

Bern, 25. Juli 2023

Auftraggeberin: AWEL – Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich

Stoffliches Verwertungspotential von KVA-Abfällen im Kanton Zürich

Identifikation und Abschätzung des stofflichen Verwertungspotentials des brennbaren Marktkehrichts



Auftraggeber:in

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)
Abfallwirtschaft und Betriebe
Weinbergstrasse 34
8090 Zürich
vertreten durch Daniel Locher

Auftragnehmer:in

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

Projektnummer: 6005.27

Version	Kontrolle	Freigabe
V05	BF, DO, XR, UF	25.07.2023

Zusammenfassung

Jedes Jahr werden in den fünf Zürcher KVA rund 0.75 Mio. t Abfall verwertet, darunter auch Bau-, Gewerbe- und Industrieabfälle (sogenannter Marktkehricht) in einer Menge von etwa 235'000 t/a. Im Auftrag des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) wurde das stoffliche Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts untersucht. Durch eine Integration dieser Abfälle in den Rohstoffkreislauf könnte nicht nur die Umwelt entlastet, sondern auch der Verbrauch natürlicher Ressourcen reduziert werden. Diese Effekte könnten sich ebenfalls positiv auf die Wirtschaft auswirken.

Um das stoffliche Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts zu schätzen, wurden Daten durch Anlagenbegehungen und Interviews erhoben. Diese Daten dienten einerseits zur Hochrechnung und Schätzung, wie viele Tonnen des Marktabfalls theoretisch recycelt werden könnten. Andererseits wurden aus den qualitativen Ergebnissen Massnahmen abgeleitet, wie das stoffliche Verwertungspotential ausgeschöpft werden könnte.

Gemäss den Ergebnissen dieses Berichts beträgt das zusätzliche **theoretische stoffliche Verwertungspotential** der bekannten Fraktionen des brennbaren Marktkehrichts **etwa 34 %**. Mit der Verfolgung der nachfolgenden strategischen Ansätze und der Umsetzung daraus abgeleiteter Massnahmen könnte das stoffliche Verwertungspotential weiter ausgeschöpft werden:

1. **Förderung der betrieblichen Separatsammlung:** möglichst alle Bau-, Gewerbe- und Industrieabfälle werden sortenrein an der Quelle getrennt
2. **Förderung der nachgelagerten Sortierung:** der brennbare Marktkehricht wird hochwertig über Sortieranlagen sortiert, um vor der thermischen Verwertung, stofflich verwertbare Fraktionen herauszuholen

Der Grad an Umsetzung der Massnahmen beeinflusst die Menge an zusätzlich recyceltem, also stofflich verwertetem, Marktabfall. Eine Szenarienanalyse stellt dies dar. Im «Mittel-Szenario» kann der zusätzliche Anteil der stofflichen Verwertung auf ca. 13 % und im «Hoch-Szenario» auf zirka 21 % erhöht werden. **In absoluten Zahlen könnten somit zusätzlich zwischen 30'000 t/a und 64'000 t/a des brennbaren Marktkehrichts der stofflichen Verwertung zugeführt werden.**

Für eine Annäherung an das realistische Verwertungspotential durch Einbezug relevanter Akteure wurde ein Workshop mit Stakeholdern aus KVA, Gewerbe, Baubranche und Sortieranlagen durchgeführt, an welchem mögliche Massnahmen zur Förderung der stofflichen Verwertung diskutiert und überarbeitet wurden. Massnahmen zur Förderung der freiwilligen Mitwirkung werden bevorzugt und Unternehmen sollen mit finanziellen Anreizen zur Separatsammlung motiviert werden. Einigkeit herrschte zudem bei der Sortierpflicht (nachgelagerte Sortierung) für brennbare Bauabfälle, um Störstoffe effektiv zu entfernen und den Recycling-Anteil zu erhöhen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass im brennbaren Marktkehricht ein relevantes, stoffliches Verwertungspotential vorhanden ist. Mit der Einführung von sinnvollen Massnahmen, die das gesamte Entsorgungssystem (inkl. Förderung Sekundärmarkt von Rohstoffen) umfassen, könnte dieses vorhandene Potential weiter ausgeschöpft werden.

Als weiterführender Schritt wird eine vertiefte Untersuchung (allenfalls auf nationaler Ebene) des brennbaren Marktkehrichts und des Sperrguts empfohlen, um verlässlichere Daten zu erhalten und die hier vorgeschlagenen Massnahmen weiter ausarbeiten zu können. Zentrale Elemente bei der Vertiefung der Thematik wären ebenso die Ausarbeitung eines detaillierten Massnahmenpakets, Fallstudien zur gezielten Anreizgebung für Gewerbe und Fördermöglichkeiten für befristete Versuche bei einzelnen Unternehmen.

Glossar

AWEL	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich
BAFU	Bundesamt für Umwelt
Bauabfälle	Abfälle, die bei Bau- oder Abbrucharbeiten anfallen
Brennbare Bauabfälle	Bauabfälle, die heute in einer KVA verwertet werden
economiesuisse	Dachverband der Schweizer Wirtschaft
Gewerbe- und Industrieabfälle	Betriebs- und Produktionsabfälle eines Unternehmens sowie alle Abfälle die in Unternehmen mit 250 oder mehr Vollzeitstellen anfallen
Brennbare Gewerbe- und Industrieabfälle	Gewerbe- und Industrieabfälle, die heute in einer KVA verwertet werden
Design for Recycling	Erhöhung der Recyclingfähigkeit eines Produktes
Direktanlieferungen	Abfallkategorie der KVAs die durch private Logistikunternehmen oder Unternehmen direkt angeliefert wird. Dies schliesst kommunale Anlieferungen und Sonderabfälle aus.
HDPE	High-density Polyethylen
KLW	Kreislaufwirtschaft
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
LDPE	Low-density Polyethylen
Marktkehricht	In diesem Bericht werden die Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie unter dem Begriff Marktkehricht zusammengefasst. In der Realität umfasst der Marktkehricht alle Abfälle, die nicht ins Entsorgungsmonopol fallen, sondern auf dem freien Markt verwertet werden.
Nachgelagerte Sortierung	Aussortierung von (stofflich verwertbaren) Fraktionen aus dem gemischten brennbaren Marktkehricht durch einen Sortieranlagenbetreiber (bevor der Marktkehricht in eine KVA gelangt). In einem ersten Schritt findet die betriebliche Separatsammlung statt, wobei stofflich verwertbares Material direkt dem Recycling zugeführt wird. Der Restabfall landet im brennbaren Marktkehricht. In einem zweiten Schritt wird der brennbare Marktkehricht über eine Sortieranlage sortiert (nachgelagerte Sortierung).
Öbu	Verband für nachhaltiges Wirtschaften
PE-Folien	Polyethylen-Folien
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
Recycling	Aufbereitung und Wiederverwendung bereits benutzter Rohstoffe
Sammelquote	Anteil der separat gesammelten Abfälle im Verhältnis zum Gesamtvolumen der produzierten Abfälle.

Siedlungsabfälle	Abfälle, die aus Haushalten stammen und Abfälle, die aus Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen stammen und deren Zusammensetzung betreffend Inhaltsstoffe und Mengenverhältnisse mit Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind
Sortieranlagen	Anlagen, die aus einem Gemisch von brennbaren Abfällen, diverse Fraktionen aussortieren
Stoffliche Verwertung	Recycling von Abfällen zur Herstellung von Sekundärrohstoffen
Verwertungsquote	Das Verhältnis der stofflich verwerteten Menge eines bestimmten Materials zur gesamthaft abgesetzten Menge.
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen
ZAV	Forum Zürcher Abfallverwertung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Glossar	4
1. Einleitung	8
1.1 Projektorganisation	8
1.2 Verwendete Grundlagen	8
2. Ausgangslage und Aufgabenstellung	9
2.1 Ausgangslage	9
2.2 Ziele der Auftraggeberin	9
2.3 Aufgabenstellung	9
2.4 Begrifflichkeiten	9
2.5 Abgrenzung des Projektes	10
2.6 Vorbemerkungen	10
3. Kurzbeschreibung des Vorgehens	11
3.1 Methodik Datenerhebung	12
3.2 Datenauswertung und Analyse	13
4. Aktuelle Situation Kanton Zürich	14
4.1 Abfallmarkt: Kategorien und Mengen	14
4.2 Technische Möglichkeiten der Sortierung	18
4.3 Erkenntnisse aus den Anlagenbegehungen und Interviews	19
5. Stoffliches Verwertungspotential brennbarer Abfall Kanton Zürich	23
5.1 Stoffliches Verwertungspotential Siedlungsabfall	23
5.2 Stoffliches Verwertungspotential Marktkehricht	24
5.3 Gegenüberstellung Verwertungspotentiale Siedlungsabfall und Marktkehricht	27
6. Massnahmen zur Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotentials	29
6.1 Ansätze zur Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotentials	29
6.2 Mögliche Massnahmen Gewerbe und Industrie	30
6.3 Mögliche Massnahmen in der Baubranche	33
6.4 Mögliche Massnahmen Sortieranlagenbetreiber	36
6.5 Mögliche Massnahmen KVA	36
6.6 Übergeordnete Massnahmen	39
6.7 Fazit zu den strategischen Ansätzen und möglichen Massnahmen	39
7. Szenarien-Analyse	41
7.1 Herleitung der effektiven Recyclingquoten	41

7.2 Resultierende Mengen und Einzelmassnahmen	42
8. Kostenschätzung	48
8.1 Kosten Entsorgung Direktanlieferung KVA	48
8.2 Kosten sortenreine Entsorgung über Sortieranlagen	49
8.3 Vergleich der Entsorgungswege	49
8.4 Entsorgungskosten für die verschiedenen Szenarien	50
8.5 Nicht betrachtete Kosten	52
9. Schlussfolgerung	54
10. Weiteres Vorgehen und offene Punkte	56
Abbildungsverzeichnis	57
Tabellenverzeichnis	58
Literatur und Quellenverzeichnis	59
Anhang	60

1. Einleitung

1.1 Projektorganisation

Am 25. September 2022 stimmte die Stimmbevölkerung einer Verankerung der Kreislaufwirtschaft in der Kantonsverfassung des Kantons Zürich zu [1]. Mit der Umsetzung von KLV-Prinzipien sollen Materialien in einem dauernden Kreislauf gehalten werden, um Ressourcen zu schonen und Abfall zu vermeiden. Material, das nicht wiederverwendet werden kann, soll recycelt oder als letzte Option thermisch verwertet werden. Durch die Verankerung der KLV in der Kantonsverfassung gewinnt somit die Thematik der stofflichen Verwertung an Relevanz für den Kanton Zürich.

Angestossen durch den neuen Artikel in der Kantonsverfassung und als Grundlage für die Zürcher Abfallplanung soll das stoffliche Verwertungspotential von Abfällen, welche heute in die Kehrichtverbrennung gelangen, untersucht werden. Das AWEL hat die Rytec AG mit dem Projekt beauftragt, das stoffliche Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts zu quantifizieren und mögliche Massnahmen zur Ausschöpfung dieses Potentials anzudenken.

1.2 Verwendete Grundlagen

Als Grundlagen für das Projekt wurden diverse Publikationen zum Abfallaufkommen und zur Abfallzusammensetzung in der Schweiz beigezogen. Für die Schätzung und Hochrechnung der Materialflüsse spielten die Studien des Projektes MatCH 'Materialressourcen Schweiz' [12] und die Studie des Siedlungsabfallaufkommens 2050 [18] eine relevante Rolle. Die Hochrechnung des Verwertungspotentials der kantonalen Siedlungsabfälle basiert auf der Erhebung der Kehrichtzusammensetzung des BAFU von 2012 [3] und der Studie zur Kehrichtzusammensetzung der Stadt Basel von 2021 [2].

Eine detaillierte Übersicht der beigezogenen Studien und Dokumente befindet sich am Ende des Dokumentes im Literaturverzeichnis.

1.2.1 Gesetzliche Grundlagen

- Umweltschutzgesetz USG, Kapitel 4: Abfälle
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)
- Abfallgesetz des Kantons Zürich (AbfG)

2. Ausgangslage und Aufgabenstellung

2.1 Ausgangslage

Im Rahmen der langfristigen Deponieplanung wurde in einem vorgängigen Projekt das Verwertungspotential der heute noch deponierten Materialien in Deponien des Typs B und E untersucht.

In Anlehnung daran soll nun das zusätzliche stoffliche Verwertungspotential von Abfällen, welche heute in die Kehrichtverbrennung gelangen, untersucht werden. Die geplante Studie soll sich hierbei auf brennbare Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Bau fokussieren (Marktkehricht).

2.2 Ziele der Auftraggeberin

Das Ziel des Projektes ist die Identifikation zusätzlicher stofflicher Verwertungspotentiale der folgenden Materialien, die in die KVA geliefert werden:

- Direkte Anlieferungen aus Gewerbe und Industrie
- Direkte Anlieferungen aus der Bauwirtschaft
- Indirekte und allenfalls sortierte Anlieferungen aus Gewerbe und Industrie
- Indirekte und allenfalls sortierte Anlieferungen aus der Bauwirtschaft

Das Verwertungspotential der Siedlungsabfälle liegt nicht im Fokus der Studie und wird daher nur marginal in diesem Bericht thematisiert.

2.3 Aufgabenstellung

Um das zusätzliche Verwertungspotential der KVA-Materialien zu eruieren, wurde von der Auftraggeberin ein «Bottom up»-Vorgehen vorgeschlagen. Dieses Vorgehen wurde anhand einer anfänglichen Erhebung der technischen Möglichkeiten und darauffolgenden Abschätzung der Mengen für die eruierten Materialien angewendet. Die Mengenschätzung basierte auf Daten, die durch Begehungen auf Anlagen erhoben wurden. Ursprünglich sollten folgende Anlagen besichtigt werden:

- Eine moderne Sortieranlage für brennbare Abfälle
- Ein Rückbauunternehmen
- Eine Bausperrgutsortieranlage
- Zwei bis drei grosse Gewerbebetriebe, die brennbaren Abfall produzieren
- Drei KVA im Kanton Zürich

Schlussendlich war es nicht möglich, alle von den oben erwähnten Organisationen in das Projekt zu integrieren. Welche Anlagen und Organisationen im Rahmen des Projektes besichtigt und befragt wurden ist in Kapitel 3 beschrieben.

Aus den erhobenen Daten wird anhand von drei Szenarien das Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts dargestellt. Das Verwertungspotential der Siedlungsabfälle wird durch eine Literaturrecherche geschätzt und hochgerechnet.

2.4 Begrifflichkeiten

Der Fokus dieses Berichts liegt auf den brennbaren Marktkehricht. Es ist dabei von Bedeutung, zwischen Siedlungsabfällen und Marktkehricht zu unterscheiden.

Siedlungsabfälle sind Abfälle, die aus privaten Haushalten, öffentlichen Einrichtungen, Unternehmen mit weniger als 250 Vollzeitstellen und ähnlichen Quellen stammen. Sie umfassen in der Regel Abfallgemische aus verschiedenen Materialien, die während der täglichen Lebensführung anfallen. Dazu zählen beispielsweise Verpackungen, Lebensmittelreste, Papier, Glas, Kunststoffe und andere Haushaltsabfälle. Siedlungsabfälle können auch Sperrmüll, wie etwa Möbel oder Elektrogeräte, sowie biogene Abfälle aus Garten- und Parkpflege einschliessen.

Marktkehricht bezieht sich hingegen auf Abfälle, die von Industrie-, Gewerbe- und Baubetrieben an die KVA geliefert werden. Diese Abfälle können sowohl durch Sortieranlagen vorsortiert als auch in gemischten Fraktionen angeliefert werden. Beispiele für Marktkehricht sind Produktionsabfälle, sortierte Baustellenabfälle, Gewerbeschlämme oder spezielle Abfälle aus Handwerk und Handel, die in den Unternehmen anfallen und nicht als Siedlungsabfall klassifiziert werden können.

Gemäss dem schweizerischen Abfallrecht (Artikel 32a des Umweltschutzgesetzes) müssen Siedlungsabfälle in der Regel innerhalb des Heimkantons verbrannt werden. Marktkehricht kann hingegen auch aus anderen Kantonen importiert werden und verhält sich wie andere Handelsgüter nach den normalen Marktmechanismen.

2.5 Abgrenzung des Projektes

Die Zusammensetzung des Hauskehrichts ist aus Erhebungen des BAFU und des Kantons Basel grundsätzlich bekannt. Die entsprechenden Massnahmen zur besseren Ausschöpfung des Verwertungspotentials stehen meist in Zusammenhang mit der Separatsammlung von Siedlungsabfällen und werden mit Ausnahme von Nicht-PET-Kunststoffen bereits erfolgreich umgesetzt.

Das Projekt beschränkt sich aus diesem Grund auf brennbare Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Bau. Das stoffliche Verwertungspotential wird in Kapitel 5.1 marginal thematisiert.

2.6 Vorbemerkungen

Diese Studie basiert einerseits auf den in Kapitel 1.2 erwähnten wissenschaftlichen Grundlagen und andererseits auf Daten, die im Rahmen des Projektes erhoben wurden. Konkret wurden sechs Anlagenbegehungen und zehn Interviews durchgeführt. Die erhobenen Daten zeigen Potential für spannende und hilfreiche Einsichten, obwohl diverse Aussagen und Erkenntnisse noch zusätzliche Beweise benötigen, um vollständig unterstützt zu werden.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Studie auf einer begrenzten Anzahl von Anlagenbegehungen und Interviews beruht, die nicht unbedingt repräsentativ für die Gesamtsituation der Abfallentsorgung im Kanton Zürich sind. Die Ergebnisse sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden und können nicht als allgemeingültig betrachtet werden. Es bedarf weiterer Forschung und Untersuchungen, um ein vollständigeres Bild des stofflichen Verwertungspotentials des brennbaren Marktabfalls im Kanton Zürich sowie in der Schweiz zu erhalten.

3. Kurzbeschreibung des Vorgehens

Bei der Durchführung dieser Studie wurde etappenweise vorgegangen, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. In der folgenden Grafik sind die durchgeführten Projektschritte visuell dargestellt.

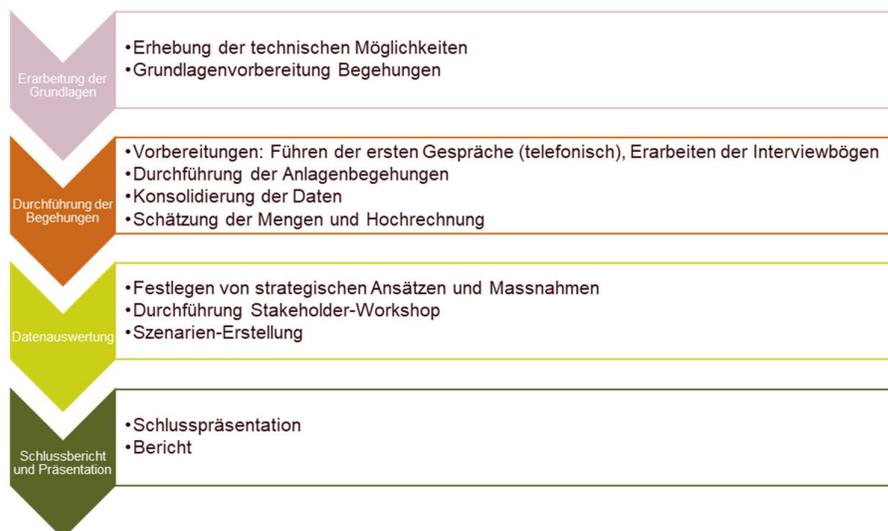


Abbildung 1 Übersicht Projektetappen

In einem ersten Schritt wurden zusammen mit der Auftraggeberin die Zielsetzung und die Vorgehensweise definiert. Danach wurden die Grundlagen anhand von Expertengesprächen und einer gründlichen Literaturrecherche erarbeitet. Im dritten Schritt wurden Daten erhoben, indem sechs Anlagenbegehungen und zehn Interviews durchgeführt wurden. Ziel der Befragungen war es, die Art und Menge des brennbaren Marktkehrichts zu erfassen. Drei von den zehn durchgeführten Interviews fanden mit Vertreter:innen aus Gewerbe statt. Die drei Unternehmen wurden befragt, um Informationen über deren Marktabfall-Entsorgungskonzepte und -Mengen zu sammeln. Die sechs Anlagenbegehungen umfassten drei KVA und drei Sortieranlagen. Diese Anlagen wurden besichtigt, um Bilder von angelieferten brennbaren Marktabfällen zu erhalten und Interviews mit Anlagenbetreibern zu führen.

Zur Datenauswertung wurden die während der Begehungen gesammelten Informationen und Daten systematisch aufbereitet und ausgewertet. Die gesammelten quantitativen Daten wurden als Grundlage für die Hochrechnung von den kantonalen Abfallmengenströmen genutzt.

Auf Basis der qualitativen Erkenntnisse wurden drei mögliche strategische Ansätze entwickelt, um die stoffliche Verwertung des brennbaren Marktkehrichts zu fördern. Diese Ansätze wurden gemeinsam mit allen relevanten Stakeholdern überarbeitet und ergänzt, um daraus mögliche Massnahmen zur Ausschöpfung des stofflichen Verwertungspotenzials abzuleiten. Die strategischen Ansätze und die möglichen Massnahmen dienten als Basis für die Erstellung von drei Szenarien.

Daraufhin wurden drei Szenarien entwickelt, die darstellen, wie sich die Abfallströme des brennbaren Marktkehrichts verändern würden, wenn das Verwertungspotential erhöht wird. Das Gering-Szenario spiegelt den Ist-Zustand wider, das Mittel-Szenario sieht eine teilweise Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotenzials vor und das Hoch-Szenario eine vollständige Ausschöpfung.

Der vorliegende Schlussbericht fasst die Ergebnisse der Begehungen sowie die Datenauswertung zusammen und zeigt mögliche Massnahmen auf, die das stoffliche Verwertungspotential von betrieblichen Abfällen erhöhen können.

3.1 Methodik Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte auf der Basis von sechs Anlagenbegehungen und zehn durchgeführten Befragungen. Während den Begehungen wurden einerseits Interviews mit den Anlagenbetreibenden geführt und andererseits das ein- und ausgehende Material betrachtet. Zudem wurden weitere Organisationen zum Abfallaufkommen des Marktkehrichts befragt. Untenstehende Tabelle zeigt auf, wie Anlagen, Organisationen und Unternehmen im Projekt involviert wurden.

Organisationstyp	Infos zur Organisation	Begehung	Interview	Teilnahme Stakeholder-Workshop
KVA		Ja	Ja	Ja
KVA		Ja	Ja	Ja
KVA		Ja	Ja	Ja
ZAV		Nein	Ja	Ja
Sortieranlage	Sortierung von Bau-, Gewerbe- und Industrieabfällen	Ja	Ja	Ja
Sortieranlage	Sortierung von Bauabfällen	Ja	Ja	Ja
Sortieranlage	Sortierung von Bauabfällen und etwas Gewerbe- und Industrieabfälle	Ja	Ja	Ja
Unternehmen	Detailhandel	Nein	Ja	Ja
Unternehmen	Detailhandel	Nein	Ja	Nein
Unternehmen	Elektrobranche	Nein	Ja	Ja
Unternehmen	Baubranche	Nein	Nein	Ja

Tabelle 1 Übersicht der im Projekt beteiligten Anlagen und Unternehmen und ihre Involvierung

3.1.1 Fokus der Begehungen

Bei den Begehungen waren jeweils zwei Mitarbeitende der Rytec AG anwesend. Jede Begehung bestand aus zwei Agendapunkten: einem Interview mit den Anlagebetreibern und einer Sichtung der Materialien.

Die Sortieranlagen wurden als besonders relevant für die Hochrechnung und Analyse der Daten betrachtet, um solide Informationen zur Art, Herkunft und Menge der Materialien zu erhalten. Zudem sollte der aktuelle Stand der Technik und die Möglichkeiten der Sortierung ermittelt werden. Die Begehungen der drei KVA wurden durchgeführt, um die Angaben von Gewerbe und Sortieranlagen zu validieren.

3.1.2 Fokus der Interviews

Der Schwerpunkt der Befragungen lag darauf, eine belastbare Grundlage für die Hochrechnung der Abfallströme zu schaffen. Darum wurden die Betreiber der Anlagen zur Menge und Zusammensetzung ihres brennbaren Marktkehrichts befragt. Neben allgemeinen Fragen zum Geschäft (z. B. dem Kundenstamm) wurde auch das stoffliche Verwertungspotential von besonders aussichtsreichen Fraktionen thematisiert.

Die KVA wurden zusätzlich zu denjenigen Abfallarten befragt, welche sie ungern verwerten.

Im Nachgang wurden die standardisierten Fragebögen miteinander verglichen und die Ergebnisse ausgewertet.

3.2 Datenauswertung und Analyse

Die Auswertung der Daten fand in vier groben Blöcken statt:

1. Vergleich und Zusammenführung der erhobenen Daten aus den Begehungen als Grundlage für die Massnahmenerarbeitung und Szenarienanalyse.
2. Hochrechnung und Schätzung der kantonalen Mengenströme des brennbaren Marktkehrichts. Gegenüberstellung der stofflichen Verwertungspotentiale des Siedlungsabfalls und des Marktkehrichts.
3. Definition von strategischen Ansätzen und Ableitung von möglichen Massnahmen zur Ausschöpfung des zusätzlichen stofflichen Verwertungspotentials. Diskussion der Massnahmen mit relevanten Stakeholdern.
4. Erarbeitung von drei Szenarien inkl. Analyse ebendieser.

Zudem wurde eine grobe Kostenschätzung je Entsorgungsweg durchgeführt und anhand zweier fiktiver Beispielunternehmen auf die Szenarien hochgerechnet.

Der Prozess der Datenauswertung ist in der untenstehenden Darstellung zusätzlich visuell dargestellt.

3.2.1 Herleitung von möglichen Massnahmen

Basierend auf den gesammelten Daten und Erkenntnissen wurde abgeschätzt, bei welchen Fraktionen das grösste Verwertungspotential liegt und mit welchen strategischen Ansätzen dieses Potential ausgeschöpft werden könnte. Von den strategischen Ansätzen ausgehend wurden diverse mögliche Massnahmen auf drei Ebenen abgeleitet:

- Regulative Ebene
- Technische Ebene
- Organisatorische Ebene

Ein zentraler Teil des Projekts war der Stakeholder-Workshop, an dem Vertreter:innen aus den begangenen Anlagen und befragten Organisationen teilnahmen. In dieser heterogenen Gruppe wurden die vorbereiteten Massnahmen diskutiert und angepasst. Zudem kamen auch neue Massnahmen hinzu.

4. Aktuelle Situation Kanton Zürich

In diesem Kapitel wird die aktuelle Situation des Marktkehrichts im Kanton Zürich beschrieben. Es wird aufgezeigt, wieviel brennbarer Marktkehricht in den KVA im Kanton Zürich verwertet wird und wie die Zusammensetzung des brennbaren Marktkehrichts aussehen könnte. Die Zusammensetzung der brennbaren Marktkehrichte wurde auf Basis von Informationen aus Studien und aus Gesprächen, die im Rahmen dieses Projektes geführt wurden, geschätzt.

Des Weiteren wird der aktuelle Stand der technischen Sortierung von brennbarem Abfall im Kanton Zürich beschrieben. Dank der Sortierung von brennbarem Marktkehricht, können Fraktionen, die stofflich verwertbar sind, aus dem Kehricht herausgeholt und dem Recycling zugeführt werden. Daher ist es wichtig, zu wissen, was die aktuellen technischen Möglichkeiten im Kanton Zürich sind, um darauf aufbauend allfällige Massnahmen zu entwickeln.

4.1 Abfallmarkt: Kategorien und Mengen

4.1.1 Marktübersicht der Kehrichtverbrennung

Im Kanton Zürich werden fünf Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) betrieben, in denen die Abfälle des Kantons verarbeitet werden.

In Grafik Abbildung 2 sind die Wege der Abfallkategorien, welche in den Zürcher KVA verbrannt werden, mit den Zahlen von 2022 dargestellt. Hierbei werden nur die Fraktionen betrachtet, welche am Ende thermisch verwertet werden. Diese Übersicht verdeutlicht die unterschiedlichen Herkünfte und Wege der verschiedenen Abfallarten und hilft, ein tieferes Verständnis für die aktuelle Situation der Kehrichtverbrennung im Kanton Zürich zu entwickeln.

Abfallströme zu den KVAs des Kanton Zürich

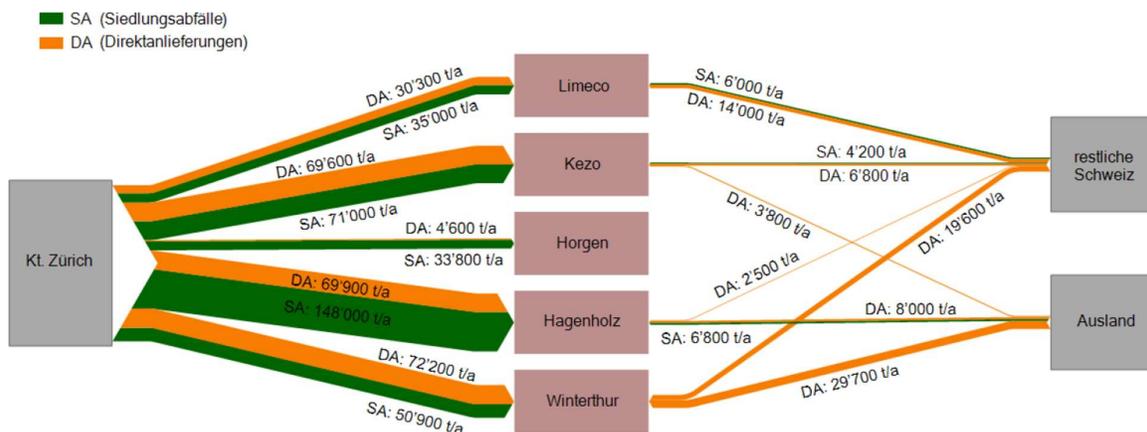


Abbildung 2: Mengenflüsse der Siedlungsabfälle und des Marktkehrichts zu den KVA des Kt. Zürich

4.1.2 Brennbarer Abfälle im Marktkehricht

In dieser Studie wird mit den brennbaren Abfällen aus Gewerbe, Industrie sowie Bau eine Unterkategorie des Marktkehrichts betrachtet. Für ein besseres Verständnis werden zuerst die Wege erläutert, die der

Marktkehricht im Allgemeinen im Kanton Zürich nehmen kann. Anschliessend wird die betrachtete Kategorie dieser Studie definiert und die Massenströme in diesen Bereichen aufgezeigt.

Entsorgungswege des Marktkehrichts

Für Gewerbe- und Industrie im Kanton Zürich gibt es hauptsächlich drei verschiedene Entsorgungswege, die in der Abbildung 3 dargestellt sind:

- Entsorgung über eine Recyclingfirma / Sortieranlage
- Direkte Anlieferungen an eine KVA (kann durch eine Drittpartei, z.B. Facility Management, durchgeführt werden)
- Direkte Anlieferungen an die stoffliche Verwertung nach sortenreiner Sammlung (Bspw. PET-Flaschen)

Die Entsorgung über «andere thermische Verwertung» ist separat aufgeführt. Damit wird sichtbar, dass durch die Einführung von Massnahmen (z.B. Förderung der nachgelagerten Sortierung) nicht alle aussortierten Materialien stofflich verwertet werden, sondern ein Teil der Materialien in die alternative thermische Verwertung (Holzheizkraftwerk, Zementwerk) gelangt.

Neben diesen drei Hauptentsorgungswegen gibt es noch weitere, die hier nicht aufgeführt werden. Es ist zum Beispiel denkbar, dass Unternehmen Teile ihres Kehrichts direkt in eine alternative thermische Verwertung bringen.

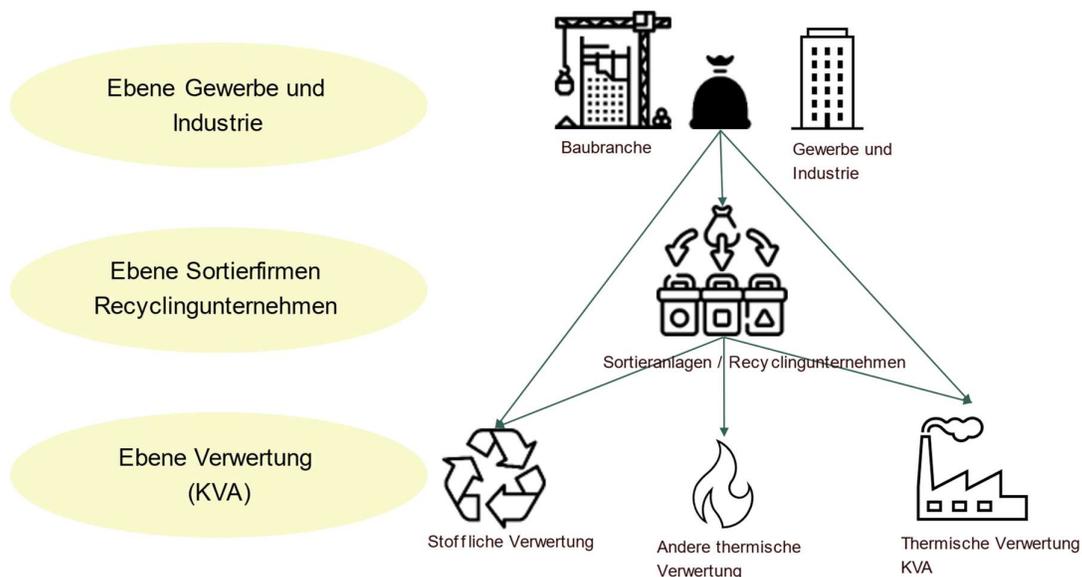


Abbildung 3 Graphische Darstellung der Entsorgungswege im Kanton Zürich

Im Rahmen dieses Projektes wurden Organisationen aus allen drei Ebenen zu ihrem Abfallaufkommen und ihrer Handhabung mit dem brennbaren Abfall befragt.

Definition: Gemischte brennbare Abfälle aus Bau, Gewerbe und Industrie

Es ist wichtig festzuhalten, dass in dieser Studie nur die Abfallströme betrachtet werden, welche heutzutage als gemischte brennbare Abfälle von Gewerbe- und Industrie und der Baubranche in Richtung der thermischen Verwertung geschickt werden. Dies beinhaltet die Ströme der brennbaren Abfallfraktionen, welche zu Sortieranlagen oder direkt zur thermischen Verwertung in einer KVA geschickt werden. Nicht betrachtet werden die Stoffströme, die durch eine sortenreine Sammlung direkt in das Recycling oder in eine spezifische

Verbrennung gegeben werden, wie bspw. Material aus dem Landfill-Mining (Antico), Sonderabfälle (Resh) oder getrennt gesammeltes Altholz. Die betrachteten Stoffströme sind in Abbildung 4 dargestellt, dabei ist ersichtlich, dass der grau gepunktete Pfeil ausserhalb des Umfangs dieser Studie liegt.

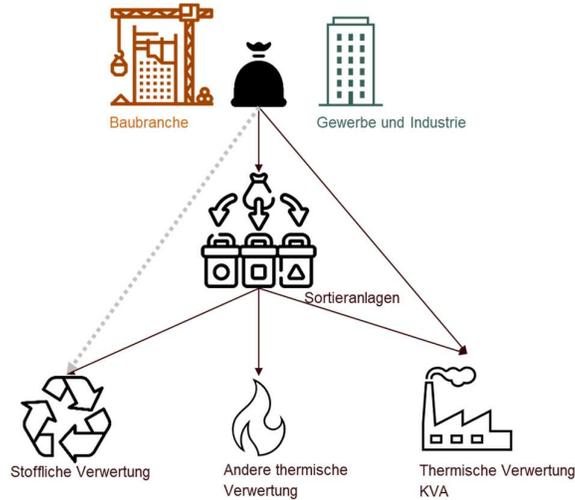


Abbildung 4: Darstellung der Entsorgungswege für brennbare Abfälle

Das folgende Beispiel in Abbildung 5 verdeutlicht die Kategorien und zeigt die Wichtigkeit dieser Unterscheidung auf. Die Zahlen im folgenden Beispiel sind exemplarisch. Es ist zu erkennen, dass von den 50'000 t Papierabfällen aus Gewerbe- und Industrie in der Gesamtbetrachtung 40'000 t/a recycelt werden und 9'800 t/a thermisch verwertet werden. Somit gehen ca. 80 % der Stoffströme in die stoffliche Verwertung.

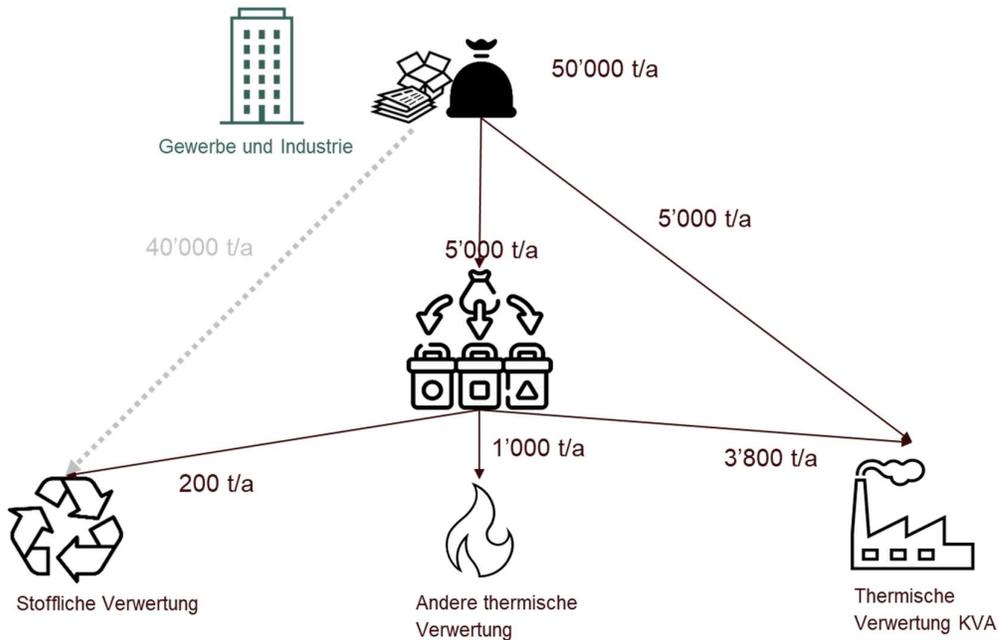


Abbildung 5: Beispielstrom für die Kategorie brennbare Abfälle aus Papier und Pappe aus Gewerbe- und Industrie

Die Kategorie der brennbaren Abfälle beinhaltet den Stoffstrom direkt zur stofflichen Verwertung nicht (Papierbündel in Abbildung 5). Die Gesamtmenge beträgt hier 10'000 t/a wovon schliesslich 9'800 t/a thermisch

verwertet werden und nur 200 t/a für die stoffliche Verwertung aussortiert werden können. Somit liegt die Quote für die stoffliche Verwertung in der Kategorie der Brennbaren Abfälle nur bei 2 %.

Diese Unterscheidung muss in der Studie gemacht werden, um ein möglichst sauberes Mengengerüst gewährleisten zu können. Somit sind die Recyclingquoten in dieser Fraktion aber nicht mit den absoluten Recyclingquoten einer Gesamtfraktion vergleichbar.

Mengen der brennbaren Bau-, Gewerbe- und Industrieabfälle

Hergeleitet werden die Mengen für diese Studie aus den Zahlen des ZAV, welche die Logistik des Marktkehrdienstes für alle Zürcher KVA organisiert.

Im Jahr 2022 wurden insgesamt ca. 360'000 t Abfälle durch den ZAV einer KVA zugeführt. Davon sind ca. 235'000 t der Kategorie der brennbaren Bau-, Gewerbe- und Industrieabfälle zuzuordnen. Diese **235'000 t/a** werden in dieser Studie als grundlegende Grösse für die Gesamtmenge angenommen. Weitere Anteile, welche evtl. nicht durch den ZAV verarbeitet werden oder sich in anderen Kategorien des ZAV (Altholz, Ballenware) verbergen, werden vernachlässigt.

Da sich die Zusammensetzung und die Massnahmenabsätze zwischen den Kategorien «Bauabfälle» und «Gewerbe- und Industrieabfälle» bedeutend unterscheiden, wurde für die genauere Betrachtung eine Unterscheidung diesbezüglich vorgenommen. Es liegen keine genauen Zahlen zu diesen Kategorien vor. Aus mehreren Studien lassen sich die Anteile abschätzen (Studie Sortierung von brennbaren Bauabfällen, Prognos Studie). So kann mit grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass mindestens 95'000 t/a an brennbaren Bauabfällen und mindestens 80'000 t/a an Gewerbe- und Industrieabfällen im Kanton Zürich verarbeitet werden.

Schliesslich wurde unter Zuhilfenahme von Interview-Informationen und den Grundlagen-Studien die Annahme getroffen, dass sich die Abfallfraktionen wie folgt ergeben:

- 125'000 t brennbare Bauabfälle
- 110'000 t brennbare Gewerbe- und Industrieabfälle

Es gilt zu beachten, dass diese Mengen auf Annahmen beruhen und eine Verschiebung um 10'000 t/a nicht unwahrscheinlich ist.

Herleitung der Anteile der Stofffraktionen an den Abfällen

Für eine genaue Analyse der Verwertungspotentiale sind die Mengen je Stofffraktion zu ermitteln. Zwei Grossstudien sind zu dieser Thematik zu nennen, die Prognos Studie [18] und die MatCH Studie [12]. In diesen Studien wurde über unterschiedliche Ansätze die Zusammensetzung der gesamten Abfallfraktion ermittelt.

Darüber hinaus wurde im Laufe der Untersuchung Gespräche mit Verantwortlichen aus allen Teilen des Entsorgungsweges geführt. Es lässt sich demnach kein abschliessendes und eindeutiges Bild der Stofffraktionen ermitteln. Da die Fraktion heutzutage als gemischte Fraktion in die KVA geschickt wird und die Sortieranlagen nur einzelne Stofffraktionen aussortieren, ist das Wissen über die Mischfraktion hier eher anekdotisch.

Die KVA-Betreiber und die Sortieranlagenbetreiber arbeiten täglich mit unterschiedlichen Anteilen der Gesamtfaktionen, sodass ein Sortieranlagenbetreiber welcher auf die Altholzsortierung spezialisiert ist, solche Lieferungen eher annimmt und somit die Altholzmenge überschätzt und ein KVA-Betreiber, welcher die Mischfraktion erhält, nachdem das lohnende Altholz aussortiert wurde, die Menge unterschätzt.

Für die Stofffraktionen wurden aus den unterschiedlichen Informationen Mindestanteile ermittelt, welche mindestens und mit akzeptabler Wahrscheinlichkeit in den gemischten Fraktionen vorliegen. Im Folgenden werden diese Anteile für die Kategorien brennbare Bauabfälle und Gewerbe- und Industrieabfälle dargestellt.

Stofffraktionen der brennbaren Bauabfälle

Für die Kategorie der brennbaren Bauabfälle wurden folgende Anteile für die relevanten Stofffraktionen ermittelt. Weitere Kleinstfraktionen und Ungenauigkeiten sind in der Kategorie «Unbekannt» wiederzufinden. Bei den Kunststoffen gilt es zu beachten, dass einige Fraktionen wie Polystyrol, PVC und PE (HDPE und LDPE) gesondert erfasst werden konnten. Alle weiteren gemischten Kunststoffe sind unter « Kunststoff – Div. »aufgeführt.

Fraktion	Mindestens [%]	Wahrscheinlich [%]	Wahrscheinlich [t/a]
Holz	15.0%	17.5%	21'900
Mineralik	10.0%	12.5%	15'600
Kunststoff – Div.	10.0%	12.0%	15'000
Karton	5.0%	7.0%	8'800
Dämmmaterial	5.0%	6.0%	7'500
Biogenes	5.0%	5.5%	6'900
Metall	5.0%	5.5%	6'900
Polystyrol	3.0%	4.0%	5'000
PVC	2.5%	3.3%	4'100
PE-Folie	2.5%	3.3%	4'100
Unbekannt	37.0%	23.5%	29'400

Tabelle 2 Übersicht proportionale Aufteilung und resultierender Mengen enthaltene Fraktionen brennbarer Bauabfall

Stofffraktionen der Gewerbe- und Industrieabfälle

Für die Kategorie der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle wurden folgende Anteile für die relevanten Stofffraktionen ermittelt. Weitere Kleinstfraktionen und Ungenauigkeiten sind in der Kategorie «Unbekannt» wiederzufinden. In den Gewerbe- und Industrieabfällen konnten keine spezifischen Kunststofffraktionen ermittelt werden, somit fallen alle Kunststoffe unter die Fraktion «Kunststoff – Div.»

Fraktion	Mindestens [%]	Wahrscheinlich [%]	Wahrscheinlich [t/a]
Kunststoff – Div.	15.0%	19.0%	20'900
Grünabfälle	10.0%	13.0%	14'300
Lebensmittelabfälle	5.0%	6.5%	7'200
Metall	5.0%	6.0%	6'600
Altholz	5.0%	6.0%	6'600
Papier, Pappe, Karton	4.0%	5.0%	5'500
Textilien	3.0%	3.5%	3'900
Strassenkehricht	2.5%	3.3%	3'600
Glas	2.0%	2.5%	2'800
Unbekannt	49%	35%	38'800

Tabelle 3 Übersicht proportionale Aufteilung und resultierender Mengen enthaltene Fraktionen brennbarer Gewerbe- und Industrieabfall

4.2 Technische Möglichkeiten der Sortierung

In der Schweiz gibt es verschiedene Technologien, die für die Sortierung von Marktkehricht eingesetzt werden. Dabei variiert die Kapazität der Sortieranlage erheblich und bereits im Kanton Zürich bewegt sie sich in

einem breiten Spektrum. In einer Studie [1] aus dem Jahr 2014 hat das AWEL den aktuellen Stand der Technik bei der mechanischen Aufbereitung von Bausperrgut ermittelt. Auch dort wurden aufgrund ihrer Behandlungskapazität zwei verschiedene Anlagekategorien definiert. Der Grad der Mechanisierung der Anlagen hängt oftmals von der Grösse der Anlage ab und kann sich stark auf die Sortiereffizienz auswirken. Während bei kleineren Anlagen häufig eine Grobsortierung mit einem Sortierbagger und Handsortierung erfolgt, setzt man bei grösseren Anlagen vermehrt auf eine mechanische Feinsortierung mit einer beträchtlichen Anzahl verfahrenstechnischer Komponenten. In den Anlagen werden verschiedene verfahrenstechnische Komponenten in unterschiedlichen Kombinationen eingesetzt. Als Folge der Anlagengrösse wird eine zunehmend komplexere Verfahrenstechnik eingesetzt. Die technischen Möglichkeiten der Sortierung und Aufbereitung von Marktkehricht und Bauabfällen in der Schweiz hängen von den eingesetzten Technologien und Anlagen ab. Es gibt mehrere Verfahren, um diese Abfälle zu sortieren und aufzubereiten:

- Mechanische Sortierung
- Magnetische Separation
- Windsichtung
- Nahinfrarot-Spektroskopie
- Ballistische Separation
- Wirbelstromabscheider
- Robotergestützte Sortierung

Bei kleinen Anlagen lohnen sich diese komplexen und dadurch teuren Techniken oftmals nicht.

Die Sortierung der modernsten Sortieranlage für brennbare Gewerbe- und Industrieabfälle im Kanton Zürich funktioniert wie folgt: nach einer Grobsortierung mit Bagger und Sortiergreifern um Wertstoffe wie Altholz, Metalle und Eisen zu separieren wird der Rest auf ein Steigband transportiert und einer Vorabsiebung unterzogen. Danach erfolgt eine Zerkleinerung durch einen Grossshredder, um gleichmässige Stücke zu erhalten. Alle eisenhaltigen Materialien werden durch einen Überbandmagnet ausgesondert. Danach scannen zwei Nahinfrarot-Sortieranlagen den Abfall nach wiederverwendbaren Stoffen ab und gewinnen mit einem Druckluftstoss Papier und Karton aus den flächenförmigen Materialien zurück. Der zweite Scanner erkennt Körperformen und separiert daraus Kunststoffe [1].

Im Allgemeinen können Sortieranlagen mittlerweile unter anderem mit Hilfe von Kameras und künstlicher Intelligenz eine Vielzahl von Abfallarten sortieren. Einige Materialien sind jedoch schwieriger sortierbar. Dazu gehören bereits verschmutzte oder kontaminierte Materialien, Materialien, die zu klein und leicht sind, um von Maschinen erkannt oder sortiert zu werden und gemischte Materialien, die aus vielen verschiedenen Komponenten bestehen und schwierig zu trennen sind. Zudem sind Restriktionen wie Platz und Wirtschaftlichkeit entscheidend für die Sortierung. Damit die Sortierung wirtschaftlich interessant ist und sich eine Erweiterung der Sortieranlage mit komplexen Verfahrenstechniken lohnt, braucht es einen Markt für die Aufbereitung dieser Fraktionen. Momentan besteht der Fokus in der Sortierung auf diejenigen Fraktionen, die dem Sortierunternehmen am meisten Ertrag erbringen, also eisenhaltige Materialien, Holz und teilweise Papier / Karton und Kunststoff.

4.3 Erkenntnisse aus den Anlagenbegehungen und Interviews

Durch die sechs Begehungen und insgesamt zehn Befragungen konnten verschiedene Erkenntnisse zur aktuellen Entsorgungssituation im Kanton Zürich gewonnen werden. Es konnten Organisationen auf allen

Ebenen des Entsorgungsprozesses befragt werden. Jedoch ergibt sich durch die durchgeführten Begehungen und Gespräche kein repräsentatives und für den gesamten Kanton Zürich geltendes Bild.

Die wahrscheinlich relevanteste Erkenntnis aus den Befragungen, um das Recyclingpotential zu erhöhen, ist, dass die Trennung des Abfalls so früh wie möglich im Entsorgungsprozess erfolgen sollte. Das heisst, dass direkt bei der Unternehmung, wo der Abfall anfällt, dieser separiert und getrennt gesammelt werden sollte. Dank dieser frühen Trennung des Abfalls, wird die Qualität sichergestellt, die für die stoffliche Verwertung benötigt wird. Sobald diverse Abfallfraktionen zusammengemischt werden, sind diese nur noch mit viel Aufwand trennbar. Zudem verringert sich die Qualität des Materials und die Abfallfraktionen können teilweise nur noch der thermischen Verwertung zugeführt werden.

