



Abschlussdokumentation

„Kostenvergleich der Verwertung unterschiedlicher Verpackungsmaterialien“

Ergebnisse der Modellierung der Kosten für Sammlung, Sortierung und Verwertung des Weißblechs und anderer LVP-Fraktionen

Agenda

Die Studie „**Kostenvergleich der Verwertung unterschiedlicher Verpackungsmaterialien**“ wurde im April 2021 vom Verband Metallverpackungen e.V. (VMV), Düsseldorf, beauftragt.

Auftragnehmer sind die Prognos AG, Düsseldorf und die INFA GmbH, Ahlen.

Bearbeitung und **Kontakt**:

- Prognos AG
Dr. Jochen Hoffmeister
Dr. Bärbel Birnstengel
- INFA GmbH
Dr. Gabriele Becker
Dr. Niklas Heller

Σ

Management Summary

1.

Methodische Vorgehensweise/Grundannahmen

2.

Kostenanalyse: Logistik

3.

Kostenanalyse: Sortierung

4.

Kostenanalyse: Verwertung/Vermarktung



Management Summary

Anlass und Aufgabenstellung

Anlass für die Beauftragung dieses Projektes an Prognos und INFA war die Vermutung, dass die **Lizenzentgelte**, die für das Inverkehrbringen von Verpackungen aus Weißblech zu zahlen sind, im **Vergleich** zu anderen **Verpackungsmaterialien deutlich zu hoch** liegen und damit nicht die tatsächlichen Kosten des Weißblechs im System widerspiegeln. Die Entwicklung der Lizenzentgelte seit 2003 zeigt, dass sich die Preise für alle Verpackungsmaterialien verringert haben, während der Preis für das Weißblech in diesem Zeitraum deutlich angestiegen ist.

Die Ermittlung der Anteile einzelner Verpackungsmaterialien an den LVP-Entsorgungskosten erfolgte mit Hilfe eines **Kostenmodells**, in dem die Kosten für einzelnen Stufen der Entsorgungskette von der Sammlung über die Sortierung bis hin zur Verwertung für ein **Modellgebiet** abgebildet wurden.

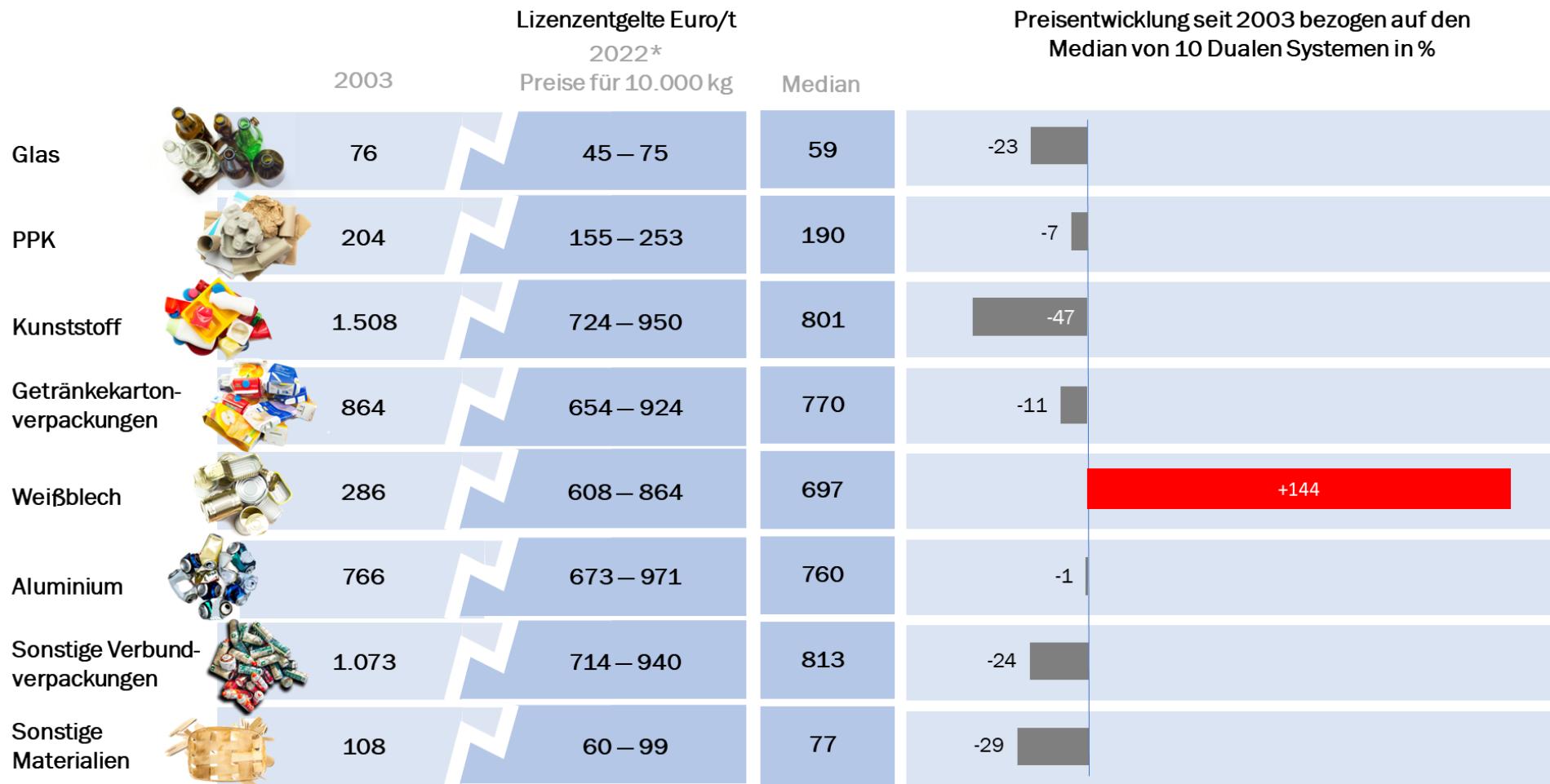
Die notwendigen **Informationen** für das **Kostenmodell** stammen aus

- bereits durchgeführten **Untersuchungen** in den Bereichen **Abfalllogistik** und **Erfassungssysteme**,
- der Durchführung von insgesamt **11 Fachgesprächen** mit Anlagenbetreibern, Dualen Systemen, Entsorgungsunternehmen, Verbänden und der Zentralen Stelle Verpackungsregister und
- der Nachbildung einer modernen **LVP-Sortierungsanlage**.

Die Ergebnisse der Kostenberechnungen wurden abschließend mit **Marktteilnehmern validiert**.

Σ

Anlass und Aufgabenstellung



* Quelle: <https://verpackungslizenz24.de/ergebnisse-leistungsjahr-2022/>; Abfrage 8/2022 für die Lizenzierung von 10.000 kg. Tatsächliche Lizenzentgelte können je nach Marktlage, Anbieter und lizenzierte Menge davon abweichen.

Bildquellen: istock, Alamy, Adobe Stock, turbosquid, cgtrader

Σ Ergebnisse

Auf Basis des **Modells** konnte ermittelt werden, dass das **Weißblech** im Verhältnis zu seinem Mengenanteil deutlich **weniger Kosten** verursacht als die übrigen LVP-Fraktionen.

Als **Gesamtkosten** für **Sammlung, Sortierung und Verwertung/Vermarktung** wurden rund **350 €/Mg_{LVP}** ermittelt:

- **196 €/Mg_{LVP}** für Sammlung, davon 14 €/Mg_{LVP} für die Sammlung von Fe-Metallen
- **107 €/Mg_{LVP}** für Sortierung, davon 4 €/Mg_{LVP} für Sortierung von Fe-Metallen
- **26 bis 69 €/Mg_{LVP}** für die Vermarktung der Fraktionen, davon -9 bis -16 €/Mg_{LVP} für die Verwertung von Fe-Metallen

Die den **Fe-Metallen zuzuordnenden Kosten** liegen je nach Verwertungspreisen insgesamt bei **3 bis 9 €/Mg_{LVP}**

Damit verursachen die Sammlung, Sortierung und Verwertung der Fe-Metalle im Rahmen der LVP-Entsorgung

- bei einem Input-Masseanteil **von 10 % insgesamt** nur
- rund **1 bis 2 % der Gesamtkosten**

Vor diesem Hintergrund ist zu überlegen, welche Möglichkeiten bestehen, für das Weißblech innerhalb oder auch außerhalb des LVP-Systems zu einer **Kostengerechtigkeit** zu kommen.

