



Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

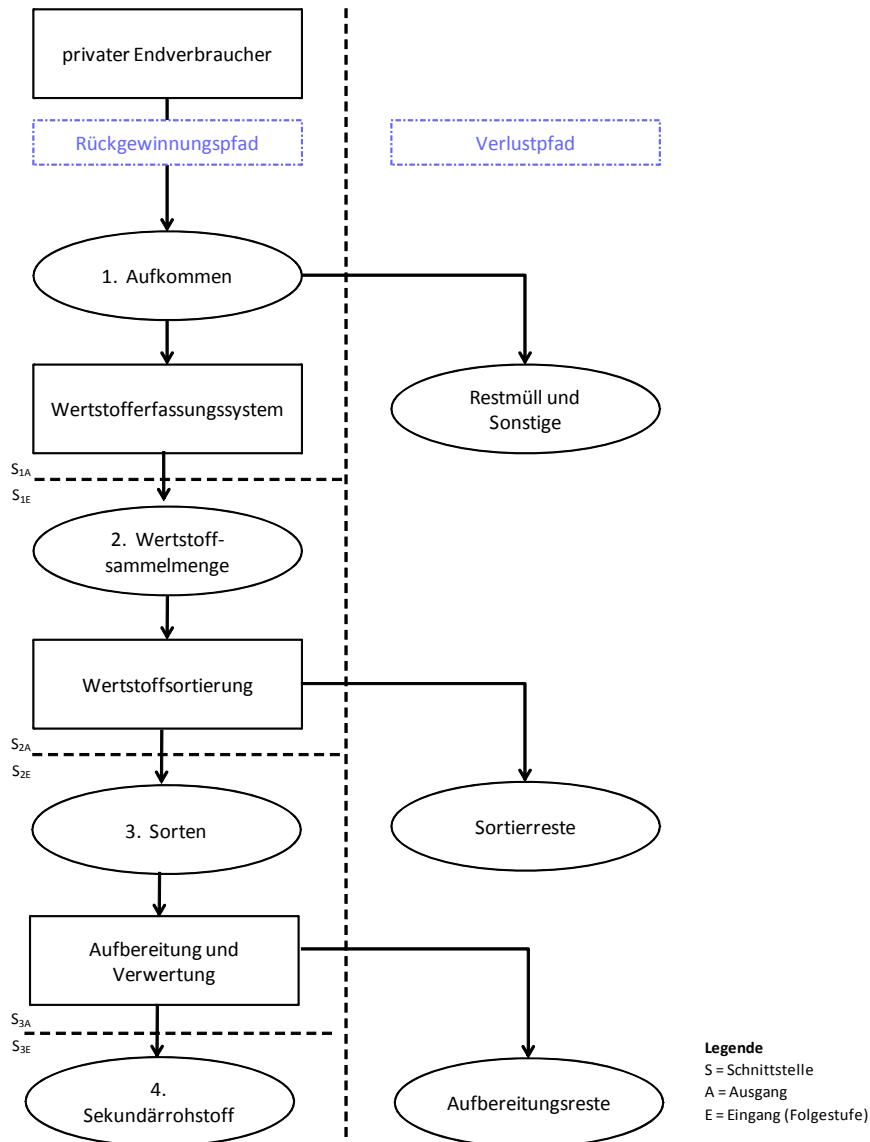
„Verwertungsquoten für die Wertstofferfassung“

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:

Marktmenge Wb-VP

Abfallrelevante Marktmenge
Wb-VP

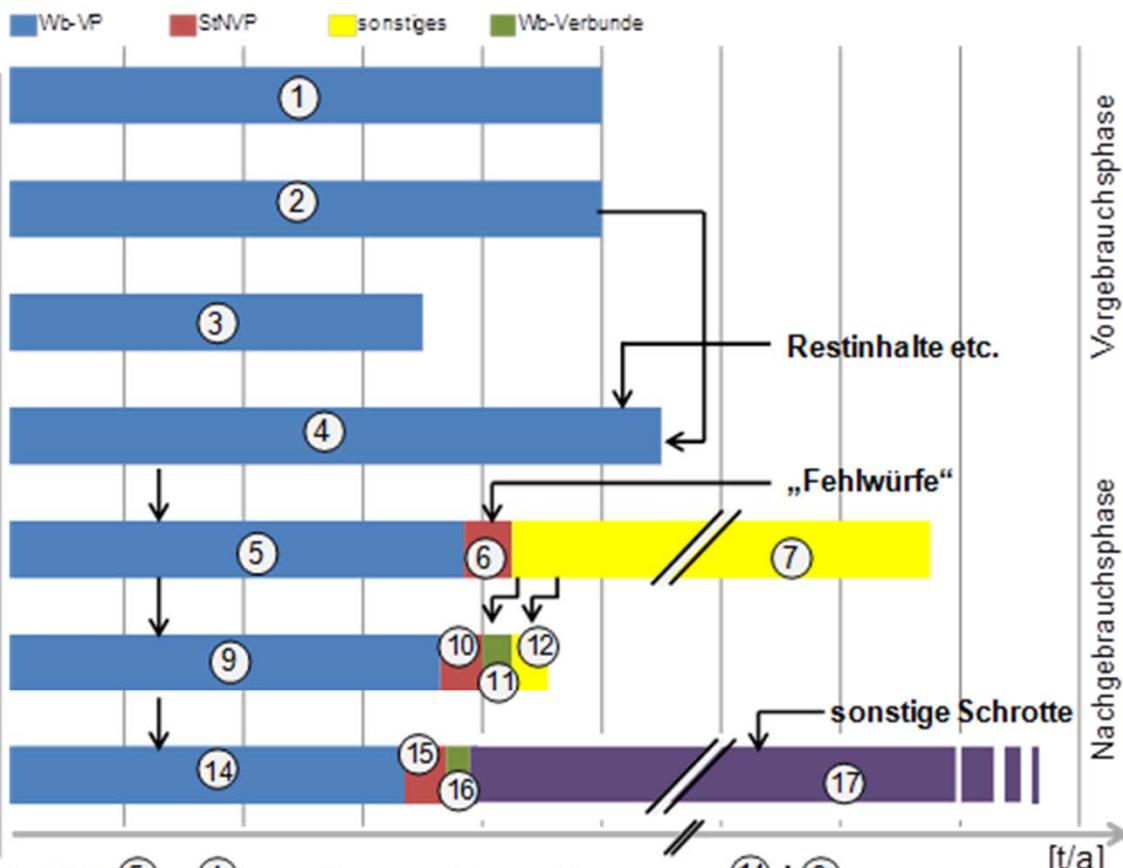
Lizenzierte Menge Wb-VP

Abfallaufkommen Wb-VP

Verwertungskaskade
Ausgang Erfassung: Sammelmenge ⑧

Ausgang Sortierung: Sortierfraktion ⑬

Ausgang Verwertung
(Sekundärrohstoff) ⑯



Erfassungssquote (abfallwirtschaftlich): ⑤ : ④

Spez. Ausbringen Verwertung: ⑯ : ⑨

Ausbeute Sortierung:

⑬ : ⑧

Sortierquote (Wb-VP-Ausbringen):

⑨ : ⑤

Verwertungszuführungs-
quote gemäß MSN:

