die Unternehmer vor grössere Herausforderungen. Der Anfall von Aschen hängt vom Betrieb der Holzheizung ab. Je nach Witterung und Energiebedarf wird mehr oder weniger Holz verwendet, was sich proportional auf den Anfall von Holzaschen auswirkt. Die Qualität des Brennstoffs sowie verbrennungstechnische Parameter beeinflussen die Menge und die qualitativen Eigenschaften der Holzaschen. Für die Planung der logistischen Abläufe stehen folgende Rahmenbedingungen und Herausforderungen im Vordergrund:

- Dezentraler Anfall der Aschen (Kleine Mengen an einer Vielzahl von Standorten)
- Kantonal und regional unterschiedliche Handhabungen der Ascheablagerung und Annahme durch die Deponiebetreiber
- Unterschiedlicher Aschenanfall je nach Witterung, Betriebsart, Effizienz der Anlage und Brennstoffqualität
- Unterschiedliche Lagermengen und -kapazitäten pro Heizanlage
- Verschiedene Behältertypen, vom 40 l-Eimer bis zum Abroll-Container oder Silo
- Unterschiedliche Aschenlagerungskonzepte auf den Heizanlagen (mit Absaugungsleitungen, ohne vorinstallierte Leitungen, Aschengruben, Lagerung in unterschiedlichen Containergrössen, etc.)
- Kenntnisse der Anlagenbetreiber über die eigenen Aschenqualitäten
- Bedarf an Schutzmassnahmen gegen die Staubentwicklung beim Aschen-Handling
- Bedarf an persönlicher Schutzausrüstung zum Schutz der Mitarbeitenden vor dem Aschenstaub
- Vertragliche Verpflichtungen der Brennstofflieferanten zur Aschenentsorgung

Einige auf Aschenlogistik spezialisierte Unternehmungen wenden professionelle Systeme an und haben Lösungen für die Aschenentsorgung entwickelt. Flächendeckend haben sich solche Systeme auf dem Markt bis heute noch nicht durchgesetzt (siehe dazu auch den Leitfaden «Stand der Technik Entsorgung von Holzaschen», (Jutz & Tobler, 2020).

## 3.3 Logistik- und Poolingkonzept

### 3.3.1 Ziele

Ein Logistik- und Poolingkonzept zur sauberen und gesetzeskonformen Entsorgung von Holzaschen ist im Interesse der Heizungsbetreiber, der Logistikunternehmungen, der Deponien und der Unternehmungen, welche Aschen wiederverwerten oder dies für die Zukunft planen. Zu den wichtigsten Punkten gehören folgende:

- Prüfen der Machbarkeit einer Bündelung (Pooling) von Holzaschemengen für Transport und Entsorgung
- Entwicklung eines Konzeptes für die Datenerfassung und Ablage zur Unterstützung der Sammellogistik und der Qualitätssicherung
- Abklärung der Möglichkeiten zur Kostenreduktion durch Pooling der Ascheströme
- Aufzeigen einer Marktentwicklung bei der Ascheverwertung und -entsorgung
- Aufzeigen der gesetzlichen Rahmenbedingungen für die sichere Verwertung und Entsorgung von Aschen
- Situationsanalyse der heutigen Aschenlogistik
- Abklärung der Dokumentationspflichten von Anlagebetreibern, Entsorgern, Transporteuren, Deponiebetreibern und Behörden
- Beschreibung eines transparenten und konformen Prozessablaufs für die Sammlung, Verwertung und Entsorgung von Holzaschen.

### 3.3.2 Zielgruppen

Eine umweltverträgliche Entsorgung- und Verwertung festigt das Ansehen der erneuerbaren regionalen Holzenergie. Interesse an einer optimierten Aschenlogistik haben alle Stakeholder entlang der ganzen Wertschöpfungskette: Die Holzlieferanten, die den Brennstoff zu konkurrenzfähigen Preisen bereitstellen, Die Energieversorgungsunternehmungen und Heizungsbetreiber, welche Energie produzieren und dabei Abfälle produzieren, die Entsorgungsunternehmungen, die sich um eine geeignete Entsorgung bemühen, sowie die Deponiebetreiber, welche die Holzaschen ablagern.

## 3.4 Ergebnisse aus der Umfrage bei Logistikunternehmungen

Als Grundlage für das Logistik und Poolingkonzept wurde bei 45 Transport- und Logistikunternehmen eine Umfrage zu Aschenmengen, Aschentypen, Infrastruktur, Abholzyklen, etc. durchgeführt. Die gesamte Umfrage mit dem Schlussbericht ist im Anhang zu finden. Zwölf Unternehmungen haben die Umfrage ausgefüllt.

**Sammeltouren**

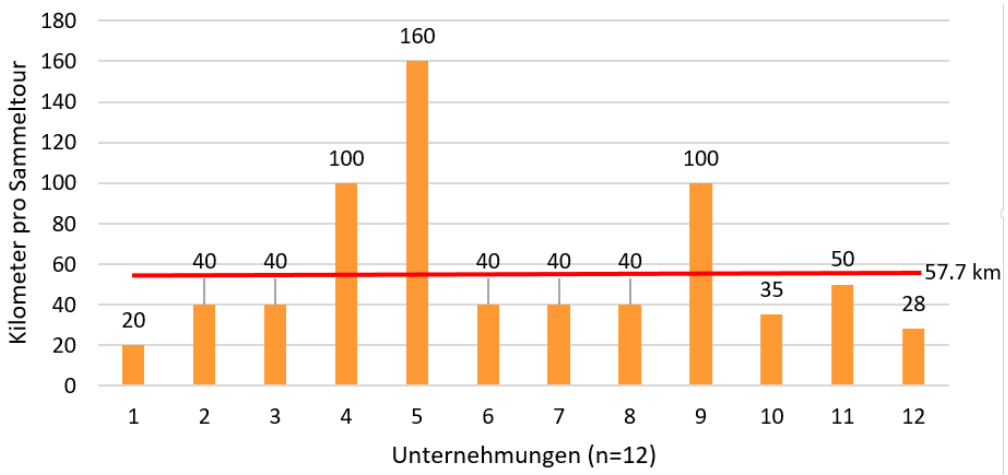



Abbildung 28: Durchschnittliche Distanz pro Sammeltour

**Kommentar:** Die durchschnittliche Distanz einer Sammeltour beträgt 57.7 km (ohne die Antworten 4, 5, 9 beträgt der Durschnitt 37 km).

**Auslastung der Fahrzeuge**

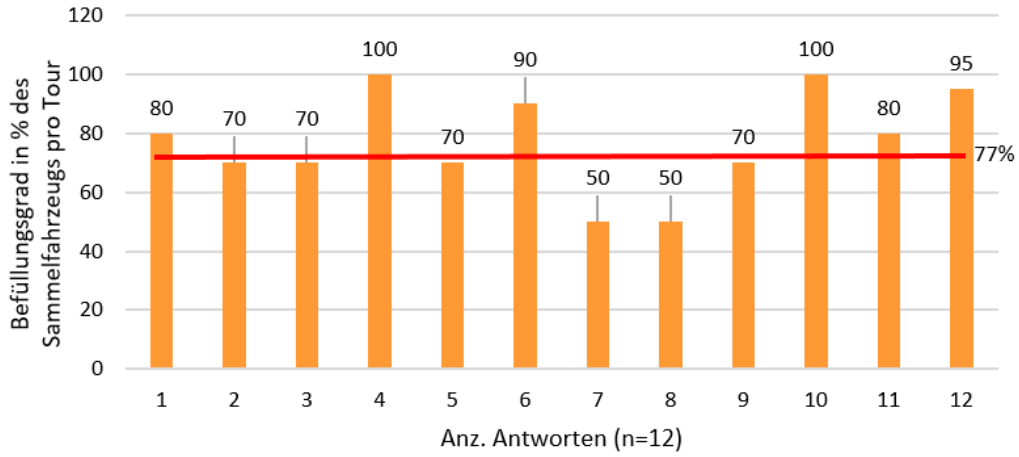



Abbildung 29: Befüllungsgrad des Fahrzeuges pro Sammeltour in %

**Kommentar:** Die durchschnittliche Befüllung der Fahrzeuge pro Sammeltour beträgt 77 %.

**Aschenmengen pro Sammeltour**

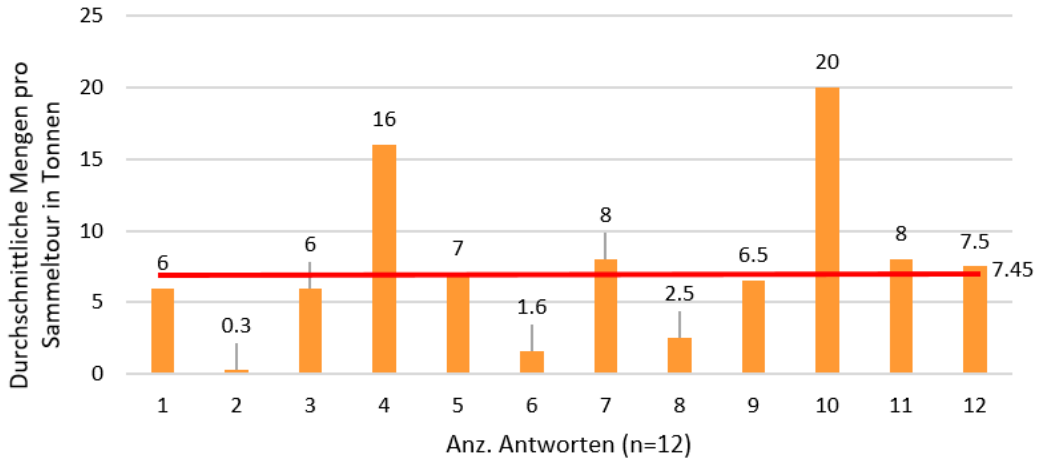



Abbildung 30: Durchschnittliche Aschenmengen pro Sammeltour in t

**Kommentar:** Die durchschnittliche Aschenmenge einer Sammeltour beträgt 7.45 t (ohne die Antworten 4 und 10 beträgt der Durschnitt 5.34 t).

**Ladekapazität der Fahrzeuge**

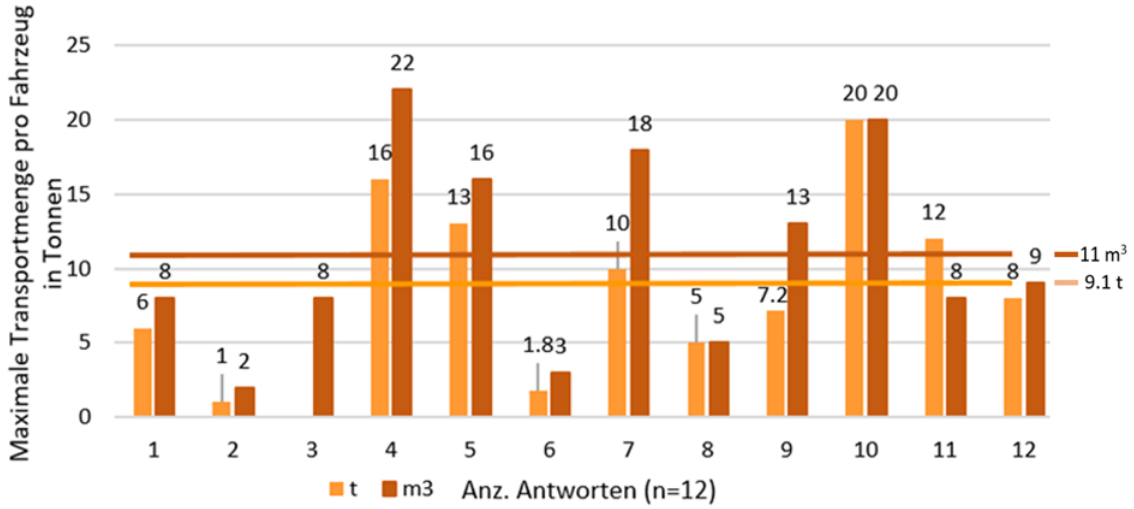



Abbildung 31: Maximale Transportmengen pro Fahrzeug in t und $m^3$

**Kommentar:** Die durchschnittliche maximale Transportmenge über alle Fahrzeuge beträgt 9.1 t. Die Ladekapazitäten der Fahrzeuge variieren stark.

