

F+E-Vorhaben „Technisch-ökonomische Analyse der gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP“

Schlussbericht

Auftraggeber:



Der Grüne Punkt –
Duales System Deutschland AG

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz /
Der Grüne Punkt - DSD AG, Köln /
Herhof Umwelttechnik GmbH, Solms-Niederbiehl

**Auftragnehmer
(ARGE):**



HTP Ingenieuresellschaft
PartG
Maria-Theresia-Allee 35
52064 Aachen
☎ 0241 / 94900-0



Witzenhausen-Institut
für Abfall, Umwelt & Energie GmbH
Werner-Eisenberg-Weg 1
37213 Witzenhausen
☎ 05542 / 9380-0

**Ökonomische
Bewertung:**



IfU Institut für Umweltökonomie, Büro Mainz,
Neugasse 3, 55129 Mainz
☎ 06131 / 8140-00

vorgelegt:

Mai 2005

Projektteilnehmer / Projektbeirat:

- ➡ Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz,
Kaiser-Friedrich-Straße 1, 55116 Mainz
- ➡ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,
Robert-Schumann-Platz 3, 53175 Bonn
- ➡ Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin
- ➡ Der Grüne Punkt - Duales System Deutschland AG,
Frankfurter Straße 720-726, 51145 Köln
- ➡ Herhof Umwelttechnik GmbH, Riemannstraße 1, 35606 Solms-Niederbiehl
- ➡ Westerwaldkreis Abfallwirtschaftsbetrieb, Bodener Str. 15, 56424 Moschheim
- ➡ A.R.T. Abfallberatungs- und Verwertungsgesellschaft mbH,
Am Moselkai 1, 54293 Trier
- ➡ ZV A.R.T. Zweckverband Abfallwirtschaft im Raum Trier,
Löwenbrückener Str. 13/14, 54290 Trier
- ➡ MBS-Anlage Westerwald Herhof/Mann GmbH & Co. KG,
Vor Wetzelscheid 2, 56477 Rennerod
- ➡ FH Mainz, Forschungsgruppe Kommunal-/Umweltwirtschaft, FH Mainz,
An der Bruchspitze 50, 55122 Mainz
- ➡ IfU Institut für Umweltökonomie, Büro Mainz, Neugasse 3, 55129 Mainz
- ➡ HTP Ingenieurgesellschaft PartG, Maria-Theresia-Allee 35, 52064 Aachen
- ➡ Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH,
Werner-Eisenberg-Weg 1, 37213 Witzenhausen

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Methodik und Versuchsdurchführung	3
2.1	Entwicklung Prozessführung	3
2.1.1	Voraussetzungen	3
2.1.2	Verfahrensbeschreibung	3
2.2	Erfassung und Konditionierung des Materials	5
2.2.1	Herkunft des Materials	5
2.2.2	Erfassung und Konditionierung	7
2.3	Versuchsdurchführung Teil 1: Trockenstabilisierung in Rennerod	9
2.3.1	Trockenstabilisierung in der MBS Westerwald	9
2.3.2	Bereitstellung eines Stoffstroms > 80 mm mittels mobiler Absiebung	11
2.3.3	Probenahme	13
2.3.4	Sortieranalysen	13
2.3.5	Chemisch-physikalische Analytik	14
2.4	Versuchsdurchführung Teil 2: Sortierung Mischstabilat in Trier	15
2.4.1	Konzeption des Versuchs	15
2.4.2	Vorbereitung / Einstellungen der Anlage	18
2.4.3	Probenahme	18
2.4.4	Analyse der sortierten Produkte	20
2.5	Untersuchung Verwertungseigenschaften	22

3	V Versuchsergebnisse	23
3.1	Bilanzen Voraufbereitung in Rennerod (Vorabsiebung und Wertstoffverteilung)	23
3.1.1	Massenbilanzen.....	23
3.1.2	Ergebnisse der Sortieranalysen (Wertstoffverteilung)	26
3.2	Bilanzen Sortierung	29
3.3	Ergebnisse Sortieranalysen.....	31
3.4	Ergebnisse Verwertungsversuche	33
3.5	Ergebnisse chemisch-physikalische Analysen	35
4	Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der Versuchsergebnisse	39
4.1	Entwicklung der Szenarienbilanzen.....	39
4.2	Abgleich Quotenvorgaben gemäß Verpackungsverordnung mit GiG-Szenarienbilanzen.....	41
4.3	Diskussion der Qualitäten.....	42
4.4	Vergleich GiG-Szenario und Referenzszenario.....	43
5	Ökonomische Bewertung der Versuchsergebnisse.....	47
5.1	Grundlagen und Randbedingungen.....	47
5.2	Ergebnisdarstellung.....	50

Literaturhinweise

Abkürzungsverzeichnis

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die getrennte Erfassung von Restmüll und Leichtverpackungen ist in Deutschland flächendeckend eingeführt. Gleichwohl erfährt die Diskussion zu diesem Ansatz vor dem Hintergrund verbesserter automatischer Sortiertechniken, ökonomischer Aspekte und unterschiedlicher Erfolge bei der Trennung des Abfalls in den Haushalten eine Belebung. Eine häufig diskutierte abfallwirtschaftliche Variante zur derzeitigen separaten Erfassung ist die vollständige oder partielle Integration der Wertstoffrückgewinnung über den Restmüllpfad unter der Bedingung, dass das Entsorgungsgebiet an eine mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage angeschlossen ist.

2002 initiierten die DSD AG, das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz sowie die Fa. Herhof Umwelttechnik unter Begleitung von BMU und UBA das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Technisch-ökonomische Analyse der gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP“. Unter der Mitwirkung des Abfallwirtschaftsbetriebs Westerwaldkreis, des Zweckverbands Abfallwirtschaft im Raum Trier, der MBS Westerwald GmbH sowie der A.R.T. Trier startete die operative Phase im Frühjahr 2004. Die Projektsteuerung und wissenschaftliche Begleitung erfolgte durch die ARGE Witzenhausen-Institut und HTP Ingenieurgesellschaft. Die FH Mainz/Institut für Umweltökonomie war mit der Ausarbeitung der ökonomischen Untersuchungen betraut.

Hierbei bestand der grundsätzliche Anspruch, aus einem mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsverfahren heraus durch Modifizierung des Prozesses die Vorgaben der Verpackungsverordnung wirtschaftlich günstig (ökoeffizient) zu erfüllen und möglichst hochwertige – einer separaten Erfassung und Sortierung vergleichbare – Produkte zu generieren. In der empirischen Untersuchung sollte dies dadurch erreicht werden, dass nach einer Voraufbereitung von Restmüll-LVP-Gemischen mit dem Trockenstabilatverfahren eine zusätzliche Fraktionierung in der LVP-Sortieranlage der A.R.T. GmbH erfolgte.

Als Ergebnisse wurden erwartet:

- Aussagen zur technischen Machbarkeit der gemeinsamen Aufbereitung und Sortierung von Restabfall und LVP als integraler Bestandteil einer Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren
- Aussagen zur Erfüllung der Quoten gemäß VerpackV
- Orientierende Aussagen zu den erzielbaren Produktqualitäten im Hinblick auf die Verwertbarkeit und Marktreife der generierten Produkte

- Ermittlung der Optionen einer optimierten Restabfallbehandlung durch die Integration der für die Verpackungssortierung entwickelten Trennsysteme
- Quantifizierung der Differenzkosten zwischen der getrennten Erfassung und Sortierung von LVP einerseits sowie der gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP unter den spezifischen Gegebenheiten der ausgewählten Entsorgungsgebiete andererseits

Nach Durchführung und Auswertung orientierender Voruntersuchungen zur verfahrenstechnischen Einbindung im Hinblick auf eine geeignete Systemauswahl und Prozessführung wurden im September bzw. Oktober 2004 zwei Hauptversuche exemplarisch für zwei Entsorgungsgebiete durchgeführt (Datenbasis 2003):

- Westerwaldkreis (ca. 203.200 EW) als Gebiet mit einer etablierten Getrenntsammlung von Bioabfällen
- Raum Trier (Stadt Trier, Landkreis Trier-Saarburg, ca. 239.100 EW) als Gebiet ohne eingeführte Biotonne

Die Hauptversuche umfassten als 1. Prozessstufe die Aufbereitung eines Restabfall-/LVP-Gemischs mit der Trockenstabilattechnologie am Standort Rennerod. Hierbei erfolgte die Abtrennung eines Stoffstroms mit hohem Wertstoffanteil, welcher ca. 15% - 20% der Ausgangsmenge ausmachte. Dieser wurde anschließend zur Sortierung (2. Schritt) in die LVP-Sortieranlage in Trier verbracht. Die dort zur Verfügung stehende technische Ausrüstung diente der Simulation der im Vorfeld entwickelten integrierten Prozessführung im betrieblichen Maßstab. Die Untersuchungen zur qualifizierten Sortierung von werkstofflich verwertbaren Fraktionen konzentrierten sich auf Kunststoffe und Verbundmaterialien, da die Aussortierung metallischer Fraktionen bei mechanischer Restabfallbehandlung als Stand der Technik vorausgesetzt werden kann.

Die Hauptversuche wurden mit 118 Mg (Westerwaldkreis) bzw. mit 137 Mg (ZV A.R.T.) vor dem Eintrag in die Trockenstabilisierung im Verhältnis ca. 9:1 gemischter Restabfall und LVP durchgeführt. Die Abfälle entstammten jeweils repräsentativen Gebietsstrukturen beider Entsorgungsgebiete.

Drei Kernaspekte standen im Mittelpunkt der Untersuchungen:

- technische Machbarkeit der gemeinsamen Sortierung und quantitative Auswirkungen
- Reinheiten und Verwertungseigenschaften
- ökonomische Auswirkungen einer GiG-Variante im Vergleich zur getrennten Erfassung

2 Methodik und Versuchsdurchführung

2.1 Entwicklung Prozessführung

2.1.1 Voraussetzungen

Die Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren weist einige Besonderheiten auf, denen durch eine angepasste Prozessführung entsprochen werden muss, sollen werkstofflich verwertbare Kunststoff- und Verbundfraktionen abgetrennt werden. Zu nennen sind hier bspw. die verfahrensbedingte Notwendigkeit einer Vorzerkleinerung sowie die Änderungen der Abfallstruktur durch die biologische Behandlung.

Im Vorfeld großtechnischer Versuche wurden daher umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt, um eine geeignete Systemauswahl und Prozessabfolge zu entwickeln und Erkenntnisse zur Auslegung zu gewinnen [1].

Die Voruntersuchungen führten neben der Festlegung geeigneter Siebschnitte zu zwei konzeptionellen Besonderheiten. Zum einen legten die Ergebnisse es nahe, sämtliche automatische Sortieroperationen hinter der Stabilisierung anzuordnen. Zum anderen wurde auf die sonst übliche Sortierung einer Folienfraktion durch Ausnutzung geometrischer Eigenschaftsunterschiede über die Kombination von Siebung und Sichtung zugunsten der Darstellung einer LDPE-Folienfraktion mittels mehrstufiger NIR-Trennung verzichtet.

2.1.2 Verfahrensbeschreibung

Die Abbildung 2.1 veranschaulicht die entwickelte Prozessführung in einem optimierten GiG-Szenario. Dieses sieht in einem ersten Schritt mittels Trommelsieb die Aufteilung des mit Verpackungsmaterial angereicherten Mischstabilat > 50 mm in drei Stoffströme vor. Das Stabilat < 80 mm wird direkt in die Trockenstabilatanlage (TSA) zur weiteren Aufbereitung zurückgeführt. Aus den Materialströmen 80 – 200 mm und > 200 mm werden dann die Verpackungsanteile separiert.

Aus dem Stoffstrom > 200 mm werden mittels Windsichtung Folien abgetrennt. Das Schwergut des Stoffstroms > 200 mm wird in die Trockenstabilatanlage zurückgefördert.

Aus dem Materialstrom 80 – 200 mm wird im ersten Schritt der Aufbereitung ebenfalls mittels Windsichtung Leichtgut abgetrennt und das Schwergut anschließend einem NIR-Trenner zugeführt, der ein Zwischenprodukt bestehend aus den Kunststoffen PP und PE sowie

Flüssigkeitskartons erzeugt. Der nicht detektierte Anteil des Schwerguts 80 – 200 mm wird ebenfalls wieder in die Trockenstabilatanlage zurückgeführt und so der weiteren Trockenstabilataufbereitung zur Verfügung gestellt.

Aus dem Kunststoff-Flüssigkeitskarton-Gemisch werden mittels eines weiteren NIR-Trenners die Flüssigkeitskartons separiert. Um den Kunststoff-Trennern für PP und PE nur formstabile Kunststoffe aufzugeben, werden die flächigen Anteile im Zwischenprodukt mittels Ballistikseparator abgetrennt. Danach folgt die NIR-Trennung des PP-Produkts und dann des PE-Produkts. Der nicht detektierte Reststrom wird zur weiteren Aufbereitung der Trockenstabilatanlage zugeführt.

Das Windsichterleichtgut 80 – 200 mm wird durch eine zweistufige NIR-Trennung nachgereinigt und mit der PE-Folien-Fraktion > 200 mm zusammengeführt. Auch die bei der Nachreinigung anfallenden Reste werden zur Erzeugung des Trockenstabilats in die Trockenstabilatanlage zurückgefördert.

barer Größenordnung an. Im ZV A.R.T. sind dies mit 189 kg/E*a nur wenig mehr als im Westerwaldkreis (174 kg/E*a).

Im Westerwaldkreis wird mit 25 kg/E*a getrennt erfassten LVP ein hoher Wert erreicht, was auf eine effiziente Abschöpfung schließen lässt. Dies korrespondiert mit den Erkenntnissen aus früheren Hausmüllanalysen für den Westerwaldkreis [2], die wiederholt die nur geringen Anteile an Leichtverpackungen im Hausmüll aufzeigten. Im ZV A.R.T. wurden mit 22 kg/E*a etwas geringere Sammelmengen erzielt.

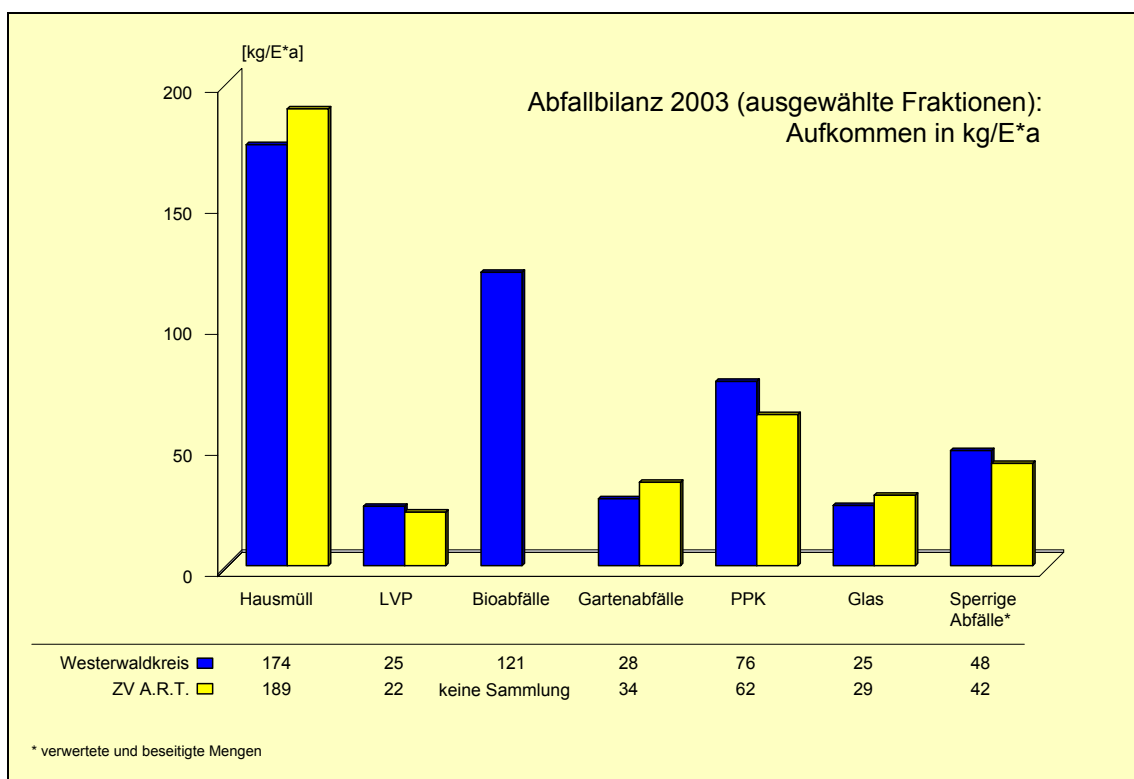


Abbildung 2.2: Abfallmengenstruktur in den Untersuchungsgebieten 2003 in kg/E*a (ausgewählte Fraktionen) [4]

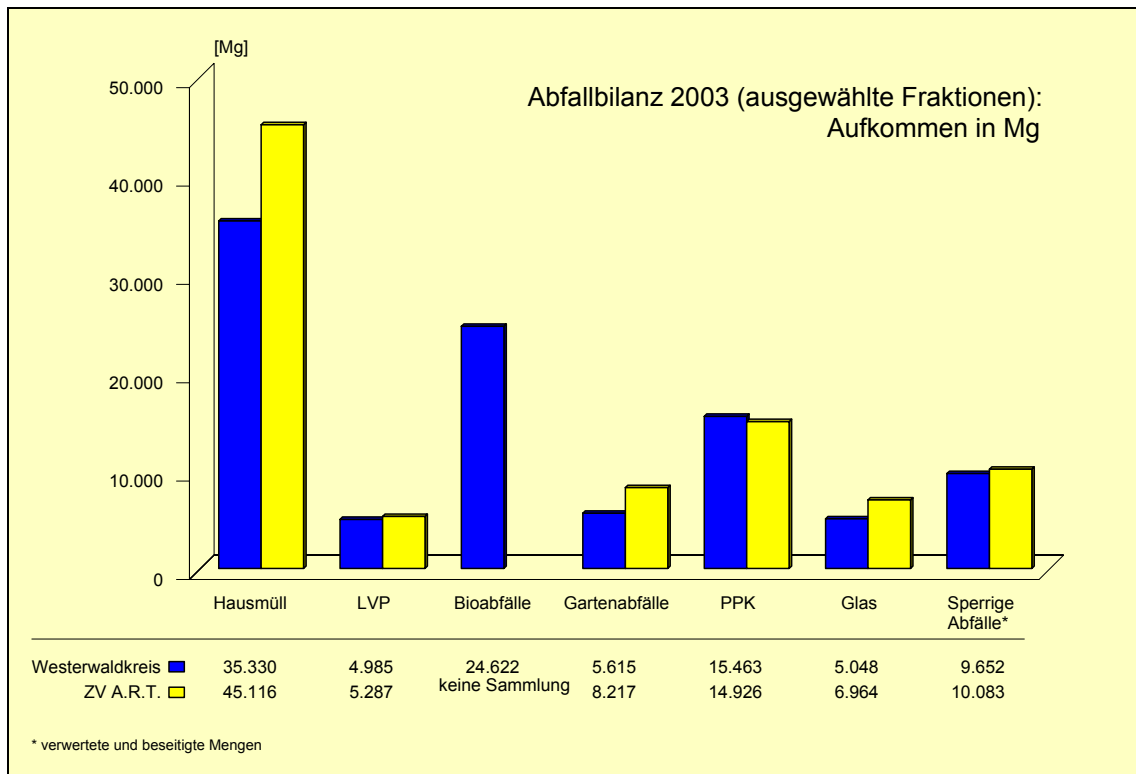


Abbildung 2.3: Abfallmengenstruktur in den Untersuchungsgebieten 2003 in Mg (ausgewählte Fraktionen) [4]

2.2.2 Erfassung und Konditionierung

Das Versuchsmaterial wurde aus beiden Untersuchungsgebieten entsprechend der typischen Verteilung der Siedlungsstrukturen sowie der abfallwirtschaftlichen Strukturen, wie z.B. dem aufgestellten Behältergrößenspektrum, erfasst.

Die Festlegung der Abfuhrgebiete erfolgte in Abstimmung mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern.

1. Hauptversuch Westerwaldkreis

Erfassung des Materials

Es wurden ca. 160 Mg Restmüll aus dem Südteil des Westerwaldkreises sowie ca. 34 Mg LVP aus vergleichbaren Siedlungsstrukturen eingesammelt und zur MBS Westerwaldkreis verbracht. Die Anlieferung des Restmülls erfolgte vom 06. bis zum 08. September 2004, LVP wurde zwischen dem 02. und dem 08. September eingesammelt. Beide Stoffströme wurden

im Bunker auf separaten, geräumten Bunkersegmenten für die Dauer der Anlieferung bis zum Eintrag in die Trockenstabilisierung zwischengelagert.

Konditionierung des Inputgemisches

Die Konditionierung des Versuchsgemisches aus Restmüll und LVP erfolgte im Zuge der Materialzuführung in die Trockenstabilisierung entsprechend dem realen Aufkommensverhältnis. Dieses lag 2003 im Westerwaldkreis bei einem LVP-Anteil von 12,4% am Gesamtaufkommen (Summe aus Restmüll und LVP). Hierzu stehen in der MBS-Anlage zwei separate Vorzerkleinerungslinien zur Verfügung, über deren intervallgesteuerten Betrieb die gezielte Dosierung von LVP und Restmüll erfolgte. Durch die Zerkleinerung, den Transport über Förderbänder, den Abwurf in einen Zwischenbunker und die anschließende Wiederaufnahme und Befüllung der Rottebox wurde eine gute Materialmischung erreicht.

2. Hauptversuch ZV A.R.T.

Erfassung des Materials

Es wurden in der Zeit vom 29. September bis 01. Oktober 2004 ca. 180 Mg Restmüll sowie eine ausreichende Menge LVP aus vergleichbaren Siedlungsstrukturen eingesammelt und zunächst bei der A.R.T. gelagert.

Konditionierung des Inputgemisches

Die Konditionierung des Versuchsgemisches erfolgte per Radlader auf dem Betriebshof der A.R.T. Das Aufkommensverhältnis beim ZV A.R.T. lag 2003 bei einem LVP-Anteil von 10,5% am Gesamtaufkommen (Summe aus Restmüll und LVP). Nach Anlieferung des vorge-mischten Materials bei der MBS Westerwald am 04. und 05. Oktober 2004 fand im Zuge des Eintrags in die Vorzerkleinerung der MBS-Anlage die weitere Homogenisierung statt.

2.3 Versuchsdurchführung Teil 1: Trockenstabilisierung in Rennerod

2.3.1 Trockenstabilisierung in der MBS Westerwald

Die Trockenstabilisierung der Versuchschargen wurde in der MBS Westerwald am Standort Rennerod durchgeführt. Die Möglichkeit zur Mitverarbeitung der LVP-Mengen ist durch die vorhandene Technik sichergestellt. Zum Ablauf der Trockenstabilisierung:

- ◆ Im 1. Hauptversuch befand sich das Versuchsmaterial 187 Stunden in der Rottebox. Tag des Eintrags war der 08. September 2004 (7.00 Uhr bis 12.10 Uhr), der Austrag fand am 16. September ab 7.00 Uhr statt. Die Stabilisierung verlief mit Ausnahme eines ca. achtstündigen Lüfterausfalls in der dritten Nacht im Wesentlichen stabil. Insgesamt war der Betriebsablauf trotz der Unterbrechung der Luftzufuhr weitgehend zufrieden stellend. Eine ausreichende Materialtrocknung wurde erreicht.
- ◆ Im 2. Hauptversuch wurde die Rottebox am 06. Oktober 2004 befüllt (7.00 Uhr bis 14.50 Uhr) und nach einer 184-stündigen Rottedauer am 14. Oktober ab 7.00 Uhr wieder ausgetragen. Der Rotteverlauf war hinsichtlich der luftmengen-, gas- und temperaturseitigen Steuerungsparameter stabil und entsprach dem normalen Betriebszustand. Infolge einer deutlich erhöhten Materialfeuchte des Inputs konnte jedoch keine ausreichende Trocknung des Materials erreicht werden.

Ziel der anschließenden Aufbereitung war die Bereitstellung eines Stoffstroms > 80 mm für die nachgeschaltete Sortierung in der Sortieranlage A.R.T. Trier. Da diese Möglichkeit durch die vorhandene Anlagenkonfiguration nicht gegeben ist, waren Umbaumaßnahmen innerhalb des mechanischen Aufbereitungsblocks erforderlich, in dem ein Bypass zur Ausschleusung von Trockenstabilat mit einer Korngröße > 50 mm geschaffen wurde.

Der Bypass zur Ausschleusung des Trockenstabilats > 50 mm wurde im Verfahrensablauf nach dem 1. Siebschnitt installiert. Dazu wurde ein an dieser Stelle bereits vorhandenes Reversierband durch einen zusätzlichen Aufnahmetrichter, ein mobiles Förderbandsystem und eine mobile Containergestellung zur Materialaufnahme ergänzt. Das Anlagenfließbild im Status Quo inklusive des integrierten Bypasses zeigt Abbildung 2.4.

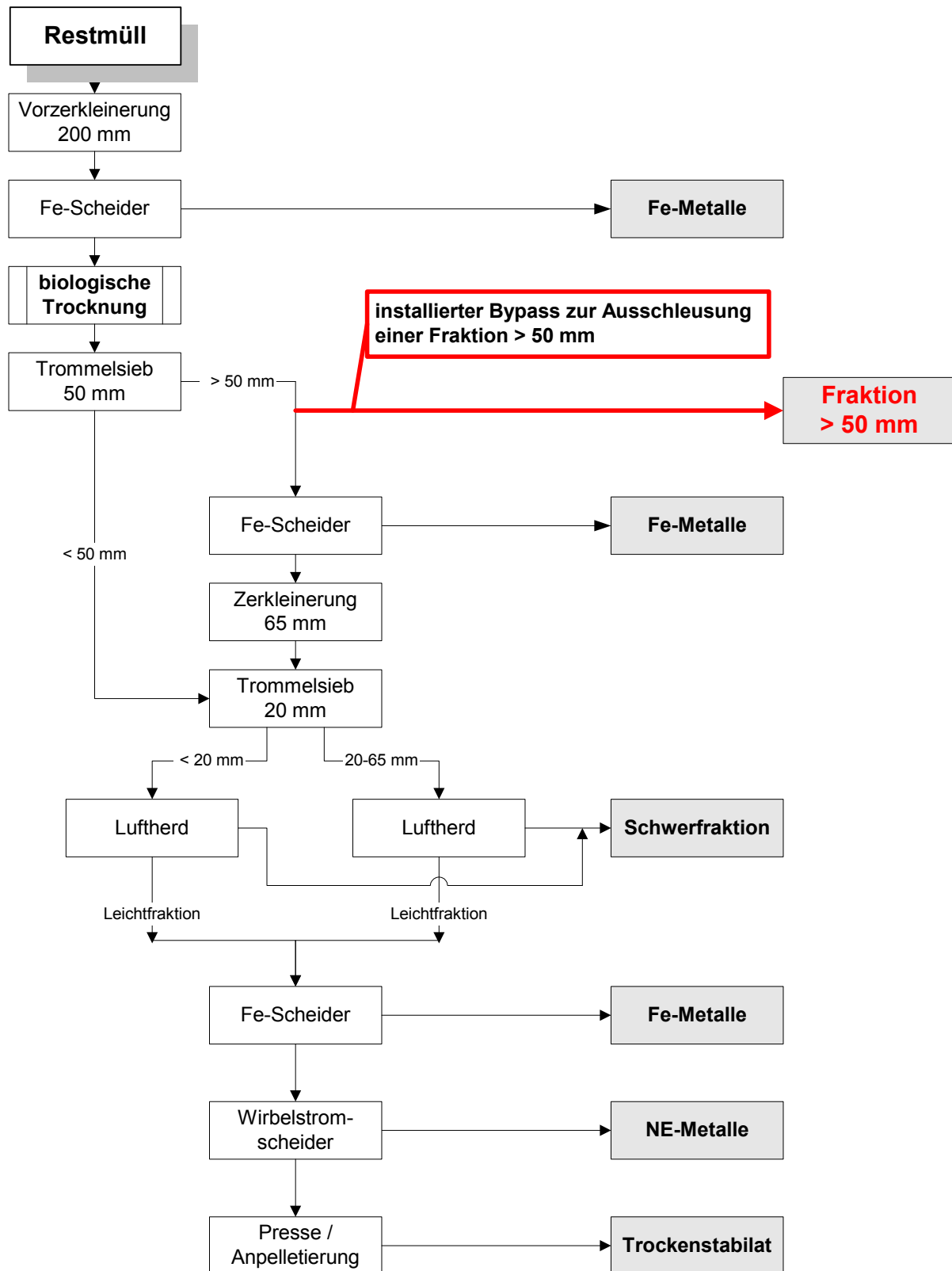


Abbildung 2.4: Vereinfachtes Blockfließbild der Trockenstabilatanlage MBS Westerwald und Kennzeichnung der versuchsbedingten Umbaumaßnahmen (Bypass)

Der so gewonnene Stoffstrom > 50 mm hat zu diesem Zeitpunkt eine Vorzerkleinerung (200 mm), eine Fe-Scheidung, die biologische Stufe in den Reaktoren (Trockenstabilisierung) sowie eine Absiebung auf 50 mm im Trommelsieb durchlaufen. Er weist anhaftende Feinbestandteile in relevanter Größenordnung auf.

Versuchsbegleitend erfolgte die anlagenbezogene Datenaