

24. April 2025

# Optimale Energienutzung von KVA- Abfällen durch saisonale Zwischenla- gerung



**Autoren**

Barbara Fuhrer, Ryttec AG

Xenija Röthlisberger, Ryttec AG

Luca Neuenschwander, Ryttec AG

Fabian Blaser, Ryttec AG

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.  
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

# Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht untersucht die Möglichkeit der saisonalen Zwischenlagerung von Abfällen mit dem Ziel, die Energieproduktion aus Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) besser an den saisonalen Energiebedarf anzupassen. Aufgrund der steigenden Produktion erneuerbarer Energien, insbesondere aus Photovoltaikanlagen, entsteht in den Sommermonaten ein Überangebot an Strom, während im Winter mit einem steigenden Energiebedarf zu rechnen ist, welcher zu einem Mangel an inländischer Produktion führen kann. Die gezielte Verlagerung der Abfallverbrennung in die Wintermonate könnte daher zu einer effizienteren Nutzung der Abfallenergie beitragen. Der Hauptnutzen kann erzielt werden, wenn fossile Energieträger wie Erdgas in der Wärmeerzeugung für Fernwärmenetze ersetzt werden.

Für die saisonale Verschiebung der Abfallverbrennung müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein, wobei die wichtigsten die Reduktion der Verbrennung im Sommer (Potential Minderverbrennung Sommer), die saisonale Lagerung der Abfälle (Potential Lagerung) sowie freie KVA-Kapazitäten zur Verbrennung im Winter (Potential freie KVA-Kapazität Winter) sind. Aus den Analysen resultieren folgende Potentiale:

- **Potential Minderverbrennung Sommer**

Welches Potential ergibt sich aus der Reduktion der Abfallverbrennung in den Sommermonaten, indem KVA heruntergefahren werden oder in den Sommermonaten nur mit einer technisch erforderlichen Mindestauslastung von 70 % betrieben werden? Zusätzlich wurde geprüft, ob eine gezielte Verlängerung der KVA-Revisionen im Sommer zusätzliche Abfallmengen für eine saisonale Verschiebung freimachen könnte. Das Potential wird jährlich auf rund **227'000 Tonnen Abfall** geschätzt.

- **Potential Lagerung**

Wie viel Abfall kann auf freien Flächen in bestehenden Deponien in Ballen saisonal zwischengelagert werden? Eine Umfrage bei Deponiebetreibern ergab, dass derzeit rund 28'000 m<sup>2</sup> Deponiefläche für eine solche Nutzung zur Verfügung stehen. Auf dieser Fläche könnten jährlich etwa **100'000 Tonnen Abfall** zwischengelagert werden. Die Vorteile dieses Ansatzes liegen in der Nutzung bereits bestehender Infrastruktur. Herausforderungen sind jedoch administrative Hürden und unterschiedliche kantonale Genehmigungspraxis für die Zwischenlagerung auf Deponien.

- **Potential freie KVA-Kapazität Winter**

Wie viele Kapazitätsreserven bestehen in KVA, um zwischengelagerte Abfälle im Winter gezielt zu verbrennen? Es zeigt sich, dass es sowohl KVA mit freien Kapazitäten gibt als auch Anlagen, die in Überlast betrieben werden. Diese technisch verfügbaren freien Kapazitäten werden jedoch teilweise durch politische Verbrennungslimiten eingeschränkt. Ohne diese Limiten ergibt sich ein Potential von rund **106'000 Tonnen Abfall**.

Die beiden letzteren Potentiale zeigen eine heute technisch mögliche verlagerbare Abfallmenge von rund **100'000 Tonnen pro Jahr** auf. Für die Berechnung des Energiepotentials aus diesen Abfällen wurde die Wärmenutzung gegenüber der Stromproduktion priorisiert. So könnten im Winter **173 GWh Wärme** in Fernwärmenetze und **28 GWh Winterstrom** eingespeist werden.

Die technische Machbarkeit ist gegeben, für die Umsetzung müssen jedoch auch die wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen gegeben sein. Ein Schlüssel dafür ist sicherlich die zur Verfügung stehende freie KVA-Kapazität im Winter. Steht diese zur Verfügung, hängt die Rentabilität der Zwischenlagerung für eine KVA massgebend davon ab, ob ihr die effektiven Einsparungen der fossilen Brennstoffe vergütet werden oder lediglich ein ganzjähriger Wärmepreis gezahlt wird. **Orientiert sich der wirtschaftliche Vorteil der Zwischenlagerung an den tatsächlichen Kosten der ersetzten fossilen Wärmeerzeugung, ergibt sich ein potentieller Gewinn von rund 115 CHF pro Tonne Abfall durch die optimierte Energienutzung im Winter. Bei einer Wärmevergütung auf Basis des regulären Abnahmepreises für Fernwärme resultieren lediglich ca. 30 CHF pro Tonne Abfall.** Es empfiehlt sich somit eine transparente Vergütung der eingespeisten Wärme, orientiert an den effektiven Einsparungen der sonst notwendigen Energieträger, um die Anreize für die optimale Energienutzung der Abfälle zu schaffen. Sind die Betreiber der KVA und der Fernwärme nicht dieselbe Organisation, sind dazu Verhandlungen notwendig.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die optimierte Energienutzung von KVA-Abfällen durch saisonale Zwischenlagerung die Energieproduktion im Winter sowie der Energienutzungsgrad der Abfälle insgesamt erhöht werden könnte. Dies hätte auch ökologische Vorteile. Würden die 100'000 Tonnen Abfall gezielt im Winter zur Deckung der Spitzenlast in Fernwärmenetzen eingesetzt und damit fossile Energieträger ersetzen, könnten rund 40'000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Abhängig vom Standort sind jedoch Anpassungen der politischen Rahmenbedingungen (Lagervorgaben und politische Verbrennungskapazitäten) und eine transparente Ausgestaltung der wirtschaftlichen Anreize (Fernwärme- und Stromvergütung) eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung, zudem müssten Abfallmengen nicht nur saisonal, sondern auch zwischen KVA-Standorten verschoben werden. Weitere Schritte sollten sich auf die Entwicklung harmonisierter Regelungen zur Abfalllagerung sowie eine genauere Abstimmung zwischen KVA und Deponiebetreibern und Verhandlungen zwischen KVA und Fernwärmenetzbetreibern konzentrieren.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1	Projektorganisation.....	7
1.2	Verwendete Grundlage.....	7
1.2.1	Benutzte Dokumente.....	7
1.2.2	Abgrenzung.....	7
<b>2.</b>	<b>Ausgangslage und Aufgabenstellung</b> .....	<b>7</b>
2.1	Ausgangslage.....	7
2.2	Ziele der Auftraggeber:in.....	8
2.3	Aufgabenstellung .....	8
<b>3.</b>	<b>Kurzbeschreibung des Vorgehens</b> .....	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse der Ist-Analyse</b> .....	<b>9</b>
4.1	Zwischenlagerung von Abfällen.....	9
4.1.1	Umweltrisiken.....	9
4.1.2	Der Lagerungsprozess.....	10
4.2	Erkenntnisse aus den Gesprächen mit diversen Akteuren .....	11
4.2.1	Abfallarten und Mischungen.....	11
4.2.2	Ziele der Zwischenlagerung.....	11
4.2.3	Herausforderungen bei der Lagerung.....	12
4.2.4	Wirtschaftliche Kosten und Aspekte.....	12
4.2.5	Zukunftsperspektiven aus den Gesprächen und Optimierungspotential .....	12
4.3	Aktuelle Situation KVA .....	12
4.4	KVA Typen.....	13
4.4.1	Energieproduktion je KVA Typ.....	14
<b>5.</b>	<b>Abschätzung des Energiepotentials</b> .....	<b>14</b>
5.1	Potential lagerbarer Abfall .....	15
5.2	Potential Minderverbrennung Sommer.....	15
5.3	Potential Lagerung .....	16
5.4	Potential Importe.....	16
5.5	Potential freie KVA-Kapazität im Winter .....	16
<b>6.</b>	<b>Vertiefung von drei Potentialen</b> .....	<b>16</b>
6.1	Potential Minderverbrennung Sommer.....	17
6.1.1	Überschuss aus Minderverbrennung im Sommer .....	17

6.1.2	Überschuss aus längerer Revision im Sommer.....	18
6.1.3	Kombination Minderverbrennung und längere Revision im Sommer.....	18
6.1.4	Überschuss aus Hot-Standby Betrieb im Sommer.....	18
6.2	Potential Lagerung.....	18
6.3	Potential freie KVA-Kapazität im Winter.....	20
6.4	Zwischenfazit.....	20
<b>7.</b>	<b>Wirtschaftlichkeit.....</b>	<b>21</b>
7.1	Kosten der Lagerungsprozesse.....	21
7.2	Auswirkungen der Energieverwertung der Abfälle im Winter statt im Sommer.....	22
7.3	Ergebnisse.....	23
7.3.1	Wärmevergütung anhand effektiver fossiler Brennstoffkosten.....	23
7.3.2	Wärmevergütung auf Basis ganzjährig konstanter Wärmeabnahmepreise.....	24
7.4	Bewertung und Fazit.....	25
<b>8.</b>	<b>Beschrieb möglicher Massnahmen.....</b>	<b>26</b>
8.1	Handlungsfeld Abfall.....	26
8.2	Handlungsfeld Lagerung.....	27
8.3	Handlungsfeld Kehrichtverwertungsanlage.....	28
8.4	Handlungsfeld Energieproduktion.....	29
<b>9.</b>	<b>Zukunftsvision KVA.....</b>	<b>30</b>
<b>10.</b>	<b>Schlussfolgerung und Fazit.....</b>	<b>31</b>
<b>11.</b>	<b>Weiteres Vorgehen.....</b>	<b>31</b>
11.1	Vertiefung der betriebswirtschaftlichen Analyse.....	32
11.2	Durchführung eines Pilotprojekts.....	32
<b>12.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>33</b>
12.1	Literaturverzeichnis.....	33

# 1. Einleitung

## 1.1 Projektorganisation

Das Projekt wurde von der Ryttec AG bearbeitet. Parallel dazu wurde eine Begleitgruppe zusammengestellt, bestehend aus Vertretern des Bundesamts für Energie (BfE, Auftraggeberin), des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Infracore und des Verbands der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA).

Die Begleitgruppe spielte eine zentrale Rolle bei der Abstimmung des methodischen Vorgehens und der Diskussion der erzielten Ergebnisse. Während des Projektverlaufs wurden Zwischenergebnisse mit der Begleitgruppe reflektiert, um sicherzustellen, dass relevante fachliche und politische Rahmenbedingungen berücksichtigt wurden.

## 1.2 Verwendete Grundlage

Für diesen Bericht und die Berechnung der Potentiale der Zwischenlagerung von KVA-Abfällen wurden hauptsächlich Informationen aus Gesprächen mit diversen Akteuren aus der Abfallwirtschaft sowie aus Veröffentlichungen rund ums Thema Abfall und der thermischen Verwertung in einer KVA verwendet.

### 1.2.1 Benutzte Dokumente

- Energetische Kennzahlen der Schweizer KVA, jährliche Statistik, Ryttec AG, publiziert durch das BfE
- Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung, Ryttec AG, econcept AG im Auftrag des BfE, BAFU, WWF 2014
- Substanzieller Beitrag von Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) zur Schweizer Energiestrategie 2050, Ryttec AG, 2020. Publiziert wurde ein Faktenblatt: <https://rytec.ch/kva-flex/>
- Elektrizitätsbilanz der Schweiz – Monatswerte in GWh, BfE 2025
- Interne Ryttec-Dokumente und Studien

### 1.2.2 Abgrenzung

Der vorliegende Bericht fokussiert auf das Szenario der saisonalen Zwischenlagerung von Abfällen vom Sommer in den Winter, um die Stromproduktion im Sommer zu reduzieren und diese Energie verstärkt im Winter bereitzustellen. Es gibt weitere Möglichkeiten wie KVA ihre Energieproduktion saisonal optimieren können (z.B. Power-to-X-Technologien). Diese werden im Bericht jedoch nicht weiter behandelt. Mögliche Umweltrisiken der Zwischenlagerung wurden in diesem Bericht nicht vertieft analysiert. Eine kurze Auflistung potentieller Risiken ist in Kapitel 4.1.1 zu finden.

# 2. Ausgangslage und Aufgabenstellung

## 2.1 Ausgangslage

Abfall fällt grösstenteils kontinuierlich (mit eher höheren Mengen von gut lagerbaren Bauabfällen im Sommer) an, während der Energiebedarf saisonalen Schwankungen unterliegt. Die saisonale Zwischenlagerung von Abfällen bietet eine Möglichkeit, die Energieversorgung insbesondere im Winter zu optimieren. Aktuell stehen KVA vor der Herausforderung, ihre flexible Priorisierung zwischen Wärme- und Stromproduktion effizient zu nutzen. Dies gestaltet sich insbesondere im Sommer schwierig, da in dieser Jahreszeit nicht nur der Energiebedarf geringer ist, sondern gleichzeitig auch eine erhöhte Stromproduktion aus Photovoltaik (PV) zur Verfügung steht – was den Wert der Energie aus KVA reduziert. Dadurch entsteht ein saisonales Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage.

Die folgende Grafik zeigt den monatlichen Verlauf der Elektrizitätsproduktion und des Verbrauchs der Schweiz im Jahr 2022. Sie verdeutlicht, dass der Verbrauch in den Wintermonaten leicht über der inländischen Produktion liegt, während im Sommer ein deutliches Überangebot an elektrischer Energie besteht.

Die Saisonalität von Komfortwärme (Heizung), welche von den KVA über Fernwärmenetze bedient wird, ist naturgemäss noch stärker ausgeprägt.

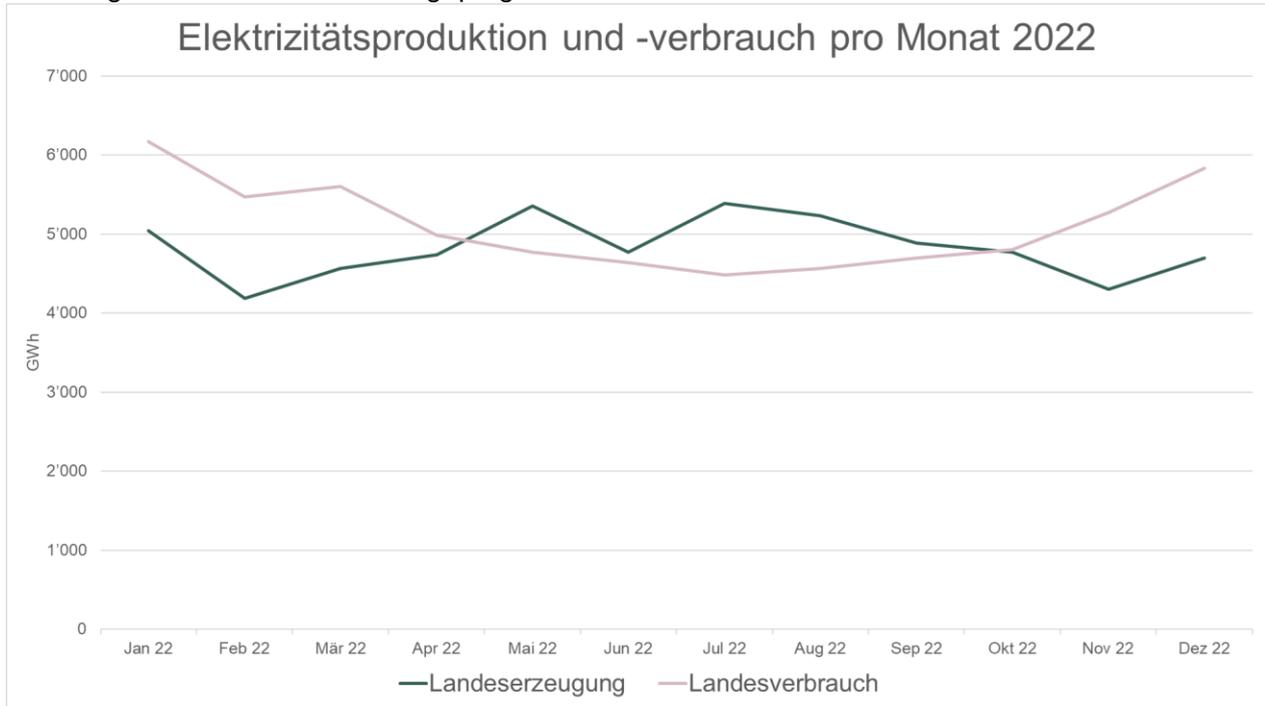


Abbildung 1: Gesamte Erzeugung (abzüglich Verbrauch der Speicherpumpen) und Verbrauch (inkl. Verluste) elektrischer Energie in der Schweiz 2022 (BfE 2025).

Aufgrund dieser Entwicklung steigt das Bedürfnis nach zusätzlichen Speichermöglichkeiten. Gelagerte Abfälle können als eine Form des Energiespeichers betrachtet werden, indem sie gezielt in den Wintermonaten zur Energiegewinnung genutzt werden. Durch die gezielte Lagerung geeigneter Abfallarten besteht das Potential, einen Teil der Energieproduktion in die Wintermonate zu verlagern, wenn insbesondere auch der Wärmebedarf höher ist. Gleichzeitig könnte dadurch die Energieproduktion im Sommer reduziert werden, um auf das bestehende Überangebot aus erneuerbaren Energien zu reagieren und tiefen Energiepreisen auszuweichen. Da die in den Abfällen gespeicherte Energie in chemischer Form vorliegt, gibt es abgesehen vom Energieaufwand für die Logistik nahezu keine zusätzlichen Speicher- oder Umwandlungsverluste. Dies ist ein deutlicher Vorteil gegenüber sensiblen Wärmespeichern oder Power2X-Verfahren.

## 2.2 Ziele der Auftraggeber:in

Das Ziel der Auftraggeber:in ist es, einerseits zu prüfen, wie hoch das energetische Potential der lagerbaren KVA-Abfälle ist, um abzuschätzen, wie relevant der Anteil der Energieproduktion ist, der in die Wintermonate verlagert werden könnte. Andererseits sollen Anreize sowie Hindernisse identifiziert werden, die die Zwischenlagerung fördern oder erschweren. Die Analyse soll in diesem Sinne erste Grössenordnungen identifizieren und die Stakeholder dazu animieren diesen Speicherpfad zu explorieren.

## 2.3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung des Projekts besteht darin, das energetische Potential der saisonalen Zwischenlagerung von Abfällen zu analysieren. Dabei soll untersucht werden, welche Abfallarten sich für eine Lagerung eignen und wo diese gelagert werden, und anschliessend thermisch verwertet werden können. Zudem sollen technische, logistische, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte der Umsetzung geprüft werden.

### 3. Kurzbeschreibung des Vorgehens

Das Projekt ist in vier Hauptphasen aufgeteilt:

- [1] Erarbeitung der Grundlagen
- [2] Auswertung der Daten und Analyse
- [3] Auswirkungen auf den KVA-Anlagenpark
- [4] Anreize und Massnahmen.

Zu Beginn wurden Gespräche mit relevanten Akteuren aus der Abfallwirtschaft geführt und ergänzende (Literatur-)Recherchen durchgeführt, um den aktuellen Stand der Zwischenlagerung von KVA-Abfällen abbilden zu können.

Im nächsten Schritt erfolgten die Auswertung und Analyse der gesammelten Daten. Hierbei wurden die KVA anhand ihres Energieabsatzes in 4 Typen gruppiert, die Daten systematisch analysiert und die Auswirkungen auf den gesamten KVA-Park bewertet.

Anschliessend wurde der Fokus auf die Erarbeitung von Massnahmen gelegt. In dieser Phase wurden Hindernisse identifiziert, die einer Umsetzung der Zwischenlagerung im Weg stehen könnten. Darauf aufbauend wurden mögliche Lösungsansätze abgeleitet, um die Projektziele zu erreichen.

Zum Abschluss des Projekts wurden die Ergebnisse in einer Schlusspräsentation zusammengeführt und der Begleitgruppe vorgestellt, um die Ergebnisse und die vorgeschlagenen Massnahmen zu diskutieren. Während des ganzen Projektablaufs wurden insgesamt drei Begleitgruppensitzungen organisiert, um die Interessen des BAFU und der KVA (vertreten durch den VBSA) gezielt miteinzubeziehen.

### 4. Ergebnisse der Ist-Analyse

#### 4.1 Zwischenlagerung von Abfällen

Die rechtlichen Grundlagen für die Zwischenlagerung von Abfällen sind in der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) im 2. Abschnitt geregelt. Die Vorschriften betreffen sowohl die Errichtung und den Betrieb von Zwischenlagern als auch spezifische Anforderungen an Lagerdauer, Materialbeschaffenheit und Sicherheitsmassnahmen.

Gemäss Art. 29 VVEA dürfen Zwischenlager nur errichtet werden, wenn die Anforderungen der Umwelt- und insbesondere der Gewässerschutzgesetzgebung eingehalten werden. Bei einer Zwischenlagerung auf Deponien müssen die gelagerten Materialien zudem den für den jeweiligen Deponietyp geltenden Vorschriften entsprechen. Wichtig ist, dass zwischengelagerte Abfälle getrennt von dauerhaft abgelagerten Abfällen aufbewahrt werden.

Der Betrieb von Zwischenlagern ist in Art. 30 VVEA geregelt. Demnach dürfen Abfälle höchstens fünf Jahre zwischengelagert werden. Falls innerhalb dieser Frist nachweislich keine sinnvolle Entsorgung möglich war, kann die Behörde die Zwischenlagerung einmalig um weitere fünf Jahre verlängern. Auf Deponien des Typs C–E sowie in Anlagen zur thermischen Behandlung können zu Ballen gepresste gär- und fäulnisfähige Abfälle zwischengelagert werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Sicherheitsleistungen: Die kantonalen Behörden können von den Betreiberinnen und Betreibern eines Zwischenlagers eine finanzielle Sicherheitsleistung verlangen, beispielsweise in Form einer Bankgarantie oder Versicherung, um Kosten im Schadensfall abzudecken. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen sind zentral für die Planung und Umsetzung der saisonalen Zwischenlagerung von Abfällen im Rahmen dieses Projekts. Sie bestimmen nicht nur die zulässige Lagerdauer und die Materialanforderungen, sondern auch die technischen und finanziellen Voraussetzungen für den Betrieb solcher Lagerstätten.

##### 4.1.1 Umweltrisiken

Die Zwischenlagerung von Abfällen birgt auch verschiedene Umweltrisiken, insbesondere im Hinblick auf Luftschadstoffemissionen, Geruchsbelastung sowie potentielle Auswirkungen auf Grund- und Oberflächengewässer.

### **Luftschadstoffemissionen und Geruch**

Bei der offenen Lagerung von unbehandeltem Abfall können durch den anaeroben Abbau der organischen Inhaltsstoffe erhebliche Geruchsemissionen auftreten. Auch beim Öffnen der Ballen sind Geruchsemissionen zu erwarten. Zudem sind beim Schreddern der Abfälle oder Ballen erhebliche Staubemissionen möglich.

Bei einem Brand von offenen oder ballierten Abfalllagern ist zudem mit erheblichen Luftschadstoffemissionen zu rechnen, darunter Feinstaub, Methan (CH<sub>4</sub>) sowie weitere gasförmige Schadstoffe. Brandversuche haben gezeigt, dass sich trotz des hohen Wassergehalts und der dichten Packung von Ballen ein Vollbrand entwickeln kann, der vergleichbare Emissionen wie offene Lager freisetzt [5].

### **Belastung von Grund- und Oberflächengewässern**

Die Lagerung von Abfällen kann zudem zur Entstehung von belastetem Sickerwasser führen. Besonders Siedlungsabfall weist ein hohes Sickerwasserpotential mit stark erhöhten Gehalten an biologisch abbaubaren organischen Stoffen, Ammoniumstickstoff und Schwermetallen auf. Sperrmüll hingegen weist in der Regel nur geringe Gehalte an wasserlöslichen oder leicht abbaubaren Stoffen auf.

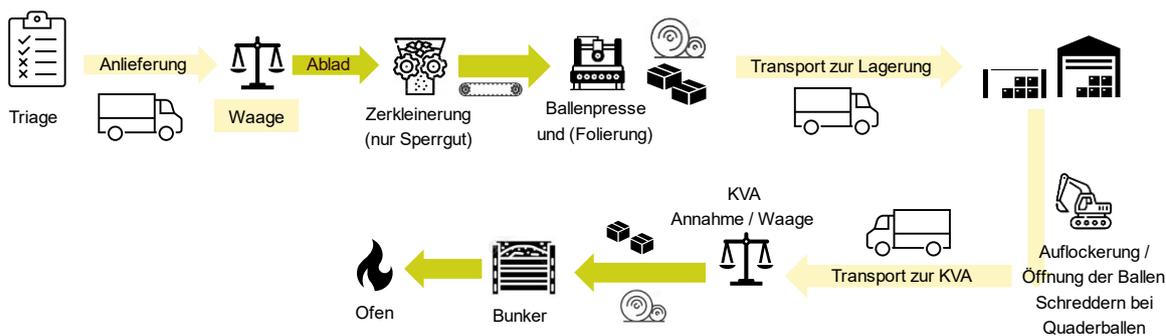
Zwischenlagerplätze sollten daher bautechnisch so ausgeführt sein, dass eine unkontrollierte Freisetzung von Sickerwasser verhindert wird. Auch wenn bei geschlossenen Lagerformen (z. B. folienumwickelte Ballen) eine geringere Umweltbelastung zu erwarten ist, muss dennoch mit kontaminierten Löschwässern im Brandfall gerechnet werden. Diese dürfen nicht unkontrolliert abgeleitet oder versickert werden.

Für die Lagerung von folienumwickelten Ballen kommen asphaltierte oder betonierete, abgedichtete Flächen in Frage. Als geeignete Standorte für die Zwischenlagerung im Freien bieten sich aus diesem Grund ungenutzte oder noch nicht vollständig verfüllte Abschnitte von Deponien (Typ D und E) an, die bereits mit einer Basisabdichtung und einem Sickerwassererfassungssystem ausgestattet sind.

Um die Umweltrisiken zu minimieren, sollten Abfälle unter technisch geeigneten Bedingungen zwischengelagert werden. Dies umfasst den Schutz vor unkontrollierten Emissionen in Luft und Wasser sowie eine sichere Ableitung und Behandlung von potentiell belastetem Sicker- und Löschwasser. Die Wahl der Lagerform (offene Lagerung, Ballierung etc.) ist entscheidend für die Emissionsvermeidung und muss an die spezifischen Abfallarten angepasst werden.

#### **4.1.2 Der Lagerungsprozess**

Der Zwischenlagerungsprozess beginnt mit der Triage, die je nach Standort unterschiedlich erfolgt. Meistens werden die geeigneten Abfallfraktionen direkt zum Lagerplatz geliefert, welcher in der Regel auch der Ort der Ballierung ist. Das bedeutet, dass die Anlieferer den Abfall bereits vorsortieren oder bestimmte Anlieferer gezielt angefragt werden, ihren Abfall anzuliefern. Dabei wird eine Mischung aus etwa 40 % Siedlungsabfall und 60 % Marktkehricht bzw. Sperrgut angestrebt. Nach der Wiegung der Abfälle erfolgt das Entladen, sperrige Materialien werden bei Bedarf zerkleinert. Anschliessend werden die Abfälle in Ballen gepresst und mit Folie umwickelt, um eine platzsparende und sichere Lagerung zu gewährleisten. Nach der Lagerung werden die Ballen bei Bedarf am Lagerplatz bereits geöffnet, und der Abfall wird aufgelockert. Von dort aus erfolgt der Transport zur Kehrichtverwertungsanlage (KVA), wo die Abfälle nur noch in den Bunker geleert werden, bevor sie im Ofen verbrannt werden.



Sehr individuell und abhängig von Standort

*Pyrotec*

Grafik 1 Darstellung des Zwischenlagerungsprozesses

## 4.2 Erkenntnisse aus den Gesprächen mit diversen Akteuren

Um die Möglichkeiten der Abfall-Zwischenlagerung und deren Einfluss auf die saisonale Verbrennung besser zu verstehen, wurden Gespräche mit verschiedenen Akteuren aus der Abfallwirtschaft geführt. Dazu gehören Betreiber von Kehrichtverwertungsanlagen (KVA), Recyclingunternehmen, Ballierungsspezialisten, Deponiebetreiber und weitere Unternehmen, die sich mit der Lagerung und Verarbeitung von Abfällen befassen. Die Gespräche verdeutlichten, dass nicht die Menge lagerfähiger Abfälle die zentrale Herausforderung darstellt, sondern vielmehr Fragen der Lagerkapazität, der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der gesetzlichen Vorgaben.

### 4.2.1 Abfallarten und Mischungen

Aktuell werden für die Zwischenlagerung Siedlungsabfälle mit Direktanlieferungen (insbesondere mit brennbaren Reststoffen aus dem Bauwesen wie Kunststoff, Textilien, verarbeitetes Holz und Karton) gemischt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass ein zu hoher Anteil an Siedlungsabfällen aufgrund des hohen organischen Anteils zu Geruchsemissionen führen kann. Während eine Mischung von 50 % Siedlungsabfall und 50 % Direktanlieferungen technisch möglich wäre und teilweise auch so umgesetzt wird, wird aus geruchstechnischen Gründen eher ein Anteil von 30 % bis maximal 40 % Siedlungsabfall empfohlen. Umgekehrt führt ein zu geringer Anteil von Siedlungsabfällen zu kompressibleren Ballen und die gewünschte Stapelhöhe kann aus Gründen der Stabilität nicht erreicht werden. Die korrekte Zusammensetzung erfordert daher ein hohes *Savoir-Faire*.

Die Abfallmengen, die aktuell gelagert werden, variieren je nach Standort stark. Während an einigen kleineren Standorten etwa 3'000 Tonnen pro Jahr gelagert werden, gibt es auch grössere Plätze, die bis zu 15'000 Tonnen fassen. In einem der grösseren Lagerplätze werden aktuell rund 22'000 Ballen aufbewahrt. Bei der Lagerung kommen verschiedene Ballenformate zum Einsatz:

- Rundballen mit einem Gewicht von 600 – 700 kg, die bis zu neun Ballen hoch gestapelt werden
- Quaderballen mit rund 1'200 kg pro Einheit, die bis zu acht Ballen hoch gestapelt werden.

### 4.2.2 Ziele der Zwischenlagerung

Einige KVA betreiben bereits heute eine kleine saisonale Zwischenlagerung, indem sie Abfälle aus Revisionen oder ungeplanten Ausfällen ballieren und bis in den Winter aufbewahren. Dies hilft insbesondere, saisonale Engpässe während der Ferienzeiten oder an den Weihnachtstagen auszugleichen. Das zentrale Ziel dieser Lagerung ist die Sicherstellung einer kontinuierlichen thermischen Verwertung, insbesondere während der festtagsbedingten Schwankungen im Dezember und Januar.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Flexibilität: Durch die Lagerung bleibt der Abfall verfügbar und kann kurzfristig verarbeitet werden, wenn Kapazitäten frei werden. Dies ist besonders für KVA mit kleinen Bunkern von Vorteil, da diese weniger Pufferkapazität haben als grössere Anlagen. Gleichzeitig ermöglicht die

Zwischenlagerung auch eine umgekehrte Flexibilität. Im Falle von Notfällen oder während geplanter Revisionen kann die KVA sicherstellen, dass keine Kunden abgewiesen werden müssen. In der Vergangenheit wurden zudem insbesondere während der Strompreisspeaks im Zuge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine gezielte Lager angelegt, um bereits vermarktete Strommengen auch bei Engpässen sicher liefern zu können. Hier war ein hoher Preisdruck bzw. mögliche Kostenfolgen der Auslöser.

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass viele KVA im Winter bereits unter Volllast betrieben werden und kaum über freie Verbrennungskapazitäten verfügen. Dies wirft die Frage auf, wo und wie zwischengelagerte Abfälle optimal verwertet werden können, um das bestehende System bestmöglich zu entlasten.

#### 4.2.3 Herausforderungen bei der Lagerung

Eine zentrale Hürde für die Lagerung stellt der Platzbedarf dar. Geeignete Standorte zu finden, die sowohl den gesetzlichen Anforderungen entsprechen als auch wirtschaftlich sinnvoll betrieben werden können, ist eine der grössten Herausforderungen. Die wichtigsten Anforderungen sind:

- **Lagerbedingungen:** Während viele Abfälle weiterhin im Aussenlager gestapelt werden, zeigt sich, dass diese Art der Lagerung Nachteile mit sich bringt. UV-Strahlung, Wind und Krähen oder Mäuse können die Materialqualität der Folien beeinträchtigen, zudem sind die Geruchsentwicklung und mögliche Vergärungsprozesse problematisch. Ausserdem müssen die Lagerflächen entsprechend befestigt und mit Ableitungen ausgestattet werden, die eine Entwässerung in die Kanalisation ermöglichen. Somit können Deponien des Typs D und E als geeignete Standorte in Erwägung gezogen werden, da sie häufig über die notwendige Infrastruktur verfügen.
- **Brandschutz:** Die Gefahr von Bränden ist ein wesentlicher Risikofaktor, insbesondere wenn Lagerplätze nicht ausreichend gesichert sind oder aufgrund unsachgemäss gelagerter Materialien (inkl. Fehlwürfe durch die Abfallverursachenden). Die grösste Brandgefahr besteht jedoch meist beim Schreddern, bevor die Abfälle zu Ballen gepresst werden
- **Technische Anforderungen:** Quaderballen sparen zwar Platz, erfordern aber ein nachträgliches Schreddern vor der Verwertung. Stationäre Ballenpressen, geeignete Bodenbefestigungen und Aufbereitungshallen sind wichtig für eine nachhaltige Lagerlösung.

#### 4.2.4 Wirtschaftliche Kosten und Aspekte

Die Kosten für die Lagerung und Verarbeitung von Abfällen sind ein entscheidender Faktor für die Umsetzbarkeit. Eine zentrale Erkenntnis aus den Gesprächen ist, dass Zwischenlagerung nur dann betrieben wird, wenn sie wirtschaftlich sinnvoll ist oder es keine Alternativen gibt, beispielsweise bei Notfällen oder ungeplanten Stillständen von KVA.

Die Gesamtkosten setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen:

- **Transportkosten:** Die Transportkosten sind sehr individuell und variieren je nach Fahrdistanz und Region stark.
- **Ballenproduktion und Lagerung:** Je nach Standort und Handling variieren die Kosten zwischen 30 und 55 CHF pro Ballen.
- **Gesamtkosten:** Inklusiv Transport, Schreddern, Pressen und Folieren belaufen sich die Kosten auf 70 bis 100 CHF pro Tonne.
- **Zusätzliche Kosten:** Besondere Anforderungen, wie die Abdichtung der Lagerfläche oder der Bau von Windschutzanlagen, können die Gesamtkosten weiter erhöhen.

#### 4.2.5 Zukunftsperspektiven aus den Gesprächen und Optimierungspotential

Mittel- bis langfristig könnte die Zwischenlagerung von KVA-Abfällen ausgebaut werden, wenn die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen passen und die notwendige Infrastruktur vorhanden ist. Dafür ist auch eine langfristige Planung von Anlagen und bessere Abstimmung zwischen Deponien und thermischer Verwertung notwendig.

### 4.3 Aktuelle Situation KVA

Die primäre Aufgabe einer KVA besteht in der umweltschonenden thermischen Verwertung von Abfällen. Dies umfasst sowohl die Entsorgungsfunktion als auch die optimale energetische Nutzung der Abfälle,

was beides in der VVEA rechtlich vorgeschrieben ist. Dabei strebt eine KVA eine vollständige Auslastung an. Die Finanzierung erfolgt grösstenteils über die Annahmepreise für Abfälle, die etwa zwei Drittel der Einnahmen ausmachen. Da die inkompressiblen, mengenunabhängigen Kosten den grössten Teil des Finanzaufwands einer KVA ausmachen, führen zusätzliche verbrannte Abfallmengen zu höheren Einnahmen. Ein weiteres Drittel der Einnahmen wird durch den Energieverkauf (Wärme und Strom) erzielt. Weil sich die KVA primär über die Abfallverbrennung finanziert, ist der finanzielle Anreiz für eine saisonale Verlagerung der Auslastung bislang gering, da dies nicht dem ursprünglichen Geschäftsmodell einer KVA entspricht [8]. Insbesondere aufgrund des starken Ausbaus der Fernwärmenetze, die von KVA versorgt werden, könnten diese Anreize mit dem steigenden Wärmebedarf zunehmen.

#### **4.4 KVA Typen**

Die Berechnung der Potentiale und der Nutzen der Lagerung von Abfällen hängt stark vom Fernwärmebedarf und der Prozessdampfauskopplung der KVA ab. Deswegen wurden vier verschiedene KVA-Typen mit jeweils unterschiedlicher Wärmenachfrage definiert.

Die Typisierung erfolgt grundsätzlich nach dem Netto-Wärmenutzungsgrad. Das bedeutet, die Einteilung basiert darauf, ob die KVA primär Strom oder Wärme produziert.

##### **Typ 1: KVA im Industrieverbund**

Diese KVA haben einen hohen Anteil an Dampfkunden (> 50 % der Wärmeabgabe) und geben dadurch das ganze Jahr Prozesswärme (150 – 250 °C) ab. Der Gesamtwärmebedarf liegt stets nahe an der ganzjährig konstanten, maximal möglichen auskoppelbaren Leistung. Typischerweise benötigen diese Anlagen konstante Abfallmengen, um die ganzjährige Prozesswärme bereitzustellen.

Im Jahr 2023 werden 8 KVA diesem Typ zugeordnet, die etwa 30 % der verbrannten Abfallmenge ausmachen. Ein typisches Beispiel ist die KVA Gamsen.

##### **Typ 2: Fernwärme-KVA**

Diese KVA haben eine hohe Fernwärme-Verwertung, d.h. sie sind an grosse Fernwärmenetze angeschlossen, welche ihre Spitzenlasten im Winter typischerweise durch zusätzliche Energiequellen decken (i.d.R. fossile Spitzenlastkessel). Die KVA-Typ 2 geben das ganze Jahr Fernwärme ab, im Sommer jedoch deutlich weniger. Der Nettowärmenutzungsgrad liegt bei über 35 %. Mit dem Ausbau der Fernwärmenetze gehören in naher Zukunft die meisten KVA zu diesem Typ. Aktuell werden 8 KVA diesem Typ zugeordnet, die etwa 30 % der verbrannten Abfallmenge ausmachen. Ein typisches Beispiel ist die KVA Hagenholz.

##### **Typ 3: Wärme/Strom-KVA**

Diese KVA geben im Sommerhalbjahr deutlich weniger Fernwärme ab und fokussieren sich auf die Stromproduktion. Meistens verfügen sie nur über kleine Fernwärmenetze. Sie passen ihre Produktion an den saisonalen Fernwärmebedarf an und produzieren im Sommer effizient Strom. Ihr Nettowärmenutzungsgrad liegt zwischen 17 % und 27 %. Insgesamt werden 7 KVA diesem Typ zugeordnet, die etwa 25 % des verbrannten Abfalls ausmachen. Mit dem Ausbau der Fernwärmenetze werden KVA, die heute Typ 3 entsprechen, zunehmend dem Typ 2 zugeordnet, sodass der Anteil an KVA-Typ 3 abnimmt. Ein typisches Beispiel ist die KVA Winterthur.

##### **Typ 4: Strom-KVA**

Diese KVA produzieren effizient und ganzjährig Strom, da Wärmeabnehmer in ihrer Umgebung nur begrenzt vorhanden sind. Ihr Netto-Wärmenutzungsgrad liegt unter 17 %. Derzeit gehören 6 KVA diesem Typ an, die etwa 16 % der verbrannten Abfallmenge ausmachen. In Zukunft wird der Anteil der KVA dieses Typs aufgrund des Fernwärmeausbaus – analog zu Typ 3 – voraussichtlich weiter abnehmen. Ein typisches Beispiel ist die Kezo Hinwil.

#### 4.4.1 Energieproduktion je KVA Typ

Die nachfolgende Tabelle zeigt den jährlichen Energieverkauf und die verbrannte Abfallmenge pro KVA-Typ. Dabei wird deutlich, dass die unterschiedlichen Typen der KVA stark variierende Schwerpunkte in der Energieerzeugung haben, was sich in der Verteilung von Wärme- und Stromverkauf widerspiegelt.