Σ

Ergebnisse

Gelber Sack/
gelbe Tonne



Sammlung und
Transport



Sortierung der
Wertstofffraktionen



Vermarktung der
Wertstofffraktionen



Gesamtkosten



Massenanteil

Kosten
Sammlung und Transport

195,8 Euro/t LVP

Kosten der Sortierung

107,3 Euro/t LVP

Gesamtbilanz Kosten/Erlöse
aus der Vermarktung

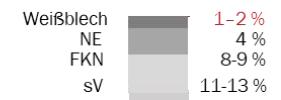
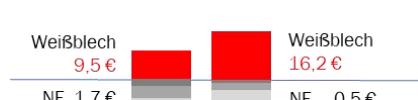
Q2 2021: 69,2 Euro/t LVP

Q1 2022: 26,0 Euro/t LVP

Sammlung/Sortierung/
Verwertung

Q2 2021: 372,3 Euro/t LVP

Q1 2022: 329,1 Euro/t LVP



Kunststoffe 50 %

KS 128,1 € 65 %

KS 86,6 € 81 %

KS 63,9 € 26,0 €

KS 73-75 %

Reste* 22 %

* Die Kosten für die Reste werden in den weiteren Berechnungen
anteilig auf die Wertstofffraktionen umgelegt.

Bildquellen: istock, Alamy, Adobe Stock, turbosquid, cgtrader



Methodische Vorgehensweise



1 Methodische Vorgehensweise/Grundannahmen

Sammlung und Transport

- **Modellierung** der Kosten in der **Sammellogistik** nach Festlegung von „typischen“
 - Transportentfernungen
 - Abfuhrintervallen
 - Leistungsdaten
- **Untersuchung** und **Zuordnung** der **Kosten** nach
 - Behälter- / Sackkosten
 - Personalkosten
 - Fahrzeugkosten



Sortierung

- **Modellierung** einer **Referenzsortieranlage** nach Stand der Technik
 - Anlagendurchsatz / -größe
 - Technische Ausstattung
- **Untersuchung** und **Zuordnung** der **Kosten**, wie z. B.
 - Investitionskosten
 - Personalkosten
 - Betriebskosten



Verwertung/Vermarktung

- Der Prozess der **Verwertung** der aussortierten Stoffgruppen wurde nicht modelliert
- Statt dessen: Berücksichtigung der **Marktpreise** für die Verwertung
 - Wertstoffe
 - Störstoffe



Bildquellen: istock, Alamy, Adobe Stock, turbosquid, cgtrader

1 Methodische Vorgehensweise/Grundannahmen

Erfassungssysteme

Die Ermittlung der Anteile einzelner Verpackungsmaterialien an den LVP-Entsorgungskosten erfolgte mit Hilfe eines **Kostenmodells**, in dem die Kosten für einzelnen Stufen der Entsorgungskette von der Sammlung über die Sortierung bis hin zur Verwertung für ein **Modellgebiet** abgebildet wurden.



Die verschiedenen **Erfassungssysteme** sind **unterschiedlich stark** in Deutschland verbreitet:
(Stand 2019)

- Gelber Sack: ~ 40 % der Einwohner
- Gelbe Tonne: ~ 20 % der Einwohner
- Mischsystem: ~ 20 % der Einwohner
- Bringsystem: ~ 7 % der Einwohner
- Wertstofftonne: ~ 13 % der Einwohner

Die Anteile der Systeme **variieren** in den **unterschiedlichen Siedlungsstrukturen**.

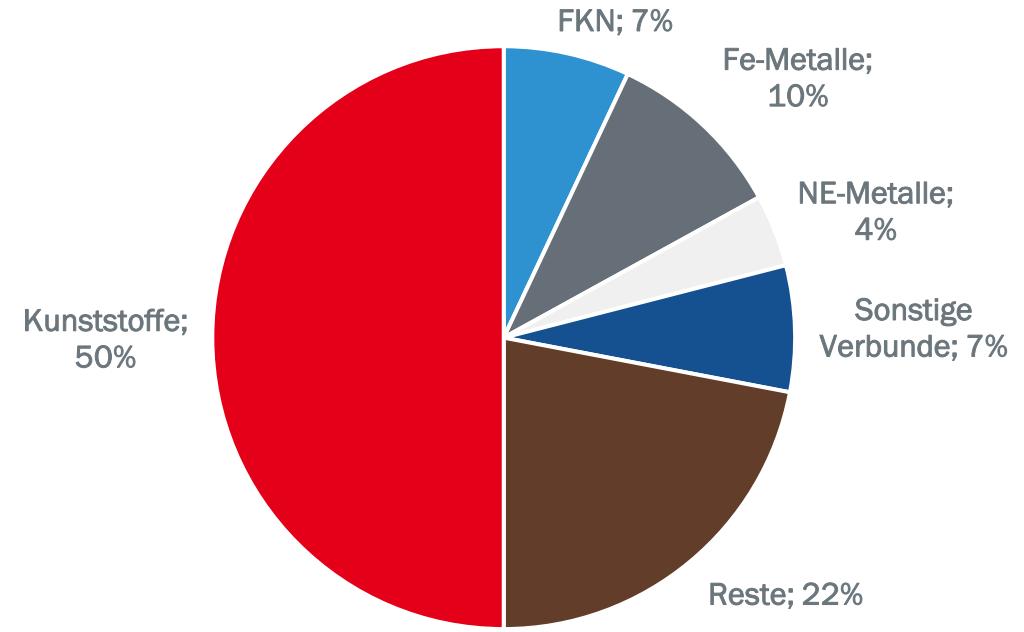
Festlegungen:

- Definition eines Modellgebiets mit „**typischen**“ Erfassungssystemen
- **Gelbe Tonnen** im **städtischen Bereich** (überwiegend zweiwöchentliche Leerung), **gelbe Säcke** im **ländlichen Bereich** (überwiegend vierwöchentliche Leerung)
- **Keine Berücksichtigung** von Bringsystemen, Wertstofftonne und „Sondersystemen“ (z. B. Dosencontainer)

1 Methodische Vorgehensweise/Grundannahmen

LVP-Menge und -Zusammensetzung

- Die **Menge** und die **Zusammensetzung** von **LVP** wird festgelegt auf Basis von
 - Informationen aus den **Fachgesprächen**
 - Angaben aus der **Literatur** (z. B. UBA-Studien, Öko-Institut)
 - **INFA-Erfahrungswerten** (z. B. aus Sortieranalysen)
- Für die **Modellierung** angesetztes **LVP-Aufkommen:**
30 kg/(E*a)
- Für die **Modellierung** angesetzte **LVP-Zusammensetzung:**
 - Kunststoffe: 50 %
 - Flüssigkeitskartons (FKN): 7 %
 - Fe-Metalle (Weißblech): 10 %
 - NE-Metalle: 4 %
 - Sonstige Verbunde: 7 %
 - Reste*: 22 %



* Stoffgleiche Nichtverpackungen wurden den jeweiligen Verpackungsmaterialien zugeordnet



Kostenanalyse Logistik

2 Kosten für die Logistik

Vorgehensweise

- **Berechnung** der Logistikkosten für das **Modellgebiet**
 - Behälterkosten
 - Fahrzeugkosten
 - Personalkosten
- **Differenzierte Betrachtung** des Sammlungsprozesses
 - Regie- und Rüstzeiten
 - Handling und Leerung der Behälter
 - Transport-, Zwischen- und Leerfahrten
- Sachgerechte **Zuordnung der Teilkosten**
 - Berücksichtigung, dass für die Sammelkosten nicht nur das Gewicht, sondern auch das Volumen relevant ist
 - Anteilige Zuordnung der Sammelkosten für Reste auf die Wertstofffraktionen



Bild: INFA

2 Kosten für die Logistik

Vorgehensweise

Strukturindikatoren und Annahmen für das Modellgebiet:

Struktur	Einheit	Familienhaus-bebauung (1 bis 2 WE)	Mehrfamilienhaus-bebauung (3-10 WE)	Blockbebauung
Bewohner	[E]	100.000	100.000	50.000
Bewohner je Wohneinheit	[E/Hh]	2,2	2,2	2,2
Anzahl Wohneinheiten *	[WE]	45.500	45.500	22.700
Mittlere Anzahl WE je Behälterstandort	[WE/Beh.-St.]	1,5	6,5	12
Anzahl der Behälterstandorte *	[Beh.-St.]	30.300	7.000	1.900
Einwohner je Behälterstandort	[E/Beh.-St.]	3,3	14,3	26,3

* Zahlen teilweise gerundet

Gelbe Säcke
(40 % der Einwohner)

