



**Kanton Zürich
Baudirektion**

Ökobilanzierung der thermischen Verwertung

Neues Tool des Kanton Zürich

Dr. Leo Morf

AWEL, Sektion Abfallwirtschaft

Adressat
Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Herr Dr. Leo Morf

Dokumententyp
Bericht

Datum
Dezember 2022



**Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser,
Energie und Luft**

GESAMTÖKOLOGIE-BEWERTUNG FÜR KEHRICHTVERWERTUNGSANLAGEN (KVA)

Neue Bewertungsmethodik für die KVA-Planung des Kanton Zürich zur
Überprüfung von verschiedenen Szenarien



In Zusammenarbeit mit

ETH zürich

RAMBOLL

Motivation: Viele Fragen – mit oft bisher unzureichenden Antworten aus Gesamtsicht



Baudirektion

- **Was ist die Bedeutung/Rolle der thermischen Abfallbehandlung/-verwertung in der Kreislaufwirtschaft?**
([siehe auch Brunner&Morf, 2024](#))
- **Häufige bisherige und neue wichtige Fragen:**
 - Was ist die **ökologische Relevanz** des **Abfall-Transports** in Abhängigkeit der Distanz im Verhältnis zur thermischen Abfallverwertung als Ganzes?
 - Ist die **Rückgewinnung von Metallen** aus den Verbrennungsrückständen wirklich so relevant bzgl. der **ökologischen Gesamtleistung** einer KVA?
 - **Welche Metalle** spielen eine Rolle?
 - Wie kann ich meine KVA am **effektivsten ökologisch optimieren?**
 - Was kann **CCS/U** ökologisch für eine Rolle spielen?
 - In welche Anlage soll **eine Abfallmenge am ökoeffizientesten alloziert** werden?

Hintergrund/Ausgangslage (1)

Energieeffizienz als erster Massstab:

– Ziele der Abfall- und Ressourcenwirtschaft des Kantons Zürich (ZH)

1. Ressourcen schonen/nutzen,
2. **Öko-** und **Energieeffizienz maximieren**
3. Entsorgungssicherheit sicherstellen
4. Schutz von Umwelt und Bevölkerung



....



– Bedeutete für die KVA-Planung ZH:

Standorte/Kapazitäten so definieren, dass das **energetische Potential** optimal genutzt wird:

→ Seit 2012 mit **ENE-Kennzahl** und Zielvereinbarung

- 1) Stand der Technik Beschreibung zur **Energienutzung** in KVA mit **ENE** ([AWEL, 2011](#))
- 2) Schweizweit einheitliche jährliche Erfassung des **ENE** (aktuellster Bericht: [VBSA, 2024](#))
- 3) **ENE-Grenzwerte** für KVA in nationaler Abfallverordnung ([VVEA](#))

Hintergrund/Ausgangslage (2)



Baudirektion

Klimaschutz gewinnt an Bedeutung:

- **Die KVA sollen in Zukunft**
 - nicht nur die Netto-Emissionen von Treibhausgasen durch Substitution von Primärenergie, und -ressourcen verringern,
 - sondern auch direkt Treibhausgas-Emissionen reduzieren
 - und mit Abscheidung von biogenem CO₂ zusätzlich negative Emissionen generieren.
- **VB-SA-Zielvereinbarung mit UVEK:**
Netto-CO₂- Emissionen als Kennzahl

Mit einheitlicher schweizweiter Erfassung (VB-SA, 2023)

Hintergrund/Ausgangslage (3)



Baudirektion

Wachsender Bedarf für möglichst ganzheitliche Berücksichtigung der ökologischen Leistung der KVA

Als Steuergrösse für die Allokation von Abfällen:

- Als neuer Grundsatz für die Option von ausserkantonaler Entsorgung von Siedlungsabfall in KVA: [RRB Nr. 80/2023](#) für die Festsetzung Einzugsgebiete, Zuweisungsmodell zum dringlichen Postulat (KR-Nr. 437/2020)

Die ausserkantonale KVA muss eine bessere oder zumindest gleichwertige ökologische Leistung aufweisen wie die drei nächstgelegenen, verfügbaren Zürcher KVA.

- Als neuer Grundsatz für KVA-Planung bei der Festlegung von Kapazitäten an Standorten ([siehe Massnahmenplan, S. 31](#))

Vergleich bisher in der Schweiz entwickelte/ verwendete Tools

- Energetische Nettoeffizienz gemäss Definition der VVEA
- Netto-CO₂-Emissionen gemäss Branchenvereinbarung und Definition des VBSA mit dem UVEK
- Label «[Naturemade Resources Star](#)» von Treeze
- [LCA4Waste](#) der ETH Zürich

Fazit der Bestandesaufnahme:

- meist sehr intransparente Berechnungswege und Datengrundlage.
- oft eine hohe Abhängigkeit vom vorliegenden Abfallinput
- verwendete Werte (und damit errechnete ökol. Leistung der KVA) schnell veraltet und heute – bei relevanten Änderungen - nicht mehr aktuell

Ziele an neues Tool/ Bewertungsmethodik

- Eine möglichst gesamtheitliche Bewertungsmethodik, mit welcher die ökologische Leistung der KVA umfassend bewertet und verglichen werden kann.
- Soll zu einer einheitlichen und transparenten Bewertung der KVAs führen, welche zur Optimierung der Anlagen- und Kapazitätsverteilung herangezogen werden kann.
- Spätere Anpassungen sollen einfach möglich und zurück verfolgbar sein.

Anforderungen an das neue Bewertungstool

- Benutzerfreundlichkeit
- Transparenz der verwendeten Daten
- Nachvollziehbare Berechnungswege
- Einfache Aktualisierung von veralteten Daten
- **Einheitliche Abfalldefinition für mehrere Szenarien erlauben, um beispielsweise verschiedene Anlagen neutral (unabhängig von unterschiedlicher Abfallqualität) miteinander vergleichen zu können.**
- Nichtsdestotrotz soll diese Abfalldefinition in gewissen Fällen auch einfach überschrieben werden können, sofern dies Sinn macht (z.B. für die Darstellung verschiedener Szenarien einer einzelnen Anlage).
- **Einbezug von zukünftig angewendetem CCS/NET und «neuer» Energienutzungen**
- Die Resultate der untersuchten Szenarien sollen in einem **Cockpit** übersichtlich miteinander verglichen werden können.

SYSTEMDEFINITION: GRENZEN, MODULE, SCHNITTSTELLEN

- Das Gesamt-System KVA wird in **4 Module (Transport, KVA, Schlacke und Flugasche)** unterteilt. Weitere Reststoffe und Abwässer der KVA werden nicht betrachtet, da deren Umweltbelastung marginal ist.

Beispiel: Modul «KVA»

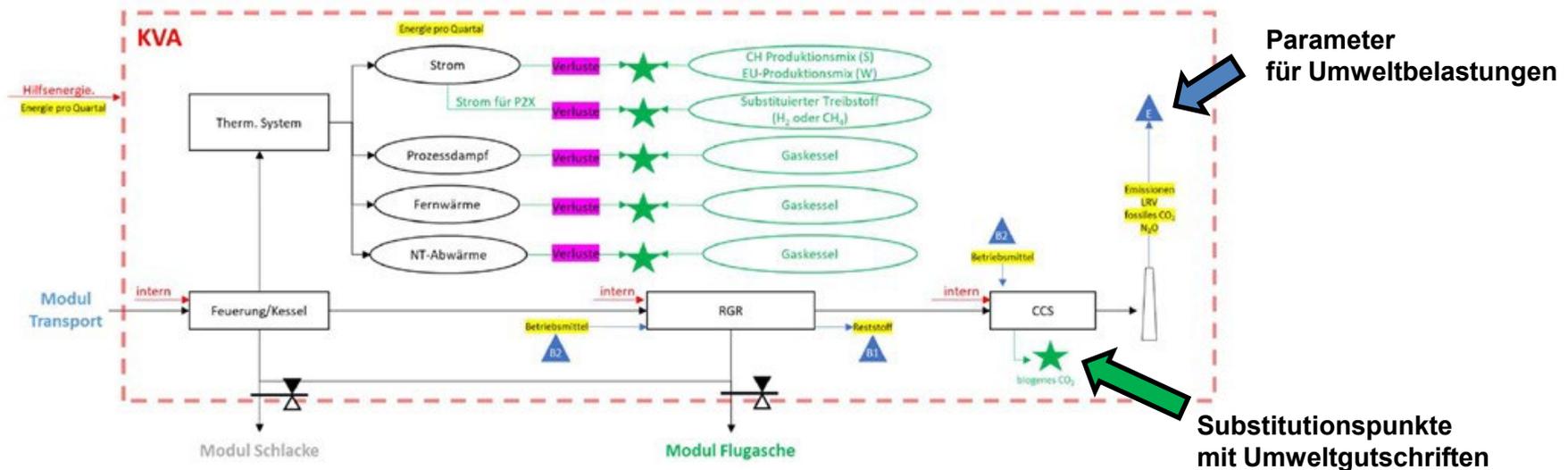


Abbildung 4: Detailsicht des Moduls KVA (Systemgrenzen)