4.3.1 Situation Gewerbe

Durch die verschiedenen Befragungen wurde ersichtlich, dass es Sinn macht, das Gewerbe in zwei grobe Kategorien aufzuteilen:

- Unternehmen aus der Baubranche (Bauabfälle)
- Alle anderen Unternehmen (Gewerbe- und Industrieabfälle)

Die Abfälle aus der Baubranche machen mengenmässig einen grossen Anteil des brennbaren Marktkehrrechts aus. Die Baubranche unterscheidet sich vor allem wegen der Zusammensetzung des brennbaren Abfalls und der spezifischen Entsorgungsprozesse und -wege von anderen Branchen. Daher ist es sinnvoll, dass für die Baubranche individuelle Massnahmen erarbeitet werden.

Eine weitere Kategorie, die abgegrenzt werden könnte, sind Abfälle aus der Landwirtschaft. Diese unterscheiden sich signifikant von Abfällen aus anderen Branchen. Ausserdem sind für die Landwirtschaft andere Massnahmen relevant als z.B. für Dienstleistungs- oder Produktionsbetriebe. Da die Landwirtschaftsbranche, für die in der Studie berücksichtigten KVA keine hohe Relevanz darstellt, wurde hier auf die separate Behandlung von landwirtschaftlichen Abfällen verzichtet.

Brennbare Bauabfälle

Im Bereich der Bauabfälle gibt es einige Erkenntnisse, die hinsichtlich der Menge an Bauabfällen besonders relevant sind. Unter anderem wurde festgestellt, dass mit der konsequenten Umsetzung eines Mehrmuldenprinzips das stoffliche Verwertungspotential erhöht werden kann. Dabei wird eine Extra-Mulde für die stoffliche Verwertung zur Verfügung gestellt. Es wäre daher von Vorteil, wenn eine bessere Trennung der Materialien direkt beim Abbau eines Gebäudes erfolgen könnte.

Weiterhin beklagen die KVA, dass zu viel nicht brennbare mineralische Baustoffe in die Anlagen gelangen. Beton, Sand, Kies, Ton und spezielle Gipsbauplatten stellen dabei besonders problematische Materialien dar. Vor allem der Recyclingprozess von Gips scheint für Baubetriebe eine Herausforderung zu sein. Aus diesem Grund landet immer wieder Gips in den KVA. Insgesamt zeigt sich somit, dass ein Umdenken in der Bauindustrie hinsichtlich der Materialauswahl und Entsorgungspraktiken notwendig ist, um eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu fördern und die Menge an Bauabfällen zu reduzieren.

Industrie- und Betriebskehrrecht

Es wurden drei Gespräche mit Grossunternehmen (>750 Mitarbeitende) geführt. Zwei befragte Unternehmen sind im Detailhandel und ein Unternehmen ist in der Elektrobranche tätig. Daher ergibt sich durch die Befragungen kein für den gesamten Gewerbe- und Industrieabfall geltendes Bild.

Die befragten Unternehmen scheinen hinsichtlich der Abfallentsorgung eine Vorreiterrolle zu spielen. Alle Befragten trennen bereits eine relevante Menge an Fraktionen an der Quelle (bis zu 31 Fraktionen). Wenn stoffliche Verwertungswege vorhanden sind, werden die getrennten Fraktionen diesen zugeführt. Die

höchste angegebene Sammelquote beträgt 90 %. Es ist jedoch unklar, wieviel davon tatsächlich stofflich verwertet wird. Gemäss Umfrage landen vor allem folgende Fraktionen im brennbaren Gewerbe- und Industrieabfall:

- Verschmutzter, nicht recycelbarer Karton
- Gemischte Verpackungen (Kunststoffgemisch)
- Sensible Dokumente, die nicht recycelt werden dürfen
- «öffentlicher Kehricht» aus den Filialen des Detailhandels
- Food Waste und Einweggeschirr aus Büroräumlichkeiten

Als Treiber für die betriebliche Abfalltrennung wurden hauptsächlich wirtschaftliche Überlegungen genannt. Das betriebliche Abfallmanagement soll kein Kostenfaktor darstellen und soll sich über die Erlöse des Abfall-Recyclings selbst finanzieren können. Als weiterer Motivationspunkt wurde der ökologische Nutzen, der durch die Abfalltrennung und das Recycling entsteht, erwähnt.

Zudem scheinen grosse Unternehmen bessere Möglichkeiten zu haben, den Abfall direkt an der Quelle zu trennen oder sie arbeiten vermehrt mit Recyclingunternehmen zusammen. Die Abfalltrennung benötigt in der Regel viel Platz, Logistikaufwendungen und spezifisches Wissen. Es ist denkbar, dass diese drei Komponenten bei kleineren Unternehmen weniger vorhanden sind. Bei den Begehungen der KVA war ersichtlich, dass brennbarer Abfall aus grossen Unternehmen besser sortiert war als Abfall aus kleineren. Bei letzterem wurde vermehrt recycelbarer Karton oder PE-Plastik gesichtet.

4.3.2 Situation Sortieranlagen

Von drei Sortieranlagen, die besichtigt wurden, fokussiert sich eine Anlage auf die Sortierung von Bauabfällen. In der zweiten Anlage werden hauptsächlich Bauabfälle und etwas Gewerbe- und Industrieabfälle sortiert und in der dritten Anlage werden im grösseren Stil sowohl Bau- wie auch andere Gewerbe- und Industrieabfälle sortiert. Unter den besichtigten Anlagen befand sich die modernste Sortieranlage im Kanton Zürich für brennbare Gewerbe- und Industrieabfälle. Diese Anlage hat die technischen Möglichkeiten, die Fraktionen Karton/Papier, Eisenmetalle, Holz und Kunststoffe (gemischt) auszusortieren. In den beiden anderen Anlagen werden hauptsächlich mineralische Stoffe und Metalle heraussortiert. Einer der beiden Anlagenbetreibenden hat sich zusätzlich auf die Fraktion Altholz spezialisiert.

Die Erkenntnisse aus den Begehungen der Sortieranlagen zeigen, dass die Entscheidung über die zu sortierenden Materialien vor allem von wirtschaftlichen Überlegungen abhängt. Fraktionen, die einen zu geringen Marktpreis aufweisen, sind zu wenig lukrativ, um heraussortiert zu werden. Zum Zeitpunkt der Begehungen konnte vermehrt Karton im brennbaren Abfall gesichtet werden, da es für die Sortierbetriebe nicht lukrativ war, Karton auszusortieren. Andererseits wurde Holz vermehrt aus dem brennbaren Marktkehricht genommen, da die Nachfrage nach Holz zu dem Zeitpunkt sehr hoch war. Dies ist höchstwahrscheinlich auf die Inbetriebnahme von diversen Holzheizkraftwerken in den letzten Jahren in der Schweiz zurückzuführen. Somit wird ein grosser Teil des von den Sortieranlagen aussortierten Holzes wahrscheinlich nicht stofflich verwertet, sondern einer anderweitigen thermischen Verwertung als der KVA zugeführt.

Es ist zu beachten, dass durch Sortieranlagen einerseits stofflich verwertbare Fraktionen aussortiert werden, andererseits fällt jedoch auch eine beträchtliche Menge an Fraktionen an, die aufgrund von Qualitätsproblemen nicht mehr stofflich verwertet werden können. Letztere werden daher ebenfalls einer zur KVA alternativen thermischen Verwertung zugeführt. Hierbei handelt es sich primär um Kunststoff und Holz, wobei der Kunststoff mehrheitlich in Zementwerken verwertet wird. Metall und Karton hingegen können nach der Sortierung mehrheitlich stofflich verwertet werden.

Schliesslich zeigte die Befragung, dass das Schreddern von Abfällen die Sortierung erschweren kann, da die geschredderten Stücke zu klein für eine korrekte Zuordnung / Sortierung sind.

4.3.3 Situation KVA

Von den drei besichtigten KVA befindet sich eine Anlage in der Stadt Zürich, eine in der Nähe der Stadt Winterthur und die dritte Anlage in der Region Zürcher Oberland. Zusätzlich wurde eine Befragung mit dem ZAV durchgeführt. Dieser ist für die Zuteilung des Marktkehrichts auf die fünf KVA im Kanton Zürich verantwortlich. Es wird geschätzt, dass aktuell ca. 40 % des Marktkehrichts über eine Sortieranlage sortiert wird, bevor dieser in eine KVA gelangt.

Insgesamt konnte der Inhalt von sieben Anlieferungen von Marktkehricht gesichtet werden. Dabei ist festzuhalten, dass diese Anlieferungen nicht unbedingt repräsentativ für den gesamten Marktkehricht des Kantons Zürich sind.

Angeliefert wurde einerseits ein Gemisch aus diversen Fraktionen, das aufgrund seines starken Verschmutzungsgrades kein stoffliches Verwertungspotential mehr aufwies. Andererseits wurden auch gut erhaltene Abfallfraktionen angeliefert, die durchaus stofflich hätten verwertet werden können.

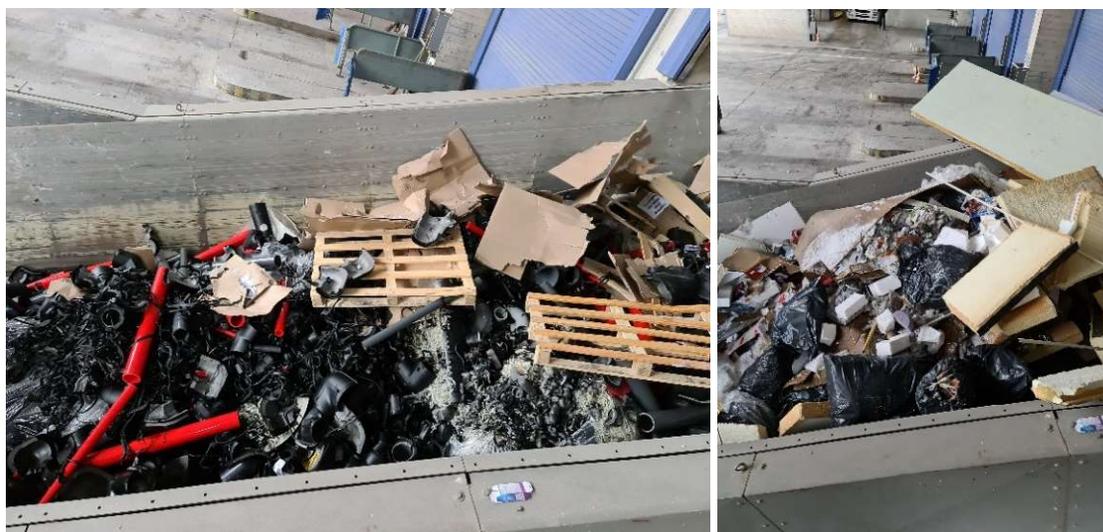


Abbildung 6 Auf der linken Seite eine Anlieferung von Gewerbe- und Industrieabfall mit vorhandenem stofflichem Verwertungspotential, auf der rechten Seite eine Anlieferung von gemischten und verschmutzten Bauabfällen

Vor allem bei Anlieferungen von kleineren Unternehmen konnte erhöhtes stoffliches Verwertungspotential festgestellt werden, da vor allem Karton sortenrein angeliefert wurde. Es wurde unter anderem beobachtet, dass trotz der vorhandenen Recyclingmöglichkeiten auf dem Platz, zwei Lieferungen recycelbarer Karton direkt in den Bunker abgeladen wurden. Das Personal der KVA hat die Anlieferer nicht auf die Recyclingmöglichkeiten hingewiesen.

Wichtig ist zudem zu erwähnen, dass während der Begehungen, mehrmals auf das eher knappe Material für die Verbrennung in der KVA im Herbst/ Winter 2022/23 hingewiesen wurde. Daher war das Interesse an vermehrter stofflicher Verwertung reduziert. Durch die geplante Lagerung von brennbarem Abfall im Sommer könnte dieses Problem jedoch in Zukunft abgefangen werden.

Des Weiteren ist aufgefallen, dass es ein Spannungsfeld gibt zwischen dem Material, das recycelt werden kann, und dem Material, das die KVA ungerne verarbeiten möchten. So ist beispielsweise der Störfaktor von Karton in einer KVA gering. Die Fraktion Gips wird hingegen als grosser Störfaktor wahrgenommen.

5. Stoffliches Verwertungspotential brennbarer Abfall Kanton Zürich

In diesem Kapitel wird das stoffliche Verwertungspotential des Siedlungsabfalls, des Gewerbe- und Industrieabfalls und des Bauabfalls eruiert. Die Schätzung des stofflichen Verwertungspotentials der Siedlungsabfälle basiert auf den beiden Abfallsackanalysen des BAFU und des Kantons Basel-Stadt. Das geschätzte stoffliche Verwertungspotential des Gewerbe- und Industrieabfalls sowie der Bauabfälle basiert auf den Informationen, die im Rahmen dieser Studie gesammelt wurden.

5.1 Stoffliches Verwertungspotential Siedlungsabfall

Der Fokus dieses Projektes liegt grundsätzlich auf den brennbaren Abfällen aus Industrie, Gewerbe und Bau. In diesem Kapitel wird das stoffliche Verwertungspotential auf Basis einer Literaturrecherche eruiert und mit dem stofflichen Verwertungspotential des Marktkehrichts verglichen.

Alle zehn Jahre wird im Auftrag des BAFU eine Abfallsackanalyse in der Schweiz durchgeführt, die ein aussagekräftiges Bild über die Zusammensetzung des Siedlungsabfalls (ohne Sperrgut) darstellt. Die letzte veröffentlichte Abfallsackanalyse wurde 2012 [3] abgeschlossen. Eine aktuellere Studie, die sich mit der Zusammensetzung des Abfallsacks befasst, ist die Studie des AUE aus dem Jahr 2021 [2]. Im Rahmen dieser Studie wurden 600 Abfallsäcke der Stadt Basel untersucht. Auf Basis dieser zwei Studien wurde das stoffliche Verwertungspotential des Siedlungsabfalls aus dem Kanton Zürich abgeleitet (ohne Sperrgut).

Es wird geschätzt, dass im Kanton Zürich 277'000 t/a Siedlungsabfall ohne Sperrgut und ohne Strassenkehricht anfällt. Zur Berechnung dieser Menge wurde die Anzahl Einwohner des Kantons Zürich mit dem Mittelwert des jährlichen Abfallaufkommens pro Kopf der oben erwähnten Studien multipliziert.

5.1.1 Zusammensetzung des Siedlungsabfalls im Kanton Zürich

Die untenstehende Tabelle zeigt auf, wie sich der Siedlungsabfall im Kanton Zürich zusammensetzen könnte. Auf der linken Seite wurden die prozentualen Anteile aus der BAFU-Studie aus dem Jahr 2012 übernommen und auf der rechten Seite die prozentualen Anteile aus der AUE-Studie aus dem Jahr 2021.

Dabei ist zu beachten, dass die prozentuale Verteilung der Fraktionen der BAFU-Studie ein repräsentatives Bild eines durchschnittlichen Schweizer Abfallsacks darstellt. Die Studie des AUE hingegen, ist auf die Stadt Basel fokussiert und repräsentiert daher einen Abfallsack aus einem städtischen Gebiet.

Grundlage BAFU-Studie 2012	%-Anteil	t/a	Grundlage AUE-Studie 2021	%-Anteil	t/a
Biogene Abfälle	32%	89'200	Food Waste, Rüstabfälle, Gartenabfälle	45%	123'500
Papier	14%	37'400	Papier und Zeitungen	12%	34'100
übrige Verbundwaren	13%	35'500	Verbundwaren	10%	27'400
Kunststoffe	11%	30'500	Kunststoffe Rest	10%	28'000
mineralische Abfälle	7%	18'000	mineralische Abfälle	1%	3'900
Verbundverpackungen	6%	15'800	Verbundverpackungen	4%	11'600
Karton	4%	10'500	Karton	3%	8'900
Glas	4%	9'700	Glas	2%	6'600
Textilien	3%	9'100	Textilien	2%	5'300
Kunststoffbehälter	2%	6'100	Kunststoffbehälter	1%	3'600
Rest	6%	15'200	Rest	9%	24'100
Gesamt		277'000	Gesamt		277'000

Tabelle 4 Mögliche Zusammensetzung Siedlungsabfall Kanton Zürich basierend auf Zahlen aus den Abfallsackanalysen des BAFU (2012) und AUE (2021)

Es ist ersichtlich, dass die biogenen Abfälle mindestens einen Drittel der Siedlungsabfälle ausmachen. Im Kanton Zürich könnten somit zwischen ca. 90'000 t/a und ca. 125'000 t/a biogene Abfälle im Kehrichtsack

landen. Des Weiteren sind die Fraktionen Kunststoffe (ca. 29'000 t/a), Papier (ca. 36'000 t/a) und Karton (ca. 10'000 t/a) ein relevanter Bestandteil eines durchschnittlichen Abfallsackes.

In beiden Studien wurde zur Berechnung des theoretischen und realistischen stofflichen Verwertungspotentials die Schätzungen aus der BAFU-Studie genommen. Als theoretisch verwertbar gilt der Anteil einer Fraktion, der aufgrund seiner Qualität einer stofflichen Verwertung zugeführt werden könnte. Bei der Abschätzung der realistisch verwertbaren Anteile wurden auch Kosten-Nutzen-Überlegungen zur Sammellogistik berücksichtigt [3]. Abgeleitet auf den Kanton Zürich ergeben sich nachfolgende Zahlen:

Fraktionen	Menge in t/a	Theoretisches VP [%]	Menge Theor. VP [t/a]	Realistisches VP [%]	Menge Real. VP [t/a]
Biogene Abfälle	106'350	81%	86'100	40%	42'500
Papier	35'750	38%	13'600	25%	8'900
Karton	9'700	100%	9'700	25%	2'400
Kunststoffbehälter	4'850	22%	1'100	9%	400
Glas	8'150	90%	7'300	35%	2'900
Textilien	7'200	50%	3'600	30%	2'200
Eisen	3'000	90%	2'700	50%	1'500
Nichteisenmetalle	2'000	86%	1'700	20%	400
Elektronik/Elektrik	1'000	15%	200	10%	100
Batterien	200	100%	200	70%	100
Gesamt		46%	126'200	22%	61'400

Tabelle 5 Darstellung des theoretischen und total realistischen stofflichen Verwertungspotentials der geschätzten Siedlungsabfälle aus dem Kanton Zürich

Die obenstehende Tabelle zeigt auf, dass insgesamt etwa 20 % des brennbaren Siedlungsabfalls der stofflichen Verwertung zugeführt werden könnte. Ein Grossteil davon (ca. 70 %) machen die biogenen Abfälle aus, die, wenn sie in einer Biogasanlage vergärt und das Gärgut anschliessend kompostiert wird, wieder dem Naturkreislauf zurückgeführt werden können.

Werden die biogenen Abfälle aus dieser Berechnung ausgeschlossen, könnten noch ca. 7 % des gesamten Siedlungsabfalls stofflich verwertet werden. Dies entspricht ca. 19'000 t/a. Das grösste stoffliche Verwertungspotential liegt in der Fraktion Papier mit ca. 9'000 t/a, die recycelt werden könnten.

Die Fraktion Kunststoffe Rest hat gemäss den Schätzungen aus der BAFU-Studie kein stoffliches Verwertungspotential und ist somit nicht in der obigen Tabelle ersichtlich.

Werden die theoretischen Recyclingquoten betrachtet ist ein Verwertungspotential von ca. 45 % des Siedlungsabfalls ersichtlich. Dies ergibt ca. 126'000 t/a Siedlungsabfall, der einer anderweitigen Verwertung als der KVA zugeführt werden könnte. Werden die biogenen Abfälle von dieser Berechnung ausgeschlossen, ergibt sich ein theoretisches Verwertungspotential von ca. 14 % des Siedlungsabfalls.

5.2 Stoffliches Verwertungspotential Marktkehricht

In diesem Kapitel soll für die in Kapitel 4.1 vorgestellten Stofffraktionen die Verwertungspotentiale dargestellt werden. Es wurden die heutigen Quoten der stofflichen Verwertung aus Daten der Sortieranlagenbetreibern und Gesprächen mit allen Akteuren abgeschätzt.

Über eine Studienauswertung wurde darüber hinaus eine Abschätzung für eine realistisch maximal erreichbare Quote ermittelt. Mehrere Studien für das Verwertungspotential von Siedlungsabfällen in der

Schweiz [2][3][4] und Studien zum Kunststoffrecycling [10][19] wurden hierfür verknüpft und Werte abgeleitet. Die theoretisch erreichbaren Maximalquoten sind eine Abschätzung in Anlehnung an die physikalischen Recyclingpotentiale. Das realistische maximale Potential sollte erreicht werden können, wenn **unabhängig von Wirtschaftlichkeitsfragen** alle Fraktionen sauber getrennt gesammelt und sortiert werden.

Gemischte brennbare Bauabfälle

In der Kategorie der brennbaren Bauabfälle zeigt sich, dass heute für die meisten Fraktionen ein geringer Anteil für die stoffliche Verwertung aussortiert wird, obwohl ein grosser Teil über die Sortieranlagen entsorgt wird. Die meisten Anteile lassen sich heute nicht mehr gewinnbringend aussortieren, nachdem sie in einer gemischten Fraktion angeliefert werden. Holz und Kunststoffe werden zum Teil schon heute in grösseren Anteilen aussortiert, anschliessend allerdings alternativen thermischen Verwertungen zugeführt. Lediglich Metalle werden schon heute aus der brennbaren Fraktion zurückgewonnen, einerseits auf den Sortieranlagen, andererseits nach der Verbrennung aus den Verbrennungsrückständen.

Fraktion	Aktuelle Recyclingquote [%]	Theoretisch mögliche Recyclingquote [%]	Theoretische Recyclingmengen [t/a]
Holz	10%	30%	6'570
Mineralik	5%	60%	9'360
Kunststoff – Div.	1%	20%	3'000
Karton	7%	95%	8'360
Dämmmaterial	0%	40%	3'000
Biogenes	0%	80%	5'520
Metall	80%	90%	6'210
Polystyrol	1%	87%	4'350
PVC	1%	89%	3'649
PE-Folie	1%	70%	2'870
Unbekannt	0%	0% ¹	0

Tabelle 6 Geschätzte Recyclingquote heute und theoretisch mögliche Recyclingquote (gemäss Literaturrecherche), sowie Mengenschätzung der Fraktionen der brennbaren Bauabfälle

In Abbildung 8 ist die Zusammensetzung der einzelnen Fraktionen des brennbaren Kehrichts und die dazugehörige Höhe des theoretischen Recyclingpotentials dargestellt. Die Fraktion Unbekannt wurde dafür weggelassen, da man zu dieser Fraktion keine Aussagen zum Recyclingpotential machen kann. In der Grafik ist erkennbar, dass gerade bei den Fraktionen, die einen grösseren Anteil des brennbaren Bauabfalls ausmachen, das theoretische Recyclingpotential eher tief ist. Insbesondere die Fraktion Holz und Kunststoff Div. fallen auf. Dafür lässt sich die Fraktion Karton, theoretisch fast komplett stofflich verwerten.

¹ Das theoretische Verwertungspotential der unbekannt Fraktion kann nicht geschätzt werden.

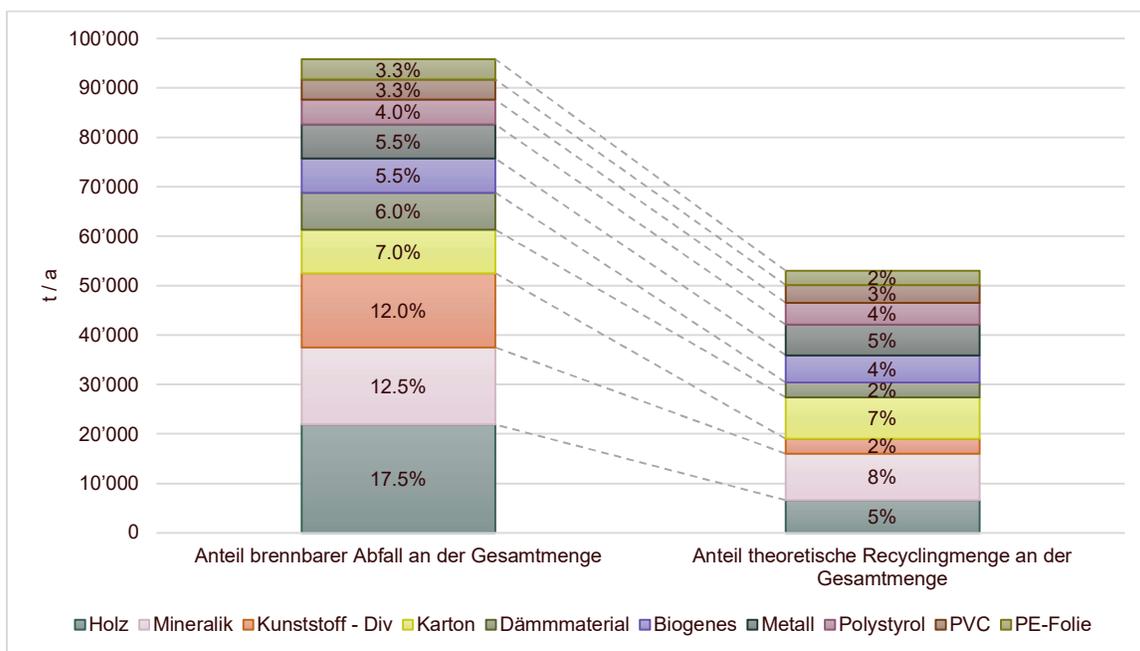


Abbildung 7 Fraktionen des brennbaren Bauabfalls und deren theoretisches Recyclingpotential (ohne die Fraktion «Unbekannt»)

Gewerbe- und Industrieabfälle

In der Kategorie der Gewerbe- und Industrieabfälle zeigt sich, dass heutzutage keine nennenswerte Aussortierung des brennbaren Abfalls zur stofflichen Verwertung stattfindet. Die Abfälle aus Gewerbe- und Industrie werden bereits teilweise getrennt gesammelt. Die hier betrachtete Mischfraktion der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle werden danach in der Regel nicht mehr sortiert und es werden nur in Einzelfällen Altholz oder Papier, Pappe und Karton zur stofflichen Verwertung geschickt, falls relativ sortenreine Lieferungen den Weg zu den Sortieranlagen finden.