**Zeitbedarf pro Sammeltour**

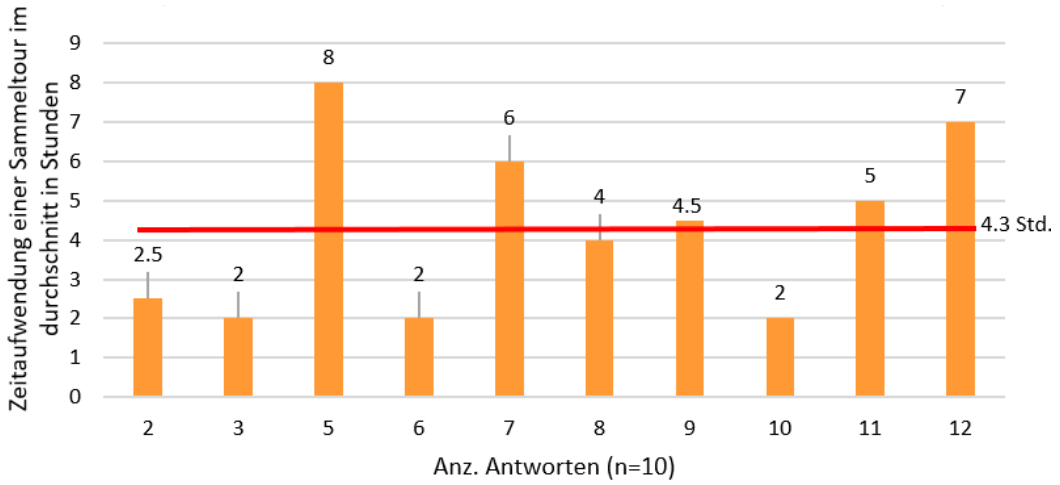
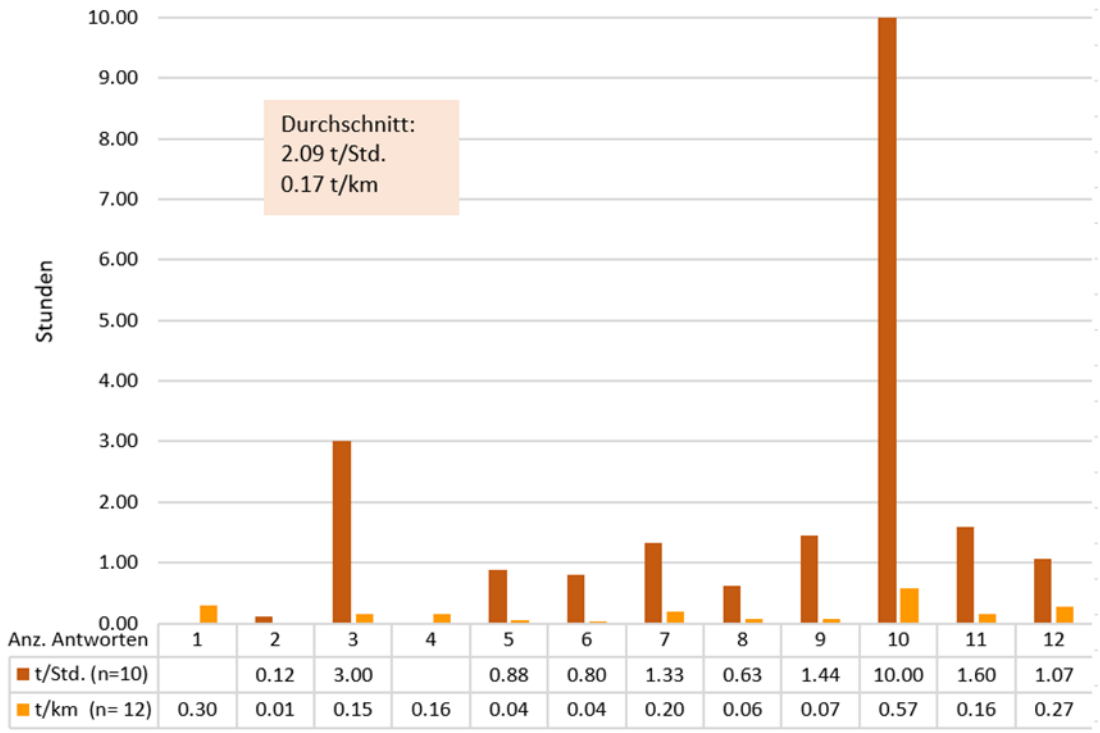



Abbildung 32: Durchschnittliche Zeitaufwendungen der Sammeltouren in h

**Kommentar:** Die durchschnittlich aufgewendete Zeit für eine Sammeltour beträgt 4.3 h.

**Spezifische Transportdaten**




| Anz. Antworten | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| t/Std. (n=10) | | 0.12 | 3.00 | | 0.88 | 0.80 | 1.33 | 0.63 | 1.44 | 10.00 | 1.60 | 1.07 |
| t/km (n= 12) | 0.30 | 0.01 | 0.15 | 0.16 | 0.04 | 0.04 | 0.20 | 0.06 | 0.07 | 0.57 | 0.16 | 0.27 |

Abbildung 33: Transportierte Mengen pro h und km

**Kommentar:** Durchschnittlich werden 2.09 t pro h und 0.17 t pro gefahrenen km transportiert.

## 3.5 Ergebnisse zum Thema Logistik aus der Umfrage bei den Anlagebetreibern

**Anzahl Abholungen der Aschen vor Ort**

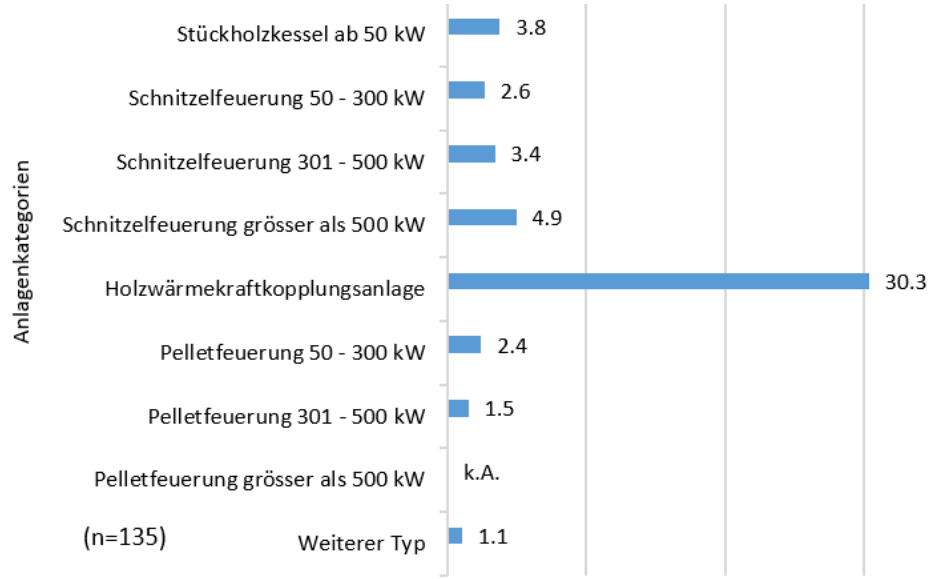



Abbildung 34: Durchschnittliche Anzahl Abholungen pro Anlagenkategorien und Jahr

**Kommentar:** Abgesehen von den Holzwärmekraftkopplungsanlagen werden die Aschen weniger als 5-mal pro Jahr abgeholt. Der Wert für die Holzwärmekraftkopplungsanlagen wird stark beeinflusst durch die grosse Leistung der Anlagen.

**Kommunikationsformen zwischen Anlagenbetreibern und Transportdienstleistern**

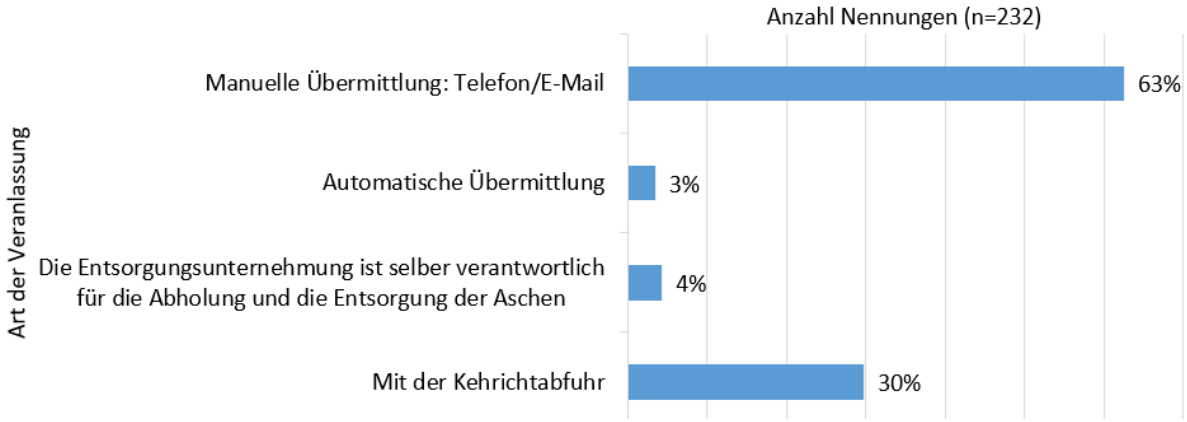



Abbildung 35: Art der Bestellung des Abholdienstes

**Kommentar:** Die Übermittlung per Telefon oder per E-Mail ist in 63 % der Antworten die häufigste Art zur Veranlassung der Aschenentsorgung.

**Transportgebinde**

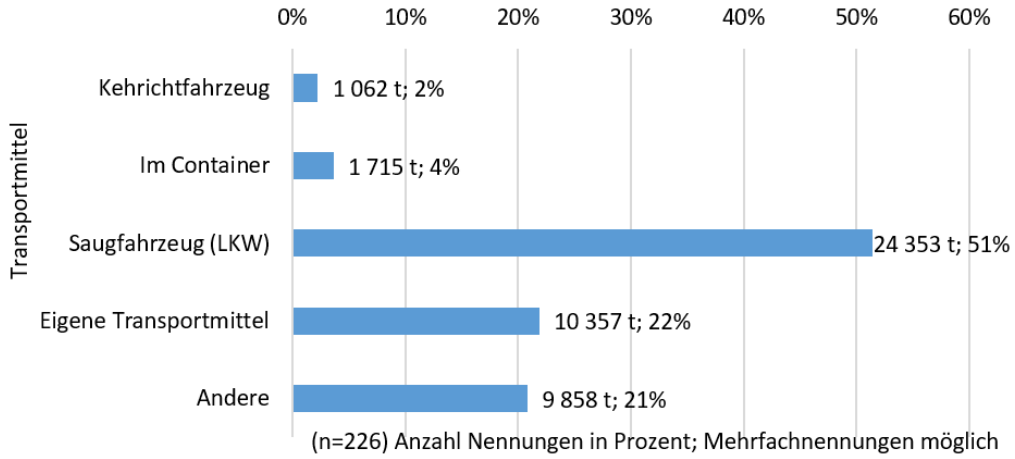



Abbildung 36: Art des Abtransportes der Holzaschen

**Kommentar:** 51 % der Aschenmengen werden mit einem Saugfahrzeug abgeholt.

Die Lagerkapazitäten der Aschenmengen auf den meisten Anlagen sind so ausgelegt, dass 3 - 5 Aschenabholungen pro Jahr durchgeführt werden müssen. 51 % der Aschenmenge werden mit einem Saugfahrzeug abgeholt. Die Veranlassung der Aschenentsorgung erfolgt zu 65 % telefonisch. Während drei Unternehmungen bei einer Sammeltour 100 oder mehr Kilometer zurücklegen, fahren die anderen neun Umfrageteilnehmer eine Distanz von unter 50 km (Durchschnitt von neun Unternehmungen = 37 km) pro Tour. Die durchschnittliche Auslastung pro Fahrzeug und Unternehmung beträgt 77 %, bei einer maximalen durchschnittlichen Transportmenge von 9.1 t. Pro Sammeltour wird im Schnitt eine Menge von 7.45 t transportiert, was 4.3 h dauert. Vier der zwölf Unternehmungen haben eine grössere Transportkapazität als 12 t. Insgesamt ist die Transportfähigkeit pro Fahrzeug sehr unterschiedlich. Pro h werden zwischen 2.09 t und 0.17 t pro gefahrenen Kilometer transportiert.

Tabelle 9: Getrennte oder nicht getrennte Lagerung von Rost- und Filteraschen, Möglichkeit der Steigerung der Lagerkapazität

| | Stückholzkessel ab 50 kW | Schnitzelfeuerung 50 - 300 kW | Schnitzelfeuerung 301 - 500 kW | Schnitzelfeuerung grösser als 500 kW | Holzwärmekraftkopplungsanlage | Pelletfeuerung 50 - 300 kW | Pelletfeuerung 301 - 500 kW | Pelletfeuerung grösser als 500 kW | Weiterer Typ | Gesamtergebnis | Prozentuale Verteilung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Künftige Trennung möglich | 30 | 561 | 645 | 1 736 | 0 | 191 | 11 | k.A. | k.A. | 2 940 | 6% |
| Bereits getrennte Lagerung | 653 | 5 485 | 1 386 | 12 654 | 16 452 | 161 | 172 | k.A. | k.A. | 36 964 | 78% |
| Keine Steigerung möglich | 535 | 1 465 | 997 | 2 999 | 708 | 492 | 11 | k.A. | k.A. | 7 441 | 16% |
| **Summe Aschenmengen in t** | **1 218** | **7 511** | **3 028** | **17 389** | **17 160** | **844** | **195** | **k.A.** | **k.A.** | **47 345** | **100%** |

**Kommentar:** Sollten neue Verwertungskanäle für Holzaschen eine getrennte Entsorgung erfordern, kann die Menge um 6 % mit baulichen Massnahmen oder den Kauf von zusätzlichen Containern erhöht werden. Dieses Resultat ist stark von den getrennten Mengen der Holzwärmekraftkopplungsanlagen geprägt. Die Grafik zu dieser Tabelle ist in der Abbildung 18 zu finden.

## 3.6 Stoffkategorien

Eine qualitative Unterscheidung von anfallenden Aschentypen auf Heizungsanlagen erfolgt zurzeit nicht anhand der Aschenqualität, sondern anhand des Anfall Ortes auf der Anlage. Dabei werden Aschen wie unter Punkt 2.4 beschrieben in drei Aschentypen unterschieden: Rost-, Bettaschen, Zyklon Aschen und Aschen aus dem Partikelabscheider. Die Eigenschaften dieser Aschentypen sind unterschiedlich und lassen sich in der Regel mittels Laboranalysen mit einer guten Trennschärfe der jeweiligen Kategorie zuordnen. Aufgrund der heute weitgehendsten fehlenden Wiederverwertungsmöglichkeiten werden die verschiedenen Aschentypen zwar teilweise getrennt gelagert, häufig jedoch gemischt entsorgt. Die Details dazu finden sich in der Tabelle 8.

Sollten weitere Verwertungspfade entstehen, welche eine getrennte Lagerung und Entsorgung erforderlich machen, besteht für einen Teil der Anlagenbetreiber die Möglichkeit, technische Anpassungen an der Aschenaustragung vorzunehmen, welche eine Trennung der Aschen ermöglichen. Detail zu den Mengen sind in der Tabelle 9 aufgeführt.

## 3.7 Warenfluss

Aschen fallen dezentral in allen Regionen der Schweiz in unterschiedlichen Mengen an. Der Transport der Aschen in eine Deponie und oder eine Verwertungsstelle erfolgt mittels verschiedener Fahrzeuge.