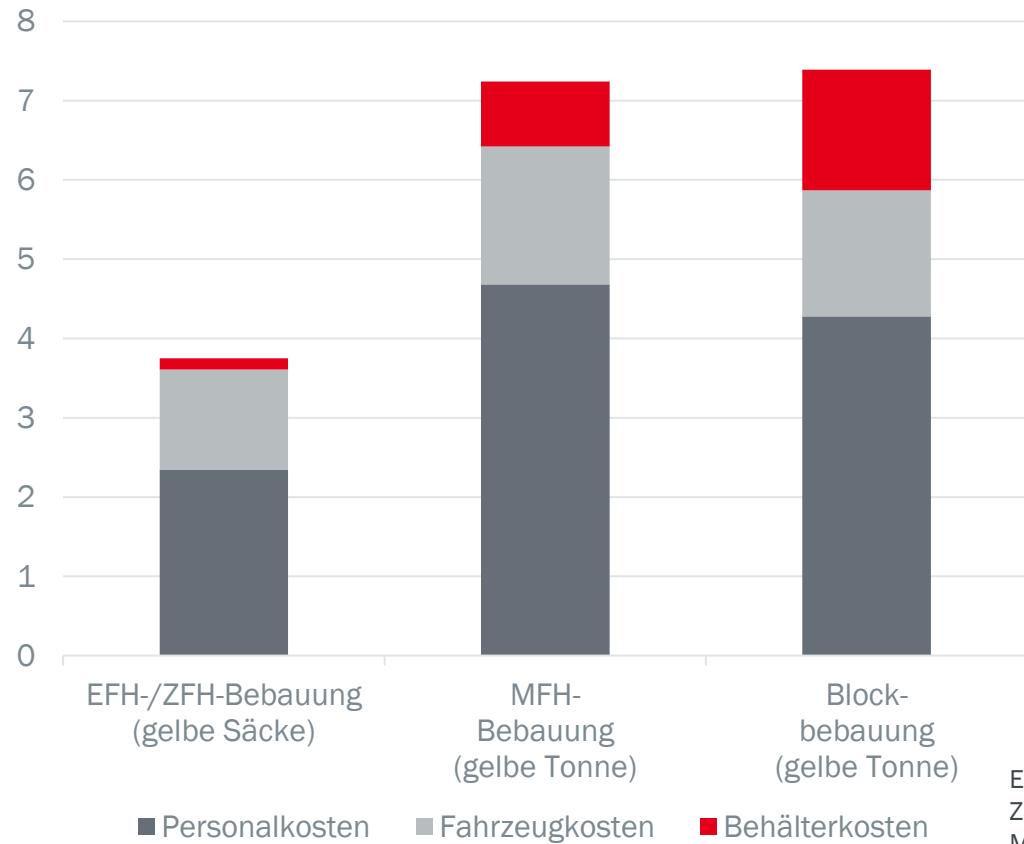
Gelbe Tonne
(60 % der Einwohner)



Bild: BSR/Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft

2 Kosten für die Logistik

Ergebnis: Sammelkosten in den Bebauungsstrukturen als einwohnerspezifische Jahreskosten in €/(E*a)



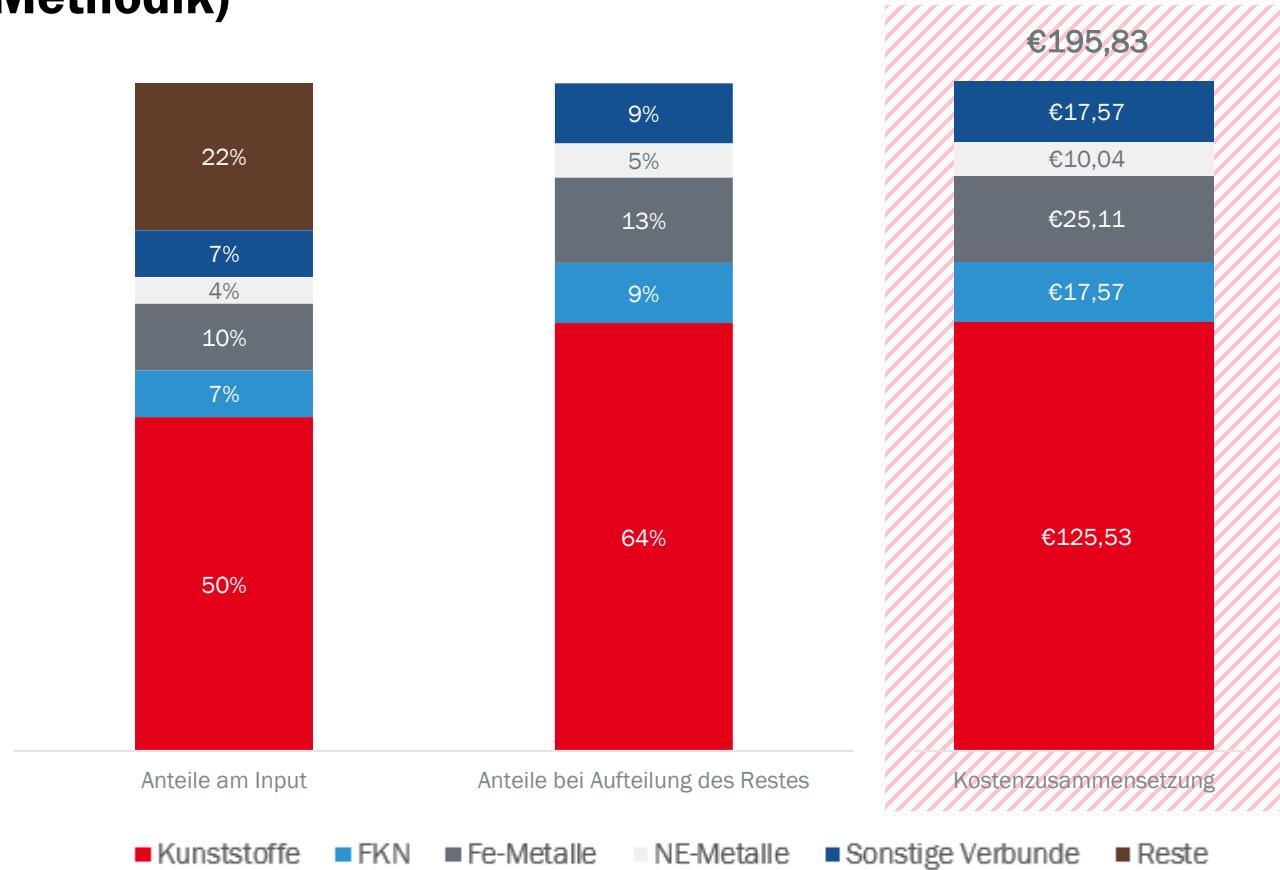
- Als **einwohnerspezifische Sammelkosten** wurden bei den gewählten Ansätzen ermittelt:
 - In von **Ein-/Zweifamilienhäusern** geprägten Bebauungsstrukturen mit 4-wöchentlicher Sacksammlung etwa 4 €/(E*a)
 - In von **Mehrfamilienhäusern** und **Blockbebauung** geprägten Bebauungsstrukturen mit einer 2-wöchentlichen Behältersammlung etwa 7 €/(E*a)
- Insgesamt wurden für das **Modellgebiet LVP**-Sammelkosten in Höhe von rd. **196 €/Mg_{LVP}** bzw. **5,90 €/(E*a)** ermittelt

Quelle: INFA GmbH

2 Kosten für die Logistik

Zuordnung der Sammelkosten (verworfene Methodik)

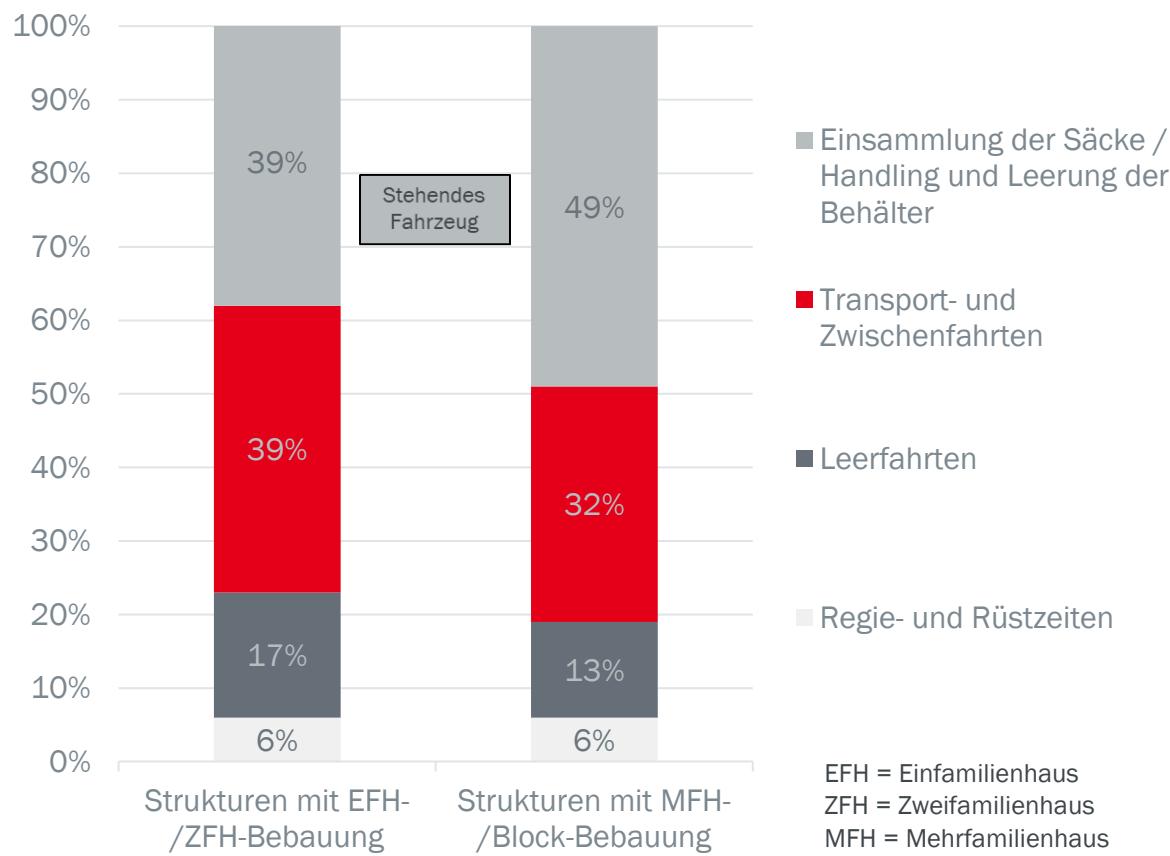
- Einfachste, **wenig sachgerechte** Art der Kostenaufteilung:
 - Verteilung der Sammelkosten entsprechend der **Massenanteile** im Gemisch
 - Anteile Zuordnung des Masseanteils der Reste
- Die **Sammlung der Fe-Metalle** stünde dann etwa für
 - **13 % der Sammelkosten**
 - entspricht ca. **25 €/Mg_{LVP}**
- **Diese Vorgehensweise wurde nicht umgesetzt**