Tool-Beschreibung

Berechnungen

Darstellung



Baudirektion

Grundlagen

Eingabewerte

Faktoren & TKs

Daten LCA

Graphische Darstellung der Datenstruktur des neuen Tools.

Jedes Kästchen stellt ein Tabellenblatt im Tool dar.

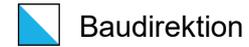
Eingabedaten:



- **Abfallkennzahlen und -transport** (Abfallmenge, Heizwert, Distanz zum Herkunftsort des Abfalls; Bei Wunsch: Abfall-Zusammensetzung).
- **Energie** (Bezug interne Prozesse, Hilfsenergie, Produktion unterteilt in versch. Energieformen, vierteljährlich)
- **Betriebsmittel und -verbräuche** (effektive jährliche Verbräuche)
- **Abgas-Emissionen** (amtliche Luftreinhalteverordnung-Messwerte im Reingas)
- **Schlackenaufbereitung**
 - Auswahl des eingesetzten **Aufbereitungsverfahren** sowie
 - **Rohschlackendurchsatz**
 - **Energiebezug** für die Schlackenaufbereitung (Wärme und Strom inkl. Strom für Druckluft)
 - **Metallrückgewinnungsraten** pro Metallfraktion aus Rohschlacke (vor Verlusten)
 - **Verlustfaktoren** für sekundäre Metallproduktion aus Rezyklat
 - Angaben zur Deponierung der Restschlacke (Anteil Restschlacke aus Rohschlacke, Wassergehalt der Restschlacke und Distanz zur belieferten Deponie) sowie optional Messwerte von Cu, Pb und Zn in der Restschlacke (**optional**)
- **Flugaschenaufbereitung** (Auswahl des eingesetzten Verfahrens) **SOWIE**
 - Metallrückgewinnungsraten pro Metall
 - Deponierung
- **Reststoffe der Rauchgasreinigung**
- **Daten zu CCS/NET** (*optional*)

} Bzw. ausgewiesene
Metallschmelzerträge
für Substitutionsgutschriften

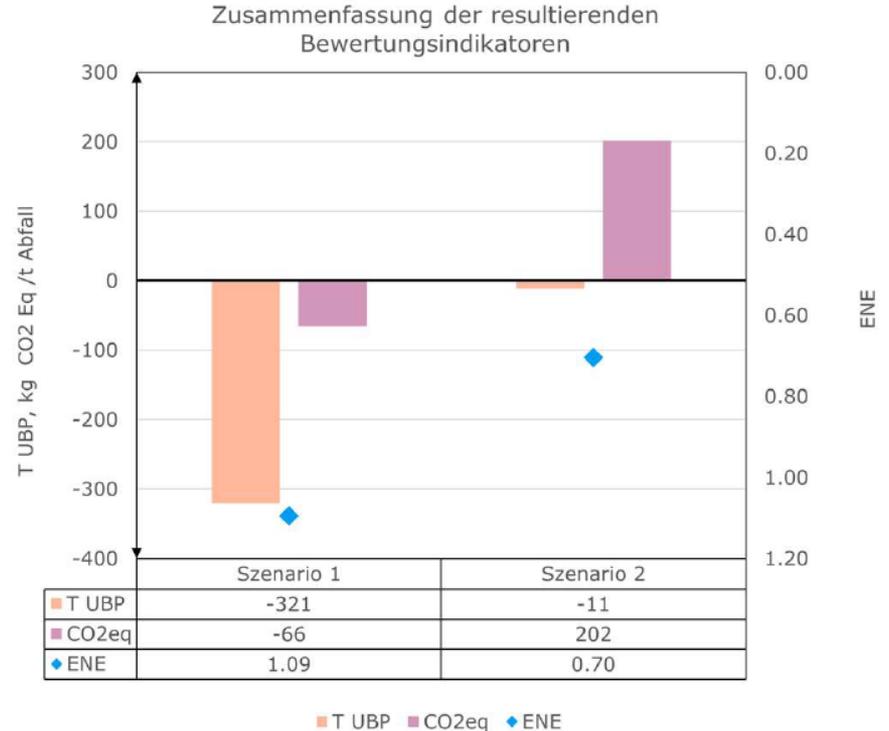
Darstellung der Resultate



Baudirektion

In Form eines **Cockpits** mit:

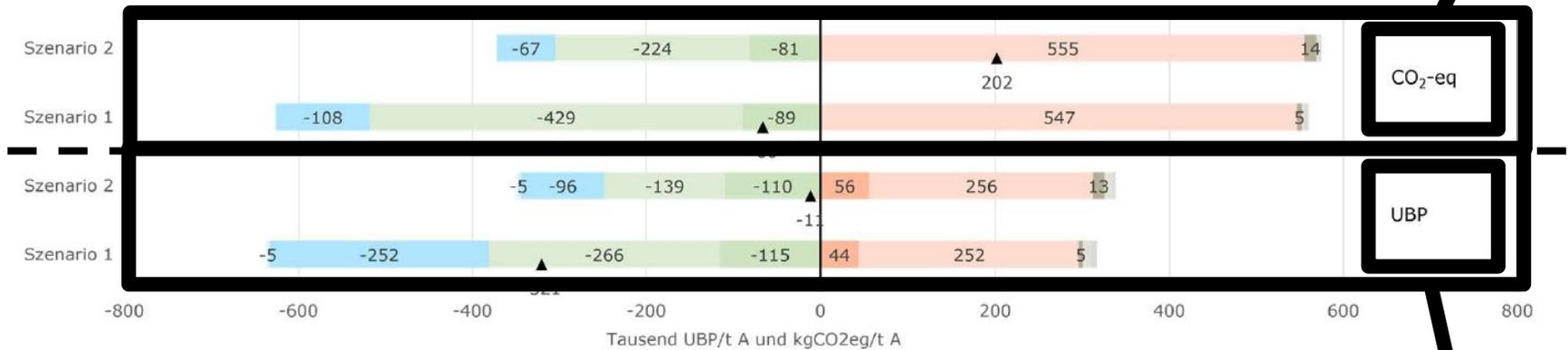
1. Gesamtübersicht aller drei Bewertungsindikatoren für alle Szenarien



