



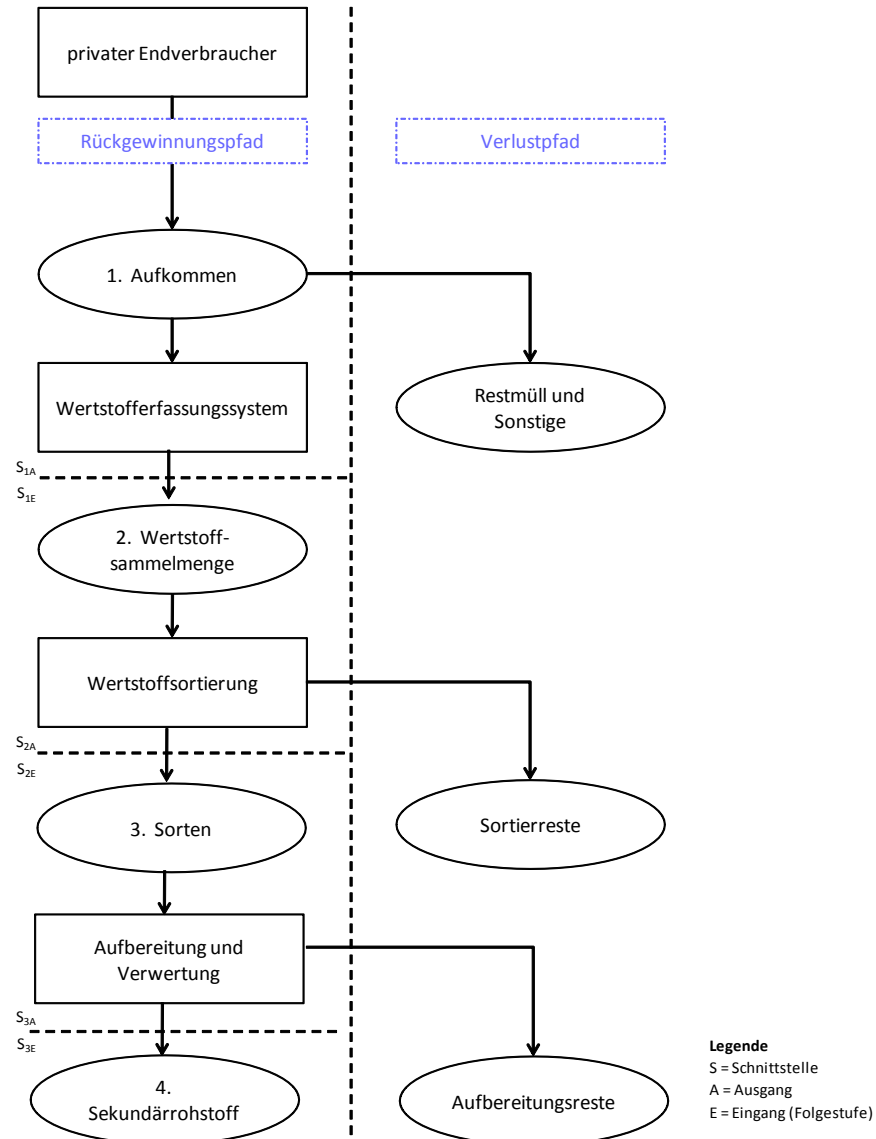
„Verwertungsquoten für die Wertstoffeffassung“

Methodik und Statusanalyse

UFOPLAN-Projekt FKZ 3711 33 316

Fachgespräch – Dessau, 14. Mai 2012

Bilanzräume und Schnittstellen möglicher Quotierungen



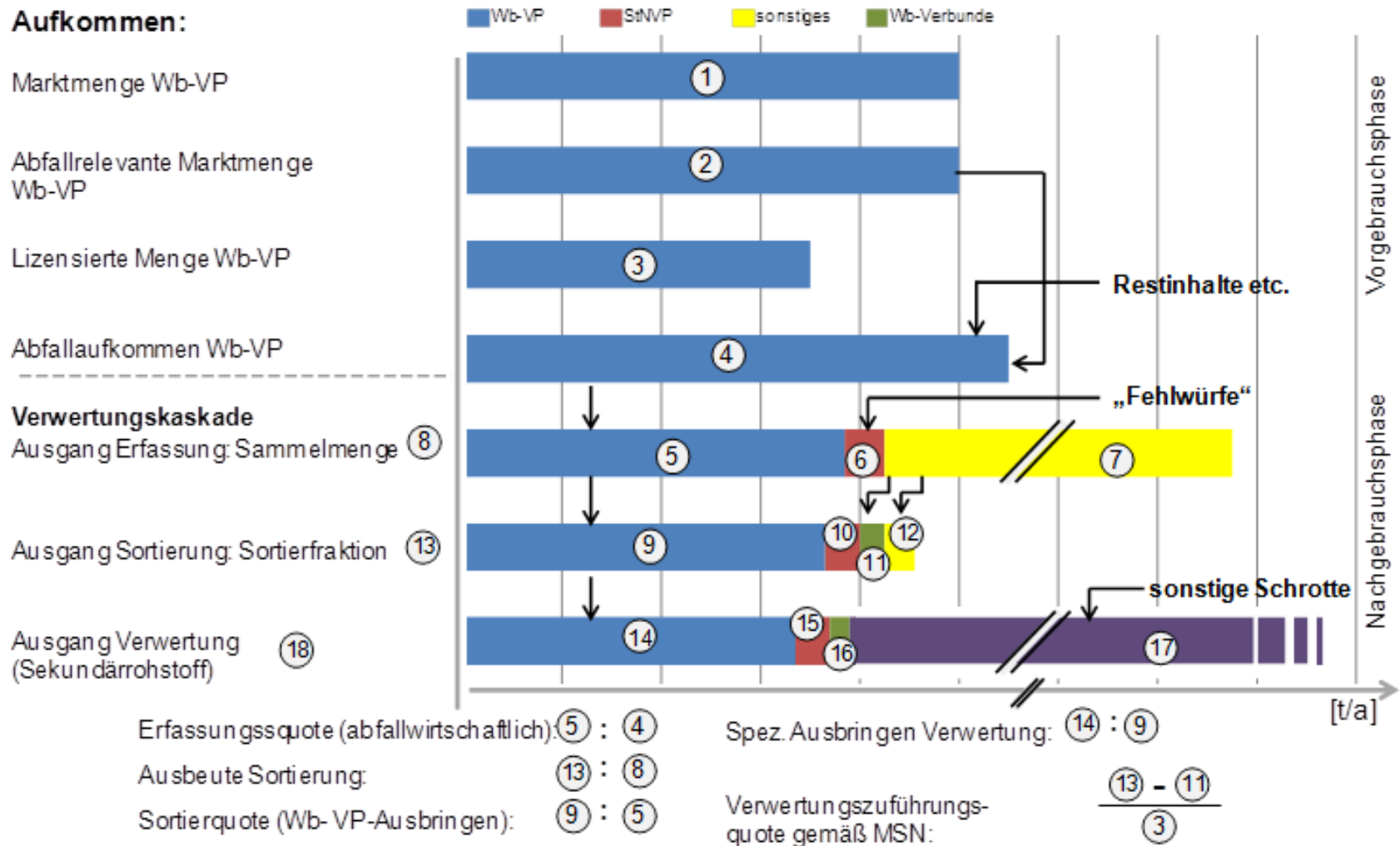
Bilanzräume und mögliche Mess- und Bezugsgrößen