$$\frac{(13) - (11)}{(3)}$$

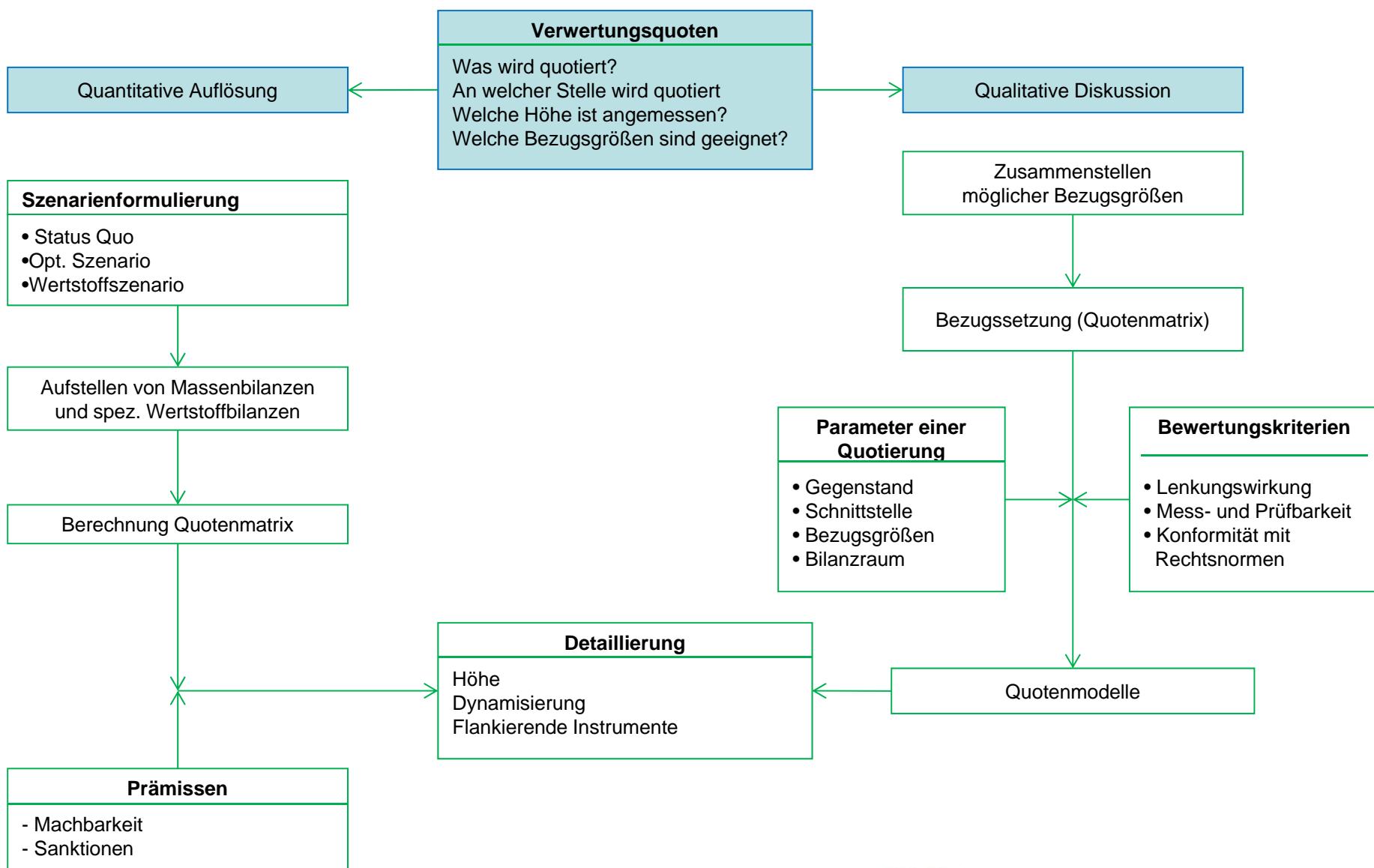
Quotenmatrix

		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
Dividend	Divisor										
1.1. spez. Marktmenge	1										
1.2. spez. Verbrauch		1									
1.3. spez. lizenzierte Menge	Q_L		1								
1.4. spez. Abfallaufkommen		\div		1							
2.1. Sammelmenge	\div	\div	\div	\div	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	\div	1				
3.2. spez. Wertstoffinhalt	R_k	R_k	R_k	R_k	\div	R_s	c	1			
4.1. Menge Sekundärrohstoffe	A_k	A_k	A_k	A_K	\div	\div	A_v	\div	1		
4.2. spez. Sekundärrohstoffinhalt	R_k	R_k	R_k	R_k	\div	\div	\div	R_v	c	1	