2 Kosten für die Logistik

Zuordnung der Sammelkosten - Vorgehensweise

Zeitanteile des Sammelprozesses für Zuordnung



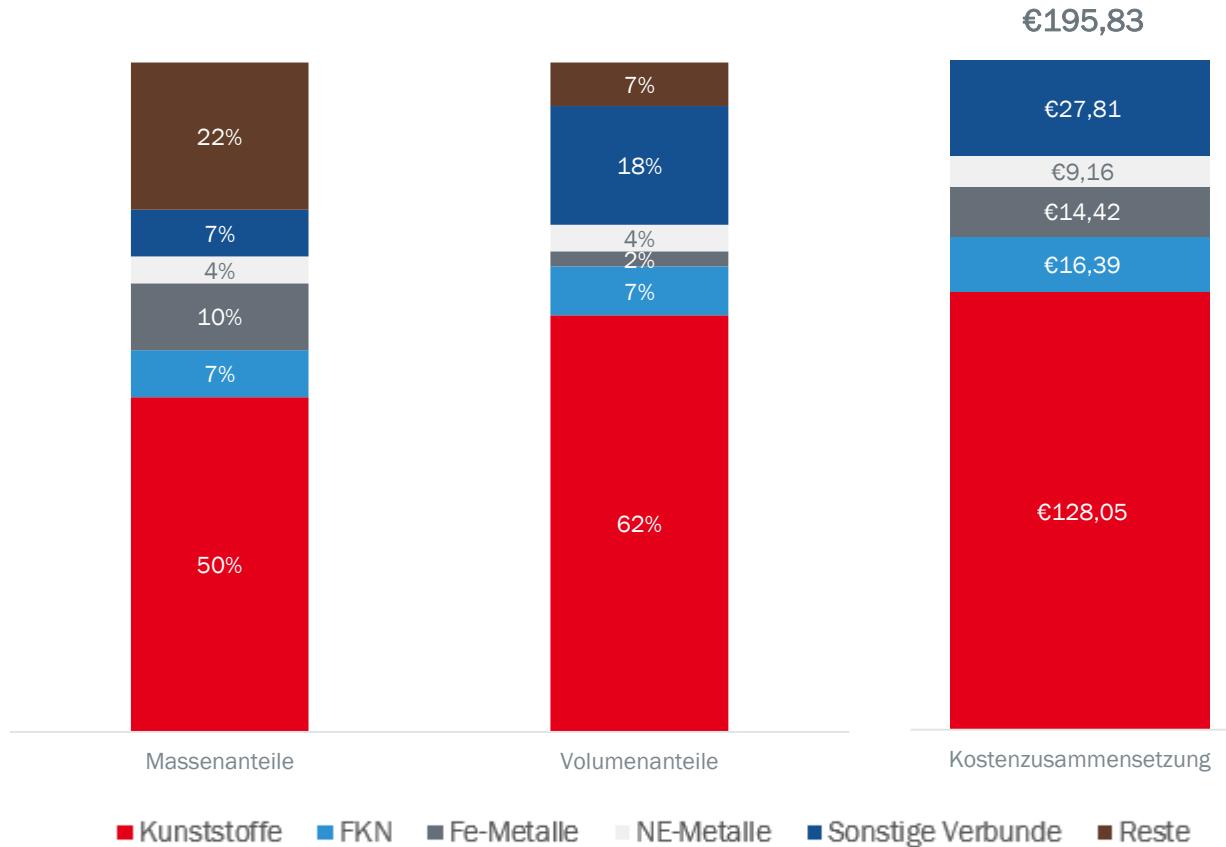
Quelle: INFA GmbH

- **Sachgerechtere Zuordnung** der Teilkosten
 - Berücksichtigung, dass für die Sammelkosten nicht nur das **Gewicht**, sondern auch das **Volumen** relevant ist
- **Volumenbezogene Zuordnung** (Volumenanteile der Materialfraktionen im LVP-Gemisch wurden empirisch ermittelt)
 - Behälterkosten
 - Fahrzeug- und Personalkosten beim Handling und der Leerung der Behälter (stehendes Fahrzeug)
- **Massebezogene Zuordnung**
 - Fahrzeug und Personalkosten während Transport-, Zwischen- und Leerfahrten, sowie Regie- und Rüstzeiten
- Anteilige Zuordnung der Sammelkosten für Reste auf die Wertstofffraktionen

2 Kosten für die Logistik

Ergebnis: Sammelkosten je Mg Sortierfraktion

- Der **Volumenanteil** im Sammelgemisch
 - ist bei den Kunststoffen und den sonstigen Verbunden höher als der jeweilige Massenanteil (großer Anteil an Folien und leichten Verpackungsmaterialien mit geringem Raumgewicht im Sammelbehältnis (trotz guter Verdichtbarkeit))
 - beträgt bei den **Fe-Metallen** rund 2 % (Konservendosen, Aerosoldosen und Kronkorken (Beispiele) weisen ein hohes Gewicht im Vergleich zum Volumen auf)
- Bei anteiliger Einbeziehung des Volumeneinflusses verursacht die Sammlung von **Fe-Metallen** rund **14 €/Mg_{LVP}** und damit etwa **7 %** der gesamten Sammelkosten