	Wärmeverkauf (MWh/a)	Stromverkauf (MWh/a)	Verbrannte Abfallmenge (t/a)
Typ 1: KVA im Industrieverbund (8)	1'312'760	480'150	1'145'550
Typ 2: Fernwärme-KVA (8)	1'745'890	367'610	1'149'815
Typ 3: Wärme / Strom – KVA (7)	714'810	469'930	973'088
Typ 4: Strom-KVA (6)	214'150	332'580	652'349

Tabelle 1: Energieverkauf und verbrannte Abfallmenge 2023 der jeweiligen KVA-Typen [7]

## 5. Abschätzung des Energiepotentials

Für die Abschätzung des Potentials an Abfällen, deren Nutzung vom Sommer in den Winter verlagert werden kann, wurden verschiedener Herausforderungen berücksichtigt. Dabei wurde keine Machbarkeitsanalyse durchgeführt, sondern ausschliesslich das theoretische Potential betrachtet. Ziel ist es, die mögliche Energiemenge zu quantifizieren, die durch eine Verschiebung der Energieproduktion durch Verbrennung von Abfall vom Sommer in den Winter aus dem gelagerten Abfall gewonnen werden könnte. Diese hierdurch ermittelten Grössenordnungen erlauben es weitere Analysen gezielt auszurichten. Es ist zu beachten, dass die ermittelten Mengen, je nach Potentialtyp, durch geeignete Massnahmen und den Abbau von Hürden auch noch vergrössert werden können.

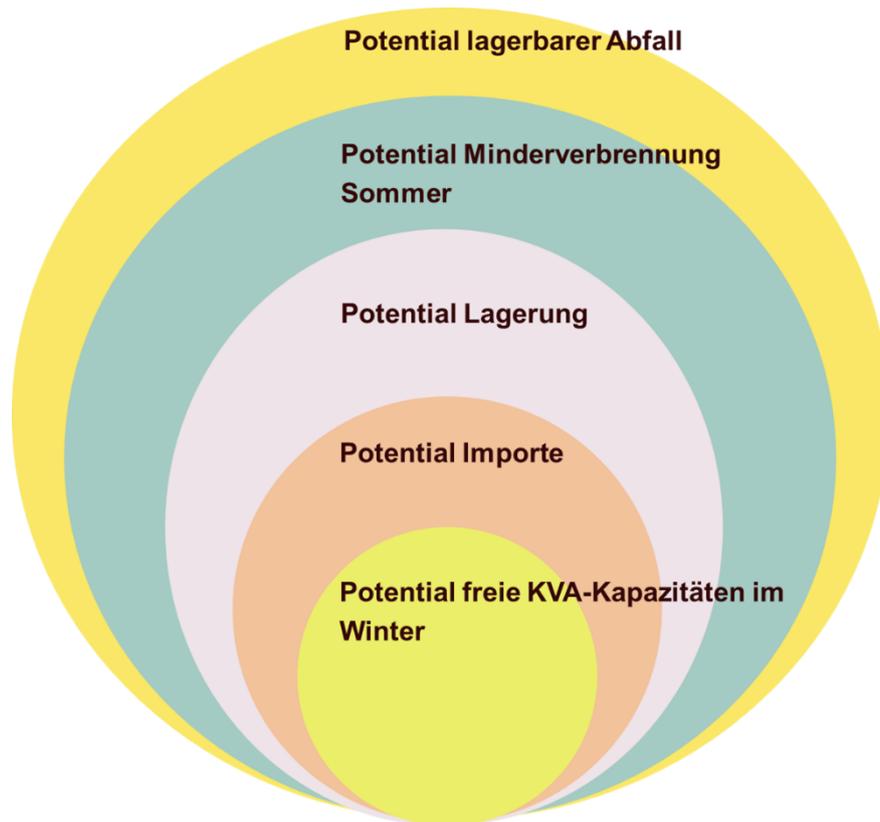


Abbildung 2 Darstellung der analysierten Potentiale

### 5.1 Potential lagerbarer Abfall

Hier wird das theoretische Potential der Abfälle, die für die Zwischenlagerung geeignet wären, betrachtet. Limitierungen wie verfügbare Lagerflächen oder KVA-Kapazitäten werden dabei vernachlässigt. Im Fokus steht die Abfallseite, also die Frage, welche Mengen technisch balliert und zwischengelagert werden könnten, wenn es keine sonstigen Einschränkungen gäbe und unabhängig davon, ob es sinnvoll wäre. Basierend auf bestehenden Anlieferungsstrukturen wurden folgende Annahmen getroffen:

- 60 % der Direktanlieferungen sind für die Ballierung geeignet.
- Die Ballen setzen sich konservativ geschätzt aus 70 % Direktanlieferungen und 30 % kommunalen Anlieferungen zusammen.

Zur Abschätzung wurde der Datensatz aus dem Bericht „Energetische Kennzahlen der Schweizer KVA“ [7] herangezogen, wobei ein Durchschnitt über die letzten sechs Jahre (2018–2023) gebildet wurde. Es ergibt sich ein theoretisches Potential von **1'460'000 t/a Abfall**, welches zwischengelagert werden könnte. Dieses Potential ist jedoch rein hypothetisch, da in der Realität weder ausreichend Lagerflächen noch genügend KVA-Kapazitäten vorhanden wären, um diese Mengen tatsächlich zwischenzulagern und später zu verwerten. Da die verfügbaren Abfallmengen in Bezug auf ihre Lagerbarkeit jedoch deutlich nicht der limitierende Faktor sind, wird auf detailliertere Nachforschungen an dieser Stelle verzichtet.

### 5.2 Potential Minderverbrennung Sommer

Dieses Potential beschreibt die Abfallmenge, welche durch Reduktion der KVA-Auslastung in den Sommermonaten für die Zwischenlagerung bis in den Winter zur Verfügung steht.

Der Fokus liegt dabei auf der Optimierung der Energieproduktion, da im Winter eine höhere Energienachfrage als im Sommer besteht. Durch eine gezielte Reduktion der Verbrennung im Sommer können Zeiten mit niedrigem Energiebedarf genutzt werden, um den Abfall zu lagern und im Winter, bei gesteigertem Bedarf zu verwerten. Dies würde die Energieproduktion an den saisonalen Bedarf annähern. Dieses Potential wird in Kapitel 6.1 vertieft betrachtet.

### 5.3 Potential Lagerung

Das Potential Lagerung beschreibt die Abfallmenge, welche sich in Form von Abfallballen auf Deponien des Typs D lagern liesse. Solche Flächen sind nur limitiert verfügbar und schränken das Potential ein. Es wird anhand der von den Deponiebetreibern ausgewiesenen verfügbaren Flächen abgeschätzt. Diese Verfügbarkeit kann unter anderem durch die sowieso notwendige Schaffung von neuem Deponieraum Typ D oder durch die Anpassung regulatorischer Rahmenbedingungen beeinflusst werden, zum Beispiel durch eine einheitliche nationale Vorgabe zur Zwischenlagerung, die solche Flächen rechtlich und praktisch nutzbar macht. Durch die Zwischenlagerung auf einer Deponie entstehen zusätzliche Transportwege, diese sind nach Möglichkeit mit anderen Transportfahrten zu kombinieren. Dieses Potential wird in Kapitel 6.2 vertieft betrachtet.

### 5.4 Potential Importe

KVA importieren Abfälle, zum einen, weil entsprechende langfristige Verträge mit grenznahen Regionen bestehen, zum anderen um die Verbrennungskapazität auszulasten. Dieses Potential schätzt die Menge ab, welche im Winter zum Kapazitätsausgleich importiert wird. Im Fokus steht dabei die Frage, welche Mengen an importierten Abfällen durch diese saisonale Verschiebung ersetzt werden könnten, unabhängig davon, ob dies in der Praxis sinnvoll oder umsetzbar wäre.

Basierend auf bestehenden Anlieferungsstrukturen [7] (Durchschnitt der letzten sechs Jahre) wurden folgende Mengen abgeschätzt:

- Importierte Abfälle, die als Direktanlieferungen klassifiziert werden und über die Jahre in kleineren Mengen unregelmässig importiert wurden, können durch im Sommer gelagerte Abfälle ersetzt werden.

Basierend auf diesen Annahmen wurde ein Potential von **42'000 t/a Abfall** ermittelt. In diesem Fall würde insgesamt über ein Jahr betrachtet weniger Abfall verbrannt werden, da weniger importiert werden würde. Es handelt sich dabei um ein rein hypothetisches Potential. Für eine weitere Vertiefung wäre ein Austausch mit den KVA erforderlich, um die importierten Abfälle korrekt zu klassifizieren, insbesondere im Hinblick darauf, ob sie vorwiegend zur flexiblen Kapazitätsauslastung eingesetzt werden.

### 5.5 Potential freie KVA-Kapazität im Winter

Dieses Potential schätzt ab, wie gross die verfügbaren freien Kapazitäten in den Schweizer KVA sind, damit sie genutzt werden können, um die zwischengelagerten Abfälle bedarfsgerecht thermisch zu verwerten. Grundlage der Abschätzung ist die Differenz zwischen der aktuell verbrannten Abfallmenge und der errechneten maximalen Verbrennungskapazität, basierend auf einem Durchschnitt der letzten sechs Jahre (2018–2023) [7]. Dabei wird sowohl eine Variante mit als auch eine ohne Berücksichtigung der kantonalen politischen Limiten analysiert. Solche Limiten legen fest, wie viel Abfall pro Jahr in einer KVA verbrannt werden darf. In einigen Kantonen werden sie jeweils an das prognostizierte Abfallaufkommen angepasst, um zum Beispiel allfällige Importe zu verhindern.

## 6. Vertiefung von drei Potentialen

Im Rahmen einer Begleitgruppensitzung wurden die fünf Potentiale diskutiert. Dabei wurde entschieden, sich auf die Potentiale «Minderverbrennung im Sommer», «Lagerung» und «freie KVA-Kapazität im Winter» zu konzentrieren. Nur anhand der Vertiefung dieser Schritte lässt sich schlussendlich der gesamte Prozess der saisonalen Verlagerung der Energieverwertung der Abfälle darstellen und somit das Energiepotential ermitteln. Für die Abschätzung des Energiepotentials wurde ein durchschnittlicher Heizwert des Abfalls von 12.06 GJ / t Abfall beziehungsweise 3.35 MWh / t Abfall angenommen. Dieser Heizwert orientiert sich an den Aussagen der befragten Akteure sowie am durchschnittlichen Heizwert aller Schweizer KVA.

Bei der Abschätzung des Energiepotentials wurde die Wärmenutzung gegenüber der Stromproduktion priorisiert. Es wird angenommen, dass der zwischengelagerte Abfall im Winter in einer «Fernwärme-KVA» (Typ 2) verbrannt wird. Der Energiegehalt der Abfälle wird also zu grossen Teilen in Form von Wärme in

Fernwärmenetzen genutzt, wobei – sozusagen als Nebenprodukt – auch die Stromproduktion leicht gesteigert wird. Eine Abschätzung auf Basis von typischen KVA-Kennzahlen ergibt einen Wärmenutzungsgrad von 52 % und einem Stromnutzungsgrad von 9 % bezogen auf den durchschnittlichen Heizwert einer Tonne Abfall (Details zur Abschätzung siehe Kapitel 7.2).

### Input Verbrennungskapazität KVA

Der maximale Brennstoffdurchsatz einer KVA (d. h. die Menge an Abfall, die pro Zeiteinheit verbrannt werden kann) hängt vom Heizwert des Abfalls sowie von der maximalen thermischen Auslegung der Ofenlinie ab. Je höher der Heizwert, desto weniger Abfall (t/h) wird benötigt, um die maximale Leistung zu erreichen (siehe [Abbildung 3](#)).

Der Arbeitsbereich, in welchem eine KVA betrieben werden kann, ist durch eine minimale und maximale Brennstoffwärmeleistung begrenzt. Diese Leistungen hängen von der thermischen Auslegung der Ofenlinie ab. Die KVA können sowohl im normalen Arbeitsbereich als auch kurzfristig im Überlastbereich betrieben werden. Ein Betrieb ausserhalb des normalen Arbeitsbereichs, sei es im Über- oder Unterlastbereich, ist nur begrenzt möglich.

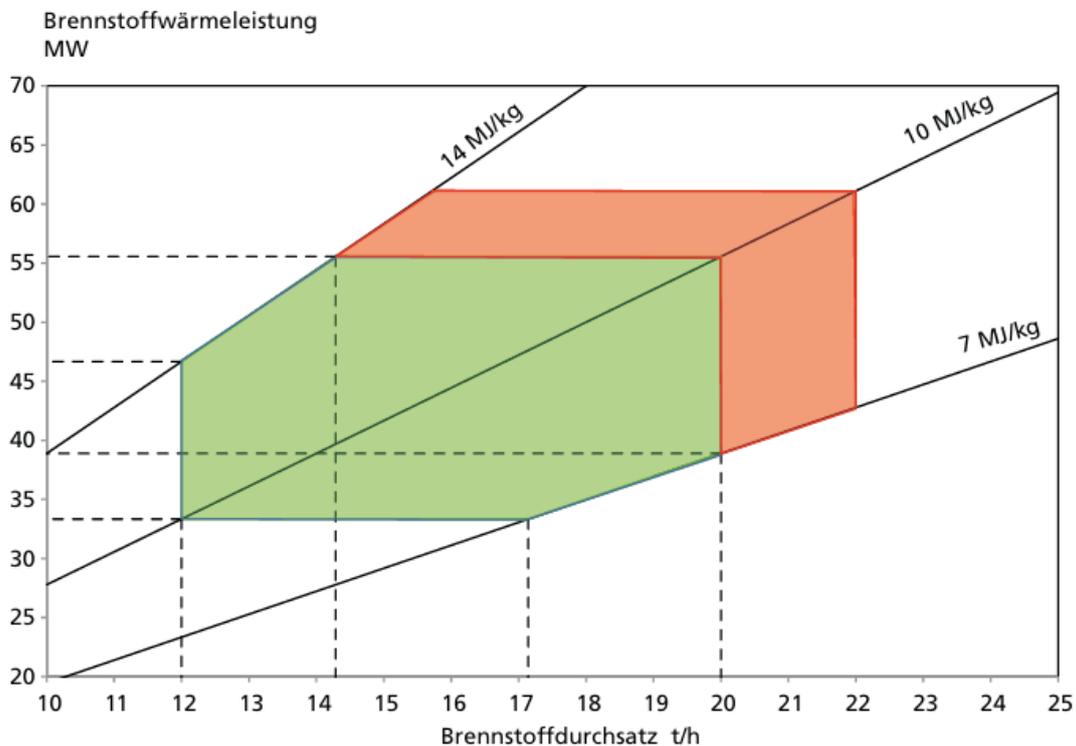


Abbildung 3: Feuerleistungsdiagramm [1]

## 6.1 Potential Minderverbrennung Sommer

Dieses Potential beschreibt die Abfallmenge, welche durch Reduktion der KVA-Auslastung in den Sommermonaten für die Zwischenlagerung bis in den Winter zur Verfügung steht. Ein positiver Nebeneffekt dieser Minderverbrennung ist, dass weniger Strom bei tiefen bis negativen Strompreisen eingespeist wird. Die Abschätzungen wurden anhand der untenstehenden Szenarien vorgenommen.