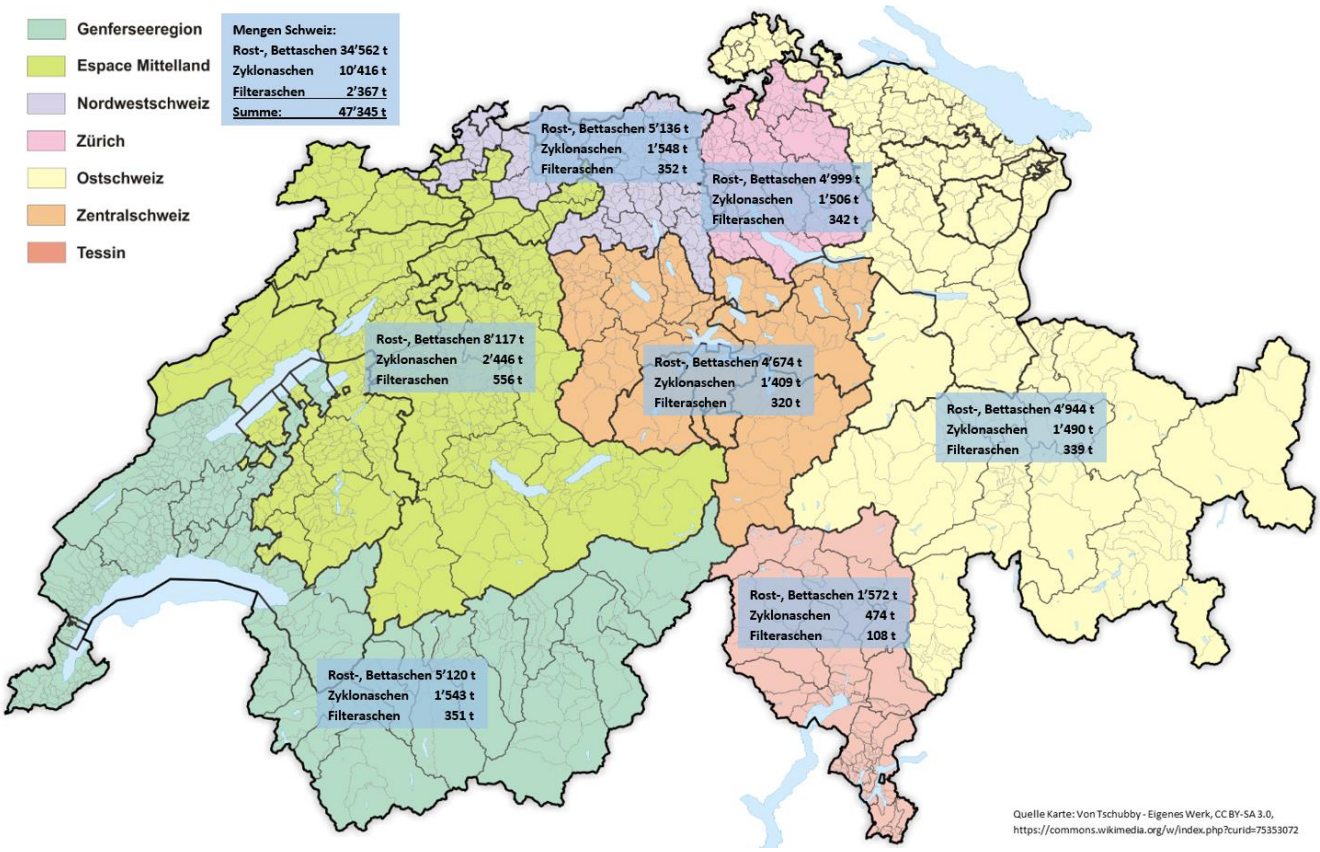



Abbildung 37: Anfall von Holzaschen in den Grossregionen der Schweiz

**Kommentar:** Die Abbildung zeigt die Hochrechnung des jährlichen Aschenanfalls in den Regionen, aufgeteilt in die verschiedenen Aschentypen. Berücksichtigt wurden die Aschenmengen der Anlagenkategorien gemäss der Tabelle 1.

## 3.8 Entsorgungs- und Transportkosten

Die Entsorgungs- und Transportkosten für die Heizungsbetreiber sind je nach Entsorgungsunternehmung, Aschenqualität, Fahrzeugtyp, Lagervolumen und Deponiekosten sehr unterschiedlich. Auch führen unterschiedliche Transportdistanzen und verschiedene Tarifsysteme zu preislichen Unterschieden. Einen Überblick über die Preissituation geben die Ergebnisse aus der Umfrage bei den Heizungsbetreibern. Die Entsorgungskosten lassen sich in folgende Kategorien aufteilen:

Tabelle 10: Prozentuale Aufteilung der Entsorgungskosten auf die wichtigsten Kostenstellen (Herleitung anhand von Abrechnungen von Heizungsbetreibern)

| **Kostenstellen** | **Anteil in Prozent** |
|---|---|
| Absaugen, ev. Zwischenlagerung, ev. Behandlung | 36 % |
| Transport | 22 % |
| Deponierung (inkl. Bundesgebühr für Altlasten-Fonds VASA) | 42 % |
| **Total** | **100 %** |

Mit den ermittelten Aschenmengen lässt sich eine Hochrechnung über die Aschenentsorgungskosten pro Jahr in der Schweiz berechnen.

Tabelle 11: Jährliche Aschenentsorgungskosten insgesamt

| **Jährliche Aschen Entsorgungskosten Hochrechnung Schweiz** | Aschen-Mengen /t | Durchschn. Entsorgungs-Preis pro t aus Umfrage | Kosten Absaugen, ev. Zwischenlagerung, ev. Behandlung | Transport-kosten | Deponie-kosten (inkl. WASA) | **Summe Kosten Entsorgung Schweiz** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aschen aus gemischter Lagerung und gemischter | 15949 | CHF 372 | CHF 2 135 868 | CHF 1 305 252 | CHF 2 491 846 | **CHF 5 932 966** |
| Aschen aus getrennter Lagerung und gemischter | 10592 | CHF 372 | CHF 1 418 478 | CHF 866 848 | CHF 1 654 892 | **CHF 3 940 218** |
| Aschen aus getrennter Lagerung und getrennter Entsorgung (Bett-,Rostaschen) | 21559 | CHF 247 | CHF 1 917 042 | CHF 1 171 526 | CHF 2 236 549 | **CHF 5 325 117** |
| Aschen aus getrennter Lagerung und getrennter Entsorgung (Filteraschen) | 7974 | CHF 226 | CHF 648 760 | CHF 396 464 | CHF 756 887 | **CHF 1 802 111** |
| **Aschenentsorgungsmarkt Schweiz** | **56074** | | **CHF 6 120 148** | **CHF 3 740 091** | **CHF 7 140 173** | **CHF 17 000 412** |

**Kommentar:** Die Aschenmengen stammen aus der Umfrage bei Anlagenbetreibern. Die Aufteilung der Kosten wurde nach den Prozentsätzen aus der Tabelle 10 berechnet.

Das Marktvolumen des Aschenentsorgungsmarkts in der Schweiz beträgt CHF 17 Mio. pro Jahr.

## 3.9 Zusammenfassung gesetzliche Rahmenbedingungen

Aschen gelten als Abfall und unterstehen den gesetzlichen Rahmenbedingungen der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1). Seit dem 1. Januar 2016 ist die VVEA in Kraft. Für die Aschenentsorgung von grosser Relevanz ist die Anpassung der VVEA per 1.11.2018 mit der Anpassung des Artikels 52a und der Anhänge 1 und 5.

Die Verordnung beschreibt jedoch auch, dass eine stoffliche Verwertung in der Abfallhierarchie einer Deponierung vorzuziehen ist. Gegenwärtig gibt es jedoch nur geringfügiger Absatz zur Wiederverwertung im Nischenbereich. Ist eine Verwertung der Aschen nicht möglich, müssen sie deponiert werden.

Basierend auf der VVEA (Artikel 40) sowie auf den kantonalen Umweltschutz- und Abfallgesetzen benötigen Abfallanlagen eine abfallrechtliche Betriebsbewilligung. In dieser Bewilligung werden Vorgaben zum Betrieb der Anlage und auch zu den zugelassenen Abfällen (Input) sowie den entstehenden Abfällen und Reststoffen (Output) gemacht. Als Abfallanlagen gelten alle Anlagen, welche Abfälle annehmen, zwischenlagern, behandeln oder «endlagern» (Deponien). Im Zusammenhang mit Holzasche handelt es sich demzufolge um:

- Holzfeuerungen mit einem Anteil Altholz am Brennstoffmix. Anlagen, welche ausschliesslich Holzbrennstoffe nach Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 LRV verbrennen, gelten nicht als Abfallanlagen.
- Vorbehandlungsanlagen für Altholz (Sammlung, Zwischenlagerung, Zerkleinerung, etc.)
- Vorbehandlungsanlagen für Aschen
- Deponien für Aschen

Diese Anlagen müssen jährlich die Stoffflüsse der Abfälle (Input, Lager, Output) nach Abfallkategorie dokumentieren. Die Dokumentationspflichten sind in der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) und Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen (LVA, SR 814.610.1) geregelt.

Der Bund hat erkannt, dass die Datengrundlagen im Abfallbereich gegenwärtig mangelhaft sind. Die VVEA umfasst deshalb eine Ausweitung der bisherigen Pflicht zur Berichterstattung. Die Pflicht zur Berichterstattung nach Artikel 6 VVEA gilt aber erst ab dem 1. Januar 2021 (Art. 50 VVEA). Grundlage für die Berichterstattung nach Art. 6 VVEA ist eine massiv ausgeweitete Datenbank zur Erfassung der Daten. Vorgesehen ist eine Ausweitung der bestehenden Online-Abfallerfassung „veva-online.ch“. Allerdings wird diese neue «Plattform Abfall» nicht per 2021 zur Verfügung stehen.

Massgebend ist insbesondere auch der Anhang 1 der VVEA. In diesem Anhang sind die Abfallarten zusammengestellt, welche künftig in der neuen Plattform erfasst werden müssen. Es handelt sich bei diesen Klassen um Gruppierungen der heutigen Abfallkategorien gemäss LVA. Die Zuordnung erfolgt via eine Vollzugshilfe. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass künftig deutlich mehr Abfalldaten erfasst werden müssen. Dies betrifft auch Aschen aus der Holzverbrennung. (Anhang 1 VVEA, Abfallarten, Klasse 7).

Detaillierte Angaben zu den gesetzlichen Rahmenbedingungen finden sich im Kapitel 8.3.

## 3.10 Variantenstudium

### 3.10.1 Teilprozesse

Tabelle 12: Bildliche Darstellung der Teilprozesse bei der Aschenentsorgung (Quelle: Tobler Holz & Forst Consulting)

| **Teilprozesse bei der Aschenentsorgung 1 - 7** | **1. Fahrt** | **2. Produkt aufladen** | **3. Zwischentransport** |
|---|---|---|---|
| Darstellung und Kurzbeschreibung der Teilprozesse: | | | |
| Beschreibung Prozess: | - Fahrt vom Ausgangspunkt zum ersten Kunden | - Absaugen der Aschen<br>- Aufnahme Container | - Zwischentransport zum nächsten Kunden oder zum Zielort |
| **4. Zwischenlagerung (Variante)** | **5. Transport** | **6. Produkt Endladung** | **7. Rückfahrt** |
| | | | |
| - Zwischenlagerung, ev. mit Behandlung / Aufbereitung | - Transport zur Deponie (Zielort) | - Entladung der Aschen auf der Deponie | - Rückfahrt zum Ausgangsort<br>- Ev. Fahrt für weitere Tour |

### 3.10.2 Beschreibung der Varianten

Um die Kosten der verschiedenen Logistikprozesse miteinander zu vergleichen wurden, folgende Szenarien definiert:

Variante 1: (Standard Variante)

Eine Sammeltour mit einer Distanz von 57.7 km und einem Besuch von 4 Kunden gilt als Standardvariante. Die maximale Transportkapazität beträgt 9.1 t pro Tour und wird zu 77 % ausgelastet. Die Aschen werden ohne Zwischenlagerung auf die Deponie geführt. Anschliessend fährt das Fahrzeug zurück zum Ausgangspunkt.

Variante 2:

Eine Sammeltour mit einer Distanz von 57.7 km und einem Besuch von nur 1 Kunden. Die maximale Transportkapazität des Transportfahrzeuges beträgt 9.1 t pro Tour. Die Sammeltour wird bei einem Grosskunden ausgeführt. Die Auslastung beträgt 77 %. Die Aschen werden ohne Zwischenlagerung auf die Deponie geführt. Anschliessend fährt das Fahrzeug zurück zum Ausgangspunkt.

Variante 3:

Die Distanz der Sammeltour beträgt 57.7 km. Es werden 4 Kunden 2 Mal besucht, da die Aschen separat (Rost- und Flugaschen) abgesaugt werden. Die maximale Transportkapazität des Transportfahrzeuges beträgt 9.1 t pro Tour. Beide Aschenlieferungen werden ohne Zwischenlagerung zu unterschiedlichen Abgabestellen geliefert. Nach den beiden Touren fährt das Fahrzeug zurück zum Ausgangspunkt.

Folgende Parameter gelten für alle Varianten. Sie richten sich nach den durchschnittlichen Kennzahlen und Zahlenwerten aus der Umfrage der Logistikunternehmungen. Die Preise wurden bei verschiedenen Entsorgungsunternehmungen verifiziert.

Tabelle 13: Berechnung und Quellen der Kennzahlen für das Variantenstudium

| **Prozess** | **Quelle/Ermittlung** | **Kennzahl** |
|---|---|---|
| **Fahrt zum Ausgangspunkt und Transportkosten** | Abrechnungen von Heizungsbetreibern | CHF 17.00/km |
| **Absaugen/Aufnahme/Aufladen** | Abrechnungen von Heizungsbetreibern | CHF 74.00/t |
| **Installations-Pauschale** | Entschädigung der Leistung von Umtrieben wie Parken, öffnen der Gebäude, installieren Saugschläuche, usw.; Abrechnungen von Heizungsbetreibern | CHF 100.00/Kunde |
| **Deponiekosten, inkl. VASA- Gebühr** | Abrechnungen von Heizungsbetreibern | CHF 150.00 |

| **Logistik - Kennzahlen** | |
|---|---|
| **Tonnenkilometer** | Mass für die Beschreibung der Transportleistung von Frachtgütern, auch Verkehrsleistung genannt |
| **Maximale Auslastung** | Beschreibt die maximale Kapazität der Lagemenge in t |
| **Auslastungs-Reserve** | Differenz aus maximalen Transportkapazität und der tatsächlichen Lademenge |

**Variante 1**

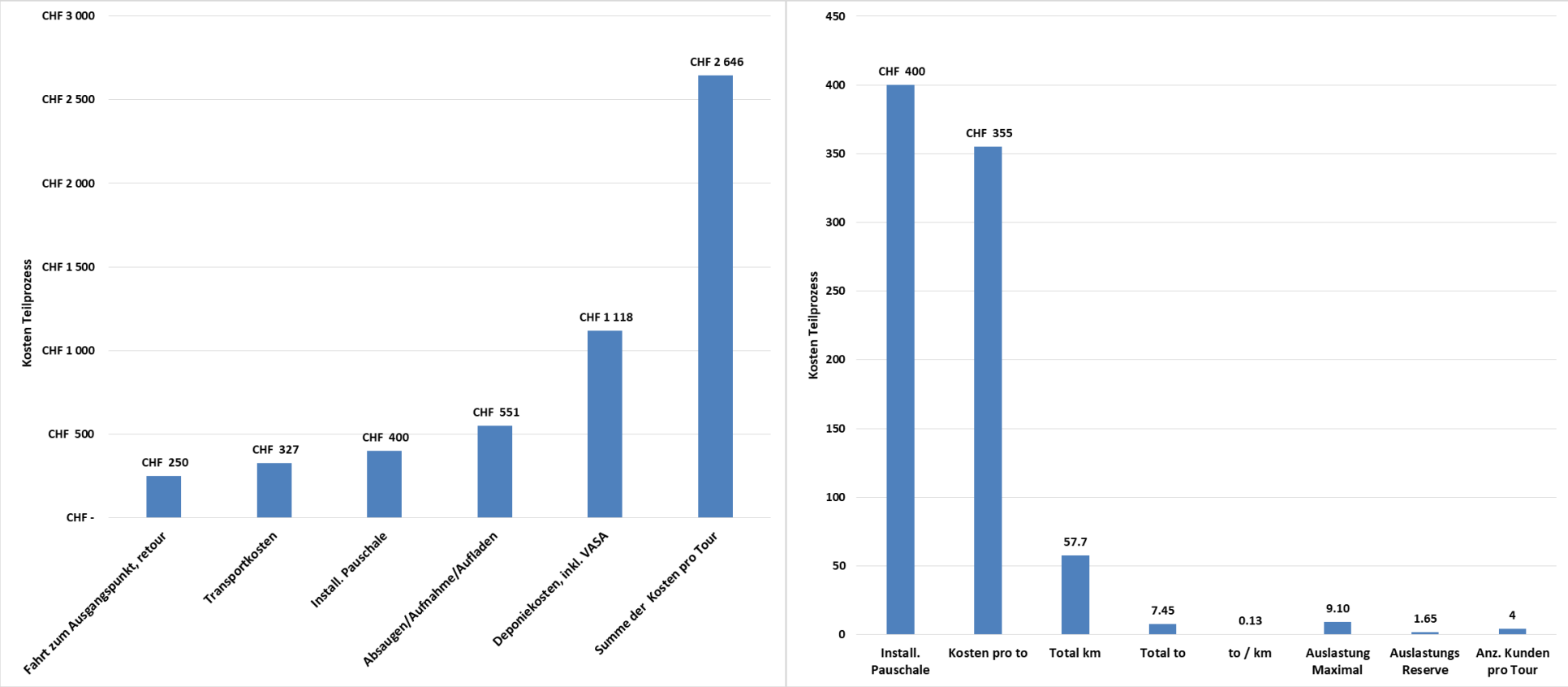



Abbildung 38: Kosten Aschenlogistik nach Logistikprozessen, Kennzahlen nach logistischen Parametern, Variante 1 (Variante Standard)

**Kommentar:** Das eingesetzte Fahrzeug hat eine maximale Ladekapazität von 9.1 t, was circa 11 - 12 $m^3$ entspricht. Effektiv wurde eine Gesamtmenge von 7.45 t bei 4 Kunden abgeholt und auf die Deponie gebracht. Bei einer vollen Auslastung hätten zusätzliche 1.65 t im Fahrzeug Platz gehabt. Über die ganze Sammeltour beträgt die logistische Kennzahl 0.13 Tonnen-Kilometer.

**Variante 2**

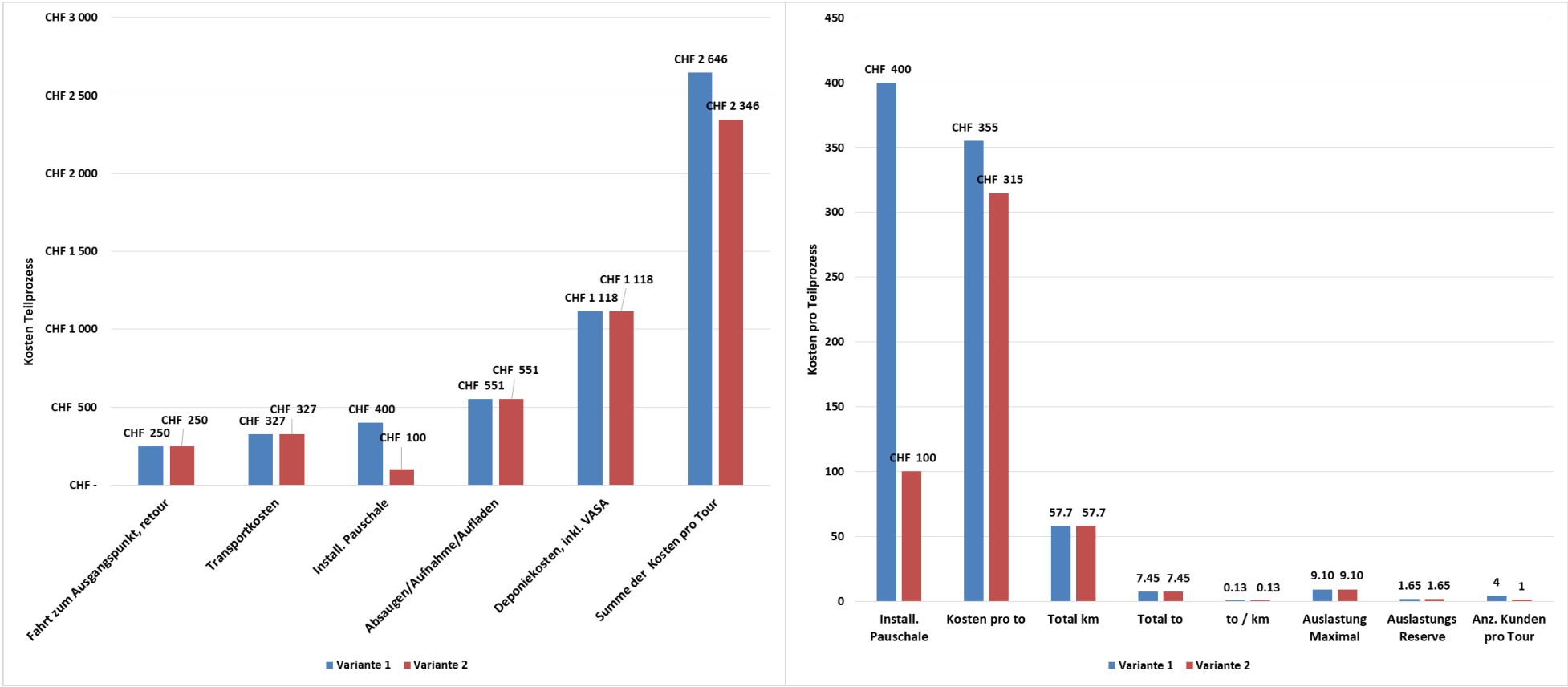



Abbildung 39: Kosten Aschenlogistik nach Logistikprozessen, Kennzahlen nach logistischen Parametern (Variante 2) im Vergleich dazu die Standardvariante 1.

**Kommentar:** Im Vergleich zu der Standardvariante beträgt die Einsparung 11 % auf die gesamten Kosten der Tour. Grund dafür sind die eingesparten Installations-Pauschalen.

**Variante 3**

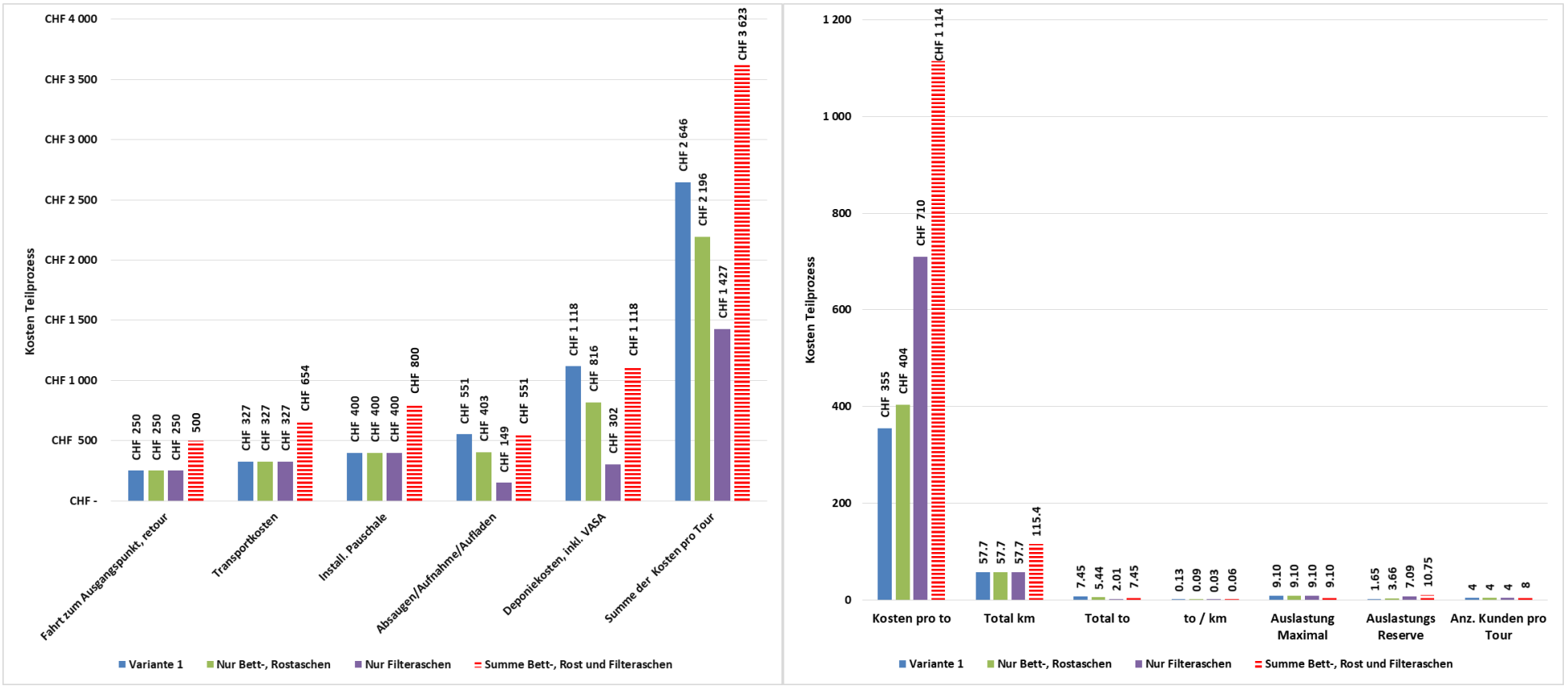



Abbildung 40: Separate Abholung von Bett-, Rostaschen und Filteraschen (Variante 3) im Vergleich zu Variante 1

**Kommentar:** Im Vergleich zu der Standardvariante 1 sind die Anfahrtskosten aufgrund der 2 Fahrten pro Kunde um 44 % höher. Die Transportkosten und die Kosten für die Installationspauschale sind doppelt so hoch, weil alle Standorte doppelt angefahren werden müssen. Die Kosten der Aufnahme der Aschen sind gleich hoch wie bei der Standardvariante. Auch die Deponiekosten sind in allen Varianten gleich hoch. Insgesamt sind die Gesamtkosten einer separaten Sammlung um 25 % höher.

### 3.10.3 Zusammenfassung und Kommentar

Die Kosten einer Sammeltour bei vier Kunden sind insgesamt 11 % höher als die Bedienung von einem Kunden bei gleicher Aschenentsorgungsmenge. Die Installationskosten pro Kunde sind für die Mehrkosten verantwortlich. Die Abstimmung der Lagermenge auf die Ladekapazität des Fahrzeuges kann also zu einer Kostenoptimierung führen. Die Kosten einer Sammeltour hängen stärker von einer optimalen Auslastung der maximalen Ladekapazität ab als von der Anzahl Kunden. Eine separate Sammlung von verschiedenen Aschentypen (Bett-, Rost- und Filteraschen) ohne zusätzliche Kunden ist um 25 % Prozent teurer als eine gemeinsame Entsorgung, vorausgesetzt die Deponiekosten sind für beide Aschentypen sind gleich. Sollten die Deponiekosten unterschiedlich sein, müssen die unterschiedlichen Kosten pro Aschentyp mit dem Mehrpreis gegengerechnet werden. Sollte eine Sammeltour zusätzliche Kunden einbeziehen, reduzieren sich die Mehrkosten auf diese 11 %.

Fazit:

- Der unterschiedliche Aschenanfall von verschiedenen Heizungsgrössen sowie die unterschiedlichen und zum Teil kleinen Lagerkapazitäten der Heizanlagen erschweren die Planung einer optimalen Sammeltour.
- Die Einbindung von möglichst vielen Heizungsbetreibern in einem Perimeter steigert das Optimierungspotenzial bei den logistischen Abläufen und damit auch bei den Kosten.
- Je höher die Anzahl der Kunden in einem Gebiet ist, desto grösser ist die Chance auf eine maximale Transportauslastung.
- Eine separate Sammeltour von verschiedenen Aschentypen gekoppelt mit grossen Lagermengen und Zusatzkunden ist nicht teurer als eine gemischte Sammlung.
- Durch Erhöhung der Lagermengen lassen sich Anfahrten und damit Installationskosten reduzieren. Ein zusätzlicher Aschencontainer amortisiert sich so in wenigen Jahren.