Kostenanalyse Sortierung

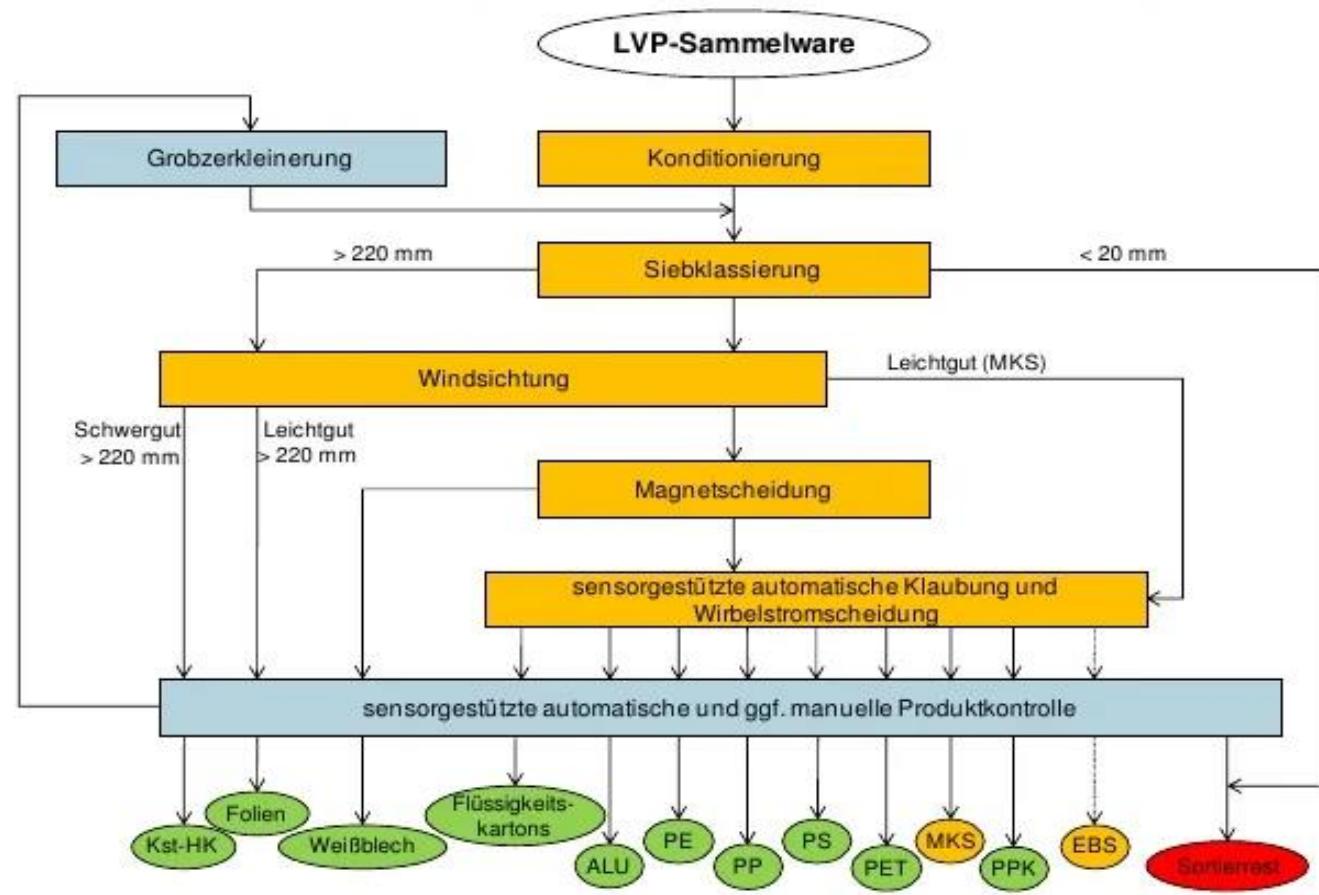
3 Kosten für die Sortierung

Modellanlage

- Konzipierung einer **LVP-Sortieranlage** nach dem **Stand der Technik** (mit Unterstützung eines Planungsbüros)
 - Kalkulation der **Investitionskosten**
 - Kalkulation der **Betriebskosten**
- **Eckdaten**
 - **Anlagendurchsatz:** 140.000 Mg/a
 - **Investitionskosten***: 45 Mio. €
 - **Technische Ausstattung:** u. a. Kunststoffartensorтировung
 - **Sortierkosten:** 107 €/Mg

* ohne Aufwendungen für Grundstück und Erschließung

Darstellung der LVP-Sortierung nach dem Stand der Technik

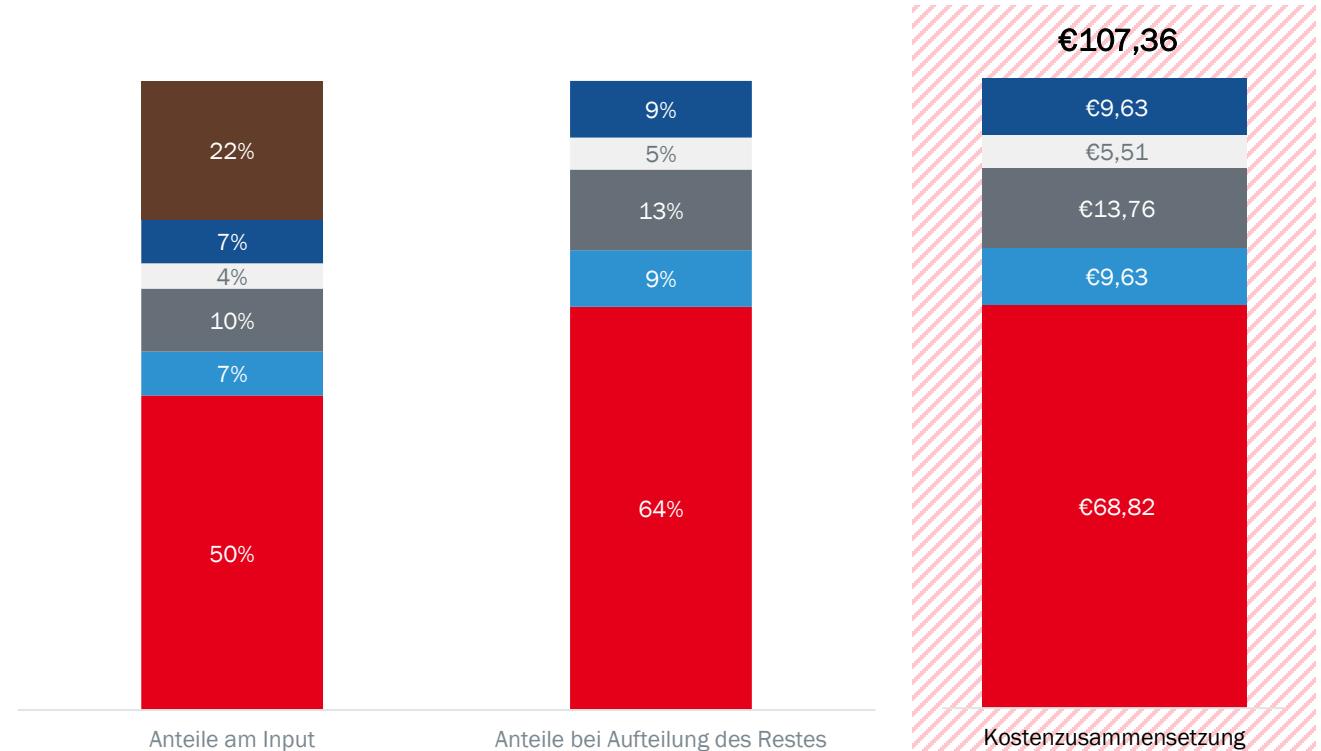


Bildquelle: HTP / Öko-Institut: Verwertungsquoten für die Wertstofferfassung. UFOPLAN-Projekt FKZ 3711 33 316

3 Kosten für die Sortierung

Zuordnung der Sortierkosten (verworfene Methodik)

- Einfachste, **wenig sachgerechte** Art der Kostenaufteilung:
 - Verteilung der Sortierkosten entsprechend der **Massenanteile** im Gemisch
 - Anteile Zuordnung des Masseanteils der **Reste**
- Die **Sortierung der Fe-Metalle** stünde dann etwa für
 - **13 % der Sortierkosten**, dies entspricht ca. **14 €/Mg_{LVP}**



3 Kosten für die Sortierung

Zuordnung der Sortierkosten - Vorgehensweise

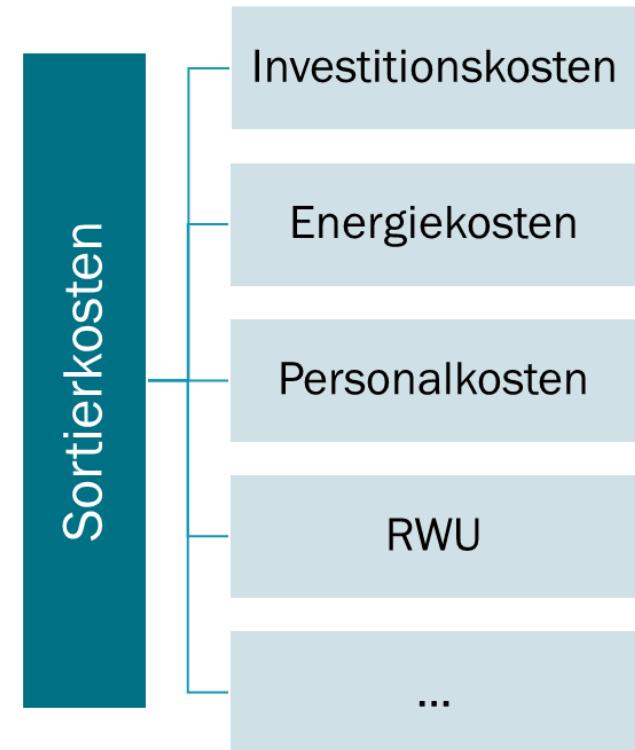
- Möglichst detaillierte **Zuordnung** sämtlicher Kostenbestandteile zu **Materialfraktionen**
- Sachgerechte **Zuordnung** der **Aggregate** zu sortierten Faktionen
 - z. B. für: Magnete, NIR, Pressen, Beschleunigungsbänder, Druckluftversorgung, ...
 - jeweils für Investitions- und Betriebskosten (Energiekosten, Personalkosten, ...)
- Zuordnung **allgemeiner Kosten** (nicht direkt zuzuordnenden Kosten) nach Anteilen der Investitionssumme
 - z. B. für Zerkleinerer, allgemeine Förderbänder, Gebäude, Fahrzeuge, ...
 - i. W. nach Anteilen an den Investitionskosten