### 6.1.1 Überschuss aus Minderverbrennung im Sommer

Grundlage der Berechnung ist die Annahme, dass KVA ohne Prozessdampfkunden (Typ 2–4) in den drei Sommermonaten nur mit einer Auslastung von 70 % der Verbrennungskapazität betrieben werden. Wenig-

ger als 70 % über einen längeren Zeitraum ist in einer durchschnittlichen Schweizer Anlage technisch herausfordernd und könnte den Anlagenbetrieb gefährden. Auf dieser Basis wurde ein mögliches Mengenpotential von **204'000 t / a Abfall** abgeschätzt.

#### 6.1.2 Überschuss aus längerer Revision im Sommer

Bei dieser Erweiterung des Potentials Minderverbrennung Sommer wird davon ausgegangen, dass die Strom-KVA (Typ 4) ihre Revision in die Monate Juli und August verlegen und diese auf vier Wochen (anstatt zwei bis drei Wochen pro Jahr) verlängern. Der Fokus liegt auf diesem Anlagentyp, da er in den Sommermonaten keine Wärmelieferungen erbringen muss, wie es beispielsweise bei KVA mit grossen Fernwärmenetzen der Fall ist, die auch im Sommer Wärme für Warmwasser bereitstellen. Die dann anfallende Abfallmenge soll zu 70 % balliert und zwischengelagert werden, da nicht die gesamte angelieferte Menge lagerfähig ist. Im Winter sollte der zwischengelagerte Abfall in einer KVA mit optimiertem Wärmeoutput (Typ 2) verbrannt werden. So wird ein mögliches Mengenpotential von **40'000 t / a Abfall** abgeschätzt.

#### 6.1.3 Kombination Minderverbrennung und längere Revision im Sommer

Zusätzlich wurde eine mögliche Kombination der beiden Szenarien betrachtet. Zum einen betreiben die KVA Typ 2-4 in den Sommermonaten die Anlage nur mit einer Mindestauslastung von 70 %, und zusätzlich wird die Revision bei den KVA Typ 4 in die Sommermonate gelegt und auf vier Wochen verlängert. Mit einem kombinierten Ansatz dieser beiden Szenarien ergibt sich ein mögliches Potential von **227'000 t / a Abfall**.

#### 6.1.4 Überschuss aus Hot-Standby Betrieb im Sommer

Eine weitere Möglichkeit, im Sommer weniger Abfall zu verbrennen, wäre ein sogenannter «Hot-Standby-Betrieb» der KVA [9]. Die Idee dieses Ansatzes ist es, in Phasen tiefer bis negativer Strompreise (z.B. am Wochenende) die Verbrennung von Abfall einzustellen, die Ofenlinie jedoch wird elektrisch warmgehalten, um sie schnell und ohne zusätzliche Umweltbelastungen wieder hochfahren zu können.

So könnte die Anlage während der Sommermonate im 5 / 7-Tage-Betrieb laufen, sodass sie nur unter der Woche Abfall verbrennt und Energie produziert, während sie an den Wochenenden elektrisch warmgehalten wird. Die Abschätzung dieses Potentials beruht auf der Annahme, dass die KVA ohne Prozessdampfkunden (Typ 2-4) in den Sommermonaten (an 15 Wochenenden, d.h. 720 Stunden pro Jahr) einen solchen Hot-Standby-Betrieb fahren. Die Fernwärme-Lieferungen einzelner KVA im Sommer wurden bei dieser Abschätzung noch nicht berücksichtigt und müssten individuell rausgerechnet werden bzw. durch andere Wärmequellen erfolgen.

Die dabei nicht verbrannte Abfallmenge beläuft sich auf **244'000 t / a**, die zwischengelagert und im Winter verbrannt werden könnte. Der angelieferte Abfall könnte unter der Woche so triagiert werden, dass die gesamte Menge, die an den Wochenenden nicht verbrannt wird, verarbeitet werden kann.

## 6.2 Potential Lagerung

Bei diesem Potential wurde der Fokus auf die möglichen freien Lagerflächen gelegt. Eine Umfrage bei allen Betreibenden einer Deponie Typ D hat ergeben, dass aktuell rund 28'000 m<sup>2</sup> Deponiefläche für eine Zwischenlagerung von Abfallballen genutzt werden könnten. Die Verfügbarkeit in fünf Jahren ist praktisch gleichbleibend. Die verfügbaren Flächen sind gemäss Abbildung 4 auf vier Deponien verteilt.

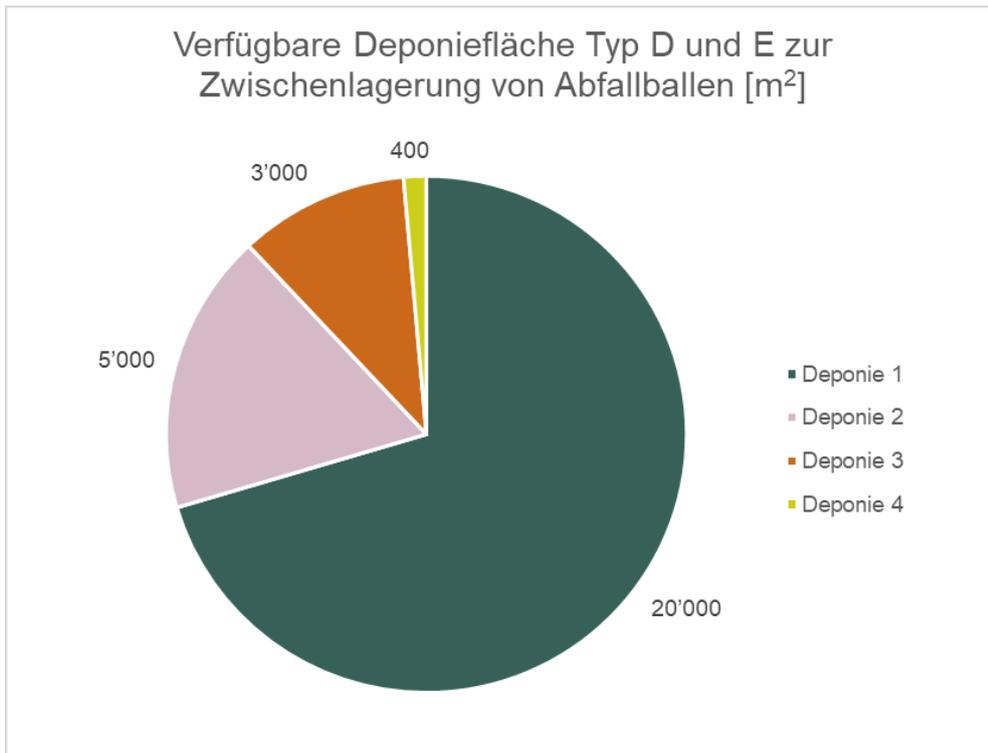


Abbildung 4 Verfügbare Deponieflächen Typ D und E

Nebst den Standorten in Abbildung 4 gibt es drei Deponien, welche bereits ballierte Abfälle zwischenlagern. Dies sind Deponien in den Kantonen Bern, Zürich und St. Gallen. Die bereits zur Zwischenlagerung genutzten Flächen auf Deponien werden in der Berechnung des Mengenpotentials nicht berücksichtigt. Zur Berechnung des Potentials wird ein Gewicht von 700 kg pro Abfallballen angenommen. Zur Ermittlung der Anzahl Ballen (Rundballen, Durchmesser 120cm) wird ein Tool von Flexus Balasystem AB<sup>1</sup>, einem Hersteller von Ballenverpackungssystemen, verwendet. Es wird konservativ eine Stapelung mit acht Schichten angenommen. In der Praxis gibt es teilweise aber auch Stapelungen mit neun Schichten, siehe dazu beispielsweise Abbildung 5. So ergibt sich eine Zwischenlagerkapazität von rund **100'000 Tonnen pro Jahr** auf den vier verschiedenen Deponien Typ D.



Abbildung 5 Zwischenlager von Abfallballen (Bild: Zur Verfügung gestellt durch Prestaball Sàrl).

<sup>1</sup> Abrufbar unter: [Eine skalierbare Lösung für Ihre Bedürfnisse - Flexus Balasystem AB](#) zuletzt am 12.03.2025.

Im Rahmen der Umfrage haben die Deponiebetreibenden auch die aus ihrer Sicht vorhandenen Chancen, Bedenken und Hindernisse geschildert. Nachfolgend eine Zusammenstellung von Rückmeldungen:

- Der Deponiebetrieb ist nicht auf die Zwischenlagerung ausgerichtet oder die Betriebsbewilligung erlaubt keine Zwischenlagerung von Abfällen.
- Ein Zwischenlager kann nur während ein paar Monaten an derselben Stelle platziert sein. Ansonsten wird die Betriebsweise der kontinuierlichen Auffüllung einer Deponie eingeschränkt.
- Eine Zwischenlagerung von Abfällen auf Typ D Deponien wäre sinnvoll, jedoch sind schweizweit aktuell die Deponiekapazitäten nicht nachhaltig sichergestellt.
- Um Leerfahrten zu vermeiden, wird der Transport von zwischengelagerten Abfallballen zur KVA mit dem Transport von Schlacke zur Deponie kombiniert.

Eine wie oben beschriebene Optimierung der Transportwege ist jedoch nicht immer umsetzbar, denn die Konstruktion der Schlackencontainer ist nicht bei jeder KVA für den Transport von Abfall geeignet.

### 6.3 Potential freie KVA-Kapazität im Winter

Das letzte Potential zeigt die freien Verbrennungskapazitäten auf, die in den KVA zur Verfügung stehen, um zwischengelagerte Abfälle zu verbrennen. Grundlage der Abschätzung ist die Differenz zwischen der aktuell verbrannten Abfallmenge und der maximalen Verbrennungskapazität, basierend auf dem Durchschnitt der letzten sechs Jahre (2018-2023) [7].

Die Verbrennungskapazität errechnet sich aus den Auslegungsleistungen der Öfen, dem Heizwert der jeweiligen Anlage, den geplanten Betriebsstunden und den kantonalen Beschränkungen. Die politischen Limiten sind meistens darauf ausgelegt, dass sie sich an das prognostizierte Abfallaufkommen anlehnen und so beispielsweise Importe vermeiden. Die politischen Limiten beziehen sich auf Jahresmengen, wodurch saisonale Schwankungen bei der Abfallverbrennung möglich sind.

Aus der Differenz der aktuell verbrannten Abfallmenge der letzten sechs Jahre und der errechneten Verbrennungskapazität ergibt sich ein negatives Potential von -2'700 t/a, da verschiedene KVA in den letzten Jahren auch Überlast gefahren sind. Wenn man jedoch die politischen Limiten weglässt und nur die theoretisch errechneten Verbrennungskapazitäten berücksichtigt, ergibt sich ein Potential **von 106'000 t / a Abfall**. So könnten pro Winter zusätzlich **185 GWh Wärme in Fernwärmenetze und 30 GWh Winterstrom eingespeist** werden.

Die Nutzung dieser «freien» Kapazitäten wird jedoch durch mehrere Einschränkungen limitiert. Bei einer vollständigen Auslastung bleibt keine Reserve mehr für unvorhergesehene KVA-Ausfälle. Zudem müssten Abfallmengen zwischen den KVA verschoben werden.

Dieses Potential zeigt, dass die Nutzung aktuell freier Kapazitäten eine mögliche Option darstellen könnte. Es erfordert jedoch eine genaue Abstimmung zwischen den KVA-Betreibenden und den Behörden, um langfristige Betriebssicherheit und Flexibilität unter Berücksichtigung der politischen Vorgaben zu gewährleisten. Vorhandene Überkapazitäten würden dafür nicht beschränkt, sondern für eine gezielte optimierte Bewirtschaftung geöffnet werden.

### 6.4 Zwischenfazit

Die beiden letzten Potentiale zeigen, dass die saisonal verschiebbare Abfallmenge hauptsächlich durch die begrenzten Lagerflächen und die freien KVA-Kapazitäten eingeschränkt ist. **Insgesamt ergibt sich aus den beiden Potentialen eine verlagerbare Abfallmenge von rund 100'000 t pro Jahr**. Bei der Berechnung des Energiepotentials dieser Menge wurde die Wärmenutzung gegenüber der Stromproduktion priorisiert. Dadurch könnten im Winter rund **173 GWh Wärme** in Fernwärmenetze und **28 GWh Strom** eingespeist werden.