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

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

Methodik, Übersicht



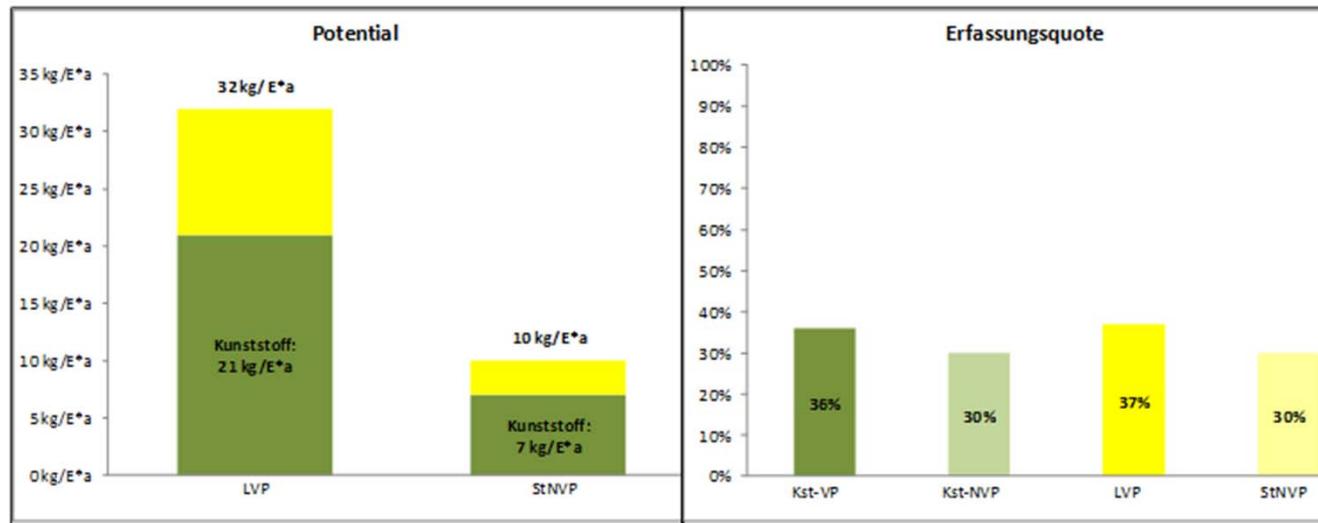
- Beschreibung der Abhängigkeiten
- Quantitative Analyse
- Schlussfolgerungen

Erfassung und Erfassungserfolg

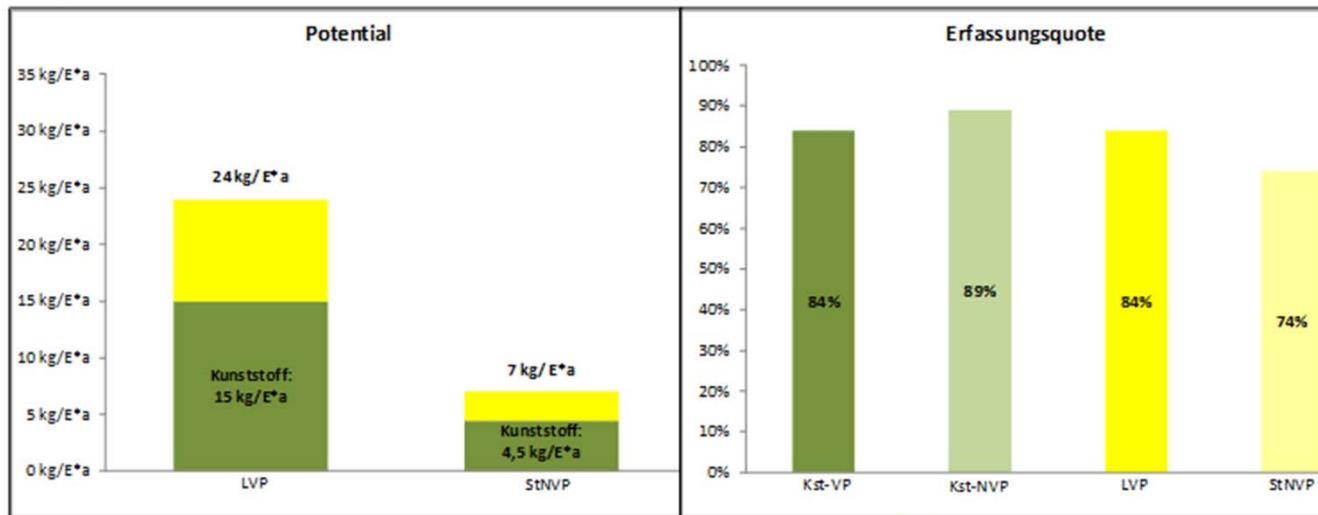
- ⇒ Wertstoffaufkommen ist nicht gleichverteilt
- ⇒ Erfassungsquote unterliegt auch einer Reihe nicht steuerbarer (sozioökonomischer) Faktoren
- ⇒ Selektivität der Erfassung unterliegt keiner materialspezifischen Gesetzmäßigkeit
- ⇒ Holsysteme sind Bringsystemen signifikant überlegen (als Optimierungsparameter 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