Bild: INFA

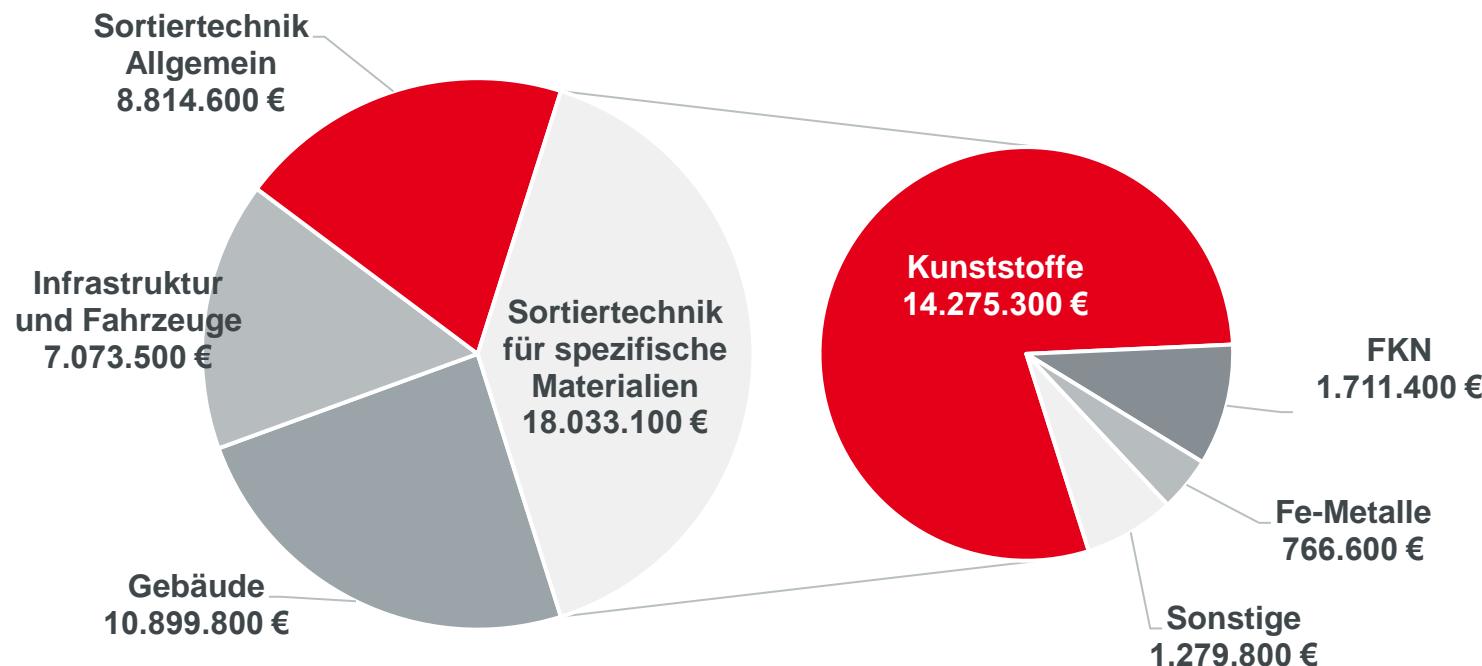
3 Kosten für die Sortierung

Bestandteile der Modellierung der Sortierkosten



3 Kosten für die Sortierung

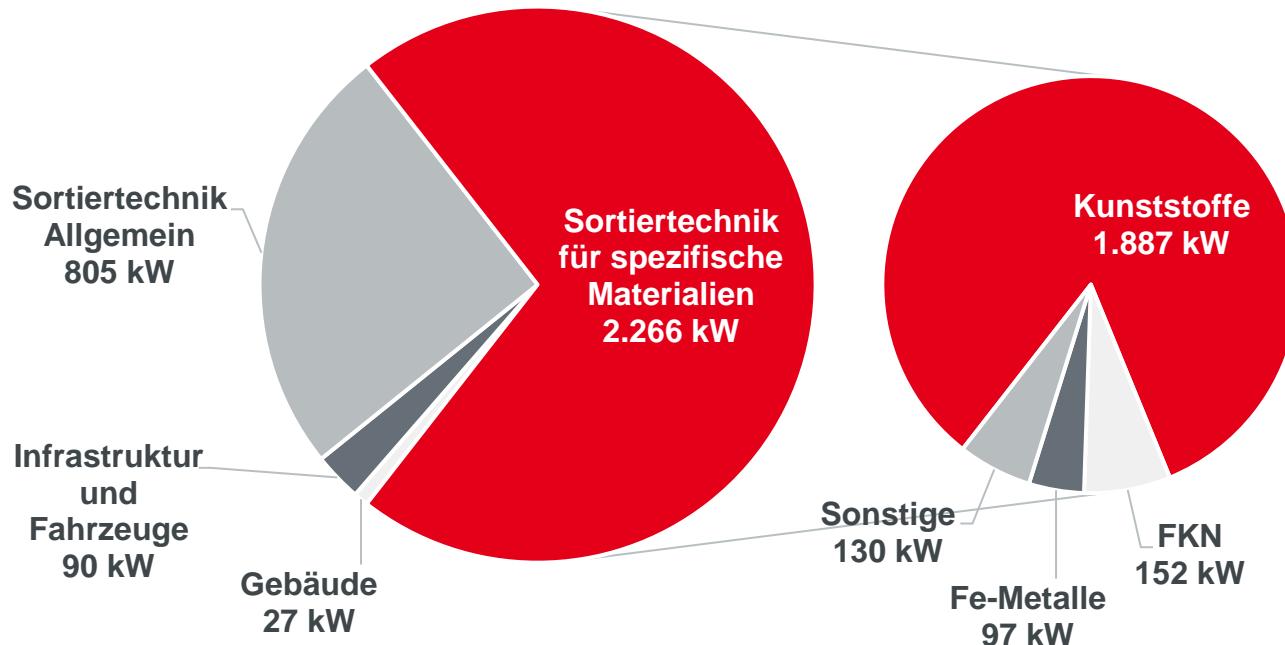
Beispielhafte Detailbetrachtung: Investitionskosten



- Gesamte **Investitionskosten** der Modellanlage: 45 Mio. €
- Rund 60 % der Investitionskosten entfallen auf die **Anlagentechnik**
- Rund 40 % der Investitionskosten lassen sich einer **Sortierfraktion** zuordnen
- **Aggregate** zur Kunststoffsortierung stehen für **rd. ein Drittel** der Gesamtkosten
- Der **Fe-Sortierung** können **2 %** der Gesamtkosten **direkt** zugeordnet werden

3 Kosten für die Sortierung

Beispielhafte Detailbetrachtung: Installierte elektrische Leistung



- Gesamte **installierte elektrische Leistung**: rund **3.190 KW**
- 71 % der elektrischen Leistung (= rund 2.270 KW) sind den **Sortierfraktionen** zuzuordnen
- Durch den hohen **Energieverbrauch** der **NIR-Technik** inkl. Druckluftbereitstellung benötigt die **Kunststoffsortierung** rund **59 %** der gesamten elektrischen Leistung
- Der Sortierung von **Fe-Metallen** können **direkt** rund **4 %** der **materialspezifischen** installierten **Leistung** zugeordnet werden

3 Kosten für die Sortierung

Berechnung der Sortierkosten

Die **Sortierkosten** werden unter Verwendung des **Anlagendurchsatzes** und den folgenden, den **Sortierfraktionen** anteilig zugeordneten, **Jahreskosten** berechnet

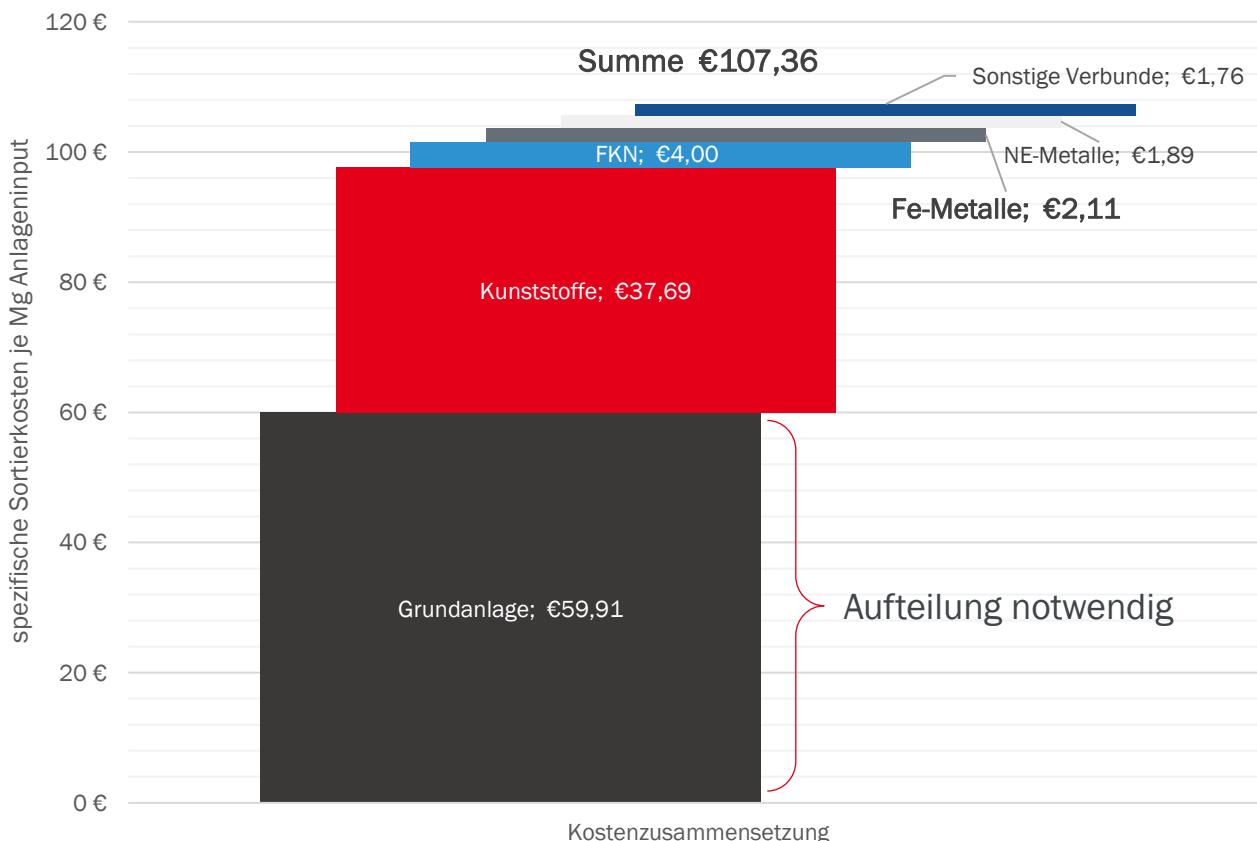
■ Anlagendurchsatz:	140.000 Mg/a
■ Kapitaldienst:	5,3 Mio. €/a
■ Personalkosten:	1,7 Mio. €/a
■ Strom- und Kraftstoffkosten	2,5 Mio. €/a
■ Versicherung:	0,7 Mio. €/a
■ RWU:	2,7 Mio. €/a
■ Betriebsmittel und Bindedraht:	0,2 Mio. €/a
■ Verwaltung:	1,4 Mio. €/a
■ Sonstiges (Planung, Inbetriebnahme, ...)	0,5 Mio. €/a