## 7. Wirtschaftlichkeit

Für die Analyse der Wirtschaftlichkeit wurden einerseits die Kosten für den Lagerungsprozess und andererseits die finanziellen Auswirkungen aufgrund der zeitlich verschobenen Energienutzung der gelagerten Abfälle betrachtet. Für die Wirtschaftlichkeit ist von entscheidender Bedeutung, ob die zusätzliche Wärmenutzung im Winter anhand der effektiven Kosten für fossile Brennstoffe (die substituiert werden können) oder anhand eines ganzjährigen Wärmetarifs vergütet wird.

Für die Abschätzung mussten diverse Annahmen getroffen werden. Diese Annahmen basieren auf Erfahrungswerten aus internen Projekten oder Angaben aus Interviews. Die Annahmen wurden intern plausibilisiert im Hinblick auf eine generelle Betrachtung für KVA-Betreibende in der Schweiz. Bei einer konkreten Umsetzung sind allerdings jeweils die vor Ort geltenden Bedingungen und Preise zu berücksichtigen.

### 7.1 Kosten der Lagerungsprozesse

Die Kosten des Lagerungsprozesses wurden durch Gespräche mit verschiedenen Akteuren sowie durch Recherchen von Ryttec geschätzt. Gemäss den Aussagen der befragten Akteure können die gesamten Kosten für den Zwischenlagerungs-Prozess zwischen etwa 70 CHF/t und 100 CHF/t liegen. Um diese Kosten nachvollziehbar darzustellen, wurde basierend auf folgenden Annahmen eine Kostenaufstellung erstellt (siehe Tabelle 2):

- Die Standortkosten basieren auf Informationen aus Gesprächen mit Akteuren, die bereits Abfall zwischenlagern.
- Es wurde eine durchschnittliche Transportdistanz von 30 km angenommen.

Untenstehende Tabelle enthält eine Schätzung der Kosten mit oben genannten Annahmen für den Lagerungsprozess von Abfällen.

Kostenübersicht Zwischenlagerung			
Kategorie	Beschreibung	Fixe Kosten (CHF)	Variable Kosten (CHF) für 13'000 t gelagerte Abfälle
Anlagenanschaffungen, Betrieb	Ballenpresse	CHF 50'000.00	CHF 14'000.00
Anlagenanschaffungen, Betrieb	Schredder	CHF 30'000.00	CHF 20'000.00
Standortkosten	Miete	CHF 400'000.00	
Personalkosten	Personal		CHF 30'000.00
Transportkosten (30km)	Fahrzeugkosten, Kraftstoff, Fahrer:in		CHF 350'000.00
<b>Gesamtkosten</b>			<b>CHF 890'000.00</b>
<b>Kosten pro Tonne Abfall</b>			
Gelagerte Menge Abfall		13'000	
<b>Kosten pro Tonne Abfall</b>	<b>CHF / t</b>	<b>70.00</b>	

Tabelle 2 Kostenabschätzung der Zwischenlagerung

Tabelle 2 zeigt auf, dass die Kosten für die Zwischenlagerung von Abfall stark variieren können, abhängig von Faktoren wie Standortkosten und Transportdistanzen:

- **Standortabhängige Kosten:** Die Platzkosten für die Zwischenlagerung können je nach Standort erheblich schwanken, was auf unterschiedliche Bodenpreise und Verfügbarkeiten zurückzuführen ist.
- **Transportkosten als Einflussfaktor:** Mit der Annahme einer Transportdistanz von 30 km wird ersichtlich, dass auch die Logistikkosten eine relevante Rolle spielen. Kürzere Distanzen könnten die Gesamtkosten weiter senken.

## 7.2 Auswirkungen der Energieverwertung der Abfälle im Winter statt im Sommer

Werden Abfälle durch die Zwischenlagerung neu im Winter anstatt im Sommer verbrannt, müssen bei der Wirtschaftlichkeit diverse Einflussgrössen sorgfältig analysiert und bilanziert werden. In den Abschätzungen zu den Erlösen aus der Energievermarktung standen folgende Fragen im Fokus:

- **Sommer:** Welche Effekte ergeben sich bezüglich Energieverkauf, wenn **1 Tonne weniger Abfall** verbrannt wird?
- **Winter:** Welche Effekte ergeben sich bezüglich Energieverkauf, wenn **1 Tonne zusätzlicher Abfall** verbrannt wird?

Ganz generell ergeben sich eindeutige Vorteile aufgrund der deutlich höheren Energienachfrage im Winter, was sich auch in den Energiepreisen widerspiegelt.

Die wichtigsten Einflussgrössen, die sich zwischen Winter und Sommer unterscheiden, sind folgende:

- Wärmebedarf der Fernwärme
- Wärmepreise (abhängig von der Art der Vergütung)
- Strompreise
- Nutzungsgrade für Wärme und Strom in einer Dampfturbine (Kondensationsturbine)

Bei der Energienutzung wurde vorausgesetzt, dass die Abfälle in KVA des Typs 2 verbrannt und die enthaltene Energie somit fossile Kessel aus dem Fernwärmenetz drängen kann. Es werden also fossile Brennstoffe substituiert<sup>2</sup>.

### Wärmebedarf der Fernwärme > Wärmepreise

Im **Sommer** kann eine KVA in der Regel auch bei einer Kessel-Mindestlast von rund 70 % die Versorgung der Fernwärme abdecken. Die Abfallmengen, die nicht verbrannt werden, führen somit zu keinen Mindereinnahmen beim Wärmeverkauf im Sommer. Die Einnahmeverluste aus der Wärmeproduktion im Sommer können daher mit **0 CHF/t** angesetzt werden.

Im **Winter** hingegen ist eine KVA, die in ein grosses Fernwärmenetz eingebunden ist, thermisch voll ausgelastet, sodass für die Abdeckung des gesamten Wärmebedarfs (insbesondere bei Lastspitzen im Tagesverlauf oder in besonderen Kälteperioden) zusätzlich fossile Brennstoffe eingesetzt werden. Diese schneiden jedoch sowohl ökologisch als auch ökonomisch schlechter ab als in der KVA erzeugte Wärme [2], [6]. Jede zusätzliche MWh eingespeiste Wärme aus KVA ersetzt direkt fossile Brennstoffe. De facto können für den Wärmepreis die Einsparungen für die fossilen Brennstoffe eingesetzt werden. Diese Einsparungen umfassen nebst den Brennstoffkosten, die die Energie und den Transport enthalten, auch die CO<sub>2</sub>-Kosten und Wirkungsgrade der fossilen Kessel. Auf Basis von Marktbeobachtung und Erfahrungen aus diversen Projekten werden die Brennstoffkosten mit **90 CHF/MWh** angesetzt. Bei der Berechnung ist zudem der Wirkungsgrad eines fossilen Heizkessels berücksichtigt (85%).

### Strompreise

Für den Strompreis wird der erwartete Marktwert der Stunden einer kalten Winterwoche eingesetzt, da in diesen Zeiten auch die höchsten Fernwärmelasten anfallen. Wir nehmen für diese Phasen Strompreise von rund **160 CHF/MWh** an. Dies kann aus den Gestehungskosten für Strom aus europäischen GuD-Kraftwerken abgeleitet werden.

Im Sommer wird der Strom durch den starken Zubau an erneuerbarer Energie zunehmend entwertet. Es ist bereits heute und künftig noch öfters mit sehr tiefen bis negativen Strompreisen zu rechnen. Hier wird ein Strompreis von **20 CHF/MWh** in den Sommermonaten eingesetzt.

### Nutzungsgrade für Wärme und Strom in einer Kondensationsturbine

Im Winter und Sommer ergeben sich aufgrund diverser Faktoren unterschiedliche Nutzungsgrade für Wärme und Strom. Die Nutzungsgrade sind hier wie folgt definiert:

<sup>2</sup> Generell ist zu beachten, dass fossilen Brennstoffe nicht gemeinsam mit Abfall verbrannt werden (was zudem sehr ineffizient wäre). Sie werden in sogenannten Heiz- oder Spitzenlastkesseln verbrannt, die gezielt zur Deckung des benötigten Wärmebedarfs eingesetzt werden.

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{Ins Netz eingespeiste Energie}}{\text{Im Abfall enthaltene Energie } H_u}$$

Für den Wärmenutzungsgrad wird die Einspeisung ins Fernwärmenetz betrachtet, für den Stromnutzungsgrad die Einspeisung ins Stromnetz. Der elektrische und thermische Eigenbedarf gilt als nicht genutzt. Als Referenzgrösse wird der durchschnittliche Heizwert von Abfällen verwendet, welche in Schweizer KVA verbrannt werden (12.06 GJ / t Abfall bzw. 3.35 MWh / t Abfall).

Bei der Berechnung der Nutzungsgrade wurden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Kesselwirkungsgrad Ofenlinie für die Frischdampfproduktion
- Typische Dampfparameter für die Versorgung von Fernwärmenetzen ab KVA
- Eigenbedarf der KVA (thermisch und elektrisch) pro Tonne Frischdampfproduktion
- Verluste in der Dampfturbine und Generator

Tabelle 3 zeigt auf, dass im Winter ein deutlich höherer energetischer Nutzungsgrad als im Sommer resultiert. Die entgangenen Stromeinnahmen im Sommer – bei notabene tiefen Strompreisen – dürften somit durch die zusätzlichen Energieeinnahmen im Winter mehr als kompensiert werden.

KVA Typ 2	Winter	Sommer
Nutzungsgrad Strom (%)	9%	12%
Nutzungsgrad Wärme (%)	52%	0%
Gesamt-Nutzungsgrad (bez. auf Abfall-Heizwert)	61%	12%

Tabelle 3 Energienutzungsgrade für die Verbrennung **einer zusätzlichen Tonne Abfall** im Winter bzw. wenn im Sommer eine Tonne weniger Abfall verbrannt wird. Die Nutzungsgrade beziehen sich auf die ins Strom- bzw. Fernwärmenetz eingespeiste Energie.

### 7.3 Ergebnisse

In diesem Kapitel wird die Wirtschaftlichkeit der optimierten Energienutzung von KVA-Abfällen durch saisonale Zwischenlagerung dargestellt. Wie eingangs Kapitel 7 erläutert ist dafür entscheidend, wie die zusätzliche im Winter eingespeiste Wärme bewertet wird. Um die Spannweite der Wirtschaftlichkeit sowie auch die Relevanz dieses Punktes aufzuzeigen, wird die Berechnung sowohl mit einer Wärmevergütung, die die tatsächlichen Einsparungen an fossilen Brennstoffkosten widerspiegelt, als auch mit einer Wärmevergütung auf Basis ganzjährig konstanter Wärmeabnahmepreise dargestellt.

#### 7.3.1 Wärmevergütung anhand effektiver fossiler Brennstoffkosten

Tabelle 4 zeigt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit sowie die dafür eingesetzten Preise bzw. Kosten und Nutzungsgrade. Die Wärmevergütung im Winter widerspiegelt die Einsparungen an fossilen Brennstoffen, die durch die saisonale Verlagerung der Energieverwertung möglich wird. Die zusätzlichen Einnahmen aus der Energievermarktung im Winter übersteigen die entgangenen Stromeinnahmen im Sommer sowie die Kosten für die Lagerung. **Es resultiert ein Gewinn von 115 CHF/t Abfall**. Die gesteigerten Einnahmen im Winter sind einerseits auf den deutlich erhöhten Energienutzungsgrad und andererseits auf den höheren Marktwert von Strom und Wärme im Winter zurückzuführen.

Variable	Wert	Bemerkungen
Gesamtkosten Lagerung (CHF/t)	80	Kosten zwischen 70 - 100 CHF/t
Strompreis Sommer (CHF/MWh)	20	Schätzung durch Ryttec
Strompreis Sommer (CHF/kWh)	0.02	
Strompreis Winter (CHF/MWh)	160	Schätzung durch Ryttec
Strompreis Winter (CHF/kWh)	0.16	
Wärmepreis Sommer (CHF/MWh)		nicht relevant mangels Wärmenutzung
Wärmepreis Sommer (CHF/kWh)		
Wärmepreis Winter (CHF/MWh)	90	Kosten fossile Brennstoffe
Wärmepreis Winter (CHF/kWh)	0.09	
Kosten Fossile Ersatzbrennstoffe (CHF/MWh)	90	Recherche und Berechnung durch Ryttec
Kosten fossile Ersatzbrennstoffe (CHF/kWh)	0.09	
Heizwert (GJ/t)	12.06	Erfahrungswerte aus Interviews
Heizwert (kWh/t)	3350.3	
<b>KVA Energienutzungsszenarien</b>		
<b>KVA Typ 2</b>	<b>Winter</b>	<b>Sommer</b>
Nutzungsgrad Strom (%)	9%	12%
Nutzungsgrad Wärme (%)	52%	0%
<b>Gesamt-Nutzungsgrad (bez. auf Abfall-Heizwert)</b>	<b>61%</b>	<b>12%</b>

#### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Energieart	Produktion (kWh/t) Winter	Einnahmen Winter (CHF/t)	Produktion (kWh/t) Sommer	Einnahmen Sommer (CHF/t)
Strom	287	46	391	8
Wärme	1748	157	0	0

#### Ergebnis

Beschreibung	Wert
Gesamteinnahmen Sommer (CHF/t)	8
Gesamteinnahmen Winter (CHF/t)	203
Differenz (CHF/t)	195
Lagerungskosten (CHF/t)	80
<b>Gewinn (CHF/t)</b>	<b>115</b>

Tabelle 4 Abschätzung des Gewinns aufgrund der entgangenen und zusätzlichen Energieerlöse durch die saisonal verlagerte Energieverwertung einer Tonne Abfall. Die Wärmevergütung im Winter orientiert sich hier an den eingesparten fossilen Brennstoffen für die Abdeckung der Wärmespitzenlast.