Bei einzelnen Sortieranlagen werden auch Gewerbe- und Industrieabfälle sortiert. Diese Fraktionen (bspw. Kunststoff) werden allerdings aufgrund der Marktsituation und der Materialqualität nicht vollständig recycelt, sondern auch alternativen thermischen Verwertungen zugeführt.

Die Metallfraktion wird über die Behandlung der Verbrennungsreste stofflich verwertet.

Fraktion	Aktuelle Recyclingquote [%]	Theoretisch mögliche Recyclingquote [%]	Theoretische Recyclingmengen [t/a]
Kunststoff – Div.	0%	50%	10'450
Grünabfälle	0%	80%	11'440
Lebensmittelabfälle	0%	60%	4'320
Metall	75%	90%	5'940
Altholz	2%	30%	1'980
Papier, Pappe, Karton	2%	70%	3'850
Textilien	0%	50%	1'950
Strassenkehricht	0%	0%	0
Glas	0%	90%	2'520
Unbekannt	0%	0%	0

Tabelle 7 Geschätzte Recyclingquote heute und theoretisch mögliche Recyclingquote (gemäss Literaturrecherche), sowie Mengenschätzung der Fraktionen der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle

Auch beim Gewerbe- und Industrieabfall nimmt die Fraktion Kunststoff Divers mit einem tiefen theoretischen Recyclingpotential einen grossen Anteil an der Gesamtmenge ein. Die restlichen grossen Fraktionen haben jedoch im Gegensatz zum brennbaren Bauabfall ein eher hohes Recyclingpotential.

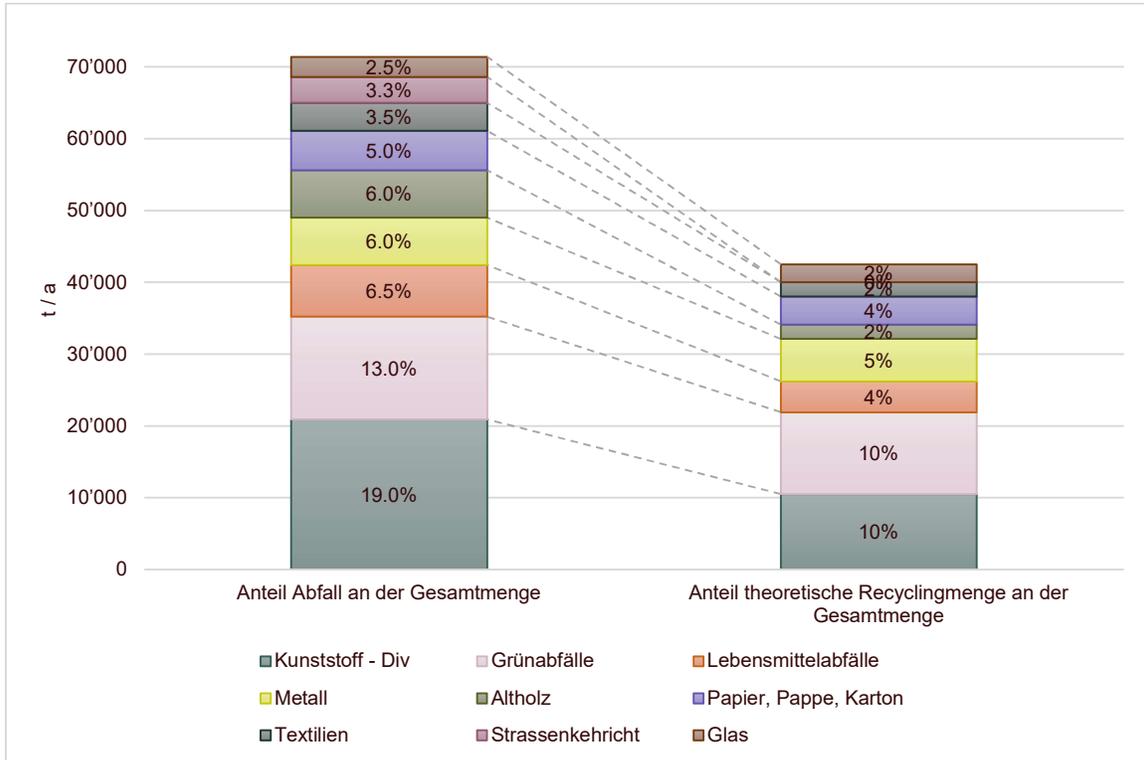


Abbildung 8 Fraktionen des brennbaren Gewerbe- und Industrieabfalls und deren theoretisches Recyclingpotential (ohne die Fraktion «Unbekannt»)

5.3 Gegenüberstellung Verwertungspotentiale Siedlungsabfall und Marktkehricht

Der Marktkehricht hat grundsätzlich ein höheres theoretisches stoffliches Verwertungspotential als die Siedlungsabfälle, sofern die biogenen Abfälle nicht berücksichtigt werden. Das theoretische Verwertungspotential des Siedlungsabfalls (ohne biogene Abfälle) beträgt ca. 15%, während das des Marktkehrichts bei ca. 40% liegt. In absoluten Zahlen könnten theoretisch ca. 85'000 t/a der brennbaren Siedlungsabfälle und ca. 95'000 t/a der brennbaren Marktkehrichts der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Allerdings beeinflusst der höhere Verschmutzungsgrad durch biogene Abfälle in Siedlungsabfällen deren stoffliche Verwertbarkeit negativ. Eine Sortieranlage kann Abfall mit hohen biogenen Anteilen nicht sinnvoll sortieren. Somit ist für die Ausschöpfung des stofflichen Verwertungspotentials der Siedlungsabfälle hauptsächlich die Trennung an der Quelle (Separatsammlung) relevant. Das stoffliche Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts kann sowohl durch eine betriebliche Separatsammlung sowie durch eine nachgelagerte Sortierung weiter gesteigert werden.

Grenzen der stofflichen Verwertung
 Die stoffliche Verwertung von Abfällen stellt eine wichtige Möglichkeit dar, um Rohstoffe zu sparen und die Umwelt zu schonen. Allerdings gibt es auch in der stofflichen Verwertung Grenzen. Das Anstreben einer

maximalen Verwertungsquote kann zu höheren Umweltschäden führen als die Primärgewinnung der Rohstoffe. Recyclingverfahren können auch Emissionen und Reststoffe verursachen, die umweltgerecht entsorgt werden müssen. Ein maximaler Rückgewinnungswert ist also nicht immer wünschenswert und kann zudem mit grossen Kosten verbunden sein [2][14].

Das Ziel der stofflichen Verwertung sollte stattdessen eine optimierte Verwertung sein, die bei jeder Abfallfraktion an einem anderen Punkt liegt. Eine zu hohe Verwertungsquote von beispielsweise 100 % würde zu einer so grossen Umweltbelastung führen, dass der Umweltnutzen des Recyclingsystems verringert werden würde. Eine optimale Verwertungsquote, bei der die Differenz zwischen dem durch die Wertstoffrückgewinnung entstehenden Umweltnutzen und der durch die Recyclingtätigkeit verursachten Umweltbelastung am grössten ist, ist daher anzustreben. Dabei ist nicht nur die Recyclingtätigkeit, sondern auch die Sammlung und der Transport zu berücksichtigen [9][14].

6. Massnahmen zur Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotentials

In diesem Kapitel werden mögliche Massnahmen diskutiert, die auf die Ausschöpfung des zusätzlichen stofflichen Verwertungspotentials des brennbaren Marktkehrichts abzielen.

Aus den qualitativen Erkenntnissen der Interviews wurden zwei strategische Ansätze abgeleitet, wie vermehrt Fraktionen aus dem brennbaren Kehricht einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können. Auf der Grundlage dieser strategischen Ansätze wurden wiederum mögliche Massnahmen für Gewerbe und Industrie, Baubetriebe, Sortieranlagebetreibern und KVA abgeleitet.

Die möglichen Massnahmen wurden an einem Stakeholder-Workshop mit Vertreter:innen aus allen Ebenen des Entsorgungsprozesses diskutiert, erweitert und bewertet.

Nachfolgend werden die einzelnen Massnahmen sowie die Diskussionsergebnisse aus dem Workshop je Massnahme beschrieben.

6.1 Ansätze zur Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotentials

Um das Verwertungspotential von Abfällen zu erhöhen, gibt es verschiedene Ansätze, die angewandt werden können. Einer der wichtigsten Ansätze ist die Trennung von Abfällen an der Quelle. Dies bedeutet, dass sowohl Bau- als auch Gewerbe- und Industrieabfälle bereits beim Unternehmen, wo der Abfall anfällt, separat und sortenrein getrennt werden sollten. Dadurch kann das Potential zur stofflichen Verwertung von Materialien erhöht werden. Ein weiterer Ansatz zur Ausschöpfung des zusätzlichen Verwertungspotentials liegt in der hochwertigen Sortierung von bereits vermischtem brennbarem Marktkehricht. Hierbei werden Sortieranlagen eingesetzt, um möglichst viel Holz, Karton, Kunststoff, Mineralik und Metalle aussortieren zu können. Um das Verwertungspotential gänzlich auszuschöpfen, sollte die Sortierung unabhängig von ökonomischen Prinzipien ausgeübt werden und der ökologische Nutzen pro Fraktion sollte miteinbezogen werden. Der Fokus dieses Berichts liegt darin, aufzuzeigen wie hoch das Verwertungspotential ist, wie dieses ausgeschöpft werden könnte und welche Kosten für Unternehmen mit der Ausschöpfung verbunden sind. Das Aufzeigen des ökologischen Nutzens des Recyclings je Fraktion ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

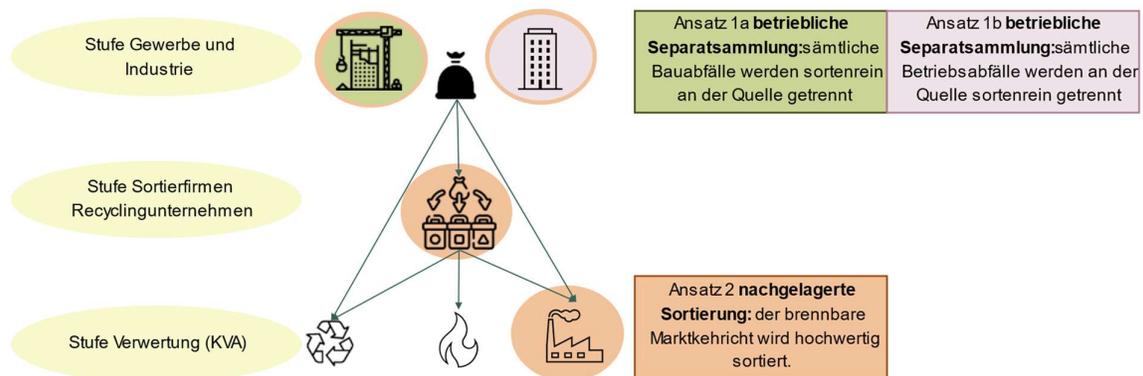


Abbildung 9 Darstellung verschiedener Ansätze und Massnahmen auf jeder Ebene des Abfallprozesses

6.2 Mögliche Massnahmen Gewerbe und Industrie²

Die vorgestellten Massnahmen für Gewerbe und Industrie konzentrieren sich auf die Ansätze 1a und 2. Zum einen sollen die Gewerbe- und Industrieabfälle an der Quelle sortenrein getrennt werden, zum anderen zielen einige Massnahmen darauf ab, dass der brennbare Marktkehricht im Nachgang hochwertig sortiert wird. Es wurde mehrfach betont, dass allfällige Massnahmen für eine nachgelagerte Sortierung über Sortierunternehmen nur in Kombination mit einer Förderung zur Trennung an der Quelle eingesetzt werden sollen.

Neben den am Workshop vorgestellten Massnahmen wurden weitere Massnahmen wie ein Verbot für nicht brennbaren Katzenstreu, bereits beim Produktdesign Ansätze umsetzen (z. B. keine Verbundstoffe) und preisliche Anpassungen je Fraktion für die thermische Verwertung, vorgeschlagen. Da Katzenstreu zu der Kategorie der Siedlungsabfälle gehört, liegt die Thematik ausserhalb des Umfangs dieser Studie. Auch die Förderung von Kreislaufwirtschaft im Produktdesign ist nicht Teil dieser Studie, da sich die Studie explizit mit dem Verwertungspotential des brennbaren Kehrichts befasst.

6.2.1 Massnahmen zur Erhöhung der betrieblichen Separatsammlung

Förderung der Separatsammlung

Eine mögliche Massnahme ist die Förderung der bereits existierenden Separatsammlung in Unternehmen. Dabei werden Fraktionen, die stofflich verwertet werden können (wie PET, Karton und Bioabfälle), separat gesammelt. Die Vorteile dieser Massnahme sind vielfältig. Zum einen kann das Gewerbe durch eine optimierte Abfalltrennung Kosteneinsparungen erzielen, da die Entsorgungskosten reduziert werden. Zum anderen wird ein ökologischer Mehrwert erzielt, da die stoffliche Verwertung der Abfälle zu einer Wiederverwendung von Materialien führt. Falls ein Unternehmen keine eigenen Ressourcen für die Separatsammlung haben sollte, kann mit einem Recycling-Unternehmen zusammengearbeitet werden.

Zur Umsetzung dieser Massnahme gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine Sensibilisierungskampagne durch das AWEL kann Unternehmen auf die Vorteile der Separatsammlung aufmerksam machen und ihnen die Vorteile der Separatsammlung erläutern. Auch die Herausgabe eines Faktenblatts oder das Aufzeigen von Best-Practice-Beispielen kann hilfreich sein. Eine Zusammenarbeit mit Zürcher Wirtschaftsverbänden wie dem Gewerbeverband, economiesuisse, öbu sowie Swiss Recycling kann dazu beitragen, die Separatsammlung in der Wirtschaft zu etablieren. Ausserdem können finanzielle Vorteile aufgezeigt werden, um Unternehmen zu motivieren. Nicht zuletzt können auch Preismassnahmen eine effektive Möglichkeit sein, um die Separatsammlung zu steigern. Einerseits könnten die Preise für separat gesammelte und abgegebene Fraktionen bei den Recyclingunternehmen / Sortieranlagen sinken und andererseits könnten die Preise bei der KVA für stofflich verwertbare Fraktionen steigen. Generell wurde am Workshop bestätigt, dass privatwirtschaftliche Unternehmen stark auf preisliche Massnahmen reagieren würden.

Zusammenfassend sollten attraktive Anreize geschaffen werden, damit sich Unternehmen für die Trennung der Abfälle engagieren. Dabei werden vor allem finanzielle Anreize als wirksames Instrument eingeschätzt.

Förderung der freiwilligen separaten Kunststoffsammlung³

Die separate Sammlung von Kunststoffen stellt eine weitere Massnahme dar, um das Recyclingpotential zu erhöhen. Insbesondere in Unternehmen kann durch eine sortenreine Sammlung von den Kunststoffen HDPE, LDPE und PP die Menge der stofflich verwerteten Abfälle erhöht werden. PE-Folien aus Gewerbe und Industrie sind vergleichsweise einfach zu sammeln, da sie nach Gebrauch in grösseren Mengen,

² Massnahmen für Industrie- und Betriebskehricht; Massnahmen für die Baubranche werden später thematisiert

³ Hiervon ausgenommen ist die PET-Sammlung, da diese bereits sehr gut funktioniert.

sortenrein sowie zum Teil unverschmutzt anfallen [5] [8]. Wichtig bei der Fokussierung auf die Sammlung einer einzelnen Fraktion ist, den ökologischen Nutzen der jeweiligen Fraktion zu betrachten.

Die Umsetzungsmöglichkeiten zur Förderung einer separaten Kunststoffsammlung sind ähnlich wie in der vorherigen Massnahme. Durch eine Sensibilisierungskampagne von Seiten AWEL kann über die Bedeutung einer sortenreinen Kunststoffsammlung informiert und Best-Practice-Beispiele aufgezeigt werden. Auch Gespräche mit relevanten Unternehmen, sowie die Herausgabe eines Faktenblattes sind hilfreich. Um die breitere Öffentlichkeit zu erreichen, macht es auch bei dieser Massnahme Sinn, mit Zürcher Wirtschaftsverbänden zusammenzuarbeiten, damit gemeinsame Projekte zur Förderung der separaten Kunststoffsammlung initiiert und umgesetzt werden können. Auch die Unterstützung des Siloballenfolienrecyclings von Erde Schweiz⁴ kann dazu beitragen, die separate Kunststoffsammlung in der Landwirtschaft zu fördern.

Dabei sollten Kommunikation und Streuung der Informationen eine wichtige Rolle spielen, um die Bedeutung einer sortenreinen Sammlung von Kunststoffen zu vermitteln. Die Umsetzbarkeit wurde im Workshop als einfach bewertet. Dies gilt jedoch nur, wenn wenige Sorten Kunststoff gesammelt werden.

Kunststoffsammlung in der Schweiz

Es wird geschätzt, dass ca. 1 Mio. Tonne Kunststoff pro Jahr in der Schweiz verbraucht wird und irgendwann im Abfall landet. Davon wird nur ein kleiner Teil stofflich verwertet. 2010 betrug die Recyclingquote von Kunststoff lediglich 10 % [17].

Bisher stand das Kunststoffrecycling in der Schweiz aufgrund seines angeblich geringen ökologischen Nutzens in der Kritik [10]. Eine aktuelle Studie der ETH Zürich stellte jedoch fest, dass der ökologische Fussabdruck der Plastikherstellung erheblich höher ist als bisher angenommen. Der Grund dafür ist der Einsatz von Kohle für Prozesswärme, Strom und als Rohstoff. Die Produktion von Kunststoff beträgt 96% des gesamten ökologischen Fussabdrucks. Somit macht Kunststoff-Recycling aus ökologischer Sicht durchaus Sinn [7]. Das stoffliche Verwertungspotential ist vor allem bei Produkten, die aus sortenreinem Kunststoff (HDPE, LDPE, PP, PET) vorhanden.

Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verbrauchen grosse Mengen an Kunststoff. Da diese teilweise unverschmutzt anfallen (z.B. Wickelfolien von Paletten) eignen sie sich in der Regel gut für das Recycling. Das Potential wird momentan jedoch erst minimal ausgeschöpft. Verschiedene Gemeinden, Zweckverbände und private Anbieter erproben in der Schweiz bereits seit mehreren Jahren ergänzende Sammlungs- und Recyclingangebote für Haushaltskunststoffe und es wurden mehrere politische Vorstösse zum Recycling von Kunststoff eingereicht [5]. Im Bereich der Siedlungsabfälle arbeiten momentan Organisationen entlang der ganzen Wertschöpfungskette im Rahmen des Projekts «Sammlung 2025» am Aufbau eines nationalen Sammel- und Recyclingsystems von Kunststoffverpackungen und Getränkekartons. Diese Entwicklungen können dazu führen, dass auch im Bereich Marktkehricht die Voraussetzungen zur Ausschöpfung des Verwertungspotentials verbessert werden. Durch eine nationale Kunststoffsammlung steigt die Sammelmenge und dies führt zu einer gewissen Investitionssicherheit für Sortieranlagenbetreiber und Recyclingunternehmen im Bereich Kunststoff. Heute können lediglich separat gesammelte Kunststoffflaschen in der Schweiz sortiert werden, alles weitere wird im Ausland sortiert. Eine gesicherte Steigerung der Sammelmenge fördert beispielsweise den Aufbau eines Sortierwerks für gemischte Verpackungskunststoffe in der Schweiz [9].

Strikte Auslegung Art. 13 Absatz 4 VVEA: Separatsammlung und stoffliche Verwertung Betriebsabfälle

Des Weiteren wurde die Einführung einer Trenn- und Sammlungspflicht für Gewerbe- und Industrieabfall diskutiert wie sie in der VVEA Artikel 13 Absatz 4 vorgesehen ist. Eine solche Pflicht soll dazu beitragen, dass

⁴ Weitere Infos zum Rücknahme- und Verwertungssystem für Siloballenfolien ERDE unter: <https://www.erde-schweiz.ch/>

die Gewerbe- und Industrieabfälle bereits an der Quelle sortenrein getrennt werden. Als Diskussionsbeispiel wurde die Trennung von folgenden neun Fraktionen genommen: Glas, Kunststoff (PE, PVC und PET), Metall, Holz, Textilien, Papier und Karton, Biogener Abfall, Sonderabfälle. Durch den Austausch mit verschiedenen Unternehmen am Workshop wurde klar, dass Unternehmen sehr unterschiedliche Voraussetzungen für die Trennung und Separatsammlung von Abfall haben. Ein durchdachtes Abfalltrennsystem benötigt mehr Platz und eine gut etablierte Logistik. Auf diese zwei Faktoren können nicht alle Unternehmen zugreifen. Vor allem kleinere Unternehmen mit wenig Ressourcen stellt das Abfallmanagement und die Abfalltrennung vor Herausforderungen. Aufgrund dessen wurde eine Trennungspflicht von den Workshopteilnehmenden als unfair wahrgenommen. Bei einer Einführung einer solchen Pflicht, könnten Gemeinden allenfalls Platz und Logistikangebote bereitstellen, um die Trennung und Sammlung der verschiedenen Fraktionen zu erleichtern.

Wie auch bei den verschiedenen Kunststofffraktionen sollte, um den ökologischen Nutzen zu maximieren, der Fokus auf Fraktionen gelegt werden, die einen hohen ökologischen Nutzen haben. Ökobilanzierungen und die Menge der gesammelten Fraktionen können bei der Bewertung der Fraktion helfen.

6.2.2 Massnahmen zur Erhöhung der nachgelagerten Sortierung

Förderung der Sortierung des brennbaren Gewerbe- und Industrieabfalls

Diese Massnahme konzentriert sich auf die Förderung der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Sortierfirmen, um den brennbaren Abfall vor der Verwertung der KVA hochwertig zu sortieren. State of the Art sollte sein, dass der brennbare Abfall über eine Sortierfirma oder ein Recyclingunternehmen entsorgt und somit sortiert wird. Dazu soll es vom Kanton Zürich offiziell anerkannte Sortierfirmen geben. Eine Umsetzungsmöglichkeit besteht wiederum in einer Sensibilisierungskampagne durch das AWEL. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass diese Massnahme allein keine Lösung darstellt. Die Separatsammlung und Trennung an der Quelle müssen zusätzlich gefördert werden, damit die Qualität der Fraktionen nicht abnimmt. Durch die Trennung an der Quelle kann eine bessere Materialqualität sichergestellt werden, dadurch ist auch das stoffliche Verwertungspotential höher. Somit ist eine Massnahme, die zur Förderung der Sortierung des brennbaren Abfalls abzielt, nur in Kombination mit einer Förderung oder einer Pflicht zur Trennung und Separatsammlung denkbar. Die Umsetzbarkeit wurde am Workshop als einfach eingestuft und die Wirksamkeit – unter Voraussetzung, dass gleichzeitig auch die Trennung an der Quelle gefördert wird – als hoch.

Sortierpflicht des brennbaren Gewerbe- und Industrieabfalls

Eine weitere Massnahme zur Steigerung des Verwertungspotentials bei der Entsorgung von brennbarem Gewerbe- und Industrieabfall könnte die Einführung einer Sortierpflicht sein. Im Gegensatz zur vorherigen Massnahme wird die nachgelagerte Sortierung durch anerkannte Unternehmen nicht nur gefördert, sondern ist verpflichtend für alle Unternehmen. Auch bei dieser Massnahme würde der Abfall von Unternehmen an offiziell anerkannte Sortierfirmen und Recyclingunternehmen übergeben werden. Diese wären darauf spezialisiert, den Abfall in verschiedene Fraktionen zu sortieren und entsprechend weiterzuverarbeiten. Die Sortierpflicht müsste dafür als regulatorische Massnahme eingeführt werden.

Wie bei der vorherigen Massnahme ist zu bedenken, dass die Einführung einer Sortierpflicht die Anreize für eine Separatsammlung und Trennung an der Quelle senken könnte. Dadurch würde sich die Qualität der Fraktionen verschlechtern und es könnten vermehrt unbrauchbare oder fehlerhafte Materialien in den Sortieranlagen landen. Alternativ könnte es jedoch auch zu einer erhöhten betrieblichen Separatsammlung führen, da die Annahmepreise für separat gesammelte Fraktionen tiefer sind als die Preise für eine schlecht sortierte Mischfraktion.