## 3.11 Massnahmenkatalog zur Optimierung der Logistik nach Stand der Technik

### 3.11.1 Massnahmenkatalog Technik

Folgende Rahmenbedingungen ermöglichen eine optimale Aschenentsorgung:

- Es sind gute Aschenqualitäten erforderlich. Dies lässt sich durch Vermeidung von Fremdstoffen im Brennstoff sowie die Verwendung von Brennstoffen, welche der Heizung angepasst sind.
- Massnahmen zur Optimierung des Feuerungsausbrandes sind zu evaluieren und umzusetzen.
- Ab welchem jährlichen Aschenanfall einer Heizung die Aschen auf eine Deponie gebracht oder mit dem Kehricht entsorgt werden dürfen, ist heute nicht bestimmt. Handelsempfehlungen sollen folgende Thematik behandeln: .
    - Ab welchem jährlichen Aschenanfall einer Heizung, welcher Entsorgungsweg gewählt werden muss. (z.B. ab 1.5 $m^3$/Jahr)
    - Bei der Entsorgung mit dem Kehricht müssen zusätzlich folgende Themen beschrieben werden:
        - Sicherheit (Aschenauskühlung; Staubentwicklung, Anfeuchtung)
        - Empfehlungen über die Art der Zwischenlagerung eventuell mit einem zusätzlichen und nicht brennbaren Behälter
        - Aschenlagerung mit anderem Entsorgungsgut
- Bei neuen Schnitzel- und Pelletfeuerungen > 500 kW ist eine getrennte, trockene Aschenlagerung vorzusehen oder so vorzubereiten, dass bei möglichem getrennten Aschenabsatz, mit geringen Kostenfolgen umgestellt werden kann.
- Bestehende Anlagen sollen erst dann umgerüstet werden, wenn konkret ein getrennter Aschenabsatz vorhanden ist.
- Zur Senkung der Transport- und Installationskosten ist die Lagerkapazität wenn möglich auf eine ganze Jahresmenge zu erhöhen.
- Aschenentsorgungsunternehmungen sollten eine möglichst hohe maximale Transportauslastung anstreben.
- Eine effiziente und staubfreie Aufnahme der Aschen erfolgt durch Absaugen und Umladen mit Fahrzeugen, welche über einen doppelten Staubfilter verfügen.

- Für ein staubfreies Umladen werden die Aschen zur Zwischenlagerung in geschlossene Behälter gepumpt und später abgepumpt.
- Deponiebetreiber entwickeln zusammen mit Aschenentsorgungsunternehmungen Lösungen einer Infrastruktur zur staubfreien Ablagerung von Holzaschen.

### 3.11.2 Massnahmenkatalog Organisation

- Es sind Schulungen im Umgang mit Holzaschen anzubieten sowie ein Merkblatt zum richtigen Umgang und Entsorgung von Holzaschen zu erarbeiten.
- Die Ausbrandqualität ist in das Reporting der Heizungseffizienz aufzunehmen, und bei Bedarf sind Massnahmen zur Effizienzsteigerung einzuleiten.
- Die Grenzkosten der optimalen Lagerkapazität sollen berechnet werden.
- Der Austausch zwischen den Anlagenbetreibern im Hinblick gemeinsamer Entsorgungslösungen auf regionaler Ebene (Pooling) ist zu fördern.
- Die Vorlaufzeit der Abholungsbestellung durch den Anlagenbetreiber sollte mindestens 14 Tage betragen, damit die Entsorgungsunternehmer ihre Abläufe optimieren können.
- Für Verwertungslösungen ist die Entwicklung und Umsetzung eines Qualitätssicherungssystems unumgänglich.

## 3.12 Diskussion und Fazit

Möglichst einheitliche Rahmenbedingungen für die Aschenentsorgung in der Schweiz geben den Unternehmungen eine ausreichende Planungs- und Investitionssicherheit für den Aufbau einer zeitgemässen Entsorgungsinfrastruktur.

Einige wenige Unternehmungen haben bereits in Entsorgungslösungen investiert und saugen die Holzaschen grösstenteils mit Saugfahrzeugen in trockener Form aus den Aschenlagern ab. Das Personal wird weitgehend zweckmässig und gemäss den Anforderungen geschützt.

Entgegen der Aussagen von Deponiebetreibern, wonach häufig Kleinmengen angeliefert werden, ergab die Umfrage eine durchschnittliche Auslastung der Fahrzeuge von guten 77 %. Die Möglichkeiten, den Befüllungsgrad weiter zu steigern, dürften in einem laufenden Arbeitsprozess aufgrund der bereits hohen Auslastung nur in enger Zusammenarbeit mit Heizungsbetreibern möglich sein. Eine Senkung der Entsorgungskosten ist nur über grössere Lagerkapazitäten auf den Heizungsanlagen, einer optimalen Abholungsinfrastruktur sowie genügend Aschenlieferanten (Heizungsbetreiber) in einer Region realisierbar. Ein praxisnahes Pooling- und Logistikkonzept der Heizungsbetreiber zusammen mit einer Entsorgungsunternehmung kann womöglich diese Ziele erreichen.

Logistisch ist es von Vorteil, die Aschenlagerkapazitäten auf den Heizungsanlagen möglichst gross auszulegen, um eine optimale Transportauslastung zu erlangen und Anfahrtswege und allfällige Installationskosten zu sparen. Eine frühzeitige Bestellung des Aschenentsorgungslogistikers vor dem Erreichen des maximalen Lagerfüllstands ermöglicht eine optimale Planung der Sammeltouren. Folgende Grafiken beschreiben diese Zusammenhänge.

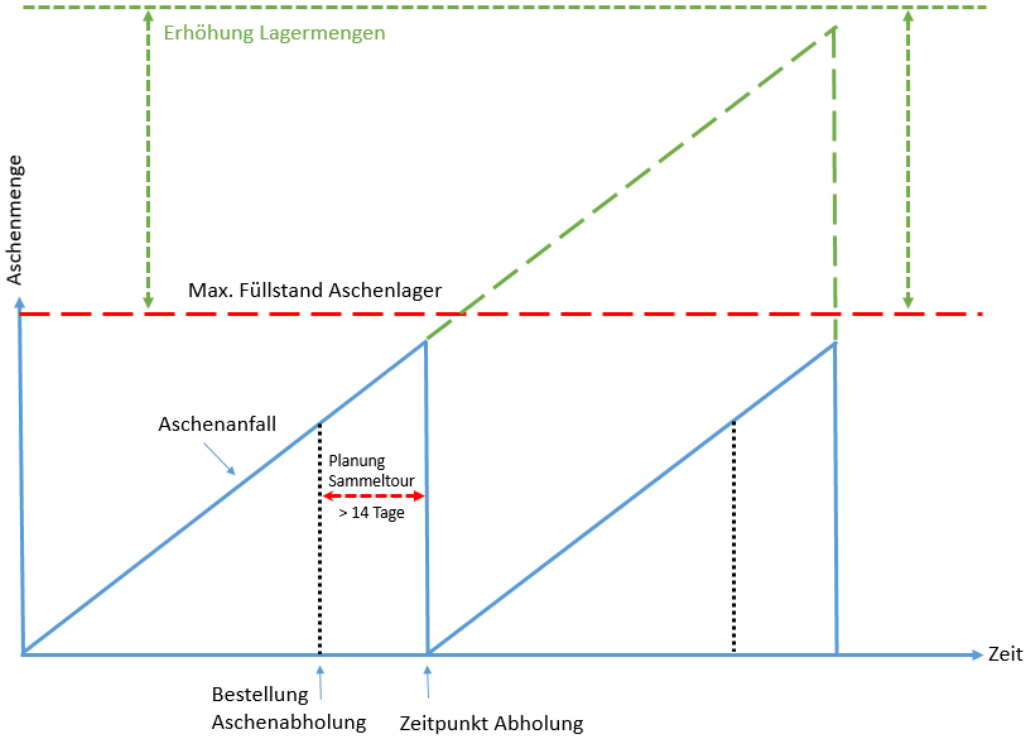



Abbildung 41: Lagerbestand und Abholrhythmus

**Kommentar:** Mit der Erhöhung der Aschenlagerkapazität lässt sich der Abholrhythmus erhöhen, und es können Transportkosten eingespart werden.

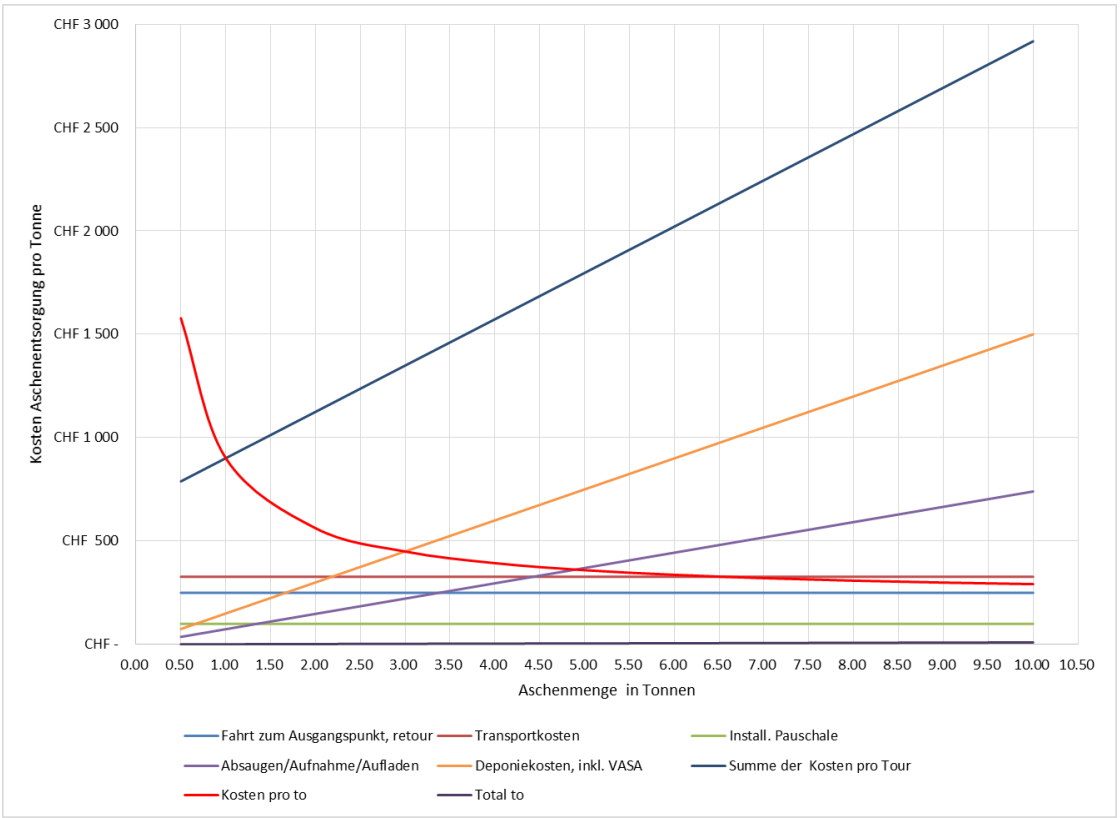



Abbildung 42: Höhere Lagerkapazitäten senken den Entsorgungspreis

**Kommentar:** Das Beispiel von Entsorgungsmengen zwischen 0.5 $m^3$ und 10 $m^3$ zeigt exemplarisch die Kostenentwicklung der verschiedenen Teilprozesse. Mit zunehmender Menge werden die Kosten pro t tiefer.

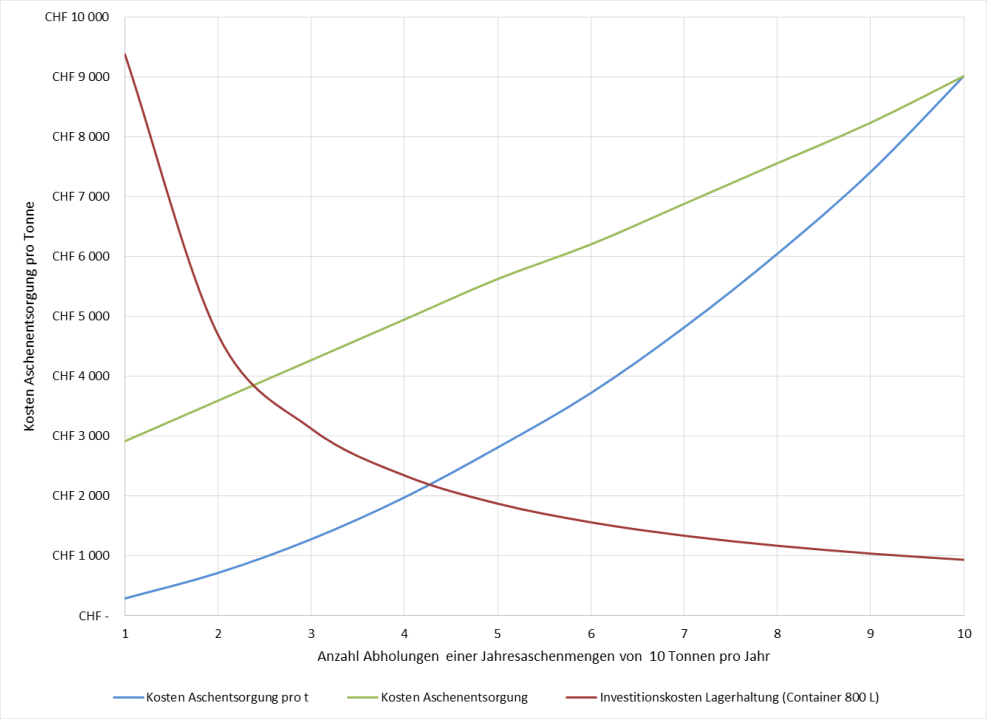



Abbildung 43: Auswirkungen der Anzahl Abholungen auf die Kosten

**Kommentar:** Die Investitionskosten in die Lagerhaltung (Beispiel 800 -Container) sinken mit jeder zusätzlichen Abholung, und die Entsorgungskosten steigen gegenteilig stark an.