### 7.3.2 Wärmevergütung auf Basis ganzjährig konstanter Wärmeabnahmepreise

Tabelle 5 zeigt wie Tabelle 4 die Berechnung der Wirtschaftlichkeit, allerdings wurde für die Wärmevergütung im Winter ein ganzjährig konstanter Wärmeabnahmepreis von 40 CHF/MWh eingesetzt. Letztere Annahme soll verdeutlichen, dass die Wärmevergütung auf Basis eines vertraglich vereinbarten konstanten Wärmeabnahmepreises zwischen KVA- und Fernwärmebetreiber einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und somit die Umsetzungswahrscheinlichkeit hat.

Trotz der reduzierten Wärmevergütung im Winter übersteigen auch in diesem Beispiel die zusätzlichen Einnahmen aus der Energievermarktung im Winter die entgangenen Stromeinnahmen im Sommer sowie die Kosten für die Lagerung. **Es resultiert ein Gewinn von rund 30 CHF/t Abfall.**

Variable	Wert	Bemerkungen
Gesamtkosten Lagerung (CHF/t)	80	Kosten zwischen 70 - 100 CHF/t
Strompreis Sommer (CHF/MWh)	20	Schätzung durch Rylec
Strompreis Sommer (CHF/kWh)	0.02	
Strompreis Winter (CHF/MWh)	160	Schätzung durch Rylec
Strompreis Winter (CHF/kWh)	0.16	
Wärmepreis Sommer (CHF/MWh)		nicht relevant mangels Wärmenutzung
Wärmepreis Sommer (CHF/kWh)		
Wärmepreis Winter (CHF/MWh)	40	Kosten fossile Brennstoffe
Wärmepreis Winter (CHF/kWh)	0.04	
Kosten Fossile Ersatzbrennstoffe (CHF/MWh)	90	Recherche und Berechnung durch Rylec
Kosten fossile Ersatzbrennstoffe (CHF/kWh)	0.09	
Heizwert (GJ/t)	12.06	Erfahrungswerte aus Interviews
Heizwert (kWh/t)	3350.3	
<b>KVA Energienutzungsszenarien</b>		
<b>KVA Typ 2</b>	<b>Winter</b>	<b>Sommer</b>
Nutzungsgrad Strom (%)	9%	12%
Nutzungsgrad Wärme (%)	52%	0%
<b>Gesamt-Nutzungsgrad (bez. auf Abfall-Heizwert)</b>	<b>61%</b>	<b>12%</b>

#### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Energieart	Produktion (kWh/t) Winter	Einnahmen Winter (CHF/t)	Produktion (kWh/t) Sommer	Einnahmen Sommer (CHF/t)
Strom	287	46	391	8
Wärme	1748	70	0	0

#### Ergebnis

Beschreibung	Wert
Gesamteinnahmen Sommer (CHF/t)	8
Gesamteinnahmen Winter (CHF/t)	116
Differenz (CHF/t)	108
Lagerungskosten (CHF/t)	80
<b>Gewinn (CHF/t)</b>	<b>28</b>

Tabelle 5 Abschätzung des Gewinns aufgrund der entgangenen und zusätzlichen Energieerlöse durch die saisonal verlagerte Energieverwertung einer Tonne Abfall. Die Wärmevergütung im Winter orientiert sich hier an einem ganzjährig konstanten Wärmeabnahmepreis, der der höheren energetischen Bedeutung der Energie im Winter kaum Rechnung trägt (40 CHF/MWh).

## 7.4 Bewertung und Fazit

Die Berechnung macht deutlich, dass die Zwischenlagerung von Abfällen zur Optimierung der Energieverwertung rentieren kann. Sie zeigt auch, dass die Verlagerung die effiziente Nutzung der Abfallenergie steigert und somit dem Grundsatz nach sinnvoll ist. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit sind die unterschiedlichen Preise von Wärme und Strom im Winter und Sommer. Die Verträge mit den Betreibern der Fernwärmenetze sind in der Regel so ausgestaltet, dass die KVA für die Wärme im Winter nicht spürbar höhere Erlöse erhalten. Dabei hätte eine gezielte Nutzung im Winter auch ökologische Vorteile: Pro Tonne Abfall, die fossile Energieträger verdrängt, können rund 400 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Bei der Menge von 100'000 Tonnen Abfall aus der Potentialberechnung ergibt sich daraus ein Einsparpotential von rund 40'000 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Ein zentrales Fazit ist, dass eine Anpassung der Fernwärmeverträge erwogen werden sollte. Für die Bereitstellung von Spitzenlastwärme im Winter sollte sich die Vergütung an den effektiv bewirkten Einsparungen, z. B. von fossilen Brennstoffen, orientieren. Dadurch könnte ein wirtschaftlicher Anreiz für die saisonale Verschiebung der Abfallverbrennung geschaffen und die Effizienz der Energieverwertung optimiert werden.

**Wichtig:** Die Berechnung beruht auf plausibilisierten Schätzungen. Eine präzisere Beurteilung wäre nur mit detaillierten Marktanalysen und vertraglichen Anpassungen möglich.

## 8. Beschrieb möglicher Massnahmen

Bei den Gesprächen wurde ersichtlich, dass es für die Umsetzung einer optimierten Energienutzung von Abfällen durch saisonale Zwischenlagerung drei zentrale Voraussetzungen gibt:

- **Passende Lagerflächen:** Geeignete Standorte müssen identifiziert und entsprechend den gesetzlichen Anforderungen eingerichtet werden.
- **Genügend Verbrennungskapazitäten im Winter:** Die KVA müssen genügend Kapazitäten haben, um die zwischengelagerten Abfälle in den Wintermonaten effizient zu verwerten.
- **Geeignete Anreize:** Wirtschaftliche und regulatorische Massnahmen sind notwendig, um die Umsetzung der saisonalen Lagerung attraktiv und praktikabel zu gestalten.

Um die Verlagerung der Energieproduktion in die Wintermonate durch die Zwischenlagerung von KVA-Abfällen zu erreichen, sind verschiedene Handlungsansätze erforderlich. Diese werden in den folgenden Kapiteln nach Handlungsfeldern gegliedert und detaillierter beschrieben. Die Handlungsfelder orientieren sich am Lagerungsprozess, wobei für jedes ein übergeordnetes Ziel formuliert ist. Mögliche politische Umsetzungsmassnahmen sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgeführt.

### 8.1 Handlungsfeld Abfall

<b>Übergeordnetes Ziel: Gezielte Steuerung des Abfallstroms lagerfähiger Abfälle zur Optimierung der saisonalen Verbrennung.</b>	
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Triage von Abfall</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktuell werden Abfälle vor allem während Revisionen oder in Notfällen balliert und gelagert. Das heisst es erfolgt nicht immer eine Triage von gut lagerbaren und weniger gut lagerbaren Abfällen</li> <li>- Während Revisionen werden Abfälle von Entsorgungsunternehmen (Direktanlieferungen) teilweise direkt zu den Lagerplätzen transportiert und dort balliert und gelagert, da sie sich besonders gut für die Lagerung eignen (keine biogenen Anteile etc.).</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Institutionalisieren der Sortierung von Direktanlieferungen (Marktkehricht läuft über Sortieranlagen):</i> Dadurch können lagerfähige Abfälle frühzeitig identifiziert werden. Die Triage der Abfälle läuft über die Entsorgungsunternehmen. Gleichzeitig kann dies die stoffliche Verwertung fördern, da recycelbare Fraktionen direkt separiert werden.</li> </ul>
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Saisonale Aktionen</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traditionell findet in vielen Haushalten im Frühling ein Frühjahrsputz statt, wodurch in dieser Jahreszeit grössere Mengen an Sperrgut anfallen.</li> <li>- Sperrgut eignet sich gut für die Zwischenlagerung.</li> <li>- Die Abfallanlieferung erfolgt kontinuierlich, unabhängig vom saisonalen Energiebedarf.</li> <li>- Teilweise werden bereits saisonale Abfallpreise gemacht für Abfall aus Unternehmen, dies ist aber nicht der Normalfall.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Einführung einer Sperrgut-Aktion im Herbst (Herbstputz):</i> Sammelhöfe könnten gezielt solche Aktionen pla-</li> </ul>

	<p>nen, um die Bevölkerung zu motivieren, ihren Frühjahrsputz vermehrt in den Herbst zu verlegen. Dadurch könnte sich das Sperrgutaufkommen teilweise vom Frühling in den Herbst verlegen. Die Haushalte würden das Sperrgut bis zum Herbst «zwischenlagern», wodurch die Anlieferungsmenge in jene Jahreszeiten verschoben würden, in denen der Bedarf an Wärme und Strom höher ist.</p> <p>- <i>Regulierung der Abfallannahme durch Preisanreize:</i> Durch einen Preisunterschied in der Abfallannahme vom Sommer und Winter wird der Aufwand der Zwischenlagerung vermehrt ausgelagert an Unternehmen.</p> <p>Risiko: Falls Unternehmen viele kleine Zwischenlager einrichten, könnte dies unkontrollierte nicht gesetzeskonforme Ablagerungen («wilde Deponien») begünstigen.</p>
--	--

## 8.2 Handlungsfeld Lagerung

<b>Übergeordnetes Ziel: Es stehen ausreichend geeignete Lagerflächen zur Verfügung.</b>	
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Einheitliche und klare Anforderungen für die Zwischenlagerung auf Deponien (national)</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deponien des Typs D eignen sich aufgrund ihrer baulichen Voraussetzungen besonders gut für die Zwischenlagerung von Abfällen. Zudem bietet sich hier eine Umkehrlogistik an (KVA-Schlacke wird gebracht und gelagerte Abfallballen werden mitgenommen).</li> <li>- Die Bewilligung zur Zwischenlagerung auf Deponien des Typs D wird kantonal geregelt. Diese sind jedoch nicht in allen Kantonen einheitlich. In einigen Kantonen ist beispielsweise die Zwischenlagerung nur auf Deponien des Typs E gestattet oder nur für geringere Mengen als tatsächlich möglich.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <p>- <i>Anpassung der Betriebsbewilligungen von Deponien:</i> Einheitliche Erweiterung des Bewilligungsumfangs in allen Kantonen, sodass Deponien des Typs D genutzt werden dürfen. Dabei sollen in einem ersten Schritt diejenigen Kantone priorisiert werden, in denen laut Umfrage bereits Platz für die Zwischenlagerung besteht, insbesondere SG, GR, VD, BE.</p>
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Abnahmegarantie der Ballen innerhalb einer Saison (Vertrag KVA – Deponien):</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einige Deponien haben angemerkt, dass die Lagerflächen jährlich wechseln müssen, da sie diese auch anderweitig nutzen.</li> <li>- In Gesprächen wurde zudem die Befürchtung geäußert, dass unkontrollierte, nicht genehmigte Ablagerungen („wilde Deponien“) entstehen könnten.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <p>- Durch Verträge zwischen KVA und Deponien wird sichergestellt, dass Abfälle nur zwischengelagert und innerhalb einer Saison abgenommen werden, um eine</p>

	langfristige Belegung von Flächen und das Risiko unkontrollierter Lagerungen zu vermeiden.
<b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Förderung alternative Lagerungsmethoden (Bunker, Fahrsilo etc.)	<b>Ausgangslage:</b> - Die derzeit vorherrschende Lagerungsmethode ist die Ballenlagerung. Diese hat zwar Vorteile, führt jedoch zu Emissionen und Umweltproblemen: - Offene Lagerung begünstigt die Verbreitung von Abfällen durch Tiere (z.B. Krähen, Ratten). - Kunststofffolien sind erforderlich, die nach der Nutzung in der KVA verbrannt werden müssen.  <b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b> - <i>Förderung von Pilotprojekten für alternative Lagerungsmethoden:</i> Untersuchung von Alternativen wie geschlossene Bunkerlager oder Fahrsilos, um Emissionen zu reduzieren und den Einsatz von Kunststofffolien zu vermeiden.

### 8.3 Handlungsfeld Kehrrechtverwertungsanlage

<b>Übergeordnetes Ziel: Verlagerung der KVA-Kapazitäten in die Wintermonate.</b>	
<b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Koordination von KVA-Revisionen	<b>Ausgangslage:</b> - KVA-Revisionen finden oft im Frühling oder im Herbst statt. - Derzeit liegt der Fokus darauf, die Revisionszeiten möglichst kurz zu halten, da die Lagerung von Abfällen bislang nicht im Vordergrund steht.  <b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b> - <i>Verlagerung von KVA-Revisionen in den Sommer:</i> In den Sommermonaten ist der Energiebedarf geringer. Eine Verlagerung der Revisionen und eine Lagerung der Abfälle könnte die Verfügbarkeit von Abfällen für die Energieproduktion in den Wintermonaten verbessern. - <i>Verlängerung der Revisionszeiten für Strom-KVA:</i> Strom-KVA liefern wenig Wärme (v.a. kein Prozessdampf), sodass eine längere Revision in den Sommermonaten möglich wäre, um die Abfälle zu lagern und in den Wintermonaten zu verbrennen. - <i>Koordinierte Durchführung der KVA-Revision:</i> Durch abgestimmte Planung der Revisionen kann sichergestellt werden, dass die notwendige Infrastruktur für die Ballierung von Abfällen vorhanden ist und effizient genutzt werden kann. Dies würde eine gezielte Vorbereitung und Nutzung der Lagerkapazitäten erleichtern.
<b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Neue KVA-Kapazitäten schaffen	<b>Ausgangslage:</b> - Die bestehenden KVA sind derzeit gut ausgelastet. - Bei Neubauten geht der Trend dazu, nur noch eine einzelne Ofenlinie zu bauen, wodurch eine saisonale Fahrweise schwieriger wird. - Eine umfangreiche Zwischenlagerung von Abfällen führt aktuell dazu, dass im Winter nicht genügend Kapazitäten zur Verbrennung vorhanden sind.