| Ebene | | mögliche Mess- und Bezugsgrößen im Rückgewinnungspfad | | Ermittlungsgrundlage |
|-------|---|---|---|-----------------------------|
| Nr. | Bezeichnung | Nr | Bezeichnung | |
| 1. | privater Endverbraucher (Aufkommen, Potential) | 1.1. | spez. Marktmenge (in Verkehr gebrachte Menge) | Marktforschung |
| | | 1.2. | spez. abfallrelevante Marktmenge | |
| | | 1.3. | lizenzierte Menge | Handelsrechtliche Belege |
| | | 1.4. | spez. Abfallaufkommen | Abfallanalytik |
| 2. | Erfassung | 2.1. | Wertstoffsammelmenge | Wiegescheine |
| | | 2.2. | spez. Sammelmenge | Abfallanalytik |
| 3. | Sortierung | 3.1. | Menge erzeugte(r) Sorte(n) | Wiegescheine |
| | | 3.2. | spez. Wertstoffinhalt | Abfallanalytik |
| 4. | Verwertung | 4.1. | Menge Sekundärrohstoff | Produktionsstatistik |
| | | 4.2. | spez. Sekundärrohstoffinhalt | individuelle Untersuchungen |

spez. = material(gruppen)-spezifisch
Menge, Anteil = Masse

Verhältnisse potentieller Mess- und Bezugsgrößen am Beispiel Weißblechverpackungen

Aufkommen:



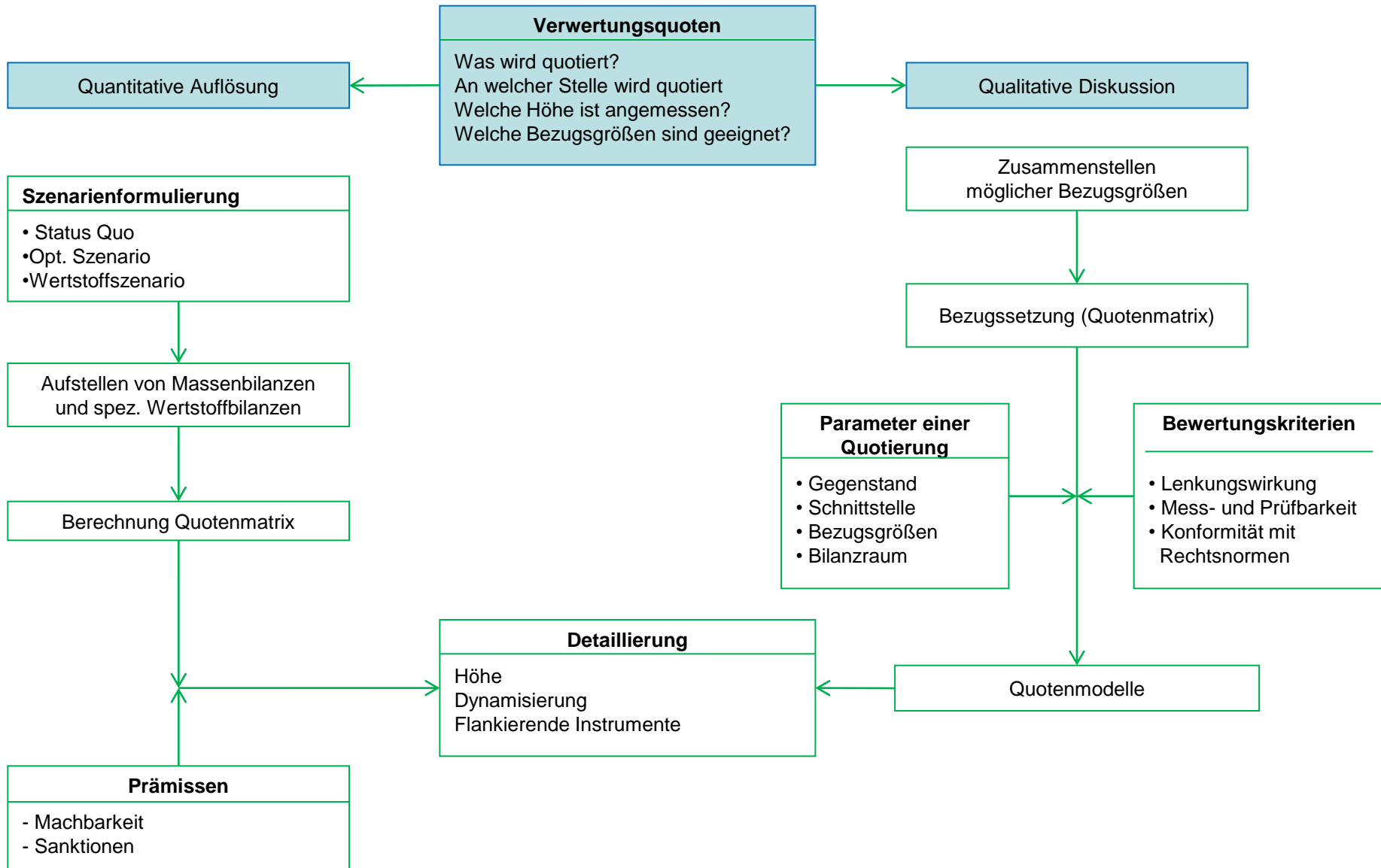
Quotenmatrix

| Divisor Dividend | Aufkommen | | | | Erfassung | | Sortierung | | Aufbereitung und Verwertung | |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | 1.1. spez. Marktmenge | 1.2. spez. Verbrauch | 1.3. spez. lizenzierte Menge | 1.4. spez. Abfallaufkommen | 2.1. Sammelmenge | 2.2. spez. Sammelmenge | 3.1. Menge erzeugte(r) Sorte(n) | 3.2. spez. Wertstoffinhalt | 4.1. Menge Sekundärrohstoffe | 4.2. spez. Sekundärrohstoffinhalt |
| 1.1. spez. Marktmenge | 1 | | | | | | | | | |
| 1.2. spez. Verbrauch | | 1 | | | | | | | | |
| 1.3. spez. lizenzierte Menge | Q_L | | 1 | | | | | | | |
| 1.4. spez. Abfallaufkommen | | ÷ | | 1 | | | | | | |
| 2.1. Sammelmenge | ÷ | ÷ | ÷ | ÷ | 1 | | | | | |
| 2.2. spez. Sammelmenge | R | R | R | R_e | c | 1 | | | | |
| 3.1. Menge erzeugte(r) Sorte(n) | A_k | A_k | A_k | A_k | A_s | ÷ | 1 | | | |
| 3.2. spez. Wertstoffinhalt | R_k | R_k | R_k | R_k | ÷ | R_s | c | 1 | | |
| 4.1. Menge Sekundärrohstoffe | A_k | A_k | A_k | A_k | ÷ | ÷ | A_v | ÷ | 1 | |
| 4.2. spez. Sekundärrohstoffinhalt | R_k | R_k | R_k | R_k | ÷ | ÷ | ÷ | R_v | c | 1 |

Q = Quote allgemein
 R = Ausbringen (recovery)
 A = Ausbeute (Massenausbringen)
 c = Gehalt (Konzentration)
 ÷ = Quotient ohne sinnvolle Aussage

L = Lizenzierung
 s = Sortierung
 k = kumuliert
 e = Erfassung
 v = Verwertung

Methodik, Übersicht



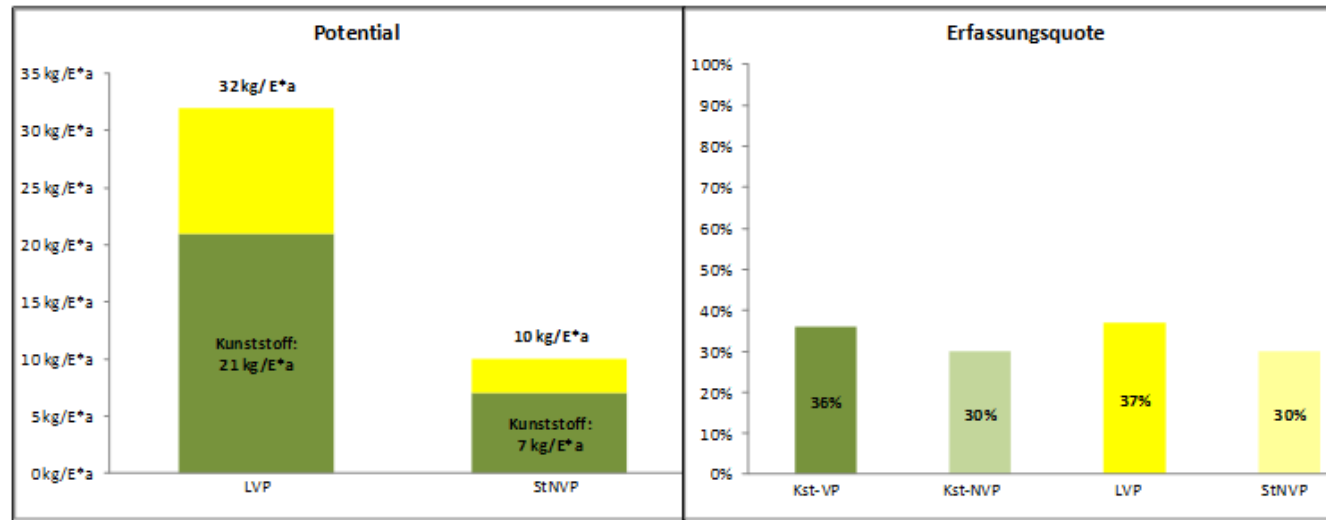
- Beschreibung der Abhängigkeiten
- Quantitative Analyse
- Schlussfolgerungen

Erfassung und Erfassungserfolg

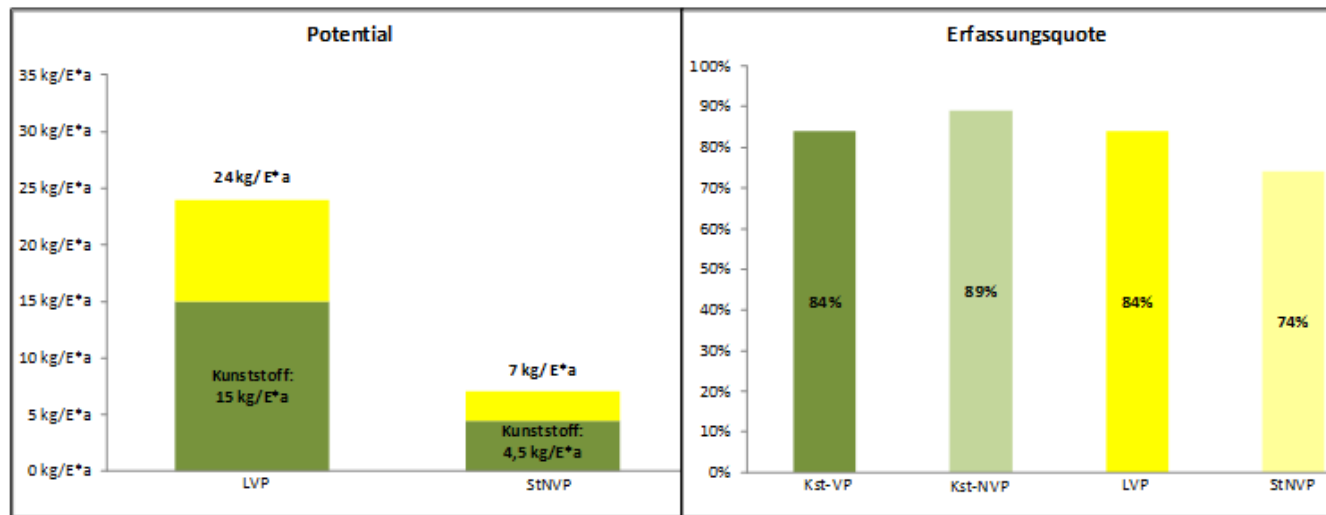
- ⇒ Wertstoffaufkommen ist nicht gleichverteilt
- ⇒ Erfassungsquote unterliegt auch einer Reihe nicht steuerbarer (sozioökonomischer) Faktoren
- ⇒ Selektivität der Erfassung unterliegt keiner materialspezifischen Gesetzmäßigkeit
- ⇒ Holsysteme sind Bringsystemen signifikant überlegen (als Optimierungsparameter aber wenig relevant, da LVP-Erfassung bundesweit > 95% über Holsysteme)