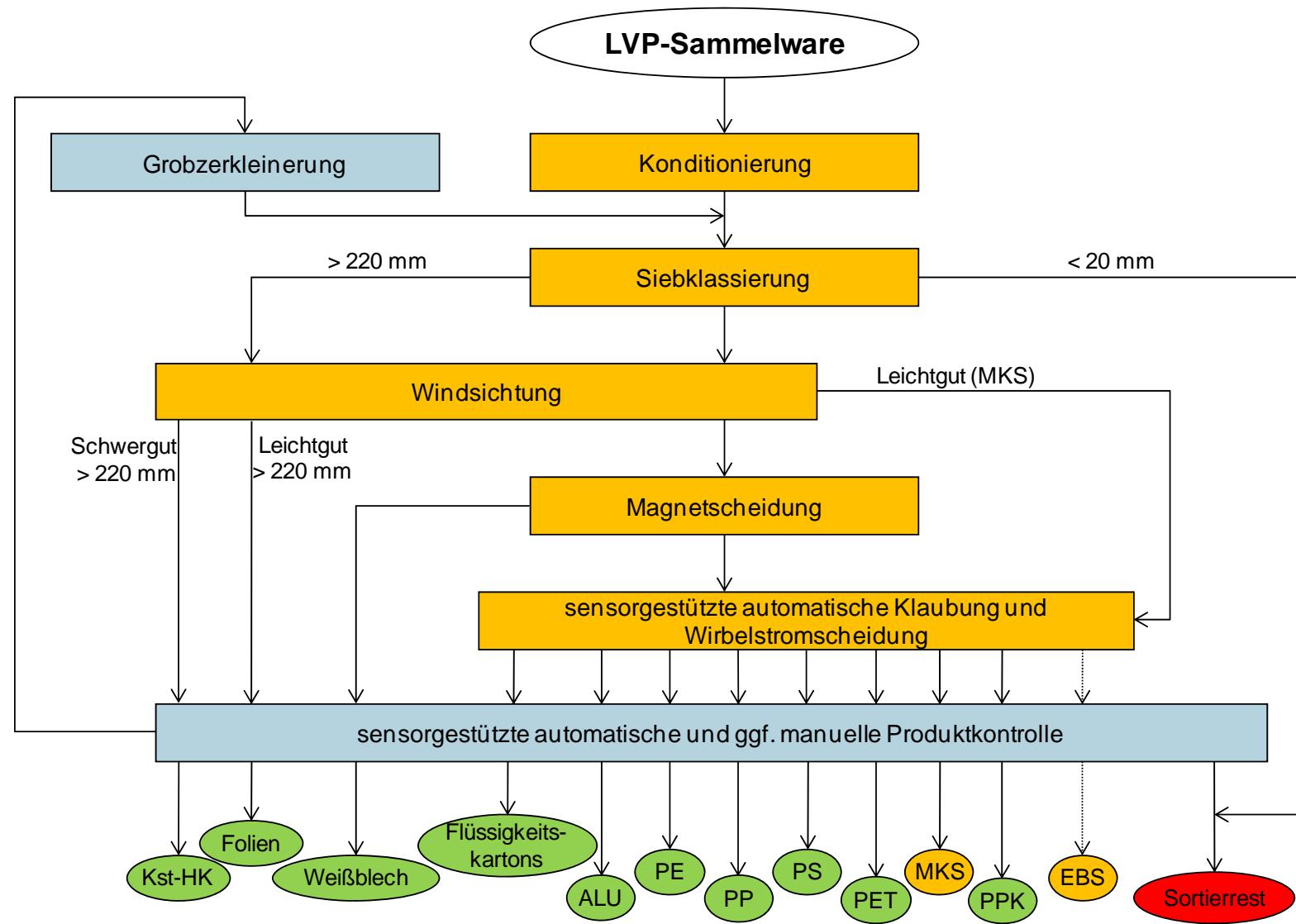
Sortierung und Sortiererfolg

- ⇒ 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: investitionsemmende 