Die Abstimmung der Lagerkapazität in der Heizanlage auf die Ladekapazität des Fahrzeuges des Entsorgers ist stark kostenrelevant. Die Kosten einer Sammeltour hängen stärker von einer optimalen Auslastung der maximalen Ladekapazität ab als von der Anzahl Kunden pro Tour. Eine separate Sammlung von verschiedenen Aschentypen (z.B. separate Sammlung Rost- und Filteraschen) ist nur 11 % teurer, wenn gleichzeitig weitere Kunden im Perimeter akquiriert werden können und so dieselbe Auslastung erzielt werden kann. Die Heizungsbetreiber haben die Möglichkeit, nebst der Erhöhung der Lagermengen sich mit anderen Betreibern für die Aschenentsorgung in einem Perimeter zusammenzuschliessen. Dies steigert das Optimierungspotenzial der logistischen Abläufe. Je höher die Lagerkapazität in einer Region ist, desto grösser ist die Chance auf eine maximale Transportauslastung und tieferen Kosten.

An gewissen Standorten ist die Entleerung der Fahrzeuge (meist Saugfahrzeuge) und der Transportbehälter auf der Deponie bezüglich den Staubemissionen noch ein ungelöstes Problem. Zu den bestehenden Lösungen siehe (Jutz & Tobler, 2020).

Projekte zur Wiederverwertung von Holzaschen sind in der Ausführung. Zurzeit besteht jedoch noch keine garantierte Abnahme relevanter Mengen. Nach heutigem Kenntnisstand müssen generell folgende Kriterien einzuhalten werden:

- Verschiedene Aschentypen müssen getrennt gelagert beziehungsweise entsorgt werden können.
- Die Aschenqualität muss kontinuierlich sichergestellt sein. Die individuellen Anforderungen werden von den Verwertern festgehalten.
- Geeignet sind meist nur Rost- und Bettaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Waldholz.
- Ein tiefer TOC-Gehalt ist eine wichtige Voraussetzung
- Die Aschen müssen trocken gelagert werden.

Bei den der Planung neuen Heizungsanlagen sollte eine sortengetrennte Lagerung von Rost- und Filteraschen entweder umgesetzt oder zumindest so vorbereitet werden, dass eine rasche und einfache Umrüstung möglich ist.
Die verfügbaren Mengen Holzaschen, welche die oben genannten Kriterien erfüllen, können pro Kanton oder Region abgeschätzt werden.

# 4 Kommunikation

Mit dem Projekt HARVE wurden für die Holzaschen Grundlagen für eine effiziente Sammellogistik, für saubere Entsorgungsmöglichkeiten und für intelligente Verwertungspfade erarbeitet. Mittels verschiedener Aktivitäten im Bereich Kommunikation wurden die neuen Erkenntnisse laufend der Branche weitergegeben. Die gewählte Projektorganisation mit den beiden Verbänden Holzenergie Schweiz und Schweizerischer Verband für Umwelttechnik SVUT als gemeinsame Projektträger erwies sich hier als grosser Vorteil.

Die wichtigsten Kommunikationsgefässe waren:

- Spezielle Informationsanlässe
- Übrige Informationsanlässe (Synergien)
- Medienarbeit

## 4.1 Spezielle HARVE-Informationsanlässe

Durchgeführt wurden insgesamt 3 spezielle HARVE-Informationsanlässe:

- 9. Januar 2018: Marthalen ZH (ERFA-Gruppe Holzaschen Energieregion Weinland)
- 28. Februar 2018: Liestal BL (mit lG Holzenergie Nordwestschweiz)
- 20. März 2018: Buchs SG (mit Holzenergie Werdenberg-Rheintal)
- 21. Mai 2018: Orbe VD (mit Energie-bois Suisse, Westschweizer Filiale von Holzenergie Schweiz)
- 20.02.2019: Thusis (GR) (mit Holzenergie Schweiz)
- 22.08.2019: Wil (SG) (Lignum Ost und SG, Kantone SG und TG)
- 6.11.2019: Bettwil AG (mit Holzenergie Freiamt)
- 17.2.2020: Bellinzona (mit Associazione Energia Legno Svizzera italiana AELSI)
- 12.3.2020: Solothurn (mit Bürgergemeinde und Waldeigentümer Verband Kanton Solothurn)

Praktisch alle Veranstaltungen wurden gemeinsam mit regionalen Holzenergie-Organisationen veranstaltet und durchgeführt, was die Nutzung von wertvollen Synergien ermöglichte und auch wesentlich dazu beitrug, dass bei jeder der 3 Veranstaltungen zwischen 50 und 100 Teilnehmende zu verzeichnen waren. Dadurch liessen sich auch sehr schnell Kontakt knüpfen, welche für die weitere Beschäftigung mit dem Thema nützlich waren.

## 4.2 Übrige Informationsanlässe

Dank der guten Vernetzung der Projektverantwortlichen war es möglich, dass Projekt HARVE an folgenden Veranstaltungen im Rahmen von anderen Veranstaltungen in der ganzen Schweiz vorzustellen:

- 8. Januar 2018: Fachgruppe Holzenergie SVUT, Thun
- 18. Januar 2018: ERFA-Planer Kerns
- 19. Januar 2018: Tagung Holzenergie BEO Oberland Holz, Zweisimmen
- 2. Februar 2018: ERFA-Planer Westschweiz, Le Mont-sur-Lausanne
- 15. März 2018: GV Holzenergie Freiamt, Auw
- 20. März 2018: 2. Runder Tisch Holzaschen BAFU, Ittigen
- 16. März 2018: Jahrestagung Commission consultative Energie-bois Suisse, Puidoux
- 22. März 2018: Assemblea annuale Associazione Energia legno Svizzera italiana, Biasca
- 7. Mai 2018: VS Holzenergie Freiamt, Merenschwand
- 15. Mai 2018: WSL Sektion Forstliche Produktionssysteme, Birmensdorf
- 28. Mai 2018: SIG Services industriels de Genève, Genève
- 5. Juni 2018: Schweizer Sonderabfalltag, Olten
- 4. Juli 2018: TK Holzkessel Holzenergie Schweiz, Zürich

- 5. Juli 2018: Arbeitsgruppe Cercle'Air, St. Gallen
- 5. September 2018: VS Holzenergie Schweiz, Zürich
- 6. September 2018: EPAL-Jahrestagung, Bern
- 14. September 2018: 15. Holzenergie-Symposium ETH, Zürich
- 18. September 2018: Jahrestreffen Energieberater Thurgau, Münchwilen
- 20. September 2018: Jahrestagung der regionalen Holzenergie-Organisationen, Zürich
- 2. Oktober 2018: GV SFIH – Holzfeuerungen Schweiz, Aarburg AG
- 11. Oktober 2018: Infoveranstaltung Associazione Energia legno Svizzera italiana, Cadenazzo
- 12. Oktober 2018: Tagung Holzenergie BEO Oberland Holz, Meiringen BE
- 18. Oktober 2018: ERFA-Planer Elektrofilter, Unterstammheim ZH
- 26. Oktober 2018: Vorführung staubfreier Ablad auf Deponie, Cholwald (Ennetmoos)
- 14. November 2018: ERFA-Waldbesitzer, Arth SZ
- 22. November 2018: Versammlung Feuerungskontrolleure LU, Schüpfheim
- 22. November 2018: ERFA-Planer Elektrofilter, St-Aubin NE
- 27. November 2018: Forum ARPEA, Yverdon-les-Bains VD
- 27. März 2019: GV SFIH Holzfeuerungen Schweiz, Hirschthal
- 9. Mai 2019: HV Holzenergie Werdenberg, Buchs SG
- 18. Mai 2019: Tag der offenen Türe, Schmid energy solutions, Oey-Diemtigen
- 20. Mai 2019: Forum Energie Zürich FEZ, Zürich
- 25. Mai 2019: Tag der Sonne, Wohlen
- 18. Juni 2019: Veranstaltung ANU GR, Selva, HeS, S-chanf
- 23. September 2019: Tagung regionaler Holzenergie-Organisationen, Zürich
- 27. September2019: Bern, Präsentation an der Vollversammlung des Cercle déchets
- 6. November 2019: Informationsveranstaltung mit Holzenergie Freiamt, Bettwil

Abbildung 44*:* Vorführung staubfreier Ablad auf der Deponie Cholwald, Ennetmmos NW, 26.10.2018, (Foto: A. Keel)

## 4.3 Fachkongress Holzasche Schweiz

Aufgrund des grossen Interesses bei den regionalen Info-Anlässen am Thema Holzasche wurde entschieden, im März 2020 eine nationale Fachtagung Holzasche Schweiz zu veranstalten. Die Vorbereitungsarbeiten sind abgeschlossen, und die Einladungen mit Programm (siehe unten) wurden verschickt. Leider musste der Anlass kurzfristig aufgrund der Corona-Krise abgesagt werden. Als neuer Termin wurde der 12.11.2020 festgelegt.

Dank einer zusätzlichen Unterstützung durch das Bundesamt für Umwelt BAFU im Rahmen des Aktionsplans Holz konnte diese Veranstaltung als Webinar mit insgesamt fast 100 Teilnehmerinnen und Teilnehmern durchgeführt werden, welche alle online teilnahmen. Dadurch konnten insbesondere auch bezüglich Kommunikationstechnik wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, die in Zukunft für Online-Alternativen zu Präsenzveranstaltungen äusserst nützlich waren.

### 4.3.1 Kommunikationstechnische Aspekte

Gemeinsam mit der Umbrella Group bzw. deren Tochterunternehmung Exa Light & Sound wurde im grossen Sitzungszimmer von Holzenergie Schweiz ein temporäres Studio mit der Software Clicktool eingerichtet. Ein Teil grösserer Teil der Referenten war in diesem Studio anwesend, ein kleinerer Teil wurde online zugeschaltet. Die Diskussionen nach den Referaten erfolgten über den Chat. Dank zeitlicher Staffelung des Eintreffens und eines zusätzlichen «Vorbereitungsraumes» liessen sich die Pandemie-Vorschriften problemlos einhalten.

Kommunikationstechnisch hat das Webinar bis auf ein paar Details sehr gut geklappt. Dies ist vor allem folgenden Tatsachen geschuldet:

- Unterstützung durch eine absolut professionelle Spezialfirma
- minutiöses Drehbuch
- mehrmalige vorgängige Probeläufe

- minutiöses Briefing der Referenten

### 4.3.2 Fachliche Zusammenfassung

Als Gastgeber der im März 2020 vorgesehenen Fachtagung stellten die Professoren Timothy Griffin und Peter Stuber das Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz sowie den Studiengang Energie- und Umwelttechnik an der Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch vor. Dabei zeigte sich für die Holzenergiebranche, dass die bereits heute genutzten Synergien mit der Fachhochschule Nordwestschweiz noch weiter ausgebaut werden könnten.

In Vertretung von Kaarina Schenk von der Sektion Abfall und Rohstoffe des Bundesamts für Umwelt BAFU stellte Maurice Jutz von der Effizienzagentur Schweiz AG die aktuellen gesetzlichen Grundlagen und die wichtigsten laufenden Forschungsprojekte vor, mit welchen der Vollzug der Abfallverordnung im Bereich der Holzaschen möglichst zweckmässig gestaltet werden soll. Wichtige Themen sind hier etwa die Stöchiometrie der Chromatreduktion auf den Schlackendeponien oder die ab November 2023 vorgeschriebene Schwermetallrückgewinnung von Flugaschen aus der Verbrennung von Altholz.

Beat Müller, Schmid AG energy solutions, schlug den spannenden Bogen von den Holzaschen zum konkreten Betrieb der Holzenergieanlagen. Dabei zeigte er eindrücklich auf, dass Massnahmen bei den Anlagen durchaus möglich sind, um die Qualität der produzierten Holzaschen gerade auch im Hinblick auf deren zukünftige Verwertung zu verbessern. Diese Massnahmen sind zu weiten Teilen kongruent mit Massnahmen zur Verbesserung der Effizienz oder der Schadstoffemissionen (z.B. Vermeidung von starken Lastschwankungen). Mit einer besseren Parametrierung der Feuerung auf den jeweiligen Brennstoff kann die Aschequalität deutlich verbessert werden. Das gilt für die Minimierung von Fremdteilen und Verunreinigungen im Brennstoff.

«Keinen Staub aufwirbeln». Unter diesem Titel und mit grossem Praxisbezug zeigte Toni Portmann, Amstutz Holzenergie AG, auf, dass ein staubfreier Ablad der Holzaschen auf der Deponie heute möglich ist. Voraussetzung dafür ist, dass «man sich mit der Materie anfreundet».

Stephan Fromm, Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung ZAR, ging anschliessend näher auf die Flugaschenaufbereitung aus der Altholzverbrennung nach 2023 ein. Für Rostfeuerungen ist die Beimischung von Altholz-Flugaschen zu KVA-Filteraschen technisch gut möglich. Für Wirbelschichtfeuerungen ist die Mitbehandlung mit KVA-Filteraschen zwar herausfordernd, aber ökologisch sinnvoll.

Rainer Schrägle, Bundesgütegemeinschaft Holzasche e.V., Rutesheim (D), beschäftigt sich seit Jahren mit der Verwertung von Holzaschen als landwirtschaftlichem Dünger. Dank der Integration der gesamten Branche und einem ausgeklügeltem Prüfverfahren können Holzaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Holz in Deutschland ein Zertifikat erlangen, welches ihre Ausbringung als Dünger in der Land- und Forstwirtschaft ermöglicht.

Mathias Meier, Firma Logbau AG, stellte in seinem Beitrag den Ragazer Erdbeton REB vor, welchem seit einigen Jahren Holzaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Holz beigemischt werden. Ziel war es, Stoffkreisläufe zu schliessen und Stoffe zu verwerten, anstatt zu entsorgen. Das Projekt ist ökonomisch und ökologisch zwar sinnvoll, aber trotzdem kein Selbstläufer.

Holzaschen dürfen gemäss Abfallverordnung als Zumahl- und Zuschlagstoff bei der Herstellung von Zement und Beton verwendet werden. Peter Kruspan, Holcim (Schweiz) AG, stellte die Resultate einer umfangreichen Analyse von zahlreichen Holzaschen vor und leitete daraus 3 Forderungen seitens der Zementindustrie an die Anlagenbetreiber ab:

1. Die Holzaschen müssen trocken und getrennt nach Rost-, Zyklon- und Filteraschen eingesammelt sein.
2. Die Betriebs- und Verbrennungsqualität der Anlagen ist zu verbessern.
3. Fremdteile und Verunreinigungen des Brennstoffes müssen vermieden werden.