6.2.3 Übersicht und Einschätzung der Massnahmen für Gewerbe und Industrie

Zusammenfassend wurden die besprochenen Massnahmen für Gewerbe und Industrie am Workshop wie folgt eingeschätzt:

Mögliche Massnahmen	Ebene / Verantwortung	Umsetzbarkeit	Wirksamkeit
Erhöhung der betrieblichen Separatsammlung			
1. Förderung der freiwilligen Separatsammlung in Unternehmen	Betriebliche / Organisatorische Ebene	Einfach	Mittel
2. Förderung der freiwilligen separaten Kunststoffsammlung	Betriebliche / Organisatorische Ebene	Einfach	Mittel
3. Strikte Auslegung Art. 13 Absatz 4 VVEA: Separatsammlung und stoffliche Verwertung Betriebsabfälle	Regulatorische Ebene	Schwierig	Hoch
Erhöhung der nachgelagerten Sortierung			
4. Förderung der freiwilligen Sortierung des brennbaren Abfalls über Sortieranlagen	Betriebliche / Organisatorische Ebene	Einfach	Hoch
5. Sortierpflicht brennbarer Abfall	Regulatorische Ebene	Schwierig	Hoch

Table 8 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für die Gewerbe und Industrie

Wie bereits erwähnt sollten die beiden letzten Massnahmen (Massnahme 4 und 5) nur in Kombination mit einer Förderung oder Pflicht zur Separatsammlung an der Quelle eingeführt werden. Ansonsten führen sie dazu, dass möglicherweise die Anreize zur Trennung an der Quelle gesenkt werden.

Gemäss den Diskussionen am Workshop sind vor allem die Massnahmen 1 und 4 umsetzbar und daher förderungswürdig.

6.3 Mögliche Massnahmen in der Baubranche

Die vorgeschlagenen möglichen Massnahmen in der Baubranche konzentrieren sich vor allem darauf, möglichst alle Bauabfälle bereits sortenrein an der Quelle zu trennen. Dabei ist jedoch auch die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen und eine ganzheitliche ökologische Betrachtung notwendig. Im Workshop am 22. März 2023 wurden die vorgeschlagenen Massnahmen diskutiert, überarbeitet und ergänzt.

6.3.1 Massnahmen zur Erhöhung der betrieblichen Separatsammlung

Einzelstoff-Mulde für stoffliche Verwertung / Trennung der brennbaren Abfälle

Die Einführung von Extramulden für die stoffliche Verwertung von Bauabfällen führt zu einer sortenreinen Trennung bereits an der Quelle und dadurch zu einer Erhöhung des Anteils der wiederverwertbaren Materialien. Durch die Trennung der brennbaren Abfälle können die Recyclingunternehmen die Sortierung und weitere Verarbeitung effizienter durchführen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Fraktionen je nach Gebäude oder Arbeitsschritt variieren können. Beispiel der zu trennenden Fraktionen können Holz, Metall, Karton und Weitere sein.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um die Umsetzung dieser Massnahmen zu unterstützen. Eine Sensibilisierungskampagne durch das AWEL könnte dazu beitragen, Bauunternehmen auf das Thema aufmerksam

zu machen. Gespräche mit relevanten Bauunternehmen könnten ebenfalls dazu beitragen, das Bewusstsein für die Bedeutung der stofflichen Verwertung zu schärfen. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Leistungsvereinbarung mit Sortierern, um sicherzustellen, dass die Einzelstoffmulde für Bauunternehmen wirtschaftlich attraktiv ist. Durch eine günstigere Preisgestaltung aufgrund der Trennung der stofflichen Materialien können die Bauunternehmen motiviert werden, sich an der stofflichen Verwertung zu beteiligen.

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die Umsetzung dieser Massnahme nicht für alle Bauabfälle realistisch ist. Eine weitere Trennung, die über die Fraktionen «brennbare Abfälle» und «mineralische Abfälle» hinausgeht, ist stark von der Menge der Abfälle abhängig. Insbesondere die Menge an Restabfällen kann stark variieren und eine Trennung ineffektiv machen. Insgesamt wäre die Einführung von weiteren Extramulden eine gute Massnahme, um die stoffliche Verwertung von Bauabfällen zu erhöhen, jedoch ist sie meistens nicht für mehrere Fraktionen realistisch. Zudem muss für die Bereitstellung von mehreren Mulden genügend Platz vorhanden sein. Vor allem in dicht besiedelten Gebieten, wie zum Beispiel in der Stadt Zürich, ist der Platz für Extramulden meistens nicht vorhanden.

Eine Abschaffung von Mischmulden und eine strikte Trennung zwischen «Brennbarem» und «Mineralischem» wird jedoch als wirksam und einfach bis mittel umsetzbar eingestuft.

Gebäuderessourcenpass bei Abbruch eines Gebäudes

Dieser Massnahmenvorschlag beinhaltet, dass bei jedem Bau- oder Abbruchgesuch ein Gebäuderessourcenpass erstellt werden sollte. Dieser Pass soll aufzeigen, welche Materialien und Baustoffe im Gebäude enthalten sind und welcher Wiederverwendungs- und Entsorgungsweg für jedes Material bzw. Baustoff geeignet ist. Um die Umsetzung zu erleichtern, können die auszufüllenden Dokumente für das Entsorgungskonzept Rückbau seitens Kanton Zürich angepasst werden. Zusätzlich kann auch Unterstützung beim Erstellen des Gebäuderessourcenpasses bereitgestellt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass eine Fachperson für Wiederverwendung das Gebäude vor dem Abbruch besichtigt. Dadurch können eine sorgfältige Identifikation und Katalogisierung der wiederverwendbaren Materialien und Baustoffe erfolgen und die Wiederverwendung von Baumaterialien optimiert werden.

Der Gebäuderessourcenpass steht im Zusammenhang mit dem Konzept des kreislauffähigen Baudesigns. Dieses Konzept sieht vor, dass Gebäude so gebaut werden sollten, dass einzelne Materialien unbeschädigt rückgebaut werden können. Hierfür muss auch Platz zur Lagerung der Baumaterialien bis zur Wiederverwendung vorhanden sein.

Im Austausch wurde betont, dass in der Praxis bei grösseren Bau- und Rückbauvorhaben bereits einiges in diese Richtung getan wird. Dennoch bleibt Raum für Verbesserungen im Bereich des Gebäuderessourcenpasses und der daraus folgenden Wiederverwendung von Baumaterialien. Insbesondere da die Wirksamkeit als hoch eingestuft wurde.

Strikte Auslegung Art. 17 VVEA: Trennung sämtlicher stofflich verwertbarer Fraktionen auf der Baustelle

Gemäss Artikel 17 der Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (VVEA) müssen Bauabfälle auf der Baustelle in bestimmte Fraktionen getrennt werden. Hierbei müssen Sonderabfälle von den anderen Abfällen separiert und getrennt entsorgt werden. Die verbleibenden Bauabfälle sind gemäss Abs. d und e wie folgt zu trennen: weitere stofflich verwertbare Abfälle wie Glas, Metalle, Holz und Kunststoffe, möglichst sortenrein, sowie brennbare Abfälle, die nicht stofflich verwertbar sind. Umsetzungsmöglichkeiten zur strikten Einhaltung dieser Regelung bestehen in regulatorischen Massnahmen sowie in der Kontrolle und dem Vollzug des Artikels durch die Gemeinden.

Fraktionen, für die sich eine separate Erfassung auf der Baustelle lohnt, werden jedoch bereits heute separat erfasst. Bei kleinen Baustellen ist die separate Erfassung hingegen meist nicht wirtschaftlich sinnvoll und

schwierig umzusetzen. Die Umsetzbarkeit wird demzufolge als schwierig eingestuft und auch die Wirksamkeit als eher gering.

6.3.2 Massnahmen zur Erhöhung der nachgelagerten Sortierung

Sortierpflicht für brennbare Bauabfälle

Im Workshop wurde die Möglichkeit einer Sortierpflicht für brennbare Bauabfälle als weitere Massnahme diskutiert. Dazu sollen auf regulatorischer Ebene Massnahmen ergriffen werden, die eine direkte Anlieferung ab Baustelle in die KVA nicht erlauben. Die Umsetzbarkeit dieser Massnahme wird als einfach bis mittel eingestuft und die Wirksamkeit zur Ausschöpfung des zusätzlichen stofflichen Verwertungspotentials als mittel bis hoch. Bereits heute wird jedoch ein grosser Teil der brennbaren Bauabfälle über ein Sortierunternehmen entsorgt. Gemäss verschiedenen Gesprächen, die im Rahmen dieses Projektes geführt wurden, wird geschätzt, dass bereits 70 % bis 80 % der Bauabfälle über Sortierfirmen entsorgt werden.

Eine nachgelagerte Sortierung von Fraktionen wie Holz, Karton und Metall wird als gut durchführbar und wirtschaftlich eingestuft, sowohl in Bezug auf stoffliche als auch thermische Verwertung. Besonders bei kleinen Baustellen ist die nachgelagerte Sortiermethode sinnvoll. Es macht jedoch Sinn, auch weiterhin die Trennung an der Quelle zu fördern, da in einer nachgelagerten Sortierung die Fraktionen nicht in gleicher Qualität sortiert werden können.

Zusätzlich wurde am Workshop diskutiert, dass eine weitere Option zur Erhöhung des Recyclingpotentials die Rücknahme des Abfalls durch Lieferanten ist. Hier müsste aber sichergestellt werden, dass der Abfall durch den Lieferanten separat gesammelt und stofflich verwertet wird.

6.3.3 Übersicht und Einschätzung der Massnahmen für die Baubranche

Zusammenfassend wurden die besprochenen Massnahmen für die Baubranche am Workshop wie folgt eingeschätzt:

Mögliche Massnahmen	Ebene / Verantwortung	Umsetzbarkeit	Wirksamkeit
Erhöhung der betrieblichen Separatsammlung			
1. Strikte Trennung Brennbare und Mineralisches, Abschaffung Mischmulden	Organisatorische Ebene	Einfach bis mittel	Hoch
2. Gebäuderessourcenpass bei Abbruch eines Gebäudes	Regulatorische Ebene	Mittel	Hoch
3. Strikte Auslegung Art. 17 VVEA: Trennung sämtlicher stofflich verwertbarer Fraktionen auf der Baustelle	Regulatorische Ebene	Schwierig	Gering
Erhöhung der nachgelagerten Sortierung			
4. Sortierpflicht für brennbare Bauabfälle, keine direkte Anlieferung ab Baustelle in KVA	Regulatorische Ebene	Einfach bis mittel	Mittel bis hoch

Tabelle 9 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für die Baubranche

Vor allem die Massnahme 4 wurde in den Diskussionen am Workshop als effektiv und einfach umsetzbar eingestuft.

6.4 Mögliche Massnahmen Sortieranlagenbetreiber

Die möglichen Massnahmen für Sortieranlagenbetreiber verfolgen vor allem den Ansatz, den brennbaren Marktkehrichthochwertig zu sortieren. Das heisst, die nachgelagerte Sortierung zu verbessern und auf Ebene der Sortieranlagen zu fördern. Dabei wurden die folgenden Massnahmenvorschläge besprochen:

Rapportierungspflicht über sortierte Materialien

Ein wichtiger Aspekt bei der Vermeidung von Abfällen und der Förderung der stofflichen Verwertung ist die Rapportierungspflicht über sortierte Materialien. Dadurch sind die Sortierer und Recyclingunternehmen verpflichtet, dem AWEL regelmässig Bericht zu erstatten, welche Materialien für die stoffliche Verwertung aus den Abfällen herausgenommen wurden. Somit erhält das AWEL einen Überblick über die Fraktionen, die eigentlich stofflich verwertbar wären und dennoch in die KVA gelangen. Die Rapportierungspflicht ist eine wichtige Massnahme, um die Stoffströme transparenter zu machen und die stoffliche Verwertung von Abfällen zu fördern.

Um diese Massnahme umzusetzen, können regulatorische Massnahmen ergriffen werden oder eine Vereinbarung zwischen den Sortierfirmen und dem AWEL getroffen werden. Die Umsetzbarkeit, sowie die Wirksamkeit wurden am Workshop als mittel eingestuft.

Sortierpflicht für stofflich verwertbare Fraktionen

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Abfallmenge ist die Einführung einer gesetzlichen Verpflichtung für Sortierer, Fraktionen auszusortieren und der stofflichen Verwertung zuzuführen, sofern dies technisch machbar ist, unabhängig von deren Wirtschaftlichkeit. Für die Umsetzung braucht es Veränderungen auf regulatorischer Ebene. Die KVA würden eine solche Pflicht begrüessen, da dadurch nur Brennbare in die KVA gelangt. Wichtig dabei ist, dass ein Ziel definiert wird, um eine effektive Umsetzung sicherzustellen. Die Sortierung stellt dabei eine Grundvoraussetzung dar, danach kann der Markt für stofflich verwertbare Fraktionen entstehen (derzeit gelangen einige aussortierte Fraktionen in die alternative thermische Verwertung). Eine solche Massnahme hätte auch den Vorteil, dass weniger Schlacke entsteht. Die Umsetzbarkeit sowie Wirksamkeit der Massnahme ist auch hier wieder mittel.

6.4.1 Übersicht und Einschätzung der Massnahmen für Sortieranlagenbetreiber

Zusammenfassend wurden die besprochenen Massnahmen für die Sortieranlagenbetreiber am Workshop wie folgt eingeschätzt:

Mögliche Massnahmen	Ebene / Verantwortung	Umsetzbarkeit	Wirksamkeit
1. Reportingpflicht	Regulatorische Ebene	Mittel	Mittel
2. Sortierpflicht	Regulatorische Ebene	Mittel	Mittel

Tabelle 10 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für Sortieranlagenbetreiber

Keine der vorgeschlagenen Massnahmen wurde von den Workshopteilnehmenden als einfach umsetzbar eingestuft.

6.5 Mögliche Massnahmen KVA

Auch die möglichen Massnahmen für KVA konzentrieren sich darauf, dass der brennbare Marktkehrichthochwertig sortiert wird.

KVA als Gatekeeper

Die KVA als Gatekeeper⁵ einzusetzen, um stofflich verwertbares Material auszusortieren und an Recyclingunternehmen weiterzuleiten, ist eine Möglichkeit, um den Anteil an Abfällen in der KVA zu reduzieren. Die Idee dahinter ist, dass stofflich verwertbares Material (Karton, Holz etc.) nicht in den Bunker der KVA gelangen sollte, sondern direkt an Sortieranlagen oder Recyclingunternehmen weitergeleitet wird. Dazu müsste die KVA die Kontrolle über das angelieferte Material behalten und sicherstellen, dass nur brennbares Material in den Bunker gelangt. Falls ersichtlich sein sollte, dass vermehrt die gleichen Unternehmen weitergeleitet werden, macht es Sinn, die Unternehmen zu beraten, die regelmässig stofflich verwertbares Material an die KVA liefern oder mit ihnen ein Abfallkonzept zu erarbeiten.

Allerdings gibt es einige Herausforderungen bei der Umsetzung dieser Idee. Regulatorische Massnahmen können hier helfen. Zudem wäre ein möglicher Anreiz für KVA ein Bonus für stofflich verwertbares Material, das für das Recycling weitergeleitet wurde. Gewisse Massnahmen⁶ in diese Richtung gibt es bereits im Bereich Kunststoff von Seiten der ZAV AG und damit auch den fünf KVA des Kantons Zürichs. Gemäss Pressemitteilung des ZAV nehmen Zürcher KVA seit Anfang 2021 keine Lieferungen von reinen verwertbaren Kunststoffabfällen mehr entgegen. Zudem teilen die KVA, gemäss Aussage am Workshop, den Kunden jeweils mit, wenn Materialien weiter verwertet werden können, anstatt verbrannt zu werden. Der Fokus hierbei liegt jedoch nicht auf Kontrolle vor Ort, sondern auf der Weitergabe von Informationen.

Eine strikte Gatekeeper-Funktion wird von den KVA abgelehnt, da es technisch schwierig scheint, eine strenge Kontrolle und Abweisung von stofflich verwertbarem Material zu gewährleisten. Es ist auch nicht immer klar, welche Materialien stofflich verwertbar sind und welche nicht, insbesondere bei komplexen Abfällen. Ein weiteres Problem ist, dass es verschiedene Gründe geben kann, warum stofflich verwertbares Material in der KVA landet. Zum Beispiel können Datenschutzbestimmungen oder Image-Bedenken dazu führen, dass bestimmte Güter nicht im Secondhand-Bereich landen sollten und deshalb in der KVA entsorgt werden. Auch Verschmutzung und andere Faktoren können dazu führen, dass stofflich verwertbare Materialien nicht direkt weitergeleitet werden können. Es wird daher eine zusätzliche Sensibilisierung der Kunden bevorzugt, um stofflich verwertbares Material von vornherein zu sortieren und an Recyclingunternehmen weiterzuleiten. Auch Sortieranlagen sehen eine Gatekeeperfunktion der KVA kritisch.

Insgesamt scheint die Umsetzbarkeit und Wirksamkeit der Gatekeeperfunktion der KVA gemäss Besprechung am Workshop mittel zu sein.

Pflicht zur Aufbereitung des Abfalls für die stoffliche Verwertbarkeit

Sortierungen von stofflich verwertbaren Materialien, die nicht wirtschaftlich sind, sollen bei dieser Massnahme von der KVA übernommen werden. Die KVA sind dabei in der Verantwortung, die vermischten Fraktionen mit stofflichem Anteil vorzusortieren, bevor diese in den Bunker gelangen. Die vorsortierten Fraktionen werden dann für die stoffliche Verwertung aufbereitet und weitergeleitet. Diese Vorsortierung kann entweder durch die KVA selbst oder durch eine Partnerfirma durchgeführt werden. Letztere Option wird bevorzugt, da die KVA oft nicht über genügend Platz verfügen.

Die Einführung dieser Pflicht kann regulatorisch erfolgen oder durch einen Bonus für stofflich verwertbares Material, das für das Recycling aufbereitet wurde, gefördert werden. Die Sortierung vor der Verbrennung wird in der KVA-Branche schon länger diskutiert, insbesondere um Störstoffe wie Gasflaschen, Betonklötze oder Stahlelemente vorgängig zu entfernen. Bei Bauabfällen besteht mittlerweile ein Konsens, dass keine Bauabfälle mehr direkt in die KVA sollen, mit wenig Ausnahmen wie bei belasteten Materialien. Dies hat den positiven Nebeneffekt, dass damit auch die mineralischen Abfälle aussortiert werden und die Schlackenmenge

⁵ Als Gatekeeper wird hier eine Person / Organisation verstanden, die den Materialfluss steuert. Es ist eine Art «Schleusenwärter» für die Materialien, die in die Verbrennung kommen und welche nicht.

⁶ Weitere Infos zum Ausschluss von verwertbaren Kunststoffen für die thermische Verwertung in der Pressemitteilung vom ZAV unter https://www.z-a-v.ch/press_releases.

sich reduziert. Bei Gewerbe- und Industrieabfällen hängt es stark von der Art des Unternehmens ab, ob eine Sortierung sinnvoll ist oder nicht. Hier wird oft die richtige Trennung beim Unternehmen bevorzugt. Die Sortieranlagen können sich dieser Meinung anschliessen.

Insgesamt ist die Umsetzung der Pflicht zur Aufbereitung des Abfalls für die stoffliche Verwertung durch die KVA mittel bis schwer und nur mittelmässig wirksam.

KVA-Preis Anpassungen zur Förderung der Sortierung

Eine weitere Massnahme zur Förderung der Sortierung von Abfall für die stoffliche Verwertung besteht darin, die Preise für die Abfallentsorgung in den KVA zugunsten von sortiertem Abfall anzupassen. Durch Sortierfirmen sortierte Anlieferungen erhalten einen günstigeren Preis als unsortierte Anlieferungen. Dadurch soll die Sortierung des Marktkehrichts über Sortieranlagen freiwillig gefördert werden. Um die Massnahmen umzusetzen, braucht es eine Vereinbarung zwischen den Zürcher KVA und dem ZAV.

Gemäss Aussagen aus dem Workshop ist jedoch zu beachten, dass eine Steuerung über den Preis nur bis zu einem gewissen Grad möglich ist. Wenn der Preis zu hoch ist, wird der Abfall zu einer günstigeren Anlage in einem anderen Kanton gebracht. Als Lösung für diese Problematik wurde am Workshop unter anderem die Einführung eines höheren Mindestannahmepreises für KVA auf nationaler Ebene diskutiert. So genannte «Discounteranlagen» torpedieren das System und eine Sortierung ist nicht mehr wirtschaftlich. Gemäss Aussagen von KVA-Vertretern werden bereits heute deutlich höhere Preise für unerwünschte Stoffe verlangt (mineralische Abfälle, Gips, Verbundplatten etc.). Es gibt aber Bedenken, ob die gleiche Preisgestaltung für stofflich verwertbare Fraktionen angewendet werden kann, da diese sich nicht immer eindeutig unterscheiden lassen und der Kunde eine transparente Preisgestaltung erwartet. Zudem ist zu beachten, dass diese Massnahme teilweise bereits so gehandhabt wird und das Geschäftsmodell einiger Sortieranlagen ist. Diese verlangen einen höheren Preis für Direktanlieferungen von Marktkehricht, während sie für sortierte und zerkleinerte Fraktionen einen niedrigeren Preis verlangen.

Insgesamt wurde die Umsetzbarkeit dieser Massnahme als einfach – mittel eingestuft und die Wirksamkeit nur als tief – mittel.

Hinweis zu Verfahren am Bundesverwaltungsgericht

Der Preisüberwacher hat in seiner Verfügung von Mitte September 2020 die KVA Limeco in Dietikon dazu verpflichtet, ihre Annahmepreise für die Verwertung des Siedlungsabfalls zu senken. Die KVA Limeco hat gegen diese Verfügung eine Beschwerde am Bundesverwaltungsgericht eingereicht [16]. Das Verfahren ist aktuell am Laufen. Diskussionen eines Mindestannahmepreises sind heikel und je nach Ausgang des Verfahrens nicht mehr möglich.

6.5.1 Übersicht und Einschätzung der Massnahmen für KVA

Zusammenfassend wurden die besprochenen Massnahmen für die KVA am Workshop wie folgt eingeschätzt:

	Mögliche Massnahmen	Ebene / Verantwortung	Umsetzbarkeit	Wirksamkeit
1.	KVA als Gatekeeper	Organisatorische Ebene	Schwierig	Hoch
2.	KVA verantwortlich für Förderung der stofflichen Verwertung	Regulatorische Ebene / Technische Ebene	Mittel- Schwierig	Mittel
3.	Preis Anpassung KVA	Organisatorische Ebene	Mittel - Schwierig	Tief – Mittel

Tabella 11 Tabelle und Zusammenfassung der Massnahmen für die KVA

Keine der vorgeschlagenen Massnahmen wurde von den Workshopteilnehmenden als einfach umsetzbar eingestuft.

6.6 Übergeordnete Massnahmen

Neben den am Workshop vorgestellten Massnahmen gibt es weitere ergänzende Massnahmen zur Steigerung der stofflichen Verwertung, welche die Massnahmen zur Förderung der betrieblichen Separatsammlung und der nachgelagerten Sortierung ergänzen. Sie wurden mehrfach auch im Workshop und während den Begehungen der Anlagen genannt.

Das Recycling liegt im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie [14]. Neben den oben genannten Massnahmen ist die Stärkung des Marktes für die stoffliche Verwertung wichtig. Ökonomische Rahmenbedingungen müssen so existieren, dass sich die stoffliche Verwertung lohnt, und es muss eine Nachfrage nach dem Sekundärrohstoff bestehen. Marktwirtschaftliche Faktoren haben also ebenfalls einen grossen Einfluss auf die stofflich verwertete Abfallmenge. Eine Förderung der Trennung und Sortierung von Fraktionen aus dem brennbaren Kehricht erfordert zeitgleich, dass diese Fraktionen danach auf dem Markt nachgefragt und die Kosten gegenüber einer Verbrennung in einer KVA eingespart werden (bspw. nachgelagerte Sortierung der Fraktion Holz aufgrund der aktuell hohen Marktpreise). Dabei ist es ebenfalls wichtig, dass die stoffliche Verwertung weiterentwickelt wird und somit zusätzlich auch der Absatzmarkt für die jeweiligen Fraktionen gestärkt werden kann. Beispielsweise Dämmmaterial wird heutzutage nur wenig stofflich verwertet, da bis anhin wenig Verwertungsmöglichkeiten vorhanden sind. Damit dieses zusätzliche Verwertungspotential ausgeschöpft werden kann, sind vermehrt Anstrengungen seitens der Entsorgungsbranche, der Hersteller und der Behörden nötig [13].

Damit die betriebliche Separatsammlung und die nachgelagerte Sortierung vereinfacht werden können, sind zusätzliche Massnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (Produktdesign) sinnvoll. Eine Verminderung von Verbundstoffen kann das stoffliche Verwertungspotential erhöhen. Insbesondere bei Kunststoffen ist ein hohes Potential vorhanden. Beispielsweise PE lässt sich sehr gut recyceln, sofern es nicht mit anderen Kunststoffen zu Verbundmaterial verklebt ist [10]. Verschiedene Produkte, die heute im Umlauf sind, können jedoch nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand rezykliert werden. Eine Förderung des «Design for Recycling» und dabei auch der Verwendung von standardisierten Kunststoffen würde die Trennung an der Quelle sowie eine nachgelagerte Sortierung vereinfachen und somit die stoffliche Verwertung weiter erhöhen.

Die hier genannten Massnahmen sind ergänzend und übergeordnet zu betrachten. Sie werden im Rahmen dieser Studie jedoch nicht weiter vertieft betrachtet, da sich die Studie explizit mit dem Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts befasst.

6.7 Fazit zu den strategischen Ansätzen und möglichen Massnahmen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Ausschöpfung des zusätzlichen stofflichen Verwertungspotentials nur erfolgen kann, wenn eine Kombination von Massnahmen aus allen strategischen Ansätzen und auf allen Ebenen des Entsorgungsprozesses gefördert wird. Konkret heisst das, dass die betriebliche Separatsammlung von Abfällen in Kombination mit der nachgelagerten Sortierung gefördert werden soll.