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)

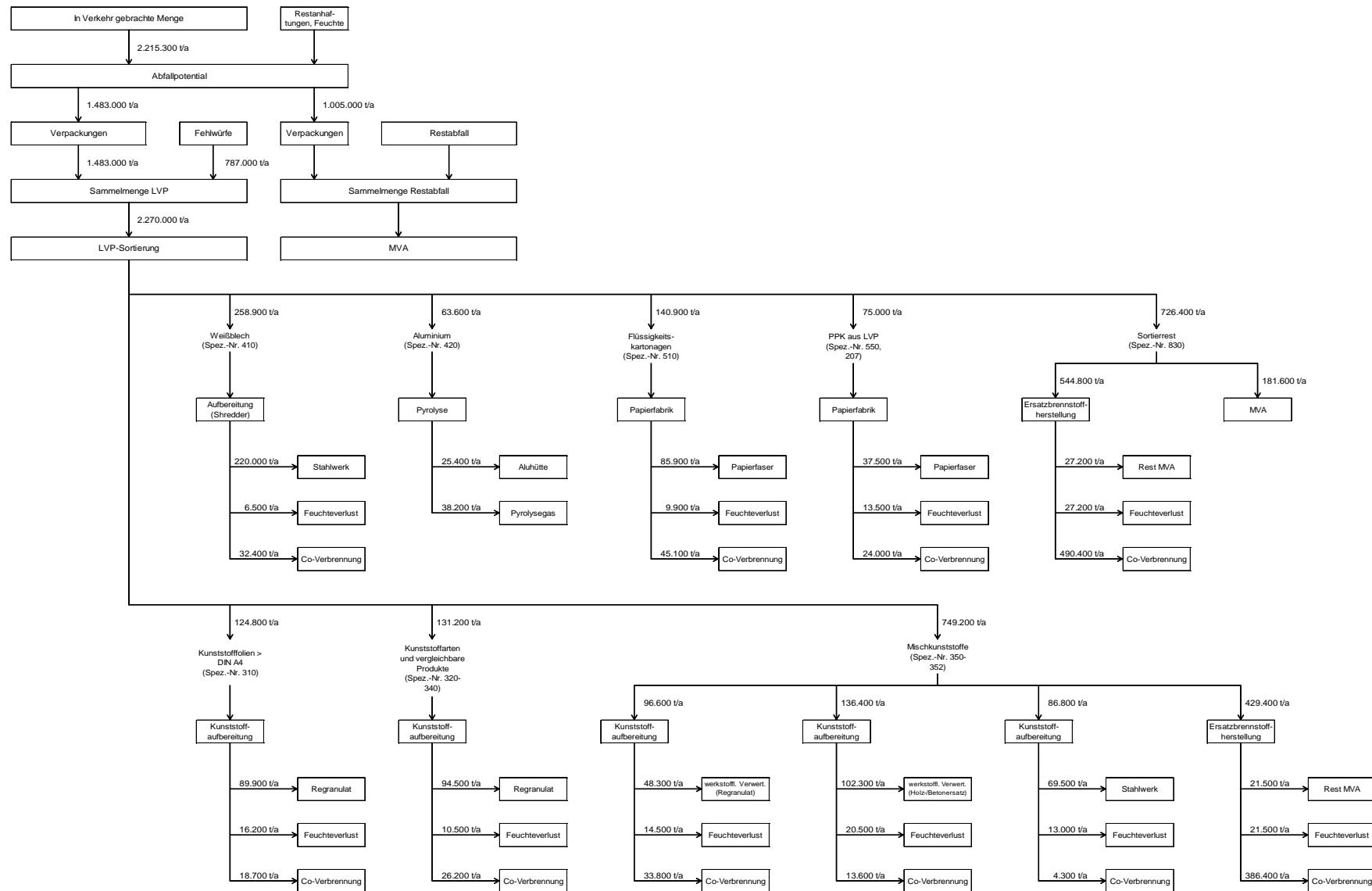
Status Quo $\Rightarrow \Leftarrow$ opt. Szenario