2. Relevanz/Anteile der betrachteten Aspekte im Verhältnis zum Gesamtergebnis für die Indikatoren und Szenarien

 Baudirektion

Vergleich der beiden ausgewählten KVA-Szenarien



**Netto-Klima-Bilanz
(kg CO₂Äq./t Abfall)**

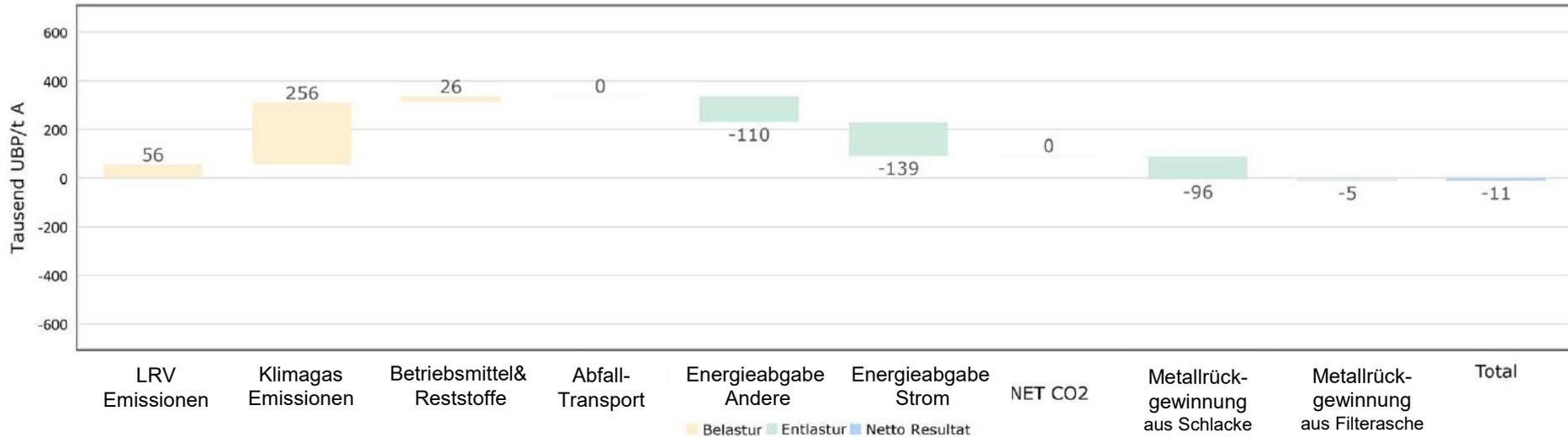
CO₂-eq

UBP

**Gesamtumweltperformance
mit Umweltbelastungspunkten
(1000 UBP/t Abfall)**

Wasserfallgrafik: Übersicht der Relevanz der einzelnen Aspekte für **einzelnes** Szenario (Bsp. UBP)

 Baudirektion



Nutzen/Zweck des Tools

Für Anlagenbetreiber

- Eigene Anlage bezüglich deren Umweltbelastung bzw. – leistung abbilden und Szenarien miteinander vergleichen.
- Einfluss einzelner Parameter auf die Gesamtökologie untersuchen (Sensitivitätsbetrachtungen).
- Zukunftsszenarien dar- und einander gegenüberstellen (z.B. Einfluss eines grösseren Fernwärmeabsatzes oder die Anbindung von CCS auf die Gesamtökologie ermitteln).
- Diskussionsgrundlage für interne und externe Projekte.

Für Aufsichtsbehörde

- Mittels einer für alle Anlagen identischen Ausgangslage, können mehrere Anlagen miteinander bzgl. deren Gesamtumweltbelastung bzw. -leistung fair verglichen werden → als Entscheidungsgrundlage für Allokation von Abfällen /Abfallplanung.



Informationen: KVA-Tool sowie Beschreibung/Bericht auf [AWEL- Homepage](#):

[Link zum EXCEL-Tool](#)

[Link zum Bericht](#)

Unser «Angebot»



**Das neue KVA-Tool für die gesamtökologische Bewertung von KVA
durch Ramboll in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich für den Kanton Zürich etabliert**

**wird gerne zur Verfügung gestellt,
um schweizweit/anderswo angewandt zu werden**

Zur Zeit wird das Tool nach der
Anwendung nur für alle Zürcher KVA
erstmals auch in allen KVA der gesamten
Ostschweiz /Tessin angewandt.



**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit
und das Interesse!**

Dr. Leo S. Morf

[leo.morf\(at\)bd.zh.ch](mailto:leo.morf@bd.zh.ch)

[Leo Morf at Researchgate](#)

[Leo Morf at LinkedIn](#)

BACK-UP

Externes Gutachten von Prof. Dr. H. Rechberger, TU Wien



Baudirektion

Anfrage: Eine Beurteilung

1. der angewandten Methodik und Tools
 2. der untersuchten Szenarien
 3. der Resultate und Folgerungen, sowie
 4. Empfehlungen
- mit auch einer Beurteilung der Herleitung der verwendeten Standardwerte.

Bezüglich:

- i. der Sinnhaftigkeit der berücksichtigten Aspekte
- ii. der guten wissenschaftlichen Praxis
- iii. der inhaltlichen Richtigkeit und
- iv. der Nachvollziehbarkeit und Transparenz.



TU Wien, IWR, A-1040 Wien, Karlsplatz 13/226

An den
Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
z.Hdn. Herrn Dr. Leo Morf



Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen
Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Forschungsbereich für Abfallwirtschaft und
Ressourcenmanagement (FAR)

Karlsplatz 13/226-2, A-1040 Wien
www.tuwien.at/cee/iwr/ressourcen

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c.
Helmut Rechberger
Institutsvorstand

T +43 1 58801 22645
helmut.rechberger@tuwien.ac.at

19.08.2022

Betreff: Gutachten zum Bericht „Gesamtökologie-Bewertung für
Kehrrichtverwertungsanlagen (KVA)“

ff.