Ebenfalls mit der Verwertung von Holzaschen befasst sich Sokrat Sinaj, Agroscope. In seinem Referat zeigte er auf, dass sich Holzaschen durchaus als landwirtschaftlicher Dünger eignen würden. Dies vor allem auch deshalb, weil die Holzaschen zwar Schwermetalle enthalten, diese jedoch für die Pflanzen wenig bis gar nicht verfügbar sind.

Josef Wüest, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fachhochschule Nordwestschweiz, zeigte auf, dass sich bei der Produktion von Pflanzenkohle nicht nur der Ascheanfall gegenüber «konventionellen» Holzfeuerungen um den Faktor 10 bis 50 reduziert, sondern dass dadurch auch CO2 für lange Zeit im Boden gespeichert werden kann.

Michael Tobler, Tobler Holz & Forst Consulting, präsentierte zum Schluss die wichtigsten Resultate des Projektes «HARVE Holzaschen – Aufkommen, Verwertung und Entsorgung». Die Mengengerüste der Holzaschen und ihr regionaler Anfall sind heute gut bekannt. Auch liegen dank der in verschiedenen Kantonen durchgeführten Umfragen Angaben über die vorhandene Infrastruktur, die Logistik, die Art der Zwischenlagerung etc. vor. Die wichtigsten Informationen sind im Leitfaden «Entsorgung von Holzaschen» zusammengefasst.

### 4.3.3 Fazit zur Fachtagung

Die erste Holzasche Fachtagung Schweiz vom 12. November 2020 darf als erfolgreich beurteilt werden. Davon zeugen nicht zuletzt auch zahlreiche positive Rückmeldungen im Anschluss an die Veranstaltung. Die Teilnehmerzahl von fast hundert zeigt zudem, dass das Thema in der Branche «angekommen» ist und ein wachsendes Bedürfnis nach Information und Austausch besteht. Daran hat auch die neuartige Form des Webinars nichts geändert. Vielmehr konnte gezeigt werden, dass auch ohne Präsenzveranstaltung ein Austausch möglich ist. Der Weg bis zur sinnvollen Verwertung der Holzaschen im grossen Stil ist noch weit. Die Fachtagung hat der Holzenergiebranche aufgezeigt, wo sie auf diesem Weg überall noch Hausaufgaben zu erledigen hat. Für die Unterstützung danken wir dem Bundesamt für Umwelt BAFU (Aktionsplan Holz) bestens!

## 4.4 Medienarbeit

Holzenergie Schweiz erstellt laufend Medienmitteilungen zu aktuellen Themen aus dem Holzenergiebereich und verschickt diese an die Tages- und Fachpresse Im Berichtsjahr erfolgten unter anderem folgende Medienmitteilungen zum Thema Holzaschen/Projekt HARVE:

- März 2018: Zürcher Wald
- 4. April 2018: Bündner Wald
- 15. September 2018: Holz-Zentralblatt
- 24. September 2018: Tages- und Fachpresse
- 19.2.2019: Wald und Holz
- 31.8.2019: Fachpresse

# 5 Literaturverzeichnis


BAFU. (2018-1). *Erläuternder Bericht zur Änderung der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen.* Bern: Bundesamt für Umwelt.

BAFU. (2020). *Holzasche*. Von Holzasche: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/holzasche.html abgerufen

BAFU. (2020-2). *Vollzugshilfe VVEA*. Von Vollzugshilfe VVEA: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/publikationen-studien/publikationen/vollzugshilfe-vvea.html abgerufen

BAFU. (2020-4). *Holzaschen*. Von Holzaschen: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-a-z/holzasche.html abgerufen

BAFU. 2020-3. (2020). *Luftreinhalte-Verordnung*. Von Luftreinhalte-Verordnung: https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html abgerufen

Basler & Hofmann AG, Yves Stettler. (2019). *Schweizerische Holzenergiestatistik, Erhebung für das Jahr 2019.* Zürich.

BFE. (2020-1). *Teilstatistiken - Schweizerische Holzenergiestatistik, Erhebung für das Jahr 2017*. Von Teilstatistiken: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.exturl.html/aHR0cHM6Ly9wdWJkYi5iZmUuYWRtaW4uY2gvZGUvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTQ1Ng==.html abgerufen

BFE. (2020-2). *Teilstatistiken, Schweizerische Holzenergiestatistik Erhebung für das Jahr 2019*. Von Teilstatistiken, Schweizerische Holzenergiestatistik Erhebung für das Jahr 2019: https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html abgerufen

Holzenergie Schweiz, Andreas Keel. (2020). *Schweizerische Holzenergiestatistik 2019, eigene Berechnungen Holzaschenaufkommen, unveröffentlicht.* Zürich.

Jutz, M., & Tobler, M. (2020). *Stand der Technik Entsorgung von Holzaschen.* Basel.

Monkey, S. (2020). *Survey Monkey*. Von Survey Monkey: https://help.surveymonkey.com/articles/de/kb/How-many-respondents-do-I-need abgerufen

Obernberger, I. (1997). Aschen asu Biomassefeuerungen - Zusammensetzung und Verwertung. *VDI Bericht 1319*, S. 199-222.

Obernberger, I. (1997). *Aschen aus Biomassefeuerungen, Zusammensetzung und Verwertung.* D: VDIVerlag.

Pohl, T. (2017). *Entsorgung Holzasche.* Rapperswil: Umtec Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik.

Zürcher, R. (2016). *Entsorgung von Aschen und Flterstäuben aus der Holzfeuerung imKanton Bern.* FHNW, Mutttenz.

# 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anfall von Holzaschen (ohne KVA) in der Schweiz 2019 in t pro Jahr. ..... 9

Abbildung 2: Mengen an Holzaschen (2019, ohne KVA) in den Kantonen nach Typ: Rost- Bettaschen, Zyklonaschen, Filteraschen ..... 10

Abbildung 3: Holzbrennstoffe Schweiz nach verwendeten Brennstoffen ..... 11

Abbildung 4: Holzaschen aus Holzbrennstoffen in den Kantonen im Jahr 2019 ..... 12

Abbildung 5: Holzaschen aus Nicht-Holzbrennstoffen in den Kantonen im Jahr 2019 ..... 12

Abbildung 6: Schematische Darstellung der Aschefraktionen (Obernberger I. , 1997) ..... 16

Abbildung 7: Rücklauf der Umfrage nach Kantonen (Anzahl Rückmeldungen; 100% = Anzahl angeschriebene Anlagen) ..... 19

Abbildung 8: Anzahl Anlagen in der Schweiz nach der Schweizerischen Holzenergiestatistik pro Anlagenkategorie in Prozent und absolut. ..... 20

Abbildung 9: Verteilung der zum Einsatz kommenden Feuerungstechnologien (Antworten aus kantonalen Umfragen in Prozent) ..... 20

Abbildung 10: Verteilung der zum Einsatz kommenden Rauchgasreinigungssysteme aus kantonalen Umfragen ..... 21

Abbildung 11: Sommerbetrieb der Anlage ja/nein (Antworten aus kantonalen Umfragen) ..... 21

Abbildung 12: Hochrechnung Aschenmengen pro Anagenkategorie für die Schweiz in Prozent und in Tonnen pro Jahr (Quellen: Aschemengen aus den kantonalen Hochrechnungen, Anlagenbestand Schweiz aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik). ..... 23

Abbildung 13: Aschenmengen in der Schweiz, aufgeteilt nach Aschentyp ..... 23

Abbildung 14: Form der Lagerung und Entsorgung der verschiedenen Aschetypen ..... 24

Abbildung 15: Form der Lagerung und Entsorgung der verschiedenen Aschentypen (ohne Holzwärmekraftkopplungsanlagen) Kleine Anlagen ..... 25

Abbildung 16: Aschenlagerung: Anzahl Anlagen nach Anlagenkategorie mit getrennter beziehungsweise nicht getrennter Lagerung von Rost-, Bett- und Flugaschen. ..... 25

Abbildung 17: Möglichkeit zur Steigerung des Lagervolumens über alle Anlagen ..... 26

Abbildung 18: Angaben der Betreiber über die Möglichkeiten einer künftigen Trennung der Aschenmengen in Tonnen pro Jahr. ..... 26

Abbildung 19: Aschenbefeuchtung ..... 27

Abbildung 20: Holzaschen in t und % nach Art der verwendeten Entsorgungsgebinde ..... 27

Abbildung 21: Infrastruktur zur Aschenabholung: Vorhandene Absaugleitung für die Aschenabsaugung ..... 28

Abbildung 22: Antworten auf die Frage: Wie gelangt Ihre Asche zur KVA oder zur Deponie? ..... 28

Abbildung 23: Antwort auf die Frage: Besitzen die Anlagenbetreiber aktuelle chemische Analysen der Zusammensetzung Ihrer Aschen? ..... 29

Abbildung 24: Anzahl Vollzeitstellen (Hochrechnung Schweiz in 100 %-Vollzeitäquivalente) ..... 29

Abbildung 25: Kosten Aschenentsorgung ..... 30

Abbildung 26: Berichtsjahr der Aussagen ..... 30

Abbildung 27: Heutiges Entsorgungssystem von Holzaschen (Quelle BAFU, mit Anpassungen) ..... 33

Abbildung 28: Durchschnittliche Distanz pro Sammeltour ..... 35

Abbildung 29: Befüllungsgrad des Fahrzeuges pro Sammeltour in %.....35
Abbildung 30: Durchschnittliche Aschenmengen pro Sammeltour in t.....36
Abbildung 31: Maximale Transportmengen pro Fahrzeug in t und $m^3$.....36
Abbildung 32: Durchschnittliche Zeitaufwendungen der Sammeltouren in h.....37
Abbildung 33: Transportierte Mengen pro h und km.....37
Abbildung 34: Durchschnittliche Anzahl Abholungen pro Anlagenkategorien und Jahr.....38
Abbildung 35: Art der Bestellung des Abholdienstes.....38
Abbildung 36: Art des Abtransportes der Holzaschen.....39
Abbildung 37: Anfall von Holzaschen in den Grossregionen der Schweiz.....40
Abbildung 38: Kosten Aschenlogistik nach Logistikprozessen, Kennzahlen nach logistischen Parametern, Variante 1 (Variante Standard).....45
Abbildung 39: Kosten Aschenlogistik nach Logistikprozessen, Kennzahlen nach logistischen Parametern (Variante 2) im Vergleich dazu die Standardvariante 1.....46
Abbildung 39: Separate Abholung von Bett-, Rostaschen und Filteraschen (Variante 3) im Vergleich zu Variante 1.....47
Abbildung 41: Lagerbestand und Abholrhythmus.....50
Abbildung 42: Höhere Lagerkapazitäten senken den Entsorgungspreis.....50
Abbildung 43: Auswirkungen der Anzahl Abholungen auf die Kosten.....51
Abbildung 44*:* Vorführung staubfreier Ablad auf der Deponie Cholwald, Ennetmmos NW, 26.10.2018, (Foto: A. Keel).....54

# 7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Kategorien aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik.....13

Tabelle 2: Populationsgrößen nach Fehlerbereich bei einem Konfidenzniveau von 95 %. (Monkey, 2020)

| Populationsgrösse | Stichprobenumfang pro Fehlerbereich | | |
|---|---|---|---|
| | ± 3 % | ± 5 % | ± 10 % |
| 500 | 345 | 220 | 80 |
| 1.000 | 525 | 285 | 90 |
| 3.000 | 810 | 350 | 100 |
| 5.000 | 910 | 370 | 100 |
| 10.000 | 1.000 | 385 | 100 |
| über 100.000 | 1.100 | 400 | 100 |

.....15

Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren für Brennstoffe von Schüttraummetern (SRm) auf $m^3$ und von $m^3$ auf t. (Quelle BAFU ) .....17

Tabelle 4: Dichte und prozentuale Verteilung des Anfalls der Holzaschentypen gemäss Obernberger Ingwald (Obernberger I. , 1997). .....17

Tabelle 5: Anlagenbestand aus kantonalen Datenbanken pro Anlagenkategorie mit Vergleich zu den Anlagenzahlen aus der Schweizerischen Holzenergiestatistik (BFE, 2020-1).....18

Tabelle 6: Anzahl Umfragerückmeldungen pro Kategorie und Kanton plus Angaben zu den Anlagezahlen in der ganzen Schweiz aus der Holzenergiestatistik. .....19

Tabelle 7: Hochrechnung Aschenmengen pro Anlagenkategorie für die Schweiz in Tonnen pro Jahr. .....22

Tabelle 8: Lagerung und Entsorgung der Holzaschen .....24

Tabelle 9: Getrennte oder nicht getrennte Lagerung von Rost- und Filteraschen, Möglichkeit der Steigerung der Lagerkapazität .....39

Tabelle 10: Prozentuale Aufteilung der Entsorgungskosten auf die wichtigsten Kostenstellen (Herleitung anhand von Abrechnungen von Heizungsbetreibern) .....41

Tabelle 11: Jährliche Aschenentsorgungskosten insgesamt .....41

Tabelle 12: Bildliche Darstellung der Teilprozesse bei der Aschenentsorgung (Quelle: Tobler Holz & Forst Consulting).....43

Tabelle 13: Berechnung und Quellen der Kennzahlen für das Variantenstudium .....44

Tabelle 14: Anfall Holzaschen nach Typ, Schweiz total .....62

Tabelle 15: Anfall Holzaschen nach Typ und nach Brennstoffinput.....62

# 8 Anhang

## 8.1 Anlagekategorien der Schweizerischen Holzenergiestatistik:

**Nummer und Anlagenkategorien** (Basler & Hofmann AG, Yves Stettler, 2019)**:**

1 Offene Cheminées

2 Geschlossene Chemineés

3 Cheminéeöfen

4a Zimmeröfen

4b Pelletöfen (Wohnbereich)

5 Kachelöfen

6 Holzkochherde

7 Zentralheizungsherde

8 Stückholzkessel < 50 kW

9 Stückholzkessel > 50kW

10 Doppel-/Wechselbrandkessel

11a Automatische Feuerungen < 50 kW

11b Pelletfeuerungen < 50 kW

12a "Automatische Feuerungen 50 - 300 kW, ausserhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

12b Pelletfeuerungen 50 - 300 kW

13 "Automatische Feuerungen 50 - 300 kW, innerhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

14a "Automatische Feuerungen 300 - 500 kW, ausserhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

14b Pelletfeuerungen 300 - 500 kW, 15 "Automatische Feuerungen 300 - 500 kW, innerhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