Messergebnisse aus kombinierten Restmüll-LVP-Analysen, exemplarisch

Beispiel 1: Großstadt



Beispiel 2: Landkreis



Vereinfachter Vergleich Hol- und Bringsystem

| Mengenströme ** | Holsystem | Bringsystem |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| mittl. Sammelmenge | 29,6 kg/E*a | 11,4 kg/E*a |
| mittl. Sortierrestaufkommen | 9,5 kg/E*a | -* |
| Saldo | 20,1 kg/E*a | 11,4 kg/E*a |

* best case-Annahme

** Datenbasis: Bundesdurchschnitt 2009

Sortierung und Sortiererfolg

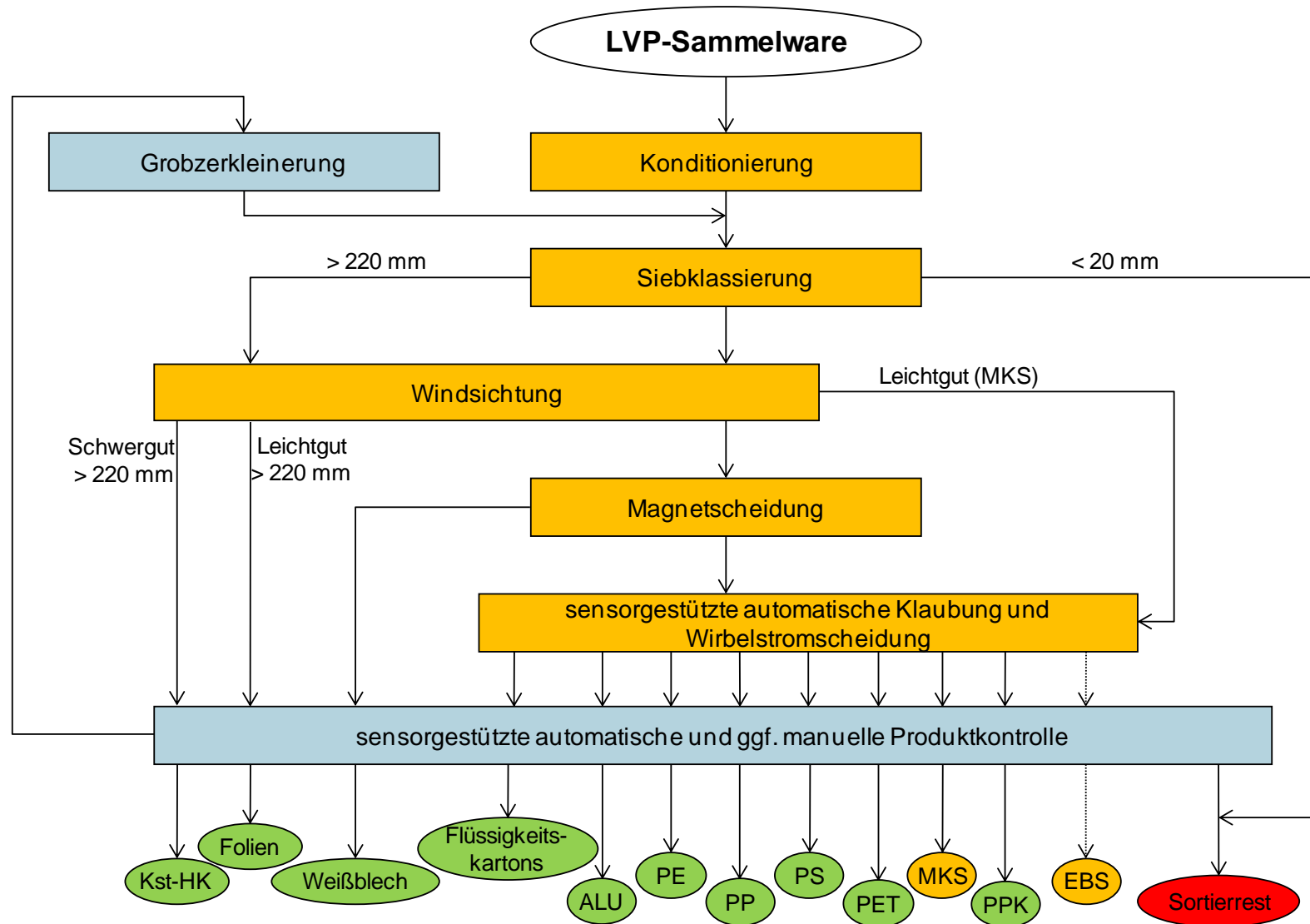
- ⇒ Stand der Technik ermöglicht näherungsweise verlustfreie Sortierung im industriellen Maßstab mit hoher Anpassung an die Belange ressourceneffizienter Verwertung
- ⇒ Anpassung der Betriebe an Stand der Technik stockt trotz ökonomischer und ökologischer Vorteilhaftigkeit