Fazit des Gutachtens:

- **Bewertungsindikatoren:** **UBP, CO2-eq.** bewährt und etabliert.
ENE zur Prüfung gesetzl. Vorgaben/Zielpfad ok
aus wiss. Sicht → exergetischer

Wirkungsgrad

- **Verwendete Methoden und Daten sind solide.**
- Angewandte Methoden kann auf **sehr solide Datenbasis (Datenbasis der angewandten Methodik)** zurückgreifen
- Tool erlaubt Anpassungen mit aktuelleren Daten
- **Vorliegender Bericht (Tool) stellt sehr gute Grundlage für die Beurteilung der Zürcher KVA dar.**

Empfehlungen für Verbesserungen/Änderungen:

- Beurteilungsindikatoren noch **um exergetischen Wirkungsgrad erweitern (NEIN)**
- **Datenunsicherheit berücksichtigen:** Erlaubt Bestimmung der Signifikanz von Unterschieden und Bedarf an besseren Daten für relevante Parameter aufzuzeigen. **(NEIN)**
- Anregung zur **Verknüpfung der Indikatoren mit Kosten (NEIN, aber nicht im Tool)**
- Anregung des **Vergleichs der KVA-Performance auch mit effektiven Abfallinputs**, um zu ermitteln, was generischer Abfall für einen Einfluss auf den Vergleich hat.
- Bericht könnte noch informativer sein, was die Methoden- und Ergebnisbeschreibung betrifft.

Weitere Module

 Baudirektion

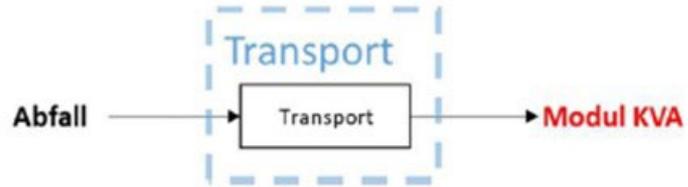


Abbildung 3: Detailansicht des Moduls Transport (Systemgrenzen)

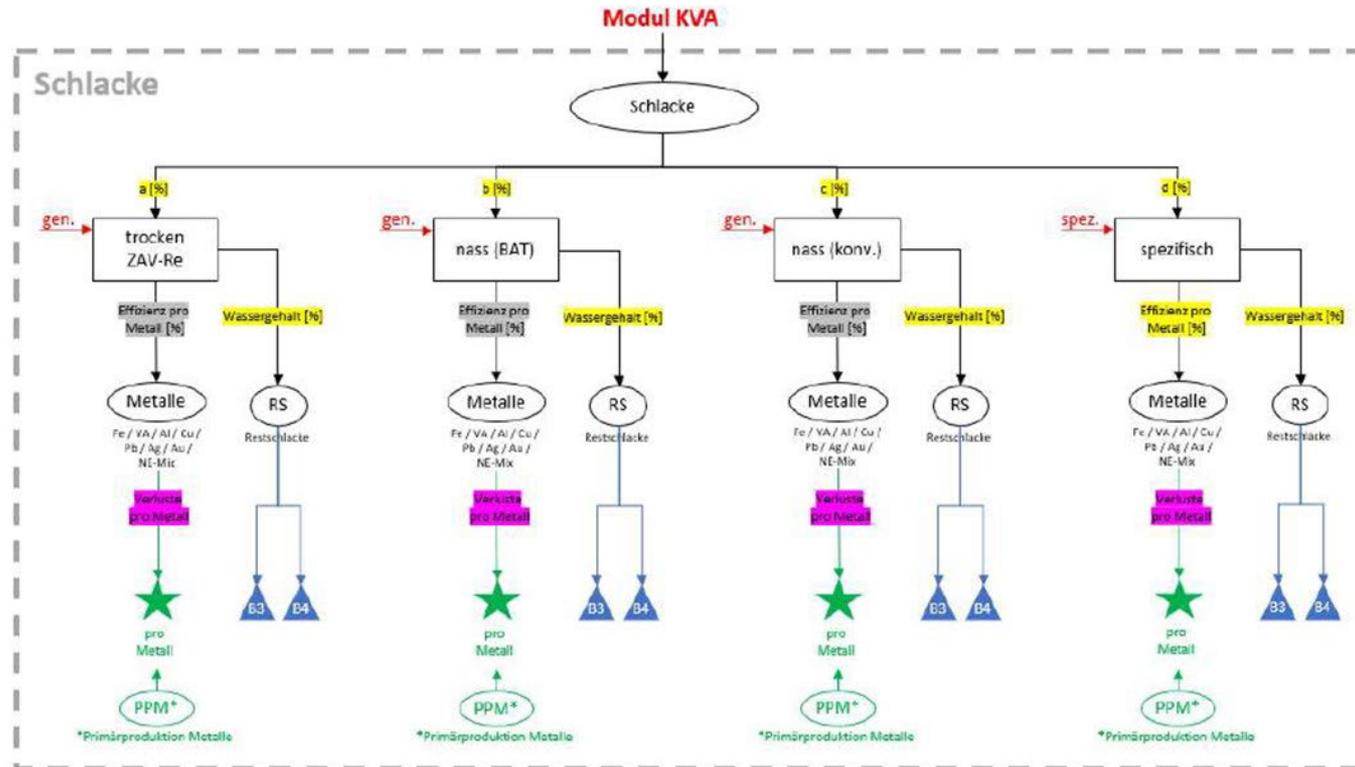


Abbildung 5: Detailsicht des Moduls Schlacke (Systemgrenzen)

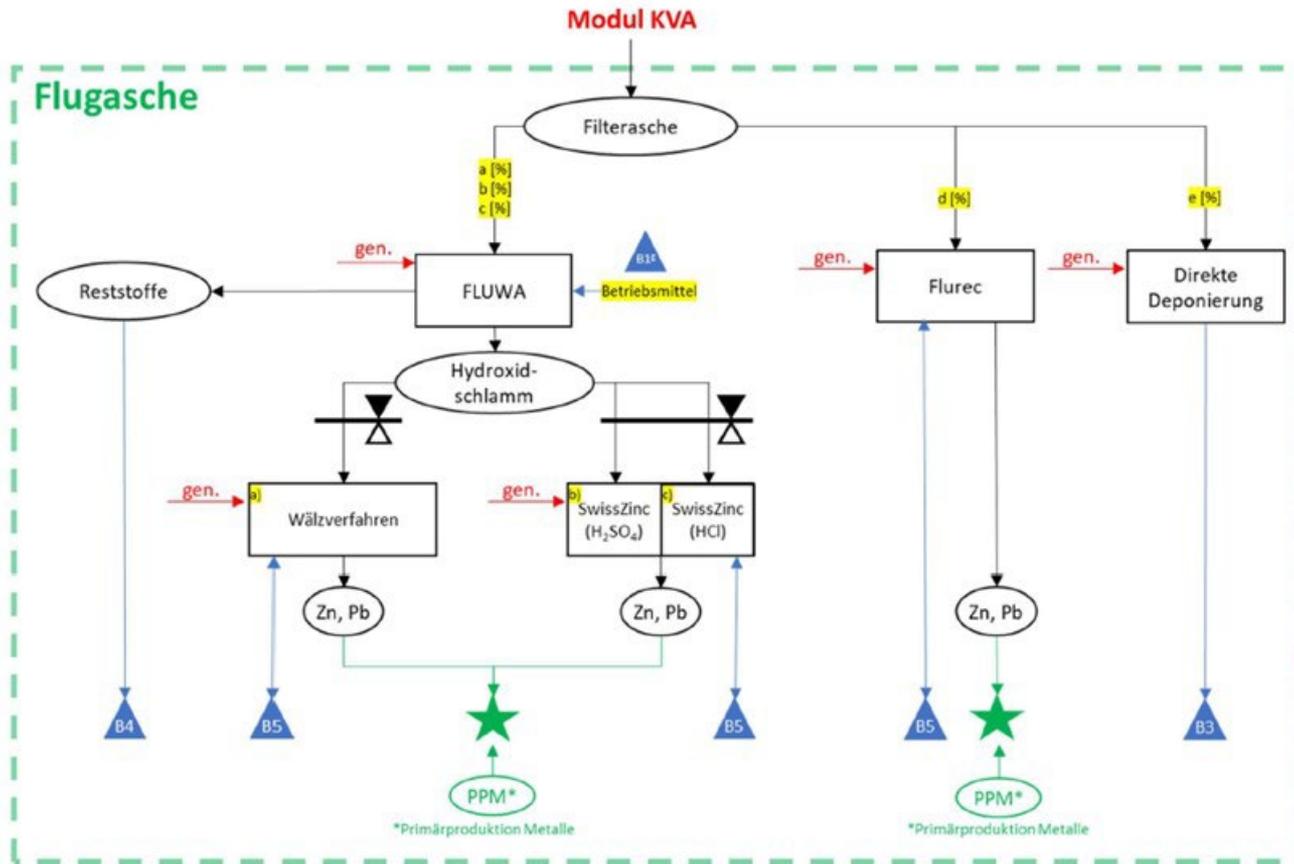


Abbildung 6: Detailsicht des Moduls Flugasche (Systemgrenzen)