Generell wurden die freiwilligen Massnahmen den regulatorischen Massnahmen von den Workshopteilnehmenden bevorzugt. Aus Sicht des Gewerbes sind vor allem preisliche Massnahmen effektiv, da mit solchen Massnahmen ein finanzieller Anreiz für Unternehmen geschaffen wird. Zudem sollte der ökologische Nutzen der stofflichen Verwertung je Fraktion in Betracht gezogen werden, so dass die Trennung und Sortierung von

ökologisch sinnvollen Fraktionen gefördert werden kann. Die Workshop-Teilnehmenden waren sich einig, dass der brennbare Bauabfall grundsätzlich nachgelagert sortiert werden sollte, bevor dieser in eine KVA gelangt. Dadurch können Störstoffe aussortiert und der Recycling-Anteil erhöht werden.

7. Szenarien-Analyse

Die in den vorherigen Kapiteln gegebenen Schätzungen zu Mengen, Recyclingquoten und Massnahmen wurden im Rahmen eines halbtägigen Workshops mit unseren Ansprechpartnern aus den relevanten Bereichen (KVA-Betreiber, Sortieranlagen-Betreiber, Baubranche, Gewerbe und Industrie) besprochen und zu möglichen Szenarien zusammengefasst.

Die im vorherigen Kapitel vorgestellten Massnahmen wurden in zwei Ansätze aufgeteilt:

- 1) Betriebliche Separatsammlung:
 - a) Massnahmen zur Trennung der bisher gemischten Abfälle der brennbaren Bauabfälle
 - b) Massnahmen zur Trennung der bisher gemischten Abfälle der Gewerbe- und Industrieabfälle
- 2) Nachgelagerte Sortierung: Sortierung von gemischten Abfällen durch Sortieranlagenbetreiber oder KVA

Die Ansätze werden je Szenario in unterschiedlicher Intensität umgesetzt. Daraus ergeben sich drei Szenarien, wie in der folgenden Tabelle 12 aufgezeigt.

Szenarien	Ansätze	Intensität
Heute	Separatsammlung	Teilweise und freiwillig umgesetzt
	Nachgelagerte Sortierung	Teilweise umgesetzt nach Marktpreisen
Mittel	Separatsammlung	Freiwillig umgesetzt im Kanton Zürich
	Nachgelagerte Sortierung	Mehrheitlich umgesetzt nach Marktpreisen
Hoch	Separatsammlung	Verpflichtend umgesetzt im Kt. Zürich
	Nachgelagerte Sortierung	Mehrheitlich umgesetzt unabhängig von Marktpreisen

Tabelle 12: Aufteilung der Szenarien gemäss Intensität in den jeweiligen Ansatzpunkten

7.1 Herleitung der effektiven Recyclingquoten

Im Rahmen dieser Studie, die einen ersten Einblick in das Potential der Massnahmen geben soll, konnte keine exakte Verknüpfung von Einzelmassnahmen und effektiv recycelten Mengen hergestellt werden.

So lässt sich bspw. nicht exakt herleiten, wieviel Karton bei einer verpflichtenden Trennung der Abfälle auf den Baustellen im Kanton Zürich effektiv recycelt werden könnte. Daher wurde eine Abschätzung anhand der Massnahmen und des theoretischen Recyclingpotentials vorgenommen.

Es wurde in diesem Schritt darauf verzichtet stoffspezifische Faktoren einzubeziehen. Lediglich bei der Metallfraktion, welche schon heute zu grossen Teilen recycelt wird, wurde eine Einzelbetrachtung vorgenommen.

Mit den Massnahmen im **hohen Szenario**, bei dem Gewerbe, Industrie und die Baubranche zum sauberen Trennen von relevanten Fraktionen verpflichtet werden und die Sortierung unabhängig von den Marktmechanismen für die gesamten Mengen durchgeführt wird, ist eine Recyclingquote nahe dem theoretischen Potential zu erwarten. Als optimistische Annahme wurde daher im hohen Szenario mit einer Recyclingquote von **80 % des theoretischen Potentials** gerechnet.

Mit den Massnahmen im **mittleren Szenario**, bei dem die Sortierung verstärkt umgesetzt wird und die Trennung an der Quelle, ohne Pflichten, verstärkt gefördert wird, ist eine Recyclingquote von **40 % des theoretischen Potentials** realistisch.

Mit den angenommenen Faktoren der Szenarien ergeben sich die Quoten der stofflichen Verwertung wie in den folgenden Tabellen dargestellt.

Hinweis zur Metallfraktion: Da die Metallfraktion bereits heute eine hohe Rückgewinnungsquote aufweist, werden die Quoten-Faktoren (40 %, 80 %) hier nicht angewendet.

Fraktionen	Theoretisch	Mittel	Hoch
Holz	30%	12%	24%
Mineralik	60%	24%	48%
Kunststoff – Div.	20%	8%	16%
Karton	95%	38%	76%
Dämmmaterial	40%	16%	32%
Biogenes	80%	32%	64%
Metall	90%	85%	90%
Polystyrol	87%	35%	70%
PVC	89%	36%	71%
PE-Folie	70%	28%	56%
Unbekannt	0%	0%	0%

Table 13: Verwertungspotentiale der brennbaren Bauabfälle für die Szenarien Mittel und Hoch

Fraktionen	Theoretisch	Mittel	Hoch
Kunststoff - Div	50%	20%	40%
Grünabfälle	80%	32%	64%
Lebensmittelabfälle	60%	24%	48%
Metall	90%	80%	85%
Altholz	30%	12%	24%
Papier, Pappe, Karton	70%	28%	56%
Textilien	50%	20%	40%
Strassenkehricht	0%	0%	0%
Glas	50%	36%	72%
Unbekannt	0%	0%	0%

Table 14: Verwertungspotentiale der Gewerbe- und Industrieabfälle für die Szenarien Mittel und Hoch

7.2 Resultierende Mengen und Einzelmassnahmen

Aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Fraktions-Mengen und den in Kapitel 7.1 beschriebenen Quoten ergeben sich die im Folgenden dargestellten potentiellen Recycling-Mengen.

Die beschriebenen Vorgehen und Anmerkungen zu den einzelnen Fraktionen beruhen inhaltlich auf den Interviews mit den Anlagenbetreibern der beteiligten Partner in diesem Projekt, soweit keine spezifischen anderen Quellen genannt werden.

Brennbare Bauabfälle

Es zeigt sich, dass noch grosse Potentiale in der stofflichen Verwertung liegen, welche heute aufgrund der wirtschaftlichen Marktsituation und der Sammlungs- und Sortiergegebenheiten nicht abgerufen werden.

Fraktionen	Heute [t/a]	Mittel [t/a]	Hoch [t/a]
Holz	2'200	2'600	5'300
Mineralik	800	3'700	7'500
Kunststoff – Div.	200	1'200	2'400
Karton	600	3'300	6'700
Dämmmaterial	0	1'200	2'400
Biogenes	0	2'200	4'400
Metall	5'500	5'900	6'200
Polystyrol	100	1'700	3'500
PVC	0	1'500	2'900
PE-Folie	0	1'100	2'300
Unbekannt	0	0	0
Gesamte Recyclingquote	8%	20%	35%
Zusätzliches stoffliches Verwertungspotential	-	12% / 15'000 t/a	27% / 34'200 t/a

Tabella 15: Resultierende Mengen der stofflichen Verwertung innerhalb der Szenarien für brennbare Bauabfälle in t/a

Gemäss Informationen aus den geführten Interviews wird die Fraktion **Holz** heutzutage in der Baubranche bereits verstärkt getrennt gesammelt und auf den Sortieranlagen aussortiert. Das verbleibende Potential liegt, neben der zukünftigen Vermeidung von Verbundstoffen, einerseits in der verstärkten Trennung an der Quelle (Mehrmuldenprinzip) und andererseits in einer strikten Abgrenzung nach der Sortierung von stofflich verwertbarem Holz (Spanplatten usw.) und nicht weiter verwertbarem Altholz für die Holz- und Kehrrechtverbrennungsanlagen.

In Abbildung 10 sind beispielhaft die Stoffströme für die Fraktion Holz in den Szenarien «Heute» und «Hoch» dargestellt, um die Veränderungen in den Stoffströmen zu verdeutlichen. Die Aufteilung zwischen den Stoffströmen sind über die Herleitung der stofflichen Verwertung in den vorherigen Kapiteln hinaus geschätzt worden und als Grössenordnung zu verstehen. Die Aufteilung bspw. zwischen der Verbrennung in einer KVA und in anderen thermischen Verwertungen ist nicht Teil dieser Studie und wurde geschätzt.

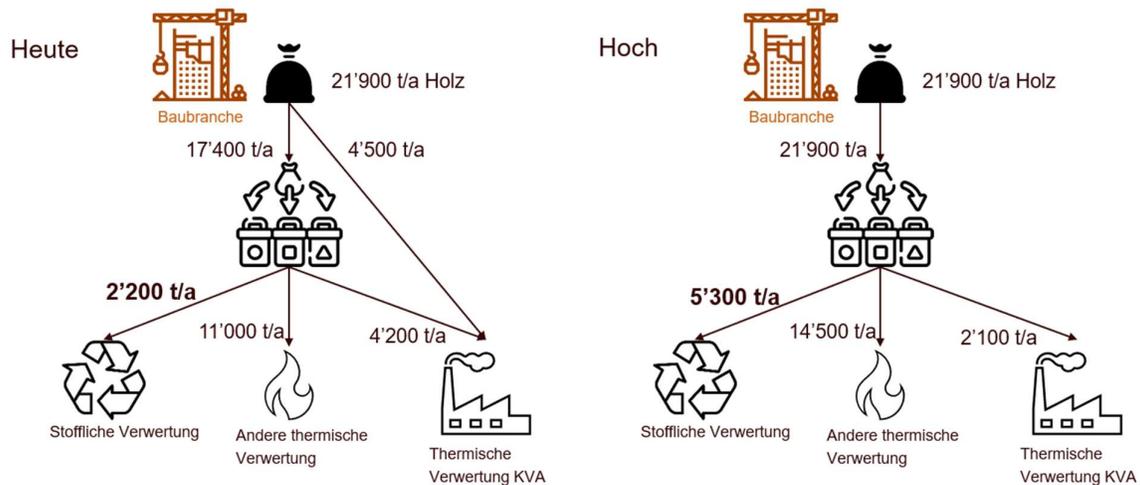


Abbildung 10: Schaubild zur Veranschaulichung der sich verändernden Stoffströme in den Szenarien «Heute» und «Hoch» für Holz aus brennbaren Bauabfällen

Gemäss Aussagen aus den geführten Gesprächen wird die **Mineralik**-Fraktion heute vor allem in Kleinstform oder in Verbundstoffen an die KVA weitergeleitet. Oftmals werden die Kleinstfraktion in den Sortieranlagen der Mischfraktion für die KVA beigefügt, da dies der günstigste Entsorgungsweg für diese Fraktion ist. Das Potential dieser Fraktion liegt, neben der zukünftigen Vermeidung von Verbundstoffen, in der Verstärkung der aktuell bereits stark wachsenden Sortierung der Mineralik-Fraktionen [6].

Die **diversen Kunststoffe** in den brennbaren Bauabfällen bieten gemäss Sortieranlagenbetreibern nur ein geringes Potential, da hier viele vermischte und mit Additiven versetzte Einzelfraktionen zusammenkommen, welche unter verhältnismässigem Aufwand nicht getrennt bzw. sortiert werden können. Eine verstärkte Sortierung führt in dieser Fraktion neben einer geringen Erhöhung der Recyclingquote dazu, dass die Mischfraktion alternativen Verbrennungen (bspw. Zement-Industrie) zugeführt wird. Dieser Faktor wird in dieser Studie nicht bewertet.

Gemäss Informationen aus den Interviews mit KVA und Sortieranlagen wird **Karton** in den Bauabfällen aktuell oftmals nicht getrennt gesammelt oder aussortiert, da die Wirtschaftlichkeit auf der Seite der stofflichen Verwertung nicht gegeben ist und eine Entsorgung in der thermischen Verwertung aktuell die einfachere und günstigere Alternative ist. Neben der Verstärkung der Trennung an der Quelle und der Sortierung ist für diese Fraktion daher auch eine Stärkung des Marktes der stofflichen Verwertung notwendig, was im Rahmen der Studie nicht betrachtet wird und in Kapitel 6.6 als weitere Massnahme beschrieben wird.

Die stoffliche Verwertung von **Dämmmaterial**, sowohl brennbar als auch nicht brennbar, wird heutzutage nur im geringen Ausmass praktiziert [4]. Aktuell wird die Fraktion entweder der KVA zugeführt oder deponiert, was langfristig nicht praktikabel ist (Stichwort: Deponieplatzmangel). Bei den erwarteten stark steigenden Mengen dieser Fraktion [4] befinden sich zahlreiche Verfahren für brennbare und nicht-brennbare Dämmmaterialien in der Erprobungsphase. Innerhalb der Betrachtungsgrenzen dieser Studie kann das Potential zur stofflichen Verwertung durch die Massnahmen des sauberen Rückbaus und eine Trennung auf der Baustelle, sowie durch eine verstärkte Sortierung erhöht werden.

Die stoffliche Verwertung von **biogenem Material** ist für die Separatsammlung etabliert und weist eine hohe Verwertungsquote auf [12]. Die Fraktion der biogenen Abfälle in den gemischten brennbaren Bauabfällen kann demnach durch eine Verstärkung der Trennung an der Quelle und eine konsequente Vermeidung der Zuführung zur Verbrennung der stofflichen Verwertung zugeführt werden. Lediglich stark verschmutzte Anteile sind der Verbrennung als Sonderabfälle zuzuführen.

Metalle werden bereits zu grossen Teilen durch die Sortierung und die Rückgewinnung aus der Schlacke der stofflichen Verwertung zugeführt. Die Fraktion zeigt als Beispiel, dass ein hoher Preis auf dem Absatzmarkt direkt zu einer verstärkten Umsetzung der stofflichen Verwertung führt. Wie in Kapitel 6.6 beschrieben, sind diese Marktmechanismen ausserhalb des Betrachtungsparameters dieser Studie. Weiterhin führt gemäss Aussaugen von Sortieranlagenbetreibern eine verstärkte Sortierung zur Rückgewinnung von Feinfraktionen an Metallen. Eine Verminderung von Verbundstoffen kann ebenfalls die Verwertungsquote erhöhen, da die Metalle somit ohne vorherige Verbrennung recycelt werden können.

Die Kunststoff-Einzelfraktionen, welche in den brennbaren Bauabfällen in grösseren Mengen vorkommen (**Polystyrol, PVC und PE**) werden heutzutage in der Schweiz kaum dem Recycling zugeführt. Eine vermehrte sortenreine Trennung an der Quelle kann für diese Stoffe zu einer hohen Recyclingquote führen. In der Sortieranlage ist es unter verhältnismässigem Aufwand nicht mehr möglich eine Mischfraktion wieder aufzuteilen. Speziell bei den Kunststoffen ist durch eine Vermeidung von Verbundstoffen und eine Verwendung von standardisierten Kunststoffen ein hohes Potential vorhanden (Siehe Kapitel 6.6).

Ein grosser Teil der gemischten brennbaren Bauabfälle wurde als **unbekannt** angegeben. Diese Fraktion nimmt mit 23.5 % einen bedeutenden Anteil der brennbaren Abfälle ein. Da eine unbekannte Fraktion nicht recycelt werden kann, senkt diese Ungenauigkeit die Recyclingquote der Gesamtmenge der brennbaren Bauabfälle. Ein besseres Verständnis der Fraktion, über eine grösser angelegte Beobachtungsstudie der Fraktion «brennbare Bauabfälle», könnte somit auch zu einem besseren Verständnis des Recycling-Potentials führen. So liegt die durchschnittliche Recyclingquote der bekannten Fraktionen bei 46 % gegenüber den 35 % der Gesamtmenge der brennbaren Bauabfälle.

Gewerbe und Industrieabfälle

In den brennbaren Gewerbe- und Industrieabfällen zeigt sich, dass noch grosse Potentiale in der stofflichen Verwertung liegen, welche heute aufgrund der wirtschaftlichen Marktsituation und der Sammlungs- und Sortiergegebenheiten nicht abgerufen werden.

Fraktionen	Heute [t/a]	Mittel [t/a]	Hoch [t/a]
Kunststoff - Div	0	4'200	8'400
Grünabfälle	0	4'600	9'200
Lebensmittelabfälle	0	1'700	3'500
Metall	5'000	5'300	5'600
Altholz	100	800	1'600
Papier, Pappe, Karton	100	1'500	3'100
Textilien	0	800	1'600
Strassenkehricht	0	0	0
Glas	0	1'000	2'000
Unbekannt	0	0	0
Gesamte Recyclingquote	5%	18%	32%
Zusätzliches stoffliches Verwertungspotential	-	13% / 14'700 t/a	27% / 29'800 t/a

Tabelle 16: Resultierende Mengen der stofflichen Verwertung innerhalb der Szenarien für Abfälle aus Gewerbe und Industrie in t/a

Die Fraktion der **Kunststoffe – Div.** weist bei den Gewerbe- und Industrieabfällen ein höheres Potential auf als bei den brennbaren Bauabfällen, da die effektiv recyclefähigen Fraktionen (PE-Folie usw.) aufgrund fehlender Daten nicht separat betrachtet werden. Gemäss Aussagen aus den Interviews findet heutzutage Recycling von Kunststoffen, wenn überhaupt, über die sortenreine Trennung an der Quelle statt. Das Potential in den Szenarien kann abgerufen werden, wenn die Kunststoffe konsequent an der Quelle sortenrein

getrennt werden. Eine Sortierung der Mischfraktion führt voraussichtlich nicht zu einer bedeutenden Zunahme des Recyclings, sondern eher zu einer Verwertung in alternativen thermischen Verwertungen (bspw. Zementindustrie).

In Abbildung 11 sind beispielhaft die Stoffströme für die Fraktion Kunststoffe – Div. in den Szenarien «Heute» und «Hoch» dargestellt, um die Veränderungen in den Stoffströmen zu verdeutlichen. Die Aufteilung zwischen den Stoffströmen sind über die Herleitung der stofflichen Verwertung in den vorherigen Kapiteln hinaus geschätzt worden und als Grössenordnung zu verstehen. Die Aufteilung bspw. zwischen der Verbrennung in KVA und in anderen thermischen Verwertungen ist nicht Teil dieser Studie und wurde geschätzt.

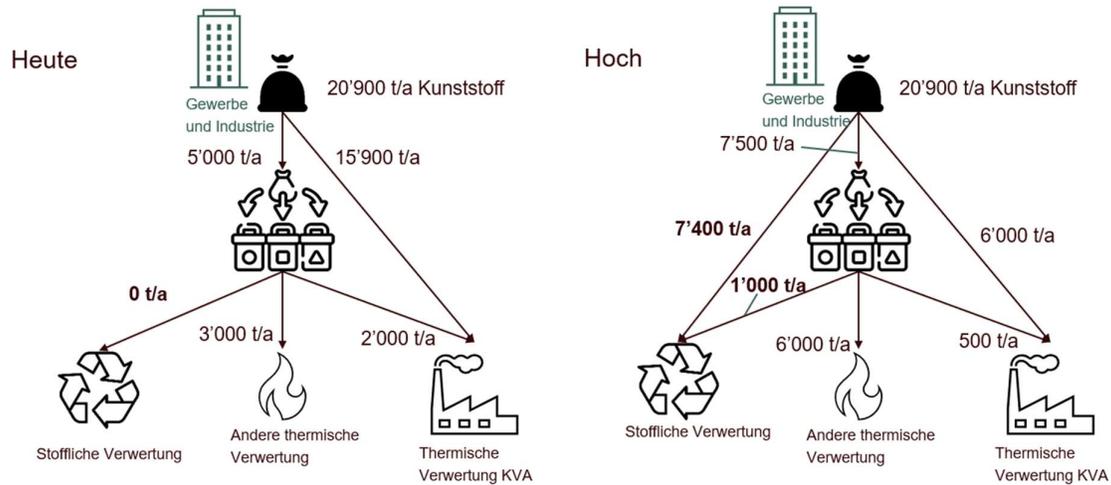


Abbildung 11: Schaubild zur Verdeutlichung der sich verändernden Stoffströme in den Szenarien Heute und Hoch für Kunststoffe aus Gewerbe- und Industrieabfällen

Gemäss den Befragungen der Sortieranlagenbetreibern werden **Grün- und Lebensmittelabfälle** heutzutage bereits über die separate Sammlung als Bioabfälle der stofflichen Verwertung zugeführt. Aus der gemischten Fraktion kann über eine Sortierung keine bedeutende Vergrösserung der stofflich verwertbaren Menge erreicht werden. Lediglich die konsequente Umsetzung der Trennung an der Quelle für Grün- und Lebensmittelabfälle in den Unternehmen kann zur Erreichung des Potentials führen.

Die von uns befragten KVA-Vertreter sagten aus, dass **Metalle** bereits zu grossen Teilen durch die Sortierung und die Rückgewinnung aus der Schlacke der stofflichen Verwertung zugeführt werden. Weiterhin führt eine verstärkte Sortierung zur Rückgewinnung von Feinfraktionen an Metallen. Eine Verminderung von Verbundstoffen kann ebenfalls die Verwertungsquote erhöhen, da die Metalle somit ohne vorherige Verbrennung recycelt werden können.

Gemäss Sortieranlagenbetreibern wird die Fraktion **Altholz** heutzutage meist getrennt gesammelt und der alternativen thermischen Verwertung zugeführt. Das verbleibende Potential in der Mischfraktion liegt einerseits in der verstärkten Trennung an der Quelle und andererseits in einer Sortierung der Mischfraktion. Dabei ist zu beachten, dass eine strikte Abgrenzung nach der Sortierung von stofflich verwertbarem Holz (Spanplatten usw.) und nicht weiter verwertbarem Altholz für die Holz- und Kehrlichtverbrennungsanlagen vorzusehen ist.

Die Mischfraktion aus **Papier, Pappe und Karton** wird zu grossen Teilen bereits über eine separate Sammlung ausserhalb des Betrachtungsrahmens dieser Studie der stofflichen Verwertung zugeführt. Um das Potential der Fraktion auszuschöpfen ist eine konsequente Umsetzung der separaten Sammlung an der Quelle notwendig. Die Sortieranlagen können in der Fraktion Papier, Pappe und Karton noch zu weiteren Zuwächsen in der stofflichen Verwertung führen.

Für die Fraktion der **Textilien** und **Glas** liegt eine ähnliche Einschätzung wie für die vorherige Fraktion vor. Grosse Teile der stofflichen Verwertung finden heutzutage über separate Sammlungen statt. Eine Nutzung der verbleibenden Mengen kann hauptsächlich durch die konsequentere Umsetzung der Separatsammlung an der Quelle erreicht werden.

Strassenkehrriecht hat kein Recyclingpotential.

Die Gesamtmenge der Gewerbe- und Industrieabfälle ist ungenau zu erfassen. Nach den Annahmen in dieser Studie bleibt eine **unbekannte** Restmenge von 35 %. Dies wirkt sich auch auf die Gesamt-Recyclingquote der Gewerbe- und Industrieabfälle aus. Während die bekannten Fraktionen ein durchschnittliches Potential von 49 % aufweisen, kann für die Gesamtfraktion nur eine Quote von 32 % ermittelt werden.

Brennbarer Marktkehrriecht in Summe

Aus den oben beschriebenen zusätzlichen Potentialen zur stofflichen Verwertung ergeben sich in Summe die in Tabelle 17 aufgeführten Mengen.

Kategorie	Menge [t/a]	Zusätzliches stoffliches Verwertungspotential	
		Mittel [t/a]	Hoch [t/a]
Brennbare Bauabfälle	125'000	15'000 t/a / 12%	34'200 t/a / 27%
Gewerbe und Industrieabfälle	110'000	14'700 t/a / 13%	29'800 t/a / 27%
Brennbarer Marktkehrriecht (Summe)	235'000	29'700 t/a / 13%	64'000 t/a / 27%

Tabelle 17: Zusätzliches stoffliches Verwertungspotential der übergeordneten Kategorien pro Jahr und Szenario

8. Kostenschätzung

Nachdem im vorherigen Kapitel die Fraktionen des brennbaren Marktkehrichts und deren Verwertungspotential aufgezeigt wurde, liegt der Fokus in diesem Kapitel auf die mit der Erhöhung der stofflichen Verwertung verbundenen Kosten eines Unternehmens.

Nachfolgend werden die Annahmepreise des brennbaren Kehrichts je Entsorgungsweg aus Sicht eines Unternehmens dargestellt. Dabei werden die beiden Entsorgungswege «Anlieferung KVA» und «Anlieferung Sortieranlage» betrachtet und miteinander verglichen.