Gründe: investitionshemmende Randbedingungen

Zwischenzeitlicher Funktionsverlust des Treibers

Quotenvorgabe

Schematische Darstellung der LVP-Sortierung nach Stand der Technik



Verwertung und Verwertungserfolg

- ⇒ Verwertungsbetriebe sind Produktionsbetriebe
(Fokus Endprodukt \triangleq Stoff)
- ⇒ Sorten aus der Sortierung häufig nur eine Rohstoffquelle
(Menüfahrweise etc. unter produktionstechnischen Aspekten)
- ⇒ Wertstoffverluste im engeren Sinne nur in Einzelfällen relevant
- ⇒ Massenverluste im Wesentlichen als Folge der
Abfalleigenschaften (Feuchte, Restinhalte) und der Ein-Stoff-
Orientierung (Verbunde im stofflichen Sinn)
- ⇒ Optimierungsmöglichkeiten bestehen weniger in der Prozessstufe
als an Schnittstelle zur Sortierung (insbesondere im
Kunststoffbereich)

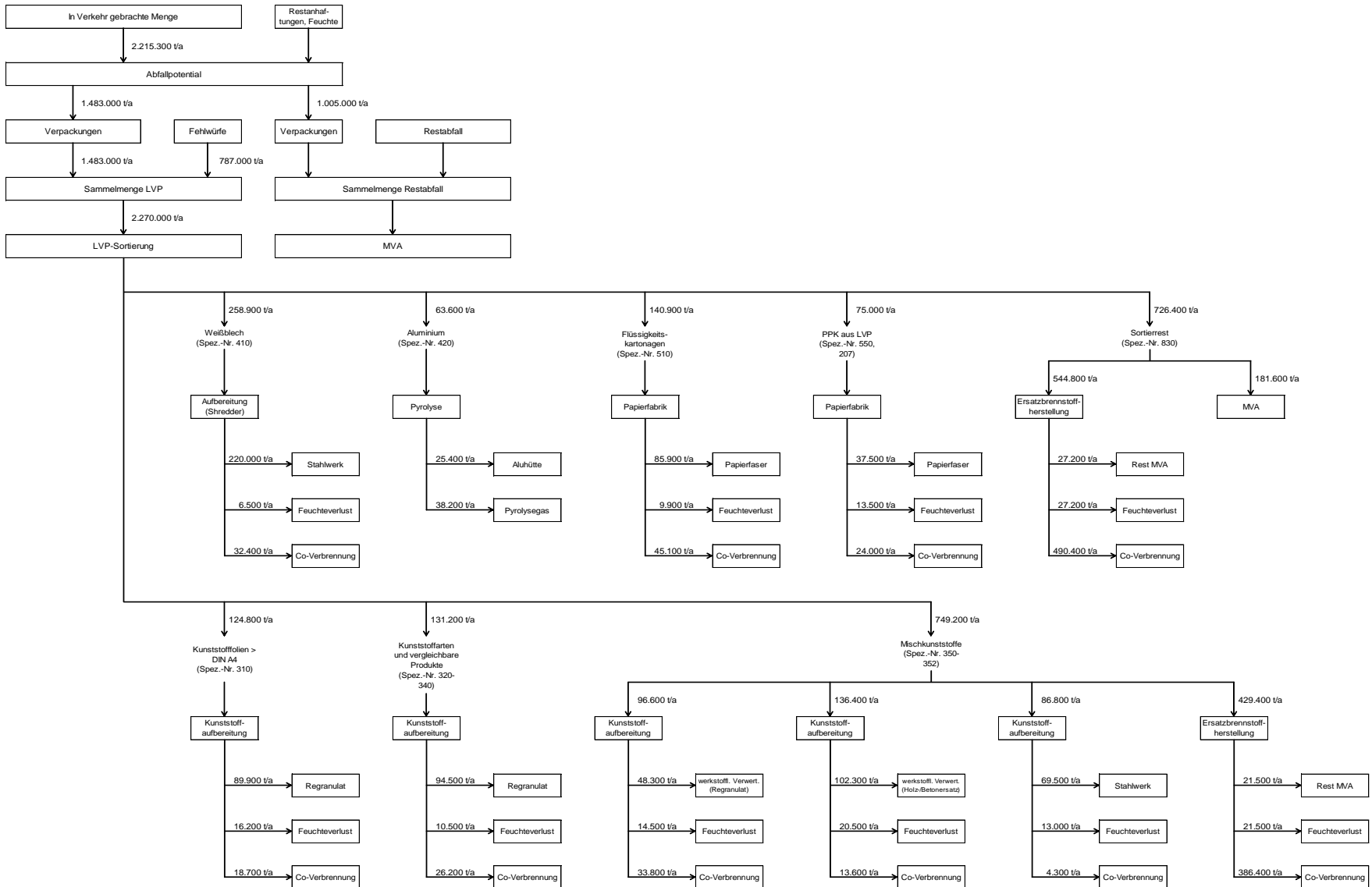
Status Quo $\Rightarrow\Leftarrow$ opt. Szenario