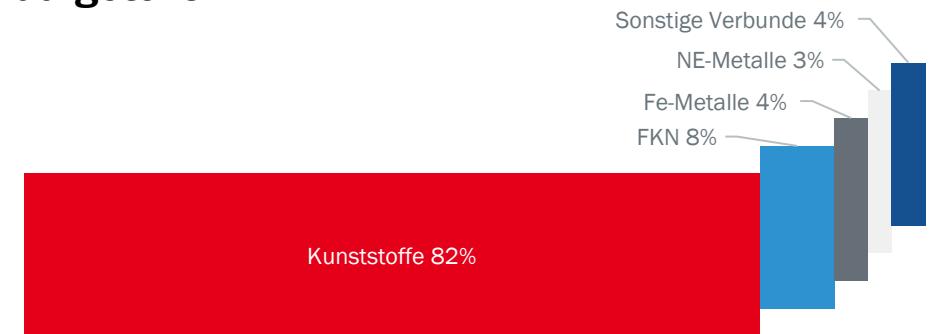
Bild: Prognos

3 Kosten für die Sortierung

Zusammensetzung der spezifischen Sortierkosten je Mg Anlageninput



- Die **Sortierkosten** der **modellierten Anlage** liegen bei **107 €/Mg LVP-Input**
- 44 % davon lassen sich **direkt** einer Sortierfraktion zuordnen, davon entfällt mit rund **2 € je Mg** LVP-Input der geringste Kostenblock auf die **Fe-Metalle**
- Die **nicht direkt** zuzuordnenden Kosten der Grundanlage werden auf die **Sortiergruppen** i. W. nach Anteilen der Investitionskosten wie folgt **aufgeteilt**



Quelle: INFA GmbH

3 Kosten für die Sortierung

Ergebnis: Sortierkosten je Mg Sortierfraktion

- Von den ermittelten **Sortierkosten** i. H. v. **107 €/Mg_{LVP}** entfällt der Großteil auf die Kunststoffe
 - hohe Investitions- und Energiekosten v. a. durch NIR-Aggregate
- Die Kosten für die **Fe-Metall-Abtrennung** liegen bei rd. **4 €/Mg_{LVP}** und machen damit **4 %** der gesamten Sortierkosten aus
 - technisch einfache Aggregate mit vergleichsweise geringem Investitionsaufwand, geringen Energiekosten und wenig Wartungsbedarf

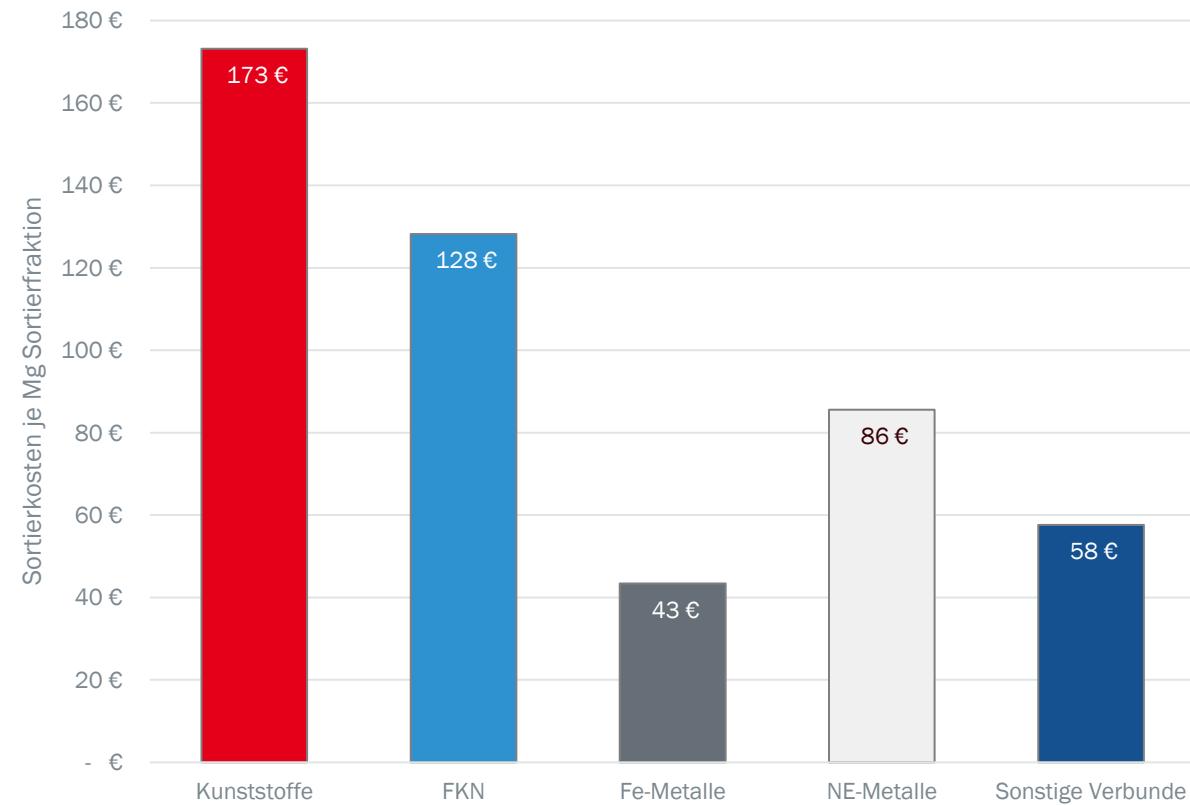


Quelle: INFA GmbH

3 Kosten für die Sortierung

Ergebnis: Spezifische Sortierkosten je Mg Sortierfraktion (bezogen auf die Input-Zusammensetzung)

- **Kunststoffe**
 - Bei einem Input-Anteil von **50 %** liegen die spezifischen Sortierkosten bei **173 €/Mg_{Kunststoffe}**
- **FKN**
 - Bei einem Input-Anteil von **7 %** liegen die spezifischen Sortierkosten bei **128 €/Mg_{FKN}**
- **Fe-Metalle**
 - Bei einem Input-Anteil von **10 %** liegen die spezifischen Sortierkosten bei **43 €/Mg_{Fe-Metalle}**
- **NE-Metalle**
 - Bei einem Input-Anteil von **4 %** liegen die spezifischen Sortierkosten bei **86 €/Mg_{NE-Metalle}**
- **Sonstige Verbunde**
 - Bei einem Input-Anteil von **7 %** liegen die spezifischen Sortierkosten bei **58 €/Mg_{Sonstige_Verbunde}**