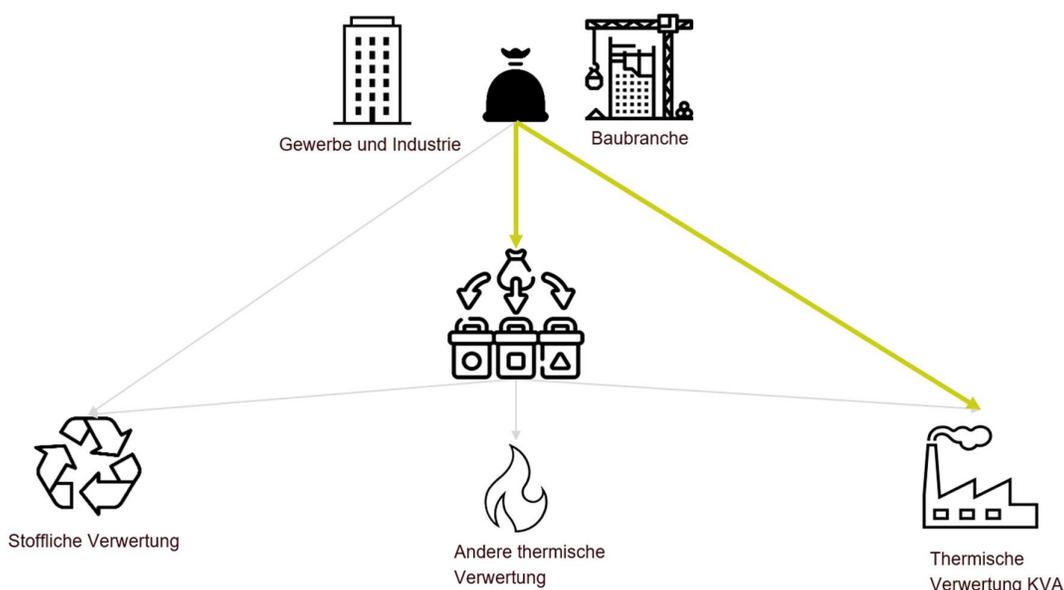


Abbildung 12 Entsorgungswege des brennbaren Kehrichts die betrachtet werden (in orange).

In einem weiteren Schritt werden anhand von zwei fiktiven Beispielunternehmen (Gewerbe und Industrie und Baubranche) die Kosten der beiden Entsorgungswege auf die Szenarien Gering, Mittel und Hoch umgerechnet.

Es ist wichtig, zu erwähnen, dass dieses Kapitel keine Schätzung und Hochrechnung von gesamtwirtschaftlichen Kosten enthält. Unter anderem wurden die Kosten der öffentlichen Hand sowie die Kosten der Sortieranlagen nicht betrachtet.

8.1 Kosten Entsorgung Direktanlieferung KVA

Gemäss offiziellen Preisangaben berechnen die Zürcher KVA mehrheitlich konstante Preise für die Anlieferung verschiedener Abfallfraktionen. Zwischen den KVA gibt es jedoch feine Preisunterschiede. Der durchschnittliche Preis für die Entsorgung einer Tonne brennbaren Kehrichts in einer Zürcher KVA beträgt 187 CHF/t. Gewisse KVA haben in ihren Preislisten zudem höhere Preise für verunreinigte Bauabfälle und Material, welches noch durch einen Schredder verarbeitet werden muss, aufgelistet.

Die Preise wurden anhand der offiziellen Preise auf den jeweiligen Webseiten erfasst. Es kann aber vorkommen, dass zwischen grösseren Anlieferern und einer KVA individuelle Preise vereinbart werden. Ausserdem wurde im Workshop am 22. März von Seiten der KVA-Betreiber erwähnt, dass für gewisse Fraktionen, zum Beispiel mineralische Abfälle, höhere Preise verlangt werden. Dies wird gemäss Preisangaben auf der

Webseite jedoch nur bei einer Anlage für verunreinigte Abfälle abgebildet. Auch hier ist es möglich, dass individuell bei gewissen Lieferungen unterschiedliche Preise angewandt werden.

Gemäss der Webseite einer KVA, werden keine Wertstoffe wie Papier, Karton oder Metall in der KVA angenommen. Somit sollte das Material von Seiten des Unternehmens bereits vorher grob sortiert werden. Inwieweit eine solche Kontrolle und Zurückweisung solcher Abfälle von Seiten der KVA auch möglich ist (z. B. bei verunreinigtem Papier, «geheimen» Papieren), ist unklar. Wichtig ist hier zu erwähnen, dass es bei einer Entsorgung über die KVA keine Unterschiede zwischen sortierten und unsortierten Abfällen gibt, da alles in der Verbrennung landet.

8.2 Kosten sortenreine Entsorgung über Sortieranlagen

Für die Verwertungskosten über eine Sortieranlage wurden die offiziellen Preisangaben von drei Sortierunternehmen analysiert und auf die Fraktionen der Szenarien angewendet. Wichtig zu bemerken ist, dass unsortierter Kehricht, welcher mit einem grösseren brennbareren Anteil angeliefert wird, in einer Sortieranlage einen deutlich höheren Preis bezahlt als in einer KVA.

Auch Sortieranlagenbetreiber handeln mit bestimmten Unternehmen individuelle Preise aus. Ausserdem werden nicht alle Fraktionen (z.B. Kunststoff oder Textilien) in den Preislisten separat erfasst. Wenn sie jedoch sortenrein und in einer bestimmten Qualität angeliefert werden, dann werden sie zu günstigeren Preisen als in einer KVA angenommen.

8.3 Vergleich der Entsorgungswege

Beim Vergleich der Annahmepreise fällt auf, dass die Preise für unsortierte brennbare Abfälle in den Sortieranlagen höher sind als in der KVA. Vermischte mineralische Bauabfälle werden über eine Sortieranlage jedoch deutlich günstiger entsorgt. Dies spiegelt sich auch in der Realität wider, da ein Grossteil der gesamten Bauabfälle heute über die Sortieranlagen entsorgt werden.

Wie bereits erwähnt, ist der Vergleich anhand von offiziellen Preisangaben aufgrund verschiedener individueller Vereinbarungen verzerrt. Es fällt jedoch auf, dass die meisten Fraktionen sortenrein aufbereitet günstiger in einer Sortieranlage als in einer KVA entsorgt werden können. In Abbildung 13 sind diejenigen Fraktionen, die sortenrein angeliefert einen deutlich tieferen Preis bei einer Sortieranlage als bei einer KVA haben, mit einer gelben Wolke markiert. Es sind vor allem verschiedene Kunststofffraktionen, Karton, Holz, Glas und mineralische Abfälle. Die Fraktion Textilien wird bei den Sortieranlagen nicht separat erfasst. Es wird davon ausgegangen, dass Gewerbe und Industrie sortenreine Textilien direkt in die stoffliche Verwertung geben und ansonsten als brennbare Abfälle in den Sortieranlagen angenommen werden. Dadurch entsteht der verhältnismässig hohe Preis für die Fraktion Textilien.

Dazu ist zu beachten, dass die hier erwähnten Kosten nur die Annahmepreise für die Unternehmen darstellen. Zusätzlich zu den Annahmepreisen fallen den Unternehmen in ihrem internen Abfallmanagement weitere Kosten wie Transport-, Logistik-, Personal- und Infrastrukturkosten an.

In der folgenden Abbildung ist der Vergleich der durchschnittlichen Annahmepreise der Zürcher KVA und Zürcher Sortieranlagen grafisch dargestellt. Anhand einer Linie werden die durchschnittlichen Annahmepreise der Zürcher KVA dargestellt. Die grünen Balken sind durchschnittliche Annahmepreise von Zürcher Sortieranlagen.

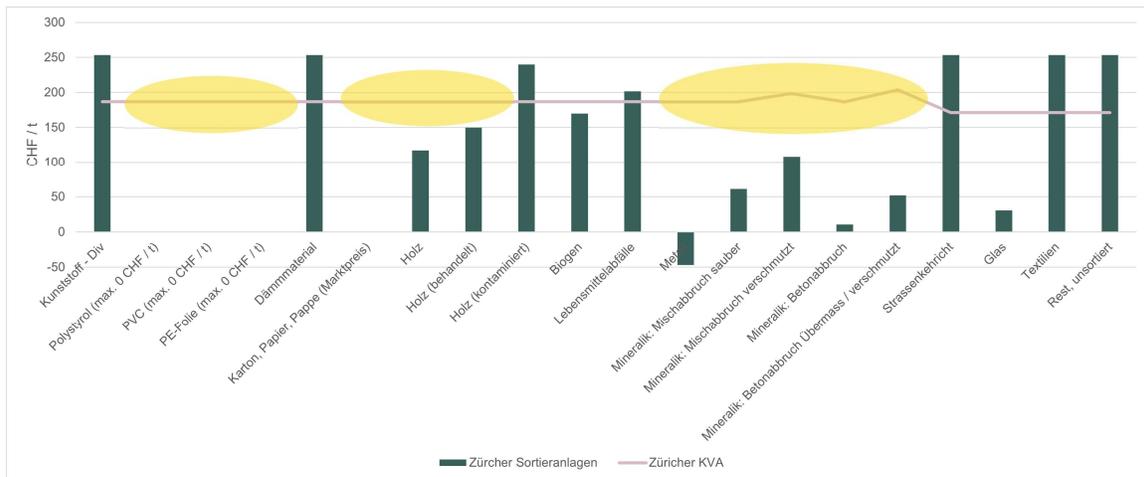


Abbildung 13 Annahmepreise der sortenreinen Abfallfraktionen über die verschiedenen Entsorgungswege im Vergleich. Bei den Fraktionen Polystyrol, PVC, PE-Folien und Karton, Papier, Pappe ist der Preis stark von der Qualität, der Sortieranlage und dem momentanen Marktpreis abhängig. Es wurde von einem Preis von CHF 0 ausgegangen.

8.4 Entsorgungskosten für die verschiedenen Szenarien

Die durchschnittlichen Annahmepreise für die beiden Entsorgungswege wurden auf die drei Szenarien (gering, mittel und hoch) hochgerechnet. Die für die Hochrechnung verwendeten Zahlen basieren auf Aussagen von im Rahmen dieser Studie befragten Organisationen und konsultierten Studien. Eine Abweichung von 10'000 t/a und somit auch eine Verschiebung der Quoten und durchschnittlichen Annahmepreisen ist durchaus möglich.

Für den Vergleich der drei Szenarien wird von zwei fiktiven Unternehmen (Gewerbe und Industrie und Bauunternehmen) mit einer brennbaren Kehrriechtmenge von 1'000 t/a ausgegangen. Die Zusammensetzung der brennbaren Kehrriechtmenge verhält sich analog den vorher ermittelten Anteilen. Die Fraktion «Unbekannt» wird weggelassen. Für die Berechnung der Szenarien wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

- **Gering:** Dieses Szenario stellt die heutige Situation dar. Dabei wird davon ausgegangen, dass zwischen 70 % und 80 % der brennbaren Bauabfälle und nur etwa 1 % bis 5 % der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle über eine Sortieranlage entsorgt werden. Der Rest wird direkt über die KVA verwertet. Hier ist zu beachten, dass die gesamte Menge unsortiert zur Sortieranlage oder KVA gebracht wird. Diejenigen Fraktionen, die bereits an der Quelle getrennt wurden, gehen in die stoffliche Verwertung und sind nicht mehr in diesen Mengen enthalten.
- **Mittel:** In diesem Szenario wird zwischen Bauabfällen und Gewerbe- und Industrieabfällen unterschieden, da die Massnahmen im mittleren Szenario verschiedene Auswirkungen auf die beiden Kategorien haben.
 - Bauabfälle: Es wird davon ausgegangen, dass etwa 30 % der vorher definierten Recyclingmenge bereits an der Quelle getrennt werden und als sortenreine Fraktion in die Sortieranlage gegeben werden. Da in den Workshops mehrfach erwähnt wurde, dass eine feinere Trennung als zwischen «mineralischen Abfällen» und «brennbaren Abfällen» aufgrund fehlenden Platzes bei den Baustellen beinahe unmöglich ist, bleibt der Anteil, des bereits an der Quelle getrennten Abfalls auch im mittleren Szenario tief. Die Menge, welche direkt in der KVA entsorgt wird, sinkt im mittleren Szenario. Die restliche Menge wird über die Sortieranlage als gemischte Abfallmenge entsorgt.
 - Gewerbe- und Industrieabfälle: Bei diesen Abfällen wird davon ausgegangen, dass etwa 80 % der definierten Recyclingmenge bereits an der Quelle getrennt und als sortenreine Fraktion an die Sortieranlagen weitergeleitet werden. Die restliche berechnete Recyclingmenge wird als gemischte Fraktion

über die Sortieranlage nachgelagert aussortiert. Die Menge, welche als gemischte Fraktion in die Sortieranlage gelangt, wird mittels der szenarienspezifischen Recyclingquote hochgerechnet. Die restliche Menge wird über die KVA entsorgt.

- **Hoch:** Auch in diesem Szenario wird zwischen Bauabfällen und Gewerbe- und Industrieabfällen unterschieden. Es wurde die Annahme getroffen, dass etwa 60 % der definierten Recyclingmenge der Bauabfälle und 80 % der definierten Recyclingmenge der Gewerbe- und Industrieabfälle an der Quelle getrennt und als sortenreine Fraktion an die Sortieranlagen gegeben werden. Geschätzt würden ca. 10 % der brennbaren Abfälle trotz verpflichtender Massnahmen über Umwege direkt in die KVA geschickt werden. Der restliche Anteil wird als gemischte Fraktion in der Sortieranlage entsorgt.

Die Annahmepreise der beiden fiktiven Unternehmen sind im Szenario «gering» am höchsten. Da die Preise bei getrennt angelieferten Abfallfraktionen tiefer sind als bei gemischten Abfällen, sind die Kosten basierend auf den Annahmepreisen beim Szenario «hoch» am tiefsten, da in diesem Szenario der grösste Anteil bereits an der Quelle getrennt wird. In dieser Darstellung sind jedoch nur die Annahmepreise dargestellt. Zusätzlich wachsen die internen Kosten für das Abfallmanagement (Personal, Logistik, Infrastruktur etc.) deutlich, je mehr an der Quelle getrennt werden muss. Das heisst, das Szenario «hoch» hat im Gegenzug zu den tieferen Annahmepreisen deutlich höhere Betriebskosten im internen Abfallmanagement. Diese Kosten sind in den untenstehenden Abbildungen als unbekannte Grösse dargestellt.

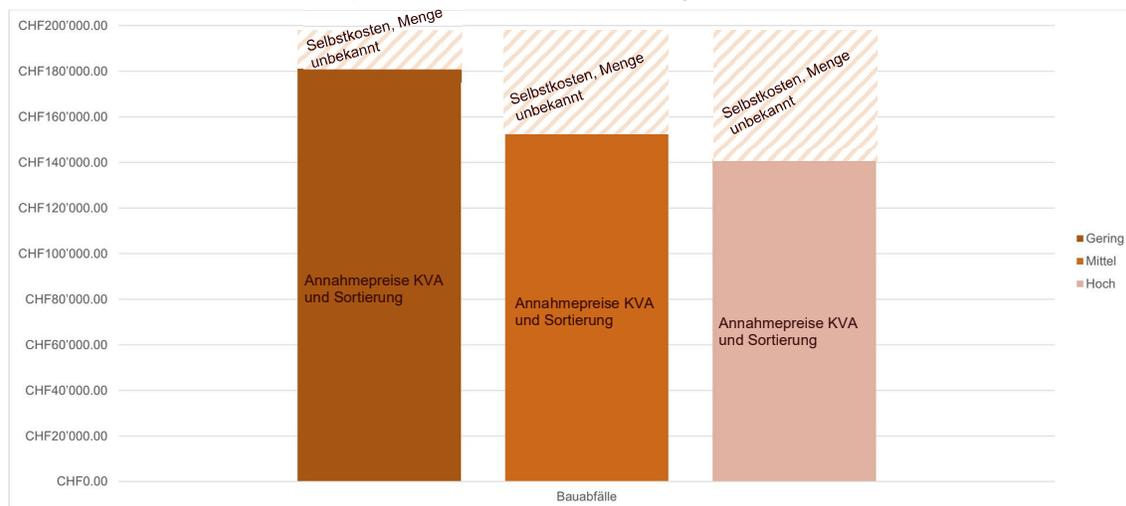


Abbildung 14 Vergleich der Annahmepreise in den drei Szenarien für ein fiktives Unternehmen in der Baubranche mit 1'000 t/a (ohne die Fraktion «Unbekannt»)

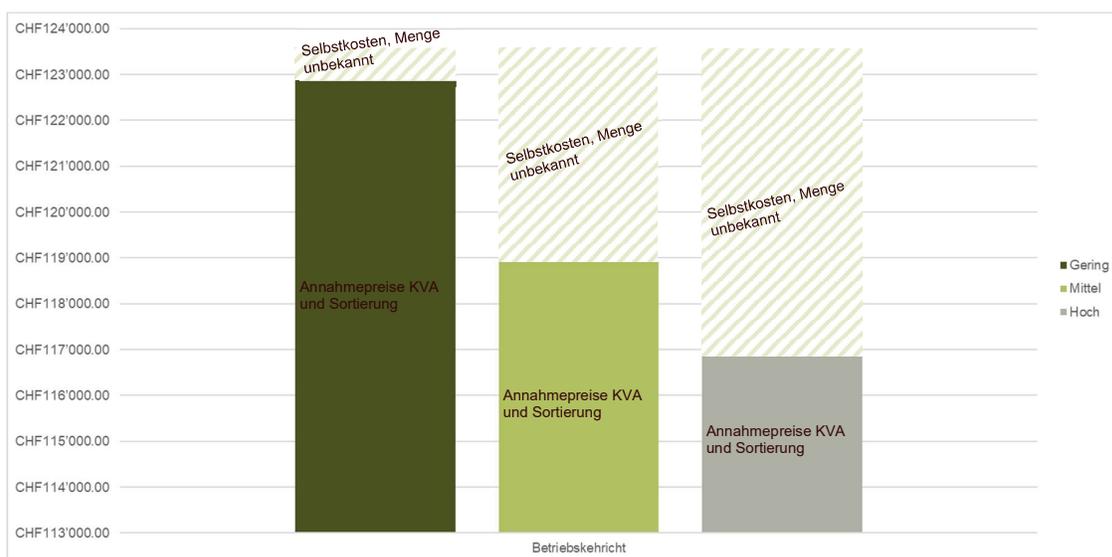


Abbildung 15 Vergleich der Annahmepreise in den drei Szenarien für ein fiktives Unternehmen aus dem Gewerbe oder der Industrie mit 1'000 t/a (ohne die Fraktion «Unbekannt»)

Beim Vergleich der Abbildung 14 mit Abbildung 15 fällt auf, dass bei den Unternehmen aus Gewerbe und Industrie ein grösseres Einsparpotential an Kosten durch die Annahmepreise vorhanden ist als in der Bau-branchen. Da durch die Förderung der Trennung an der Quelle mehr sortenreine Fraktionen, die noch weiter stofflich verwertet werden können, über die Sortieranlagen entsorgt werden, sinken die Annahmepreise eines Beispielunternehmens. Durch vermehrte Trennung an der Quelle steigen jedoch die Selbstkosten für das interne Abfallmanagement. Diese Selbstkosten sind individuell je nach Unternehmen und nicht allgemein bezifferbar.

Es gibt bereits heute Unternehmen, die möglichst viele Fraktionen an der Quelle trennen und mit einer hohen Sortierquote viele Wertstoffe der stofflichen Verwertung zuführen können. Durch die direkte Zuführung sortenreiner Wertstoffe an die stoffliche Verwertung können teilweise auch Erlöse erzielt werden. Hier spielt jedoch oftmals die Grösse des Unternehmens und die Abfallmenge eine Rolle, damit die tieferen Verwertungskosten und allfälligen Wertstoff Erlöse die internen Abfallmanagement-Kosten aufheben können.

8.5 Nicht betrachtete Kosten

Weiter zu beachten sind die Kosten, welche auf Seiten der öffentlichen Hand und Sortieranlagen anfallen. Damit die Szenarien «mittel» und vor allem «hoch» auch umgesetzt werden können, muss der Bau neuer Sortieranlagen sowie die Erneuerung bestehender Anlagen im Kanton Zürich gefördert werden. Es bedarf mehrerer moderner und effizienter Sortieranlagen, die in der Lage sind, den Kehricht gründlich zu durchsuchen und die verschiedenen Fraktionen zu identifizieren und zu trennen. Für den Bau von neuen und modernen Sortieranlagen fallen zu Beginn hohe Investitionskosten an. Staatliche Unterstützung oder Subventionen können dabei helfen, die zusätzlichen Kosten zu decken oder den wirtschaftlichen Anreiz zu verbessern.

Ausserdem müssen im Szenario «hoch» alle Fraktionen, unabhängig von der Wirtschaftlichkeit aussortiert werden. Es braucht Anreize für Unternehmen und Recyclingbetriebe, um sicherzustellen, dass jede mögliche Fraktion im brennbaren Kehricht aussortiert wird. Solange die Kosten der Trennung und Sortierung nicht durch allfällige Erlöse, die durch einen funktionierenden Sekundärmarkt entstehen, ausgeglichen werden können, müssen die Kosten dafür anderweitig getragen werden, ansonsten fallen Verluste an. Beim Aufbau eines erweiterten Recyclingsystems fallen verschiedene Kosten wie für die Sammelinfrastruktur, Logistik,

Verarbeitung (Sortierung und Recycling), Koordination sowie die Verwertung an. Bei einer Trennung und Sortierung sowie stofflichen Verwertung unabhängig von der Wirtschaftlichkeit führt dies zu höheren gesamtwirtschaftlichen Kosten, da diese Kosten nicht vom System selbst getragen werden können. Weiter fallen bei den verschiedenen Massnahmen Kosten für die Kommunikation von Seiten des Kantons an. Die Gewerbe- und Bauunternehmen müssen über die Trennung an der Quelle informiert und sensibilisiert werden.

9. Schlussfolgerung

Im Rahmen des Projektes wurde das stoffliche Verwertungspotential des brennbaren Marktkehrichts analysiert, welcher momentan in den fünf Zürcher KVA verwertet wird. Schätzungen und Hochrechnungen ergaben, dass theoretisch bis zu 40 % des brennbaren Marktkehrichts dem Recycling zugeführt werden könnten. Aktuell wird bereits zirka 6 % des gemischt entsorgten brennbaren Marktkehrichts durch eine nachgelagerte Sortierung der stofflichen Verwertung zugeführt. Diese niedrige Quote ist vor allem auf wirtschaftliche Gründe zurückzuführen: Sortieranlagenbetreiber sortieren nur lukrative Fraktionen heraus. Demnach beträgt das zusätzliche stoffliche Verwertungspotential etwa 34 %. Um dieses zusätzliche stoffliche Verwertungspotential auszuschöpfen, müssten gezielte Massnahmen eingeführt werden. Neben der nachgelagerten Sortierung könnte der Abfall auch an der Quelle (bei der Unternehmung, wo er anfällt) separat getrennt und dem Recycling zugeführt werden. In zwei Szenarien (Mittel und Hoch) wurde dargestellt, wie sich die brennbaren Abfallmengen mit der Umsetzung verschiedener Massnahmen verändern könnten. Es wurde ersichtlich, dass bei einer Förderung der freiwilligen Umsetzung bereits zirka 20 % des Marktabfalls stofflich verwertet werden könnten, während dies im Hoch-Szenario mit verpflichtender Separatsammlung und nachgelagerter Sortierung etwa 25 % wären.

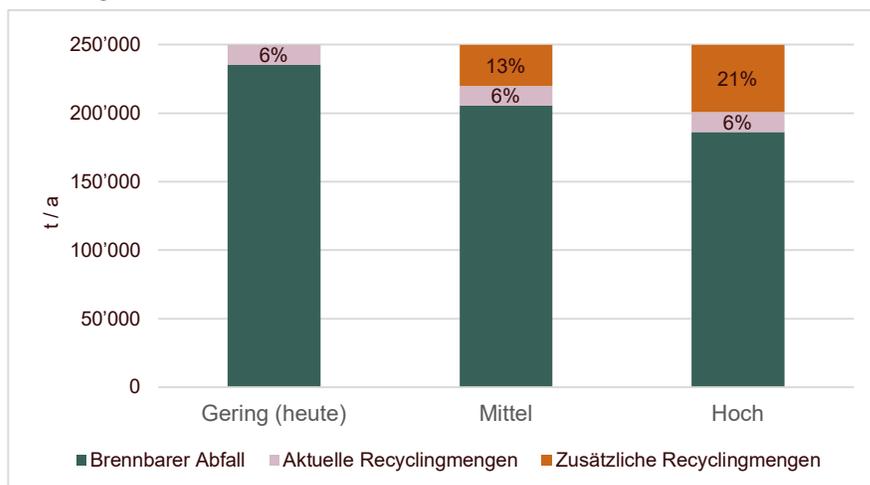


Abbildung 16 Veränderung der Recyclingmengen aus dem brennbaren Marktkehricht bei einer Förderung der betrieblichen Separatsammlung und der nachgelagerten Sortierung

Die grundlegende Erkenntnis aus den geführten Interviews ist, dass die Qualität des Materials für das stoffliche Recycling abnimmt, sobald die Abfallfraktionen miteinander vermischt werden. Es ist daher wichtig, den Abfall so früh wie möglich im Entsorgungsprozess zu trennen und separat zu sammeln. Dies stellt jedoch für einige Unternehmen eine Herausforderung dar, da dies genügend Platz, Logistik und spezifisches Wissen erfordert. Vor allem bei Unternehmen mit einer kleinen Abfallmenge ist die nachgelagerte Sortierung durch spezialisierte Sortieranlagen eine gute und ökonomisch sinnvolle Option.

Als Fazit kann gesagt werden, dass der Anteil der stofflichen Verwertung des brennbaren Marktkehrichts durch betriebliche Separatsammlung und nachgelagerte Sortierung durch Sortieranlagen markant erhöht werden kann. Aus dieser Erkenntnis wurden mögliche Massnahmen erarbeitet, mit denen das stoffliche Verwertungspotential weiter ausgeschöpft werden könnte. An einem Stakeholder-Workshop wurden diese Massnahmen mit Vertreter/-innen aus Unternehmen, KVA, Baubranche und Sortierunternehmen diskutiert und überarbeitet. Die Diskussionen haben ergeben, dass Unternehmen durch attraktive Anreize dazu bewegt werden sollten, ihre Separatsammlungen zu verbessern und vermehrt Material an der Quelle zu trennen. Konkret sollte die Entsorgung über Sortieranlagen oder direkt an stoffliche Verwerter finanziell attraktiver sein

als Direktanlieferungen an eine KVA, wofür die Einführung eines erhöhten Mindestannahmepreises von KVA für Direktanlieferungen auf nationaler Ebene besprochen wurde. Einen Konsens gab es bezüglich der Einführung einer Sortierpflicht für brennbare Bauabfälle, da dadurch Störstoffe effektiv entfernt und der Recyclinganteil erhöht werden kann.