Status Quo: Deskriptive Abbildung der Stoffströme 2009 bis Ausgang
Verwertung

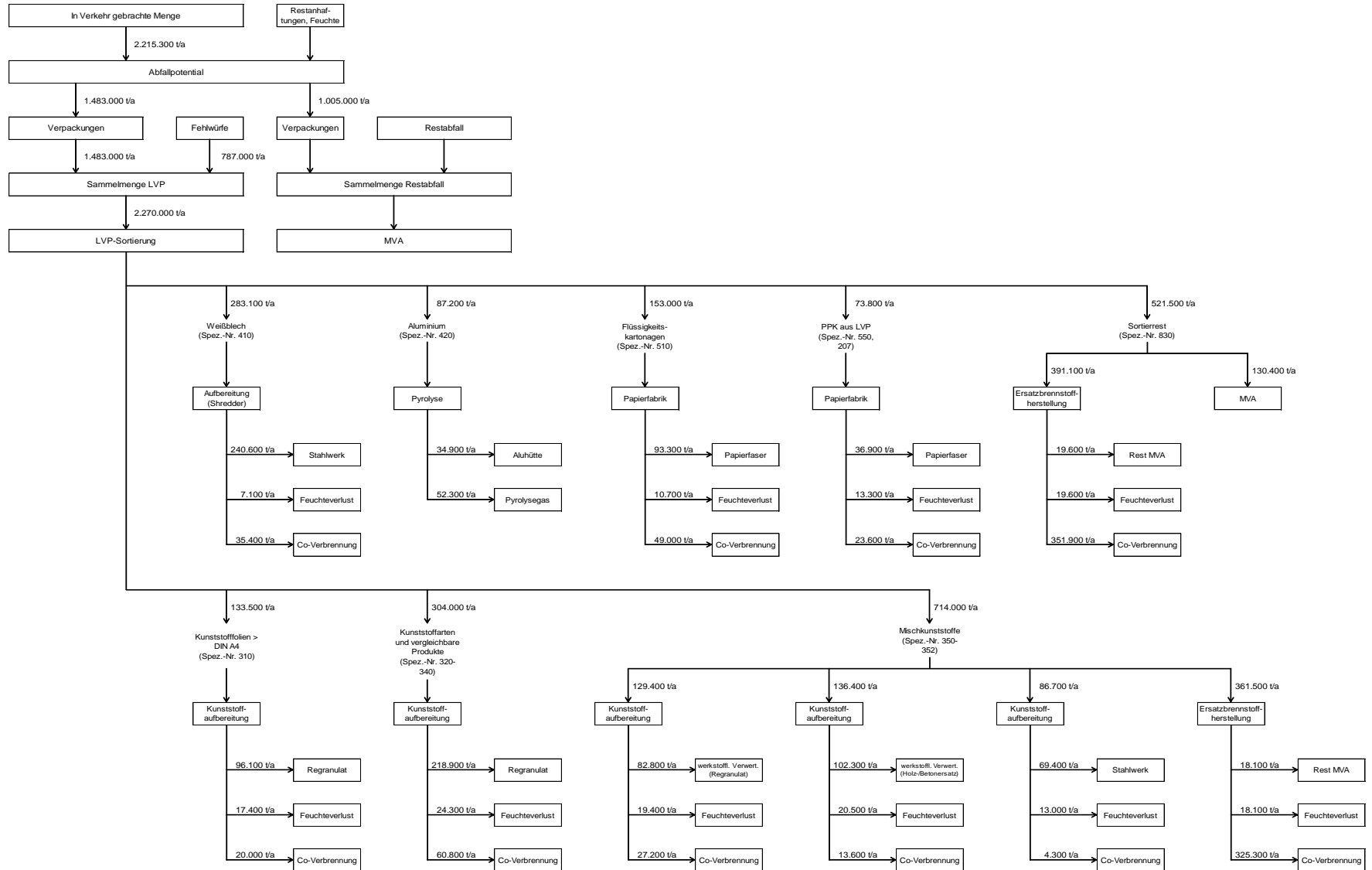
opt. Szenario: Modellierung der Stoffströme unter folgender Prämissen:

- Erfassungsmenge \triangleq Status Quo
- Sortierung nach Stand der Technik
- Nutzung vorhandener Kapazitäten hochwertiger werkstofflicher Kunststoffverwertung an der Schnittstelle Sortierung/Verwertung

Massenströme im Status Quo



Massenströme im opt. Szenario



Massenströme an der Schnittstelle Ausgang Sortierung

| Sortierfraktion | Menge Output Sortieranlage | | Δ optimales Szenario - Status Quo | |
|------------------|----------------------------|---------------|--|-------------|
| | Status Quo | opt. Szenario | | |
| Weißblech | 258.900 t/a | 283.100 t/a | + | 24.200 t/a |
| Aluminium | 63.600 t/a | 87.200 t/a | + | 23.600 t/a |
| Folien > DIN A4 | 124.800 t/a | 133.500 t/a | + | 8.700 t/a |
| Kunststoffarten | 131.200 t/a | 304.000 t/a | + | 172.800 t/a |
| Mischkunststoffe | 749.200 t/a | 714.000 t/a | - | 35.200 t/a |
| FKN | 140.900 t/a | 153.000 t/a | + | 12.100 t/a |
| PPK aus LVP | 75.000 t/a | 73.800 t/a | ± | 0 t/a * |
| Zwischensumme | 1.543.500 t/a | 1.748.600 t/a | + | 205.100 t/a |
| Sortierrest | 726.500 t/a | 521.400 t/a | - | 205.100 t/a |
| Summe | 2.270.000 t/a | 2.270.000 t/a | | 0 t/a |

* Ermittlungsmethodisch bedingte Differenz wurde nicht berücksichtigt

Massenströme an der Schnittstelle Ausgang Verwertung

| Herkunft | | Menge Sekundärrohstoffe / Recyclingprodukte | | Δ optimales Szenario - Status Quo | |
|-------------------------|----------------------------|---|---------------|---|-------------|
| | | Status Quo | opt. Szenario | | |
| Weißblech | | 220.000 t/a | 240.600 t/a | + | 20.600 t/a |
| Aluminium | | 25.400 t/a | 34.900 t/a | + | 9.500 t/a |
| Folien > DIN A4 | | 89.900 t/a | 96.100 t/a | + | 6.200 t/a |
| Kunststoffarten | | 94.500 t/a | 218.900 t/a | + | 124.400 t/a |
| Mischkunststoffe | Recyclingprodukte | 150.600 t/a | 185.100 t/a | + | 34.500 t/a |
| | sonstige Sekundärrohstoffe | 455.900 t/a | 394.700 t/a | - | 61.200 t/a |
| FKN | | 85.900 t/a | 93.300 t/a | + | 7.400 t/a |
| PPK aus LVP | | 37.500 t/a | 36.900 t/a | \pm | 0 t/a* |
| Summe Recyclingprodukte | | 703.800 t/a | 905.800 t/a | + | 202.000 t/a |
| Summe Sekundärrohstoffe | | 1.159.700 t/a | 1.300.500 t/a | + | 140.800 t/a |