	<p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Berücksichtigung der saisonalen Auslastung bei der Planung neuer KVA:</i> Ofenlinien sollen grösser dimensioniert werden, um eine höhere Verbrennungskapazität im Winter sicherzustellen. Das bedeutet, dass an bestehenden oder neuen Standorten gezielt Reserve-Verbrennungskapazitäten geschaffen werden sollen um die saisonalen Abfallmengen und Energiebedarf zu berücksichtigen.</li> </ul>
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Anpassung der politischen Auslastungslimiten</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mehrere Kantone beschränken bei der Bewilligung der Anlagen die Verbrennungskapazität. Diese Begrenzung basiert oft auf dem prognostizierten Abfallaufkommen und dient dazu, Importe aus dem Ausland zu verhindern, wenn Kapazitäten frei wären.</li> <li>- Die Vorgaben beziehen sich auf Jahreskapazitäten und berücksichtigen keine saisonalen Schwankungen.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Anpassung der politischen Auslastungslimiten:</i> Eine Anpassung der politischen Auslastungslimiten könnte es ermöglichen, die saisonalen Schwankungen in der Abfallverbrennung besser abzubilden, indem sie unterschiedliche Limiten im Sommer und Winter vorgeben. Kantone könnten Vorgaben zur saisonalen KVA-Auslastung entwickeln, um eine flexiblere Steuerung der Kapazitäten zu ermöglichen.</li> </ul>

#### 8.4 Handlungsfeld Energieproduktion

<p><b>Übergeordnetes Ziel: Anreize für eine sinnvolle Energieproduktion.</b></p>	
<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Fernwärmeverträge attraktiv gestalten</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Viele KVA und Fernwärmenetzbetreiber haben einen Einheitspreis für die Wärmeabgabe definiert, unabhängig von der Jahreszeit. Auch wenn die Wärme im Sommer eine deutlich geringere Wertigkeit hat als im Winter.</li> <li>- Durch diese Preisstruktur fehlen finanzielle Anreize für eine saisonale Abfallverbrennung und eine gezielte Zwischenlagerung von Abfällen.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Attraktive Abnahme-Verträge zwischen KVA und Fernwärmenetzbetreiber gestalten, um wirtschaftliche Anreize für eine saisonale Abfallverbrennung zu schaffen:</i> Dies könnte zum Beispiel durch eine Aufteilung der Kosteneinsparung für den Gasbezug im Winter, da gelagerter Abfall verbrannt wird, geschehen. Oder durch vertragliche Festlegung einer Lieferverpflichtung im Winter, um eine zuverlässige Wärmeversorgung sicherzustellen.</li> </ul>

<p><b>Möglicher Handlungsansatz:</b> Koordination zwischen den Akteuren</p>	<p><b>Ausgangslage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Koordination in den bestehenden KVA-Verbänden funktioniert relativ gut. Eine umfangreiche Zwischenlagerung würde jedoch zu einer Verschiebung der Abfallströme führen, die über die bestehenden Koordinationsmechanismen hinausgeht. Da gelagerter Abfall je nach Szenario nicht zwingend in die ursprüngliche KVA zurückgeführt wird, sind neue Kooperationsmodelle notwendig.</li> <li>- An Orten, wo die Abstimmung zwischen KVA-Verbund, Deponie und Kanton gut funktioniert, konnten bereits erfolgreiche Systeme für die Zwischenlagerung von Abfällen etabliert werden.</li> </ul> <p><b>Mögliche Umsetzungsmassnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Stärkung der Zusammenarbeit zwischen den KVA:</i> Dadurch soll die Verlagerung der Abfallströme in die Wintermonate gezielt in Anlagen mit hoher Wärmeauskopplung vorgenommen werden.</li> <li>- <i>Finanzielle Ausgleichszahlungen für eine überregionale Bewirtschaftung:</i> Um eine faire Verteilung der Lasten und Nutzen sicherzustellen, kann ein System von finanziellen Ausgleichszahlungen bei Verschiebung von Abfällen etabliert und ausgebaut werden (zum Beispiel im Rahmen eines neuen Finanzierungsinstruments wie eines Abfallkoordinationsfonds).</li> <li>- <i>Lenkung der Abfallströme in Anlagen mit der höchsten Substitutionswirkung, um die energetische Nutzung zu maximieren.</i> In den Wintermonaten sollten Anlagen mit hoher fossiler Spitzenlast in ihren Fernwärmenetzen priorisiert werden, zum Beispiel mithilfe eines Koordinationsmechanismus auf nationaler Ebene für energetisch priorisierte Nutzung, sodass fossile Brennstoffe eingespart werden können.</li> <li>- <i>Verknüpfung von Abfallagerungs- und Wärmespeicherstrategien,</i> um saisonale Energieverschiebungen optimal zu steuern und die Flexibilität der Energieversorgung zu erhöhen.</li> </ul>
---	--

## 9. Zukunftsvision KVA

Die primäre Aufgabe einer KVA ist die umweltschonende und effiziente thermische Verwertung von nicht-stofflich verwertbaren Abfällen. Während die wirtschaftliche Rentabilität durch möglichst hohe Entgegennahme von Abfällen und daher auch eine hohe Auslastung der Verbrennungskapazität sichergestellt wird, ist die – notabene vorgeschriebene – energetische Verwertung der nicht-stofflich verwertbaren Abfälle in den letzten Jahrzehnten immer bedeutender geworden. Heute sind Fernwärme- und / oder Stromabsatz fester Bestandteil des Geschäftsmodells einer KVA.

Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien, wie zum Beispiel der Photovoltaik (PV), steigt die Volatilität der Stromproduktion und somit auch der Strompreise. Bestehende KVA sind technisch und wirtschaftlich jedoch auf einen Bandbetrieb ausgelegt. Diese kontinuierliche Betriebsweise sorgt für eine stabile Abfallentsorgung, ermöglicht eine gleichmässige Energieproduktion und minimiert Investitionen in Reservekapazi-

täten. In Zukunft kann es zielführend und wirtschaftlich attraktiv sein, dass eine KVA stärker auf eine flexible Betriebsweise und eine gezielte saisonale Verschiebung der Energieproduktion bzw. einer Speicherung der produzierten Energie ausgerichtet wird.

Auch wenn KVA nur einen kleinen Anteil an der gesamten Energieproduktion in der Schweiz ausmachen, ist ihr Beitrag zur Netzstabilität im Stromnetz bereits heute von grosser Bedeutung, so z.B. bei der Vorhaltung und Erbringung von Regelenergie. Auch bei der Versorgung von Fernwärmenetzen steuern KVA einen signifikanten Anteil der Wärmeerzeugung bei. Die optimierte Energienutzung der Abfälle durch saisonale Zwischenlagerung kann diesen Anteil noch steigern und gleichzeitig den Einsatz von fossilen Brennstoffen reduzieren. Der Betrieb einer KVA folgt dadurch zunehmend dem saisonal ändernden Energiebedarf und wird bis zu einem gewissen Grad flexibel.

Bei zukünftigen KVA-Projekten sollte daher geprüft werden, inwiefern von vornherein eine saisonale Betriebsweise berücksichtigt werden kann. Eine bewusste Einplanung einer Leistungsreserve ermöglicht zum Beispiel eine Kapazitätserhöhung im Winter und einen netzorientierten Betrieb im Sommer. Insbesondere Standorte mit einem hohen Fernwärmeabsatz könnten gezielt für eine flexible Abfallverwertung mit saisonaler Verschiebung ausgerüstet werden. Die im vorliegenden Bericht aufgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen können bei der Planung und Umsetzung solcher Leistungsreserven für Neu- und Umbauten von KVA helfen.

## 10. Schlussfolgerung und Fazit

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine saisonale Zwischenlagerung von Abfällen grundsätzlich möglich ist, um eine bessere energetische Nutzung von Abfällen im Winter zu gewährleisten. Dabei sind jedoch mehrere zentrale Punkte zu berücksichtigen:

- **Technische und logistische Machbarkeit:** Die Lagerung von Abfällen erfordert geeignete Standorte, insbesondere im Hinblick auf Brandschutz, Umweltauflagen und Platzkapazitäten.
- **Wirtschaftliche Anreize:** Die durch den gesteigerten Energienutzungsgrad erzielten Energieeinnahmen im Winter übertreffen in der Regel die Kosten für die Zwischenlagerung und reduzierten Stromeinnahmen durch die Minderverbrennung im Sommer. Die effektive Rentabilität hängt massgeblich von der Wärmevergütung im Winter ab, die je nach Standort eine Anpassung der Fernwärmeverträge erforderlich ist. Je nach KVA ist auch eine Neuverhandlung der Stromverträge zu prüfen.
- **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Die bestehenden Vorschriften zur Abfalllagerung sind nicht einheitlich geregelt, was eine nationale Harmonisierung erfordert.

Die Studie empfiehlt, die Diskussion mit relevanten Akteuren weiterzuführen, um Rahmenbedingungen für eine wirtschaftlich tragfähige Umsetzung einer Abfallzwischenlagerung im grösseren Rahmen zu erarbeiten. Darüber hinaus sollten mögliche Pilotprojekte mit ausgewählten KVA und Deponien initiiert werden, um die Machbarkeit unter realen Bedingungen zu testen.

Mittel- bis Langfristig könnte die saisonale Lagerung von Abfällen einen Beitrag dazu leisten, dass die Energienutzung von KVA-Abfällen dem saisonal schwankenden Energiebedarf angeglichen wird. Durch die saisonale Flexibilisierung des KVA-Betriebes wird auch der Beitrag der KVA zur Energieversorgung erhöht. Eine Weiterentwicklung der Konzepte, insbesondere im Hinblick auf die wirtschaftliche Rentabilität und die Integration in bestehende Abfall- und Energieinfrastrukturen, ist jedoch erforderlich.

## 11. Weiteres Vorgehen

Um eine systematische Umsetzung der saisonalen Zwischenlagerung von KVA-Abfällen weiter zu konkretisieren, werden folgende nächste Schritte empfohlen:

### **11.1 Vertiefung der betriebswirtschaftlichen Analyse**

Die Wirtschaftlichkeit der Zwischenlagerung hängt massgeblich von den spezifischen Rahmenbedingungen ab, insbesondere von den Wärme-Abnahmepreisen, den Lagerkosten und den Opportunitätskosten der Abfallverbrennung im Winter (fossile Brennstoffe für die Wärmespitzenlast).

- Durchführung einer individualisierten betriebswirtschaftlichen Berechnung unter Einbezug von einer KVA.
- Analyse der Wärmeabnahmepreise: Gibt es Spielraum für Anpassungen, um eine saisonale Energieverschiebung wirtschaftlich attraktiver zu gestalten?

### **11.2 Durchführung eines Pilotprojekts**

Die erfolgreiche Umsetzung eines saisonalen Abfallmanagements erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen KVA-Betreibenden, Deponiestandorten und kantonalen Behörden. Diese Kooperation könnte in einem Pilotprojekt mit einer neuen Dimension bezüglich der verlagerten Tonnen Abfall getestet werden.

- Auswahl eines Pilotstandorts (Deponie) zur vertieften Prüfung der Lagerbedingungen (Kriterien: Standortverfügbarkeit, logistische Anbindung, Genehmigungslage).
- Identifikation von KVA, die bereit sind, eine saisonale Verschiebung der Abfallverbrennung zu testen.
- Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Zwischenlagerung mit den kantonalen Behörden.
- Förderung des Dialogs: Organisation eines Workshops mit KVA-Betreibenden, Deponiebetreibenden und kantonalen Behörden zur Identifikation von Hemmnissen und Lösungsansätzen.
- Begleitung des Pilotprojekts zur Evaluierung und Ableitung von Erkenntnissen für eine mögliche Skalierung.

## 12. Anhang

### 12.1 Literaturverzeichnis

- [1] Alessio, Hans-Peter: Feuerleistungsdiagramm – Möglichkeiten und Grenzen bei der Abfallverbrennung in Energie aus Abfall – Band 9, 2012, abgerufen unter: [2012\\_EaA\\_193\\_212\\_Alessio.pdf](#).
- [2] Doka, Gabor im Auftrag des BUWAL und AWEL: Ökobilanz für Energie aus Kehrichtverbrennungsanlagen, 2005.
- [3] Econcept AG und Rytec AG im Auftrag des BfE, BAFU und WWF: Transformation der Abfallverwertung in der Schweiz für eine hohe und zeitlich optimierte Energieausnutzung, 2014.
- [4] Elektrizitätsbilanz der Schweiz – Monatswerte in GWh, BfE 2025
- [5] Holzer, Christian publiziert durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Anforderungen an die Zwischenlagerung von heizwertreichen Abfällen, 2007.
- [6] INFRAS und Ecosens im Auftrag des BAFU: Energiestrategie 2050: Umweltanalyse und Bewertung von Technologien zur Stromerzeugung, 2013.
- [7] Rytec AG im Auftrag des BfE, BAFU und VBSA: Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren, jährliche Statistik.
- [8] Rytec AG im Auftrag des VBSA, BfE und der AVAG, ewb, GEKAL und Renergia: Substanzieller Beitrag von Kehrichtverwertungsanlagen (KVA) zur Schweizer Energiestrategie 2050, 2020.
- [9] Rytec AG im Auftrag des VBSA: KVA – Hot Standby. Neue Betriebsweise bei tiefen / negativen Strompreisen, 2024.