Mögliche Massnahmen	Fazit aus dem Workshop
Massnahmen für KVA	
1. KVA als Gatekeeper (Abweisen von stofflich verwertbarem Material)	<i>Keine der vorgeschlagenen Massnahmen wurde von den Workshopteilnehmenden als einfach umsetzbar eingestuft.</i>
2. KVA verantwortlich für Förderung der stofflichen Verwertung	
3. Preisanpassung KVA	
Massnahmen für Sortieranlagen	
1. Reportingpflicht für Sortieranlagen	<i>Keine der vorgeschlagenen Massnahmen wurde von den Workshopteilnehmenden als einfach umsetzbar eingestuft.</i>
2. Pflicht zur nachgelagerten Sortierung für Unternehmen	
Massnahmen für die Baubranche	
1. Strikte Trennung Brennbare und Mineralisches, Abschaffung Mischmulden	<i>Vor allem die Massnahme 4 wurde in den Diskussionen am Workshop als effektiv und einfach umsetzbar eingestuft.</i>
2. Gebäuderessourcenpass bei Abbruch eines Gebäudes	
3. Strikte Auslegung Art. 17 VVEA: Trennung sämtlicher stofflich verwertbarer Fraktionen auf der Baustelle	
4. Sortierpflicht für brennbare Bauabfälle, keine direkte Anlieferung ab Baustelle in KVA	
Massnahmen für Gewerbe und Industrie	
1. Förderung der freiwilligen Separatsammlung in Unternehmen	<i>Gemäss den Diskussionen am Workshop sind vor allem die Massnahmen 1 und 4 umsetzbar und daher förderungswürdig.</i>
2. Förderung der freiwilligen separaten Kunststoffsammlung	
3. Strikte Auslegung Art. 13 Absatz 4 VVEA: Separatsammlung und stoffliche Verwertung Betriebsabfälle	
4. Förderung der freiwilligen Sortierung des brennbaren Abfalls über Sortieranlagen	
5. Sortierpflicht brennbarer Abfall	

Abbildung 17 Übersicht aller möglicher Massnahmen, die mit den Stakeholdern diskutiert und überarbeitet wurden

Zusätzlich zu den beschriebenen Massnahmen gibt es Ansätze wie die Förderung des Absatzmarktes für Recycling-Produkte sowie Ansätze zur Abfallvermeidung bereits im Design-Prozess eines Produktes. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im brennbaren Marktkehrich relevantes, stoffliches Verwertungspotential vorhanden ist, welches mit sinnvollen Massnahmen weiter ausgeschöpft werden kann.

10. Weiteres Vorgehen und offene Punkte

Die Erhebung der Daten durch Anlagenbegehungen und Befragungen von Stakeholdern sowie durch Literaturrecherchen zur Zusammensetzung des brennbaren Marktkehrichts und zu den Entsorgungsprozessen hat gezeigt, dass die aktuelle Datenlage viele Lücken und somit offene Fragen aufweist. Aufgrund dessen mussten für die Berechnungen und Schätzungen im vorliegenden Bericht viele Annahmen getroffen werden, was wiederum dazu führt, dass die Resultate dieses Projektes mit Vorsicht zu interpretieren sind. Um genauere und verlässlichere Daten zu erhalten, wird eine vertiefte Untersuchung des in die KVA angelieferten Marktkehrichts, mit Fokus auf die unbekanntes Fraktionen, und des Sperrguts vorgeschlagen. Durch genauere Angaben des Marktkehrichts könnten allfällige Massnahmen verfeinert werden. Als weiterer Projektpartner könnte das BAFU an Bord geholt werden, das bereits mehrmals Interesse an einer solchen vertieften Betrachtung geäussert hat. Ausserdem funktioniert die Entsorgung des Marktkehrichts nach marktwirtschaftlichen Prinzipien, somit ist eine nationale Betrachtung des Marktkehrichts sinnvoll. Alternativ könnten bei einzelnen abfallerzeugenden Betrieben unter wissenschaftlicher Begleitung Pilotversuche zur besseren Ausschöpfung des stofflichen Verwertungspotentials durchgeführt werden (Fallstudien). Damit könnte das tatsächliche zusätzliche Verwertungspotential bei Beispielbetrieben ermittelt und ggf. Good-Practice-Beispiele aufgezeigt werden.

Damit die Förderung der stofflichen Verwertung des brennbaren Marktkehrichts vorangetrieben und umgesetzt werden kann, werden mögliche Nachfolgeprojekte vorgeschlagen:

- Genauere, repräsentative Mengen-Zahlen erheben (=> Potentiale, Hotspot, «low hanging fruits») als Basis für zweckmässige erste Massnahmen zu Reduktionen (dies beinhaltet auch top-down Abklärungen: Erhebungen Abfallanfall in den relevanten Branchen/Abfallquellen/Lieferanten)
- Erhebung solider Zahlen bzgl. ökologischem Nutzenvergleich
- Ausarbeitung eines konkreten Massnahmenpakets inkl. Umsetzungsplan und Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Durchführung von Fallstudien bei Gewerbebetrieben für die Ausarbeitung von gezielten Anreizen für Unternehmen (Kosten-Nutzen-Analyse)
- Ausarbeiten von Fördermöglichkeiten für befristete Versuche bei einzelnen Unternehmen

Münsingen, 25. Juli 2023

Barbara Fuhrer, Daniel Ontyd, Xenija Röthlisberger

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht Projektetappen	11
Abbildung 2: Mengenflüsse der Siedlungsabfälle und des Marktkehrichts zu den KVA des Kt. Zürich	14
Abbildung 3 Graphische Darstellung der Entsorgungswege im Kanton Zürich	15
Abbildung 4: Darstellung der Entsorgungswege für brennbare Abfälle	16
Abbildung 5: Beispielstrom für die Kategorie brennbare Abfälle aus Papier und Pappe aus Gewerbe- und Industrie.....	16
Abbildung 6 Auf der linken Seite eine Anlieferung von Gewerbe- und Industrieabfall mit vorhandenem stofflichen Verwertungspotential, auf der rechten Seite eine Anlieferung von gemischten und verschmutzten Bauabfällen	22
Abbildung 7 Fraktionen des brennbaren Bauabfalls und deren theoretisches Recyclingpotential (ohne die Fraktion «Unbekannt»).....	26
Abbildung 8 Fraktionen des brennbaren Gewerbe- und Industrieabfalls und deren theoretisches Recyclingpotential (ohne die Fraktion «Unbekannt»).....	27
Abbildung 9 Darstellung verschiedener Ansätze und Massnahmen auf jeder Ebene des Abfallprozesses....	29
Abbildung 10: Schaubild zur Verdeutlichung der sich verändernden Stoffströme in den Szenarien «Heute» und «Hoch» für Holz aus brennbaren Bauabfällen	44
Abbildung 11: Schaubild zur Verdeutlichung der sich verändernden Stoffströme in den Szenarien Heute und Hoch für Kunststoff aus Gewerbe- und Industrieabfällen.....	46
Abbildung 12 Entsorgungswege des brennbaren Kehrichts die betrachtet werden (in orange).....	48
Abbildung 13 Annahmepreise der sortenreinen Abfallfraktionen über die verschiedenen Entsorgungswege im Vergleich. Bei den Fraktionen Polystyrol, PVC, PE-Folien und Karton, Papier, Pappe ist der Preis stark von der Qualität, der Sortieranlage und dem momentanen Marktpreis abhängig. Es wurde von einem Preis von CHF 0 ausgegangen.	50
Abbildung 14 Vergleich der Annahmepreise in den drei Szenarien für ein fiktives Unternehmen in der Baubranche mit 1'000 t/a (ohne die Fraktion «Unbekannt»).....	51
Abbildung 15 Vergleich der Annahmepreise in den drei Szenarien für ein fiktives Unternehmen aus dem Gewerbe oder der Industrie mit 1'000 t/a (ohne die Fraktion «Unbekannt»)	52
Abbildung 16 Veränderung der Recyclingmengen aus dem brennbaren Marktkehricht bei einer Förderung der betrieblichen Separatsammlung und der nachgelagerten Sortierung	54
Abbildung 17 Übersicht aller möglicher Massnahmen, die mit den Stakeholdern diskutiert und überarbeitet wurden.....	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der im Projekt beteiligten Anlagen und Unternehmen und ihre Involvierung.....	12
Tabelle 2 Übersicht proportionale Aufteilung und resultierender Mengen enthaltene Fraktionen brennbarer Bauabfall	18
Tabelle 3 Übersicht proportionale Aufteilung und resultierender Mengen enthaltene Fraktionen brennbarer Gewerbe- und Industrieabfall	18
Tabelle 4 Mögliche Zusammensetzung Siedlungsabfall Kanton Zürich basierend auf Zahlen aus den Abfallsackanalysen des BAFU (2012) und AUE (2021)	23
Tabelle 5 Darstellung des theoretischen und realistischen stofflichen Verwertungspotentials der geschätzten Siedlungsabfälle aus dem Kanton Zürich.....	24
Tabelle 6 Geschätzte Recyclingquote heute und theoretisch mögliche Recyclingquote (gemäss Literaturrecherche), sowie Mengenschätzung der Fraktionen der brennbaren Bauabfälle.....	25
Tabelle 7 Geschätzte Recyclingquote heute und theoretisch mögliche Recyclingquote (gemäss Literaturrecherche), sowie Mengenschätzung der Fraktionen der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle	26
Tabelle 8 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für die Gewerbe und Industrie	33
Tabelle 9 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für die Baubranche.....	35
Tabelle 10 Zusammenfassung und Bewertung der Massnahmen für Sortieranlagenbetreiber.....	36
Tabelle 11 Tabelle und Zusammenfassung der Massnahmen für die KVA.....	38
Tabelle 12: Aufteilung der Szenarien gemäss Intensität in den jeweiligen Ansatzpunkten	41
Tabelle 13: Verwertungspotentiale der brennbaren Bauabfälle für die Szenarien Mittel und Hoch	42
Tabelle 14: Verwertungspotentiale der Gewerbe- und Industrieabfälle für die Szenarien Mittel und Hoch.....	42
Tabelle 15: Resultierende Mengen der stofflichen Verwertung innerhalb der Szenarien für brennbare Bauabfälle in t/a.....	43
Tabelle 16: Resultierende Mengen der stofflichen Verwertung innerhalb der Szenarien für Abfälle aus Gewerbe und Industrie in t/a	45
Tabelle 17: Zusätzliches stoffliches Verwertungspotential der übergeordneten Kategorien pro Jahr und Szenario	47

Literatur und Quellenverzeichnis

- [1] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) (2016). Stand der Technik für die mechanische Aufbereitung von Bausperrgut.
- [2] Amt für Umwelt und Energie (AUE) (2022). Kehrichtzusammensetzung Stadt Basel 2021, Untersuchung von 600 gesammelten Bebbi-Säcken.
- [3] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2014). Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012.
- [4] BAFU, Energie- und Ressourcen-Management GmbH (2016). Entsorgungssituation von Dämmmaterialien in der Schweiz.
- [5] BAFU. Kunststoffe. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/abfallwegweiser-az/kunststoffe.html>
- [6] BAFU (2021). Carbotech AG. Ökologische Beurteilung der Verwertung von Bauabfällen.
- [7] Cabernard, L. et al. (2022). Growing environmental footprint of plastics driven by coal combustion. Nature Sustainability, Vol. 5, 139 – 148. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00807-2>
- [8] Carbotech AG (2012). Ökologischer Nutzen des PE-Folien-Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe).
- [9] Der Bundesrat (2023). Weniger Kehrichtverbrennung, mehr Recycling.
- [10] Dinkel, F., Bunge, R. et al. (2017). KuRve (Kunststoffrecycling und Verwertung), ökonomisch-ökologische Analyse von Sammel- und Verwertungssystemen von Kunststoffen aus Haushalten in der Schweiz.
- [11] Drehscheibe Kreislaufwirtschaft by Swiss Recycling. Sammlung 2025 – Roadmap. <https://www.circular-economy.swiss/sammlung-2025/>
- [12] Empa – Materials Science & Technology. (2018). Projekt MatCH 'Materialressourcen Schweiz', Teile 1 bis 3. Studie im Auftrag vom BAFU
- [13] ERM. (2022). Analyse zum Verwertungspotential von deponierten Materialien, welche in Deponien des Typs B und E gelangen», Studie im Auftrag vom AWEL
- [14] Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bunge, R. (2016). Kosten-Nutzen-Analyse von umweltbezogenen Massnahmen im Recyclingbereich (Kurzbericht).
- [15] Kreislauf Initiative. (o. D.). Kreislauf Initiative – Am 25. September JA zum Gegenvorschlag. <https://kreislauf-initiative.ch/>
- [16] Limeco, Kofel, G. (2020). Beschwerde gegen die Verfügung des Preisüberwachers: Zwischenentscheid zugunsten von Limeco, [Preisüberwacher Update \(limeco.ch\)](https://www.limeco.ch/preisueberwacher-update)
- [17] Ocean Care, Lauwerier, E. (2022). Plastic Matters, A state of affairs, facts, legislation & recommended actions in Switzerland
- [18] Prognos, Birnstengel, B. et al. (2018). Siedlungsabfallaufkommen 2050, Auswirkungen auf das Kehrichtaufkommen für die thermische Verwertung in den KVA und die Gesamtauslastung der KVA.
- [19] Schneider Umweltservice. «Mehr Recycling auf Knopfdruck». <https://umweltservice.ch/mehr-recycling/>
- [20] Umweltbundesamt (DE 2021). Technische Potenzialanalyse zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes.

Anhang

Anhang 1: Beispielfragebögen

Anhang 2: Fotos der Begehungen

Anhang 3: Weitere Grafiken zu den Szenarien

Anhang 1: Beispielfragebögen

Beispielfragebogen KVA

1. Welche Kategorien verwenden sie, und können Sie eindeutig zwischen den Kategorien «Marktkehricht», «Bauabfälle» und «Siedlungsabfälle» unterscheiden? Welche Kategorie von Abfällen verarbeiten Sie hauptsächlich?
2. Was ist aktuell Ihr Hauptgeschäftsfeld? (Umsatz)

Zusammensetzung der brennbaren Marktabfälle (Industrie-, Gewerbe und Bauabfall)

3. Welche Fraktionen sind in dem bei Ihnen angelieferten brennbaren Marktabfälle enthalten?
4. Wie detailliert werden die Daten der Fraktionen, die im brennbaren Abfall landen, erfasst?
5. Welche Daten können Sie uns (anonym und vertraulich) für eine Marktstudie zur Verfügung stellen?
6. Welche Fraktionen machen Ihnen Probleme, bzw. würden Sie gerne aussortiert sehen?

Mengen des brennbaren Marktabfalls

7. Wieviel brennbarer Marktabfall wird pro Jahr verwertet? Wieviel davon sind Bauabfälle?
8. Wieviel davon ist von Betrieben aus dem Kanton Zürich?

Materialfluss

9. Welche Kunden/ Branchen aus dem Kanton Zürich sind mengenmässig besonders relevant? (Bezug auf brennbaren Marktkehricht)
10. Wieviel davon ist aus dem Kanton Zürich?

Kosten und Marktpotential

11. Was sind die Preise pro Tonne für die Annahme der brennbaren Abfälle? Gibt es Unterschiede für vorsortiertes oder geschreddertes Material bspw. mit höherem Heizwert?
12. Für welche Fraktionen der Brennbaren Abfälle sehen Sie zukünftig ein Marktpotential zur Verwertung ausserhalb der KVA?
13. Was würde passieren, wenn der gesamte Marktkehricht des Kantons Zürich vor der KVA-Verwertung über eine Sortieranlage sortiert würde?

Diverse Fragen

14. Haben Sie weitere Ideen, wie die Verwertungsquote / Recyclingquote gesteigert werden könnte? (Massnahmen des Kantons, Bundes)
15. Habe ich etwas noch nicht gefragt, dass sie zu dem Thema relevant finden?
16. Kennen Sie jemanden, denn Sie bei dem Thema befragen würden?

Beispielfragebogen Sortieranlagen

1. Welche Kategorien verwenden sie, und können Sie eindeutig zwischen den Kategorien «Marktkehricht», «Bauabfälle» und «Siedlungsabfälle» unterscheiden? Welche Kategorie von Abfällen verarbeiten Sie hauptsächlich?
2. Was ist aktuell Ihr Hauptgeschäftsfeld? (Umsatz)

Zusammensetzung der brennbaren Marktabfälle (Industrie-, Gewerbe und Bauabfall)

3. Welche Fraktionen unterscheiden Sie bei den «Brennbaren Marktabfällen»
4. Wie detailliert werden die Daten der Fraktionen, die im brennbaren Abfall landen, erfasst?
5. Welche Daten können Sie uns (anonym und vertraulich) für eine Marktstudie zur Verfügung stellen?

Mengen des brennbaren Marktabfalls

6. Wieviel brennbarer Marktabfall wird pro Jahr verarbeitet/ sortiert?
7. Wieviel davon ist von Betrieben aus dem Kanton Zürich?
8. Welchen Anteil machen die brennbaren Abfälle vor der Sortierung bei Ihnen aus?
9. Wieviel brennbarer Abfall wird pro Jahr schlussendlich in der (Zürcher) KVA verwertet?

Materialfluss

10. Wie sieht der Materialfluss aus (s. PPT Grafik)?
11. Welche Kunden/ Branchen aus dem Kanton Zürich sind mengenmässig besonders relevant? (Bezug auf brennbaren Marktkehricht)
12. Wie wird das sortierte Material weiterverarbeitet resp. Wiederverwertet?

Kosten und Marktpotential

13. Wie hoch sind die Betriebskosten für die Sortierung je Kategorie?
14. Was sind die Preise pro Tonne für die Sortierung der brennbaren Abfälle?
15. Für welche Fraktion erhalten Sie die höchsten Marktpreise? Welche Fraktion ist besonders lukrativ?
16. Anhand welcher Logik wird der Sortierungsgrad festgelegt. Wie entscheiden Sie was Sie sortieren? Unter welchen Bedingungen würden sie den Sortierungsgrad erhöhen?
17. Für welche Fraktionen der Brennbaren Abfälle sehen Sie zukünftig ein Marktpotential zur Verwertung ausserhalb der KVA?
18. Was würde passieren, wenn der gesamte Marktkehricht des Kantons Zürich vor der KVA-Verwertung in den Kategorien sortiert würde, wie Sie es aktuell machen?

Diverse Fragen

19. Wo sind die Grenzen der Abfallsortierung?
20. Haben Sie weitere Ideen, wie die Verwertungsquote / Recyclingquote gesteigert werden könnte? (Massnahmen des Kantons, Bundes)
21. Habe ich etwas noch nicht gefragt, dass sie zu dem Thema relevant finden?
22. Kennen Sie jemanden, denn Sie bei dem Thema befragen würden?

Beispielfragebogen Unternehmen

Informationen über Separatsammlung / Recycling, verschiedene Fraktionen

1. Welche Fraktionen werden in Ihrem Betrieb separat gesammelt?
2. Welche Fraktion ist für Ihren Betrieb mengenmässig besonders relevant?
3. Wieviel % des gesamten Abfallaufkommens wird bei Ihnen separat gesammelt?
4. Die Fraktionen, die nicht recycelt werden, werden diese in einer KVA (Kehrichtverwertungsanlage) verbrannt?

Informationen über die brennbaren Betriebsabfälle

5. Aus welchen Fraktionen setzt sich Ihr brennbarer Abfall zusammen?
6. Welche Fraktion macht den Grossteil des brennbaren Abfalls aus? Welche Fraktion ist mengenmässig besonders relevant?
7. Wieviel brennbarer Betriebsabfall fällt bei Ihnen pro Jahr an?

Informationen zum Entsorgungsprozess

8. Wie ist bei Ihnen die Entsorgung geregelt?
9. Arbeiten Sie mit einem Abfallentsorger zusammen? Falls ja, mit wem?
10. Falls ja, wird der brennbare Abfall vom Entsorger sortiert bevor der Abfall in die KVA gebracht wird?
11. Wie wird das vom Abfallentsorger sortierte Material wiederverwertet?
12. In welcher KVA werden Ihre brennbaren Betriebsabfälle thermisch verwertet?

Kosten und Marktpotential

13. Wieviel zahlen Sie pro Tonne für die Entsorgung des brennbaren Abfalls?
14. Sehen Sie bei Ihrem Betriebs-Recycling noch Optimierungspotential? Könnten noch weitere Fraktionen in Zukunft recycelt werden?

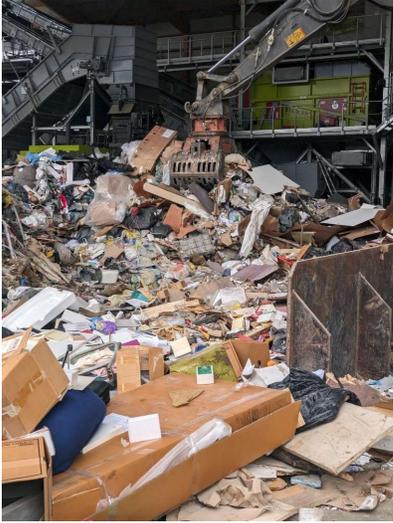
Anhang 2: Fotos der Begehungen

Fotos KVA



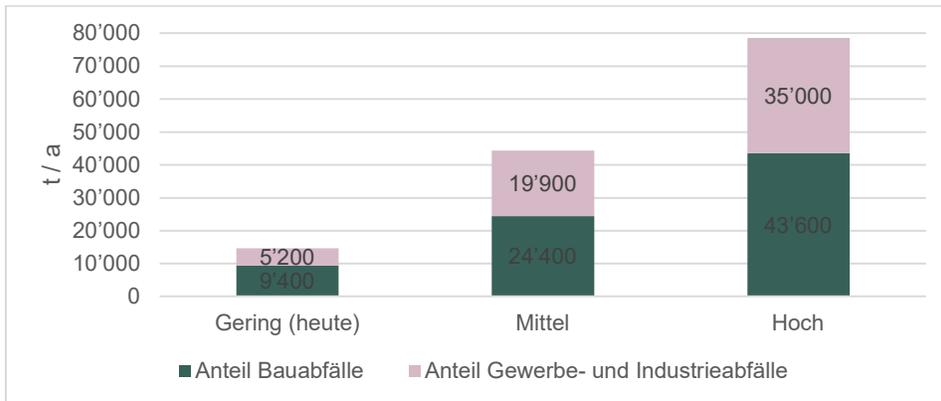


Fotos Sortieranlagen

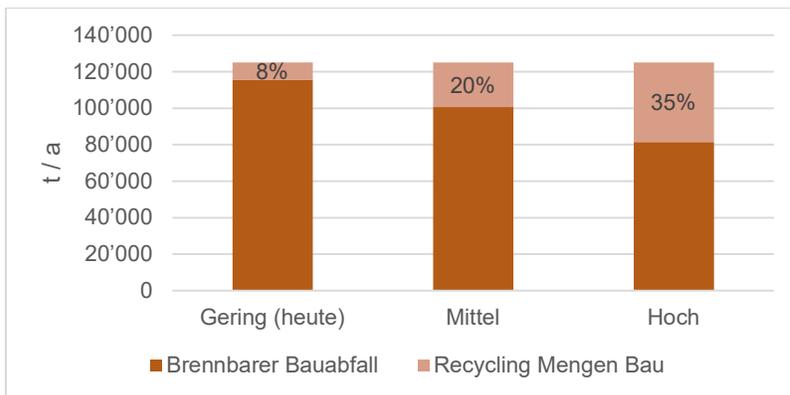




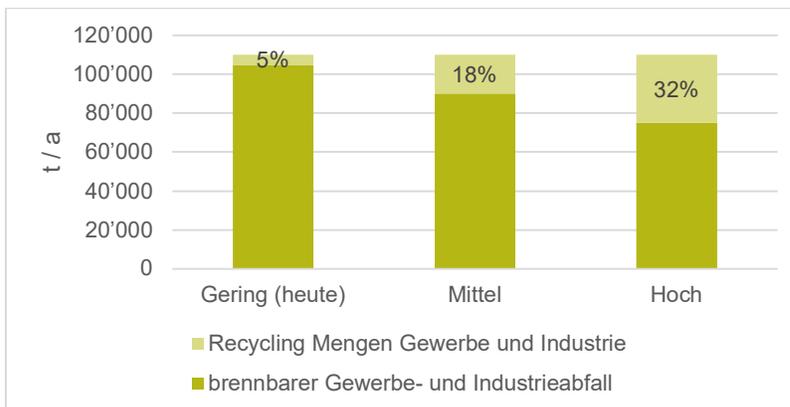
Anhang 3: Weitere Grafiken zu den Szenarien



Totale Recycling-Mengen brennbarer Marktkehricht je Szenario



Veränderung der Recycling-Mengen der brennbaren Bauabfälle bei einer Förderung der betrieblichen Separatsammlung und nachgelagerten Sortierung.



Veränderung der Recycling-Mengen der brennbaren Gewerbe- und Industrieabfälle bei einer Förderung der betrieblichen Separatsammlung und nachgelagerten Sortierung.