16a "Automatische Feuerungen > 500 kW, ausserhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

16b Pelletfeuerungen > 500 kW

17 "Automatische Feuerungen > 500 kW, innerhalb Holzverarbeitungsbetrieben"

18 Holz-Wärmekraftkopplungsanlagen

19 Anlagen für erneuerbare Abfälle

20 Kehrichtverbrennungsanlagen

## 8.2 Datentabellen Berechnungen Massenflüssen auf Basis Schweizerische Holzenergiestatistik 2019

Tabelle 14: Anfall Holzaschen nach Typ, Schweiz total

| | | Jährlicher Anfall Rost-/Bettaschen total | Jährlicher Anfall Zyklonaschen total | Jährlicher Anfall Filteraschen total | Jährlicher Ascheanfall total |
|---|---|---|---|---|---|
| | | [t/Jahr] | [t/Jahr] | [t/Jahr] | [t/Jahr] |
| Kanton Aargau | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 5'355 | 880 | 380 | 6'615 |
| Kanton Appenzell-Ausserrhoden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 718 | 115 | 50 | 883 |
| Kanton Appenzell-Innerrhoden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 144 | 7 | 4 | 155 |
| Kanton Basel-Land | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 2'189 | 297 | 142 | 2'629 |
| Kanton Basel-Stadt | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'643 | 335 | 132 | 2'110 |
| Kanton Bern | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 8'907 | 1'246 | 590 | 10'743 |
| Kanton Freiburg | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 2'549 | 407 | 174 | 3'131 |
| Kanton Genf | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'224 | 148 | 62 | 1'434 |
| Kanton Glarus | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 249 | 21 | 10 | 280 |
| Kanton Graubünden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 2'540 | 456 | 197 | 3'193 |
| Kanton Jura | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 813 | 124 | 54 | 991 |
| Kanton Luzern | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 4'326 | 624 | 295 | 5'245 |
| Kanton Neuenburg | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'126 | 164 | 74 | 1'364 |
| Kanton Nidwalden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 461 | 69 | 30 | 560 |
| Kanton Obwalden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 534 | 87 | 37 | 658 |
| Kanton Schaffhausen | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 600 | 61 | 35 | 696 |
| Kanton Schwyz | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'672 | 270 | 116 | 2'058 |
| Kanton Solothurn | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'178 | 95 | 55 | 1'328 |
| Kanton St. Gallen | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 3'420 | 498 | 221 | 4'139 |
| Kanton Thurgau | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 2'412 | 353 | 171 | 2'935 |
| Kanton Tessin | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'917 | 242 | 100 | 2'260 |
| Kanton Uri | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 335 | 44 | 18 | 397 |
| Kanton Wallis | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'774 | 205 | 93 | 2'072 |
| Kanton Waadt | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 4'536 | 651 | 278 | 5'465 |
| Kanton Zug | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 600 | 61 | 37 | 697 |
| Kanton Zürich | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 7'024 | 1'130 | 510 | 8'663 |
| | | | | | |
| Schweiz total | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 58'245 | 8'592 | 3'865 | 70'702 |

Tabelle 15: Anfall Holzaschen nach Typ und nach Brennstoffinput

| Daten Holzaschen nach Brennstofftyp | | Jährlicher Anfall Rost-/Bettaschen Holzbrennstoffe | Jährlicher Anfall Zyklonaschen Holzbrennstoffe | Jährlicher Anfall Filteraschen Holzbrennstoffe | Jährlicher Anfall Rost-/Bettaschen Nicht-Holzbrennstoffe | Jährlicher Anfall Zyklonaschen Nicht-Holzbrennstoffe | Jährlicher Anfall Filteraschen Nicht-Holzbrennstoffe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kanton Aargau | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 4'130 | 586 | 266 | 1'225 | 294 | 114 |
| Kanton Appenzell-Ausserrhoden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 561 | 78 | 35 | 157 | 38 | 15 |
| Kanton Appenzell-Innerrhoden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 144 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Kanton Basel-Land | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'740 | 189 | 101 | 449 | 108 | 42 |
| Kanton Basel-Stadt | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'259 | 243 | 96 | 384 | 92 | 36 |
| Kanton Bern | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 6'845 | 751 | 398 | 2'062 | 495 | 192 |
| Kanton Freiburg | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'938 | 260 | 117 | 611 | 147 | 57 |
| Kanton Genf | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 905 | 71 | 32 | 319 | 77 | 30 |
| Kanton Glarus | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 242 | 20 | 10 | 7 | 2 | 1 |
| Kanton Graubünden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'942 | 313 | 141 | 598 | 143 | 56 |
| Kanton Jura | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 636 | 82 | 37 | 177 | 42 | 16 |
| Kanton Luzern | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 3'335 | 386 | 202 | 991 | 238 | 93 |
| Kanton Neuenburg | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 896 | 109 | 52 | 230 | 55 | 21 |
| Kanton Nidwalden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 410 | 57 | 26 | 51 | 12 | 5 |
| Kanton Obwalden | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 508 | 80 | 35 | 26 | 6 | 2 |
| Kanton Schaffhausen | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 587 | 58 | 33 | 13 | 3 | 1 |
| Kanton Schwyz | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'267 | 173 | 79 | 405 | 97 | 38 |
| Kanton Solothurn | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'161 | 91 | 53 | 17 | 4 | 2 |
| Kanton St. Gallen | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 2'497 | 277 | 135 | 923 | 222 | 86 |
| Kanton Thurgau | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'837 | 215 | 117 | 575 | 138 | 54 |
| Kanton Tessin | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'383 | 114 | 51 | 534 | 128 | 50 |
| Kanton Uri | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 318 | 40 | 17 | 17 | 4 | 2 |
| Kanton Wallis | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 1'454 | 128 | 63 | 320 | 77 | 30 |
| Kanton Waadt | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 3159 | 320 | 150 | 1377 | 330 | 128 |
| Kanton Zug | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 585 | 57 | 35 | 15 | 4 | 1 |
| Kanton Zürich | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 5'360 | 730 | 354 | 1'664 | 399 | 155 |
| | | | | | | | |
| Schweiz total | Alle Anlagenkategorien 1-19 (ohne Kat. 20 KVA) | 45'100 | 5'437 | 2'638 | 13'146 | 3'155 | 1'227 |

## 8.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Auszug der wichtigen gesetzlichen Rahmenbedingungen und Verordnungen mit Bezug zu Aschen aus der Holzverbrennung:

### 8.3.1 Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen VVEA

#### 8.3.1.1 Berichterstattung der Kantone an das Bundesamt für Umwelt (BAFU): (neue Regelung ab Januar 2021)

**Art. 6 Berichterstattung**

[1] Die Kantone erstellen jährlich öffentlich zugängliche Verzeichnisse mit den nachfolgenden Angaben und stellen diese dem BAFU zu:

a. Mengen der in Anhang 1 genannten Abfallarten, die auf ihrem Gebiet entsorgt werden;

b. Anlagen zur Behandlung von Bauabfällen und Anlagen zur Behandlung von metallischen Abfällen auf ihrem Gebiet, in denen jährlich mehr als 1000 t Abfälle behandelt werden;

c. übrige Abfallanlagen auf ihrem Gebiet, in denen jährlich mehr als 100 t Abfälle entsorgt werden.

[2] Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation kann die Abfallarten nach Anhang 1 den technischen Entwicklungen anpassen.

[3] Die Kantone erstatten dem BAFU auf Verlangen Bericht über Betrieb und Zustand der Deponien auf ihrem Gebiet.[2] Der Bericht enthält insbesondere folgende Angaben:

a. Menge und Art der abgelagerten Abfälle sowie Restvolumen bestehender Deponien;

b. bei neuen Deponien und Änderungen bestehender Deponiebauwerke: Nachweise, dass die Anlagen des Bauwerks die Anforderungen gemäss Anhang 2 Ziffer 2.1–2.4 erfüllen;

c. gegebenenfalls Massnahmen nach Artikel 53 Absatz 4 zur Verhinderung möglicher schädlicher oder lästiger Einwirkungen der Deponien auf die Umwelt.

**Art. 9 Vermischungsverbot**

Abfälle dürfen nicht mit anderen Abfällen oder mit Zuschlagstoffen vermischt werden, wenn dies in erster Linie dazu dient, den Schadstoffgehalt der Abfälle durch Verdünnen herabzusetzen und dadurch Vorschriften über die Abgabe, die Verwertung oder die Ablagerung einzuhalten.

#### 8.3.1.2 Allgemeine Vorschriften an für Abfallanlagen, resp. Heizanlagen mit Altholzverbrennung: (neue Regelung ab Januar 2021)

**Art. 27 Betrieb**

[1] Inhaberinnen und Inhaber von Abfallanlagen müssen:

a. die Anlagen so betreiben, dass möglichst keine schädlichen oder lästigen Einwirkungen auf die Umwelt entstehen;

b. die Abfälle bei der Entgegennahme kontrollieren und sicherstellen, dass nur zugelassene Abfälle in den Anlagen entsorgt werden;

c. die in den Anlagen entstehenden Rückstände umweltverträglich entsorgen;

d. sicherstellen, dass der Energiegehalt der Abfälle bei deren Entsorgung so weit wie möglich genutzt wird;

e. ein Verzeichnis über die angenommenen Mengen der in Anhang 1 genannten Abfallarten mit Angabe der Herkunft sowie die in den Anlagen entstehenden Rückstände und Emissionen

führen und das Verzeichnis der Behörde jährlich zustellen; davon ausgenommen sind Zwischenlager nach den Artikeln 29 und 30;

f. sicherstellen, dass sie selber und das Personal über die erforderlichen Fachkenntnisse für den fachgerechten Betrieb der Anlagen verfügen und der Behörde auf deren Verlangen die entsprechenden Aus- und Weiterbildungszeugnisse vorweisen;

g. die Anlagen regelmässig kontrollieren und warten und insbesondere durch Emissionsmessungen prüfen, ob die Anforderungen der Umwelt- und Gewässerschutzgesetzgebung eingehalten werden;

h. bei mobilen Anlagen sicherstellen, dass nur die am jeweiligen Einsatzort anfallenden Abfälle behandelt werden.

[2] Inhaberinnen und Inhaber von Abfallanlagen, in denen jährlich mehr als 100 t Abfälle entsorgt werden, müssen ein Betriebsreglement erstellen, das insbesondere die Anforderungen an den Betrieb der Anlagen konkretisiert. Sie unterbreiten das Reglement der Behörde zur Stellungnahme.

**Kommentar:** Die neuen Regelungen ab 2021 erhöhen die Anforderungen an die Dokumentationspflichten für Holzaschen. In der zurzeit in Ausarbeitung stehenden Vollzugshilfe werden die Pflichten für die jeweiligen Stakeholder definiert.

#### 8.3.1.3 Übergangsbestimmungen für die Entsorgung von Aschen

**Art. 52a Holzasche**

Filteraschen und -stäube aus der thermischen Behandlung von Holz, welches gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 2 Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV) nicht als Holzbrennstoff gilt, dürfen bis 1. November 2023 auf Deponien der Typen D und E (Anhang 5 Ziff. 4.1 und 5.1) abgelagert werden.

#### 8.3.1.4 Anforderung an Abfälle für die Herstellung von Zement und Beton

**Anhang 3 Ziff. 3.1 Bst. d**

3.1 Beim Mahlen von Zementklinker und bei der Herstellung von Zement und Beton dürfen folgende Abfälle als Zumahl- oder Zuschlagstoffe verwendet werden:

d. Aschen aus der thermischen Behandlung von Holz;

#### 8.3.1.5 Anforderungen an Abfälle zur Ablagerung

**Anhang 5 Ziff. 4.1 Bst. f und g**

4.1 Auf Deponien und Kompartimenten des Typs D dürfen folgende Abfälle abgelagert werden:

f. Bett- und Rostaschen sowie Filteraschen und -stäube aus der thermischen Nutzung von Holzbrennstoff gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV);

g. Bett- und Rostaschen aus der thermischen Behandlung von Holz, welches gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 2 LRV nicht als Holzbrennstoff gilt, mit einem Gehalt von höchstens 20 000 mg TOC pro kg;

**Anhang 5 Ziff. 5.1 Bst. f und g**

5.1 Auf Deponien und Kompartimenten des Typs E dürfen folgende Abfälle abgelagert werden:

f. Bett- und Rostaschen sowie Filteraschen und -stäube aus der thermischen Nutzung von Holzbrennstoff gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 1 der LRV;

g. Bett- und Rostaschen aus der thermischen Behandlung von Holz, welches gemäss Anhang 5 Ziffer 31 Absatz 2 LRV nicht als Holzbrennstoff gilt, mit einem Gehalt von höchstens 50 000 mg TOC pro kg.

### 8.3.2 Die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA)

Die Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.600) regelt den Verkehr mit Abfällen sowie die Pflichten und Rechte der Abfallabgeber, der Abfallempfänger sowie der Transporteure. Für die Entsorgung von Sonderabfällen und anderen kontrollpflichtigen Abfällen mit Begleitscheinpflicht benötigen Betriebe eine VeVA-Betriebsnummer. Holzaschen gelten gemäss VeVA nicht als Sonderabfälle und sind daher ohne Begleitschein umzuschlagen.

### 8.3.3 Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Beim Auf- und Abladen der Aschen sind die arbeitshygienischen Vorschriften der Luftreinhalte-Verordnung stetig einzuhalten.

**Anhang 1 Ziff**. 43 Massnahmen bei Aufbereitungs-, Lagerungs-, Umschlags- und Transportvorgängen

[1] Können in gewerblichen oder industriellen Betrieben durch Vorgänge wie Fördern, Zerkleinern, Klassieren oder Abfüllen staubender Güter erhebliche Staubemissionen entstehen, so müssen die staubhaltigen Abgase erfasst und einer Entstaubungsanlage zugeführt werden.

[2] Bei der Lagerung und beim Umschlag staubender Güter im Freien müssen Massnahmen zur Verhinderung von erheblichen Staubemissionen getroffen werden.

[3] Beim Transport staubender Güter müssen Transporteinrichtungen verwendet werden, welche die Entstehung erheblicher Staubemissionen verhindern.

[4] Können durch den Werkverkehr auf Fahrwegen erhebliche Staubemissionen entstehen, so müssen die Fahrwege staubfrei gehalten werden.