Status Quo: Deskriptive Abbildung der Stoffströme 2009 bis Ausgang Verwertung

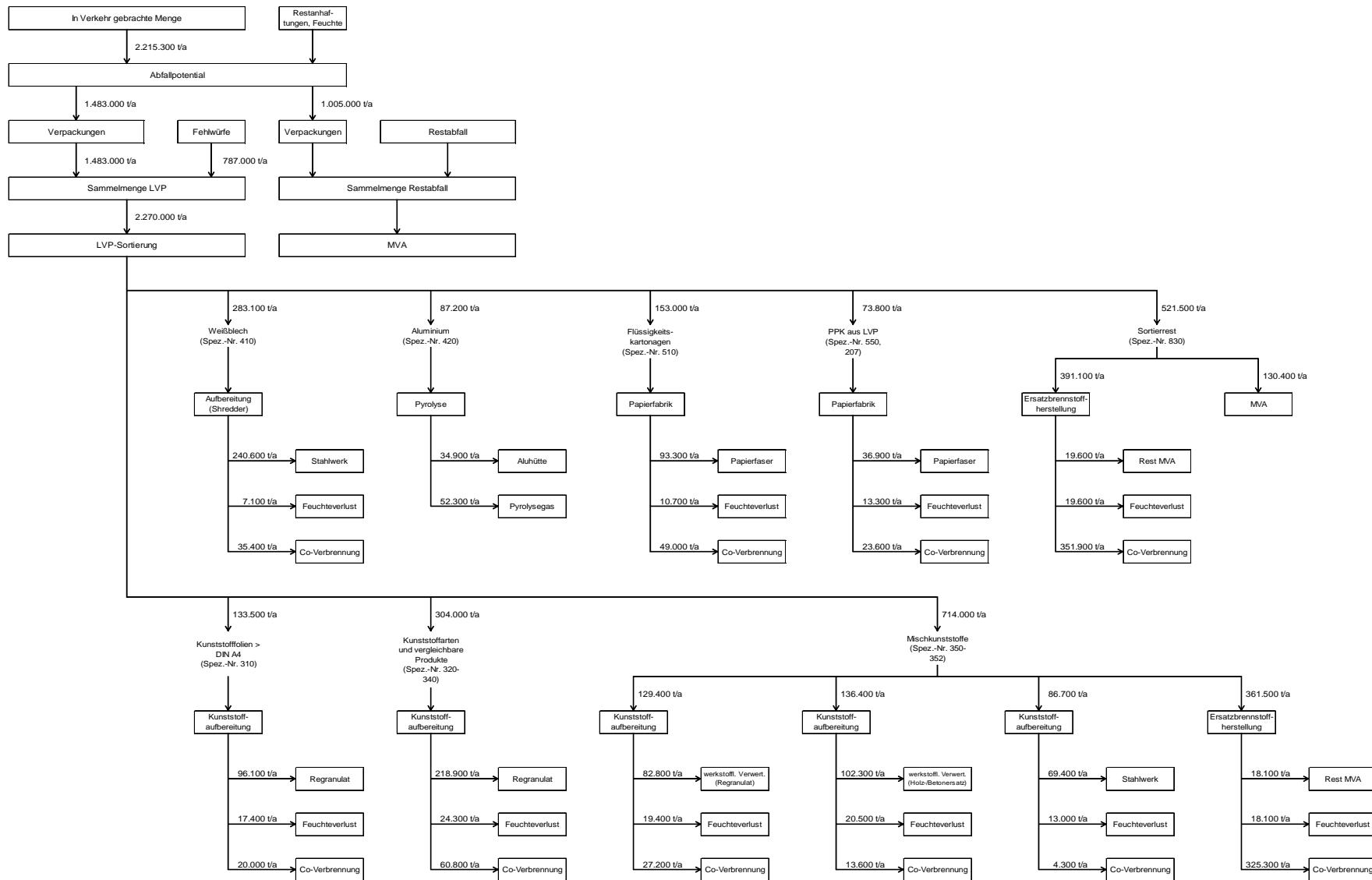
opt. Szenario: Modellierung der Stoffströme unter folgender Prämissen:

- Erfassungsmenge $\hat{=}$ 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

		Menge Sekundärrohstoffe / Recyclingprodukte		Δ optimales Szenario - Status Quo	
Herkunft		Status Quo	opt. Szenario		
Weißeblech		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		Lfd. Nr.	Quotenbezeichnung	Formel-zeichen	Quantifizierung für Materialgruppen				Summe LVP
Dividend	Divisor				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) Sortierfaktion(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.
Menge erzeugte(r) Sortierfaktion(en)		3	kumulierte Ausbeuten Verwertungszuführung	A_{VZ}					
	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%
spez. Wertstoffinhalt in Sortierfaktionen		4	kumuliertes Ausbringen Verwertungszuführung	R_{VZ}					
	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.
Menge erzeugte(r) Sortierfaktion(en) abzüglich Verbundanteil für WB, Kst, Alu, für $Vb = R_{VZ3}$ (nur stoffliche Verwertung)		5	Quoten gemäß MSN						
	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)	Verwertungszuführungs-menge	6.1	spez. Ausbeute Verwertung	A_V	85%	40%	79%	n.b.	75%
Menge Recycling-Produkte	Verwertungszuführungs-menge	6.2	Ausbeute zur stofflichen Verwertung	W_V	85%	40%	33%	n.b.	46%
spez. Wertstoffinhalt in Sekundärrohstoffprodukt	spez. Wertstoffinhalt in Verwertungszuführungs-menge	6.3	spez. Ausbringen	R_V	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Menge Recycling-Produkte		7	Sonstige Quoten						
	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		Lfd. Nr.	Quotenbezeichnung	Formel- zeichen	Quantifizierung für Materialgruppen				Summe LVP
Dividend	Divisor				Weiβblech	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.
Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en)		3	kumulierte Ausbeuten Verwertungszuführung	A_{VZ}					
	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%
spez. Wertstoffinhalt in Sortierfraktionen		4	kumulierte Ausbringen Verwertungszuführung	R_{VZ}					
	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%
Menge erzeugte(r) Sortierfraktion(en) abzüglich Verbundanteil für WB, Kst, Alu, für Vb= R_{VZ3} (nur stoffliche Verwertung)		5	Quoten gemäß MSN						
	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)	Verwertungszuführungs-menge	6.1	spez. Ausbeute Verwertung	A_V	85%	40%	78%	n.b.	74%
Menge Recycling-Produkte	Verwertungszuführungs-menge	6.2	Ausbeute zur stofflichen Verwertung	W_V	85%	40%	43%	n.b.	52%
spez. Wertstoffinhalt in Sekundärrohstoffprodukt	spez. Wertstoffinhalt in Verwertungszuführungs-menge	6.3	spez. Ausbringen	R_V	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Menge Recycling-Produkte		7	Sonstige Quoten						
	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	Formel-zeichen	Weißblech			Aluminium			Kunststoffe			Verbunde			Summe LVP		
5	Quoten gemäß MSN		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	
5.1	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 Sekundärrohstofferlösen 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.