* Ermittlungsmethodisch bedingte Differenz wurde nicht berücksichtigt

Quoten im Status Quo

| Bezugsgrößen | | | | | Quantifizierung für Materialgruppen | | | | Summe LVP |
|---|---|----------|---|---------------|-------------------------------------|-----------|-------------|----------|-----------|
| Dividend | Divisor | Lfd. Nr. | Quotenbezeichnung | Formelzeichen | Weißblech | Aluminium | Kunststoffe | Verbunde | |
| spez. Sammelmenge | | 1 | spez. Erfassungsquoten | R_E | | | | | |
| | spez. Marktmenge | 1.1 | | R_{E1} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 64% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 1.2 | | R_{E2} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 65% |
| | spez. lizenzierte Menge | 1.3 | | R_{E3} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 113% |
| | spez. Abfallaufkommen | 1.4 | | R_{E4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 60% |
| | | 2 | Einzelquoten Sortierung | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) | Sammelmenge | 2.1 | spez. Ausbeute Sortierung | A_S | 11% | 3% | 44% | n.b. | 68% |
| spez. Wertstoffinhalt | spez. Sammelmenge | 2.2 | spez. Sortierquote | R_{S1} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |
| | | 3 | kumulierte Ausbeuten Verwertungszuführung | A_{VZ} | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) | spez. Marktmenge | 3.1 | | A_{VZ1} | 73% | 114% | 68% | n.b. | 66% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 3.2 | | A_{VZ2} | 73% | 114% | 71% | n.b. | 68% |
| | spez. lizenzierte Menge | 3.3 | | A_{VZ3} | 105% | 241% | 145% | n.b. | 118% |
| | spez. Abfallaufkommen | 3.4 | | A_{VZ4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 62% |
| | | 4 | kumuliertes Ausbringen Verwertungszuführung | R_{VZ} | | | | | |
| spez. Wertstoffinhalt in Sortierfraktionen | spez. Marktmenge | 4.1 | | R_{VZ1} | n.b. | n.b. | n.b. | 54% | n.b. |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 4.2 | | R_{VZ2} | n.b. | n.b. | n.b. | 54% | n.b. |
| | spez. lizenzierte Menge | 4.3 | | R_{VZ3} | n.b. | n.b. | n.b. | 70% | n.b. |
| | spez. Abfallaufkommen | 4.4 | | R_{VZ4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |
| | | 5 | Quoten gemäß MSN | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) abzüglich Verbundanteil für WB, Kst, Alu, für $V_b = R_{VZ3}$ (nur stoffliche Verwertung) | spez. lizenzierte Menge | 5.1 | Quoten gemäß MSN | Q_{VZ} | 99% | 159% | 138% | 66% | 113% |
| | spez. lizenzierte Menge | 5.2 | Quote stoffl. Verwertung gemäß MSN | W_{VZ} | 99% | 159% | 69% | 66% | 76% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 5.3 | Quote wie 5.1 mit Divisor Marktmenge | Q'_{VZ} | 69% | 75% | 68% | 51% | 65% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 5.4 | Quote wie 5.2 mit Divisor Marktmenge | W'_{VZ} | 69% | 75% | 33% | 51% | 43% |
| | | 6 | Einzelquoten Verwertung | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sekundärrohstoff(e) | Verwertungszuführungsmenge | 6.1 | spez. Ausbeute Verwertung | A_V | 85% | 40% | 79% | n.b. | 75% |
| Menge Recycling-Produkte | Verwertungszuführungsmenge | 6.2 | Ausbeute zur stofflichen Verwertung | W_V | 85% | 40% | 33% | n.b. | 46% |
| spez. Wertstoffinhalt in Sekundärrohstoffprodukt | spez. Wertstoffinhalt in Verwertungszuführungsmenge | 6.3 | spez. Ausbringen | R_V | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |
| | | 7 | Sonstige Quoten | | | | | | |
| Menge Recycling-Produkte | spez. Marktmenge | 7.1 | | | 62% | 46% | 23% | n.b. | 30% |
| | spez. Sammelmenge | 7.2 | | | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 47% |

Quoten im opt. Szenario

| Bezugsgrößen | | Quotenbezeichnung | | | Quantifizierung für Materialgruppen | | | | Summe LVP |
|---|---|-------------------|---|---------------|-------------------------------------|-----------|-------------|----------|-----------|
| Dividend | Divisor | Lfd. Nr. | | Formelzeichen | Weißblech | Aluminium | Kunststoffe | Verbunde | |
| spez. Sammelmenge | | 1 | spez. Erfassungsquoten | R_E | | | | | |
| | spez. Marktmenge | 1.1 | | R_{E1} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 63% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 1.2 | | R_{E2} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 65% |
| | spez. lizenzierte Menge | 1.3 | | R_{E3} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 113% |
| | spez. Abfallaufkommen | 1.4 | | R_{E4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 60% |
| | | 2 | Einzelquoten Sortierung | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) | Sammelmenge | 2.1 | spez. Ausbeute Sortierung | A_S | 12% | 4% | 51% | n.b. | 77% |
| spez. Wertstoffinhalt | spez. Sammelmenge | 2.2 | spez. Sortierquote | R_{S1} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |
| | | 3 | kumulierte Ausbeuten Verwertungszuführung | A_{VZ} | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) | spez. Marktmenge | 3.1 | | A_{VZ1} | 80% | 156% | 77% | n.b. | 75% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 3.2 | | A_{VZ2} | 80% | 156% | 81% | n.b. | 77% |
| | spez. lizenzierte Menge | 3.3 | | A_{VZ3} | 115% | 329% | 166% | n.b. | 133% |
| | spez. Abfallaufkommen | 3.4 | | A_{VZ4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 71% |
| | | 4 | kumuliertes Ausbringen Verwertungszuführung | R_{VZ} | | | | | |
| spez. Wertstoffinhalt in Sortierfraktionen | spez. Marktmenge | 4.1 | | R_{VZ1} | 63% | 63% | 54% | 57% | 56% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 4.2 | | R_{VZ2} | 63% | 63% | 56% | 57% | 58% |
| | spez. lizenzierte Menge | 4.3 | | R_{VZ3} | 91% | 133% | 115% | 75% | 100% |
| | spez. Abfallaufkommen | 4.4 | | R_{VZ4} | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 53% |
| | | 5 | Quoten gemäß MSN | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) abzüglich Verbundanteil für WB, Kst, Alu, für Vb= R_{VZ3} (nur stoffliche Verwertung) | spez. lizenzierte Menge | 5.1 | Quoten gemäß MSN | Q_{VZ} | 109% | 216% | 160% | 73% | 128% |
| | spez. lizenzierte Menge | 5.2 | Quote stoffl. Verwertung gemäß MSN | W_{VZ} | 109% | 216% | 99% | 73% | 96% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 5.3 | Quote wie 5.1 mit Divisor Marktmenge | Q'_{VZ} | 75% | 103% | 78% | 56% | 74% |
| | spez. abfallrelevante Marktmenge | 5.4 | Quote wie 5.2 mit Divisor Marktmenge | W'_{VZ} | 75% | 103% | 48% | 56% | 55% |
| | | 6 | Einzelquoten Verwertung | | | | | | |
| Menge erzeugte(r) Sekundärrohstoff(e) | Verwertungszuführungsmenge | 6.1 | spez. Ausbeute Verwertung | A_V | 85% | 40% | 78% | n.b. | 74% |
| Menge Recycling-Produkte | Verwertungszuführungsmenge | 6.2 | Ausbeute zur stofflichen Verwertung | W_V | 85% | 40% | 43% | n.b. | 52% |
| spez. Wertstoffinhalt in Sekundärrohstoffprodukt | spez. Wertstoffinhalt in Verwertungszuführungsmenge | 6.3 | spez. Ausbringen | R_V | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |
| | | 7 | Sonstige Quoten | | | | | | |
| Menge Recycling-Produkte | spez. Marktmenge | 7.1 | | | 68% | 62% | 34% | n.b. | 39% |
| | spez. Sammelmenge | 7.2 | | | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 61% |

Zahlen zum Verpackungsaufkommen 2009 (nach GVM 2011)

| Stoffstrom | Materialgruppe | | | | |
|-----------------------|----------------|------------|---------------|-------------|---------------|
| | Weißblech | Aluminium | Kunststoff | Verbunde | Σ LVP |
| Marktmenge | 355.100 t/a | 55.900 t/a | 1.485.900 t/a | 448.000 t/a | 2.344.900 t/a |
| abfallrel. Marktmenge | 355.100 t/a | 55.900 t/a | 1.421.100 t/a | 448.000 t/a | 2.280.100 t/a |
| lizenzierte Menge | 245.800 t/a | 26.500 t/a | 693.900 t/a | 344.100 t/a | 1.310.300 t/a |
| Abfallaufkommen | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 2.488.000 t/a |
| Lizenzierungsgrad | 69% | 47% | 47% | 77% | 56% |

Verwertungszuführungsquoten

| | | | Quotenvergleich | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|---------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|
| Lfd. Nr. | Quotenbezeichnung | Formelzeichen | Weißblech | | | Aluminium | | | Kunststoffe | | | Verbunde | | | Summe LVP | |
| | | | Ist-Szenario | opt. Szenario | Sollquote VerpackV | Ist-Szenario | opt. Szenario | Sollquote VerpackV | Ist-Szenario | opt. Szenario | Sollquote VerpackV | Ist-Szenario | opt. Szenario | Sollquote VerpackV | Ist-Szenario | opt. Szenario |
| 5 | Quoten gemäß MSN | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.1 | Quoten gemäß MSN | Q_{VZ} | 99% | 109% | 70% | 159% | 216% | 60% | 138% | 160% | 60% | 66% | 73% | 60% | 113% | 128% |
| 5.2 | Quote (werk-)stoffl. Verwertung gemäß MSN | W_{VZ} | 99% | 109% | 70% | 159% | 216% | 60% | 66% | 99% | 36% | 66% | 73% | 60% | 76% | 96% |
| 5.3 | Quote wie 5.1 mit Divisor abfallrelevante Marktmenge | Q'_{VZ} | 69% | 75% | | 75% | 103% | | 68% | 78% | | 51% | 56% | | 65% | 74% |
| 5.4 | Quote wie 5.2 mit Divisor abfallrelevante Marktmenge | W'_{VZ} | 69% | 75% | | 75% | 103% | | 33% | 48% | | 51% | 56% | | 43% | 55% |

Fazit

- 1. LVP-Erfassung, Sortierung und Verwertung sind rein quantitativ auf vergleichsweise hohem Niveau. Die höchsten Wertstoffeinbußen sind in der getrennten Erfassung zu verzeichnen. Technisches Optimierungspotential besteht unter den gegebenen rohstofflichen Voraussetzungen vorzugsweise in der Sortierung.**
- 2. Die Quotenvorgaben der VerpackV haben ihre ehemalige Lenkungsfunktion in Richtung ressourcenoptimierte Abfallbewirtschaftung weitgehend eingebüßt. Der derzeitige Lenkungsmechanismus ist vielmehr wettbewerbsbestimmt, wobei dies unter den gegebenen aktuellen Randbedingungen hoher Rohstoffpreise (bzw. der Differenz zwischen Sekundärrohstoff Erlösen und Beseitigungskosten) nicht zu Rückschritten führt, sondern lediglich die Weiterentwicklung hemmt.**
- 3. Die Ursache für den Verlust der Lenkungsfunktion liegt weniger in der absoluten Ziffer der Quotenvorgabe als vielmehr in einer der Bezugsgrößen (lizenzierte Menge) begründet.**

Fazit

4. Die Quotenermittlung für Verbunde unterscheidet sich methodisch von denen für die anderen Leichtverpackungen. Das zur Berechnung notwendige Zusammenfassen von in vielen Aspekten sehr unterschiedlichen Materialuntergruppen führt daneben zu einer synthetischen, abstrakten Kennziffer mit geringem Bezug zu den Realprozessen.
5. Wertstoffverluste im Sinne der Prozessziele der einzelnen Verwertungsverfahren unterhalb der jetzigen Quotenschnittstelle sind nach technischen Maßstäben aktuell kaum mehr relevant, sofern die Eignung des Verfahrens jeweils spezifisch besteht. Die Produktausbeute wird in diesem Bilanzraum weitgehend von den Abfalleigenschaften der Materialgruppen bestimmt. Nur für Verbundverpackungen im weiteren Sinne stellt sie sich als Funktion der Materialzusammensetzung dar.
6. Durch Optimierung des Entsorgungssystems für Verpackungen lassen sich noch signifikante Steigerungen der Ressourceneffizienz darstellen. (Modifizierte) Quotenvorgaben als Lenkungsinstrument sind hierzu zwingend erforderlich.