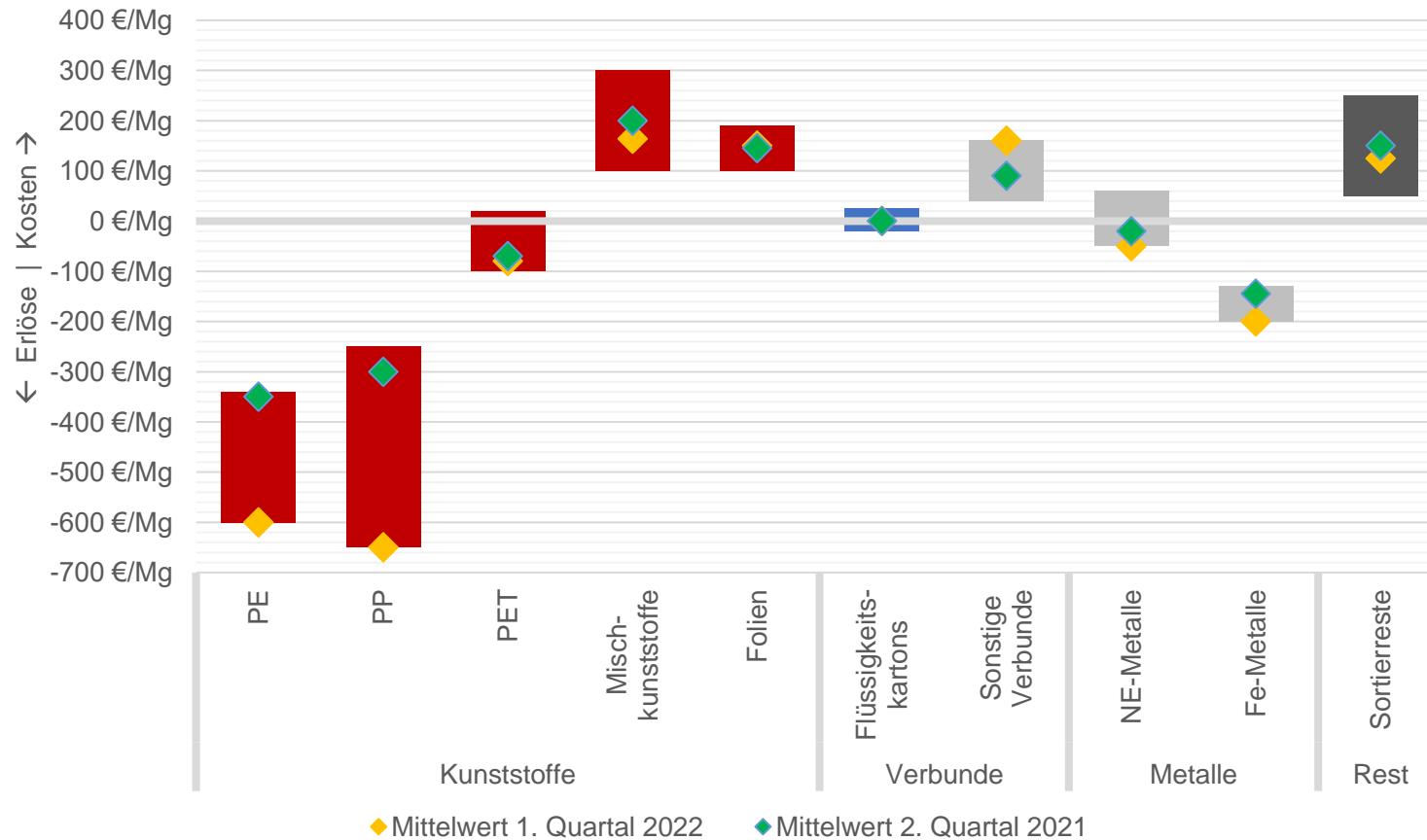


Kostenanalyse Verwertung/Vermarktung



Vermarktungskosten

Spannbreiten und Mittelwerte der Vermarktungskosten je Mg Sortierfraktion (2021/2022)



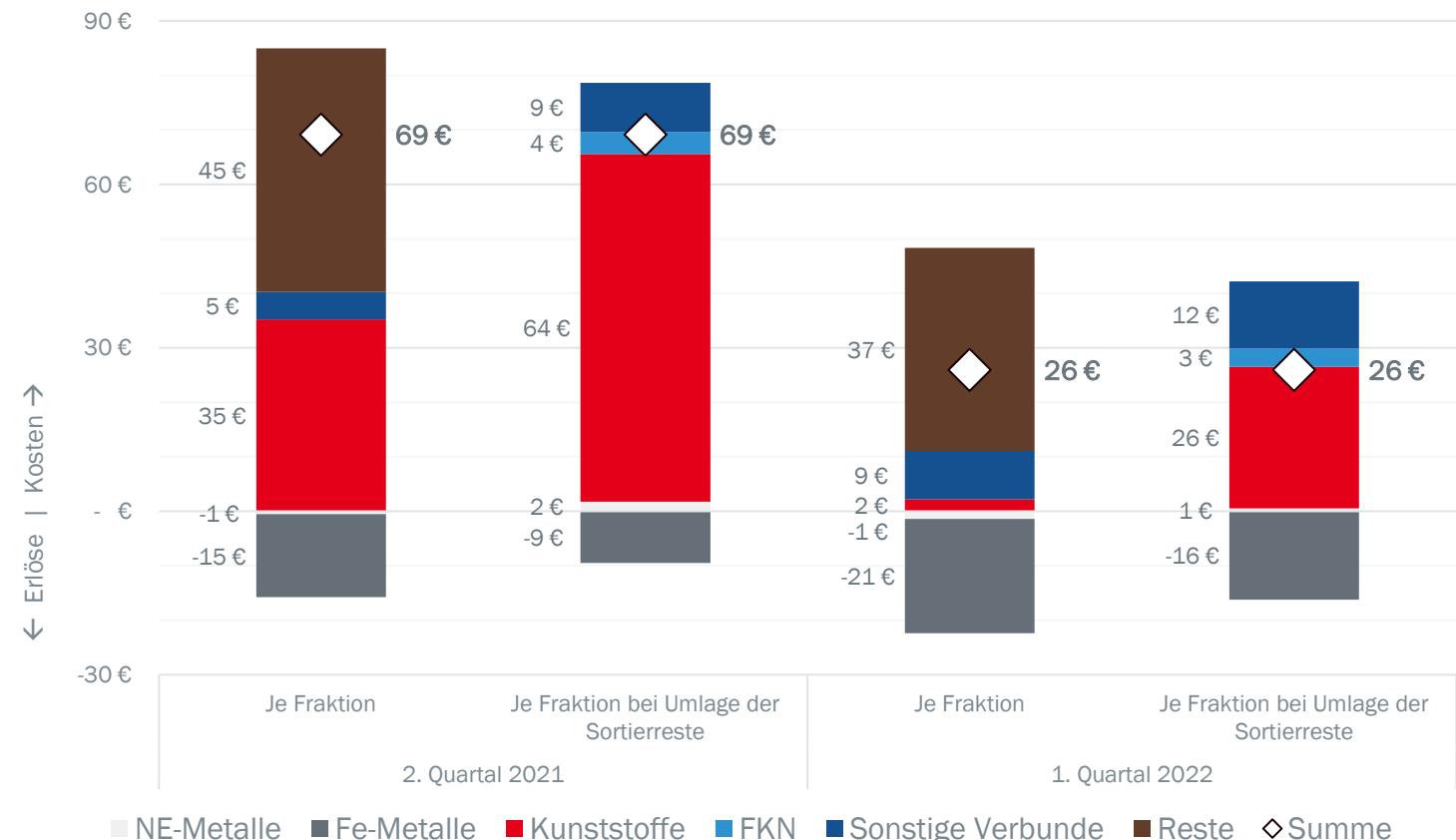
- Basis: Überwiegend Ergebnisse aus den **Fachgesprächen**
- **Momentaufnahme**, da Preise stark schwanken
 - Insb. bei Kunststoffen
 - Erlöse für Fe-Metalle recht stabil, Schrottpreisindex als Richtwert:



Quelle: Angaben aus Fachgesprächen und Marktabfragen

Vermarktungskosten des LVP-Gemisches (bezogen auf die Input-Zusammensetzung)

- Grobe **Abschätzung** der **Verwertungskosten**
 - Modellierung der Outputströme
 - Aktuelle Angaben zu den Vermarktungskosten (stark volatil)
- Die **modellierten Kosten** für die weitere Verwertung/Vermarktung ergaben etwa
 - **69 €/Mg_{LVP}** im 2. Quartal 2021 und
 - **26 €/Mg_{LVP}** im 1. Quartal 2022
- Die **Erlöse** für **Fe-Metalle** liegen in diesen Zeiträumen bei **15 bis 21 €/Mg_{LVP}**
- Bei **massebezogener Aufteilung** der Kosten für die **Sortierreste*** liegen die **Erlöse für Fe-Metalle** bei **9 bis 16 €/Mg_{LVP}**



* In den Sortierresten befinden sich i. d. R. keine relevanten Mengen an Fe-Metallen, sodass auch eine andere Aufteilung anwendbar wäre.



prognos

Ihr Kontakt

Kontakt



Dr. Jochen Hoffmeister
Prognos AG

Partner/Direktor
Wirtschaft, Energie & Infrastruktur

Adresse
Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf

+49 211 91 316-130

jochen.hoffmeister@prognos.com



Dr. Gabriele Becker
INFA GmbH

Partnerin/Abteilungsleiterin
Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Adresse
Beckumer Straße 36
59229 Ahlen / Westfalen

+49 2382 964-506

becker@infa.de

Wir geben Orientierung.

Prognos AG – Europäisches Zentrum für
Wirtschaftsforschung und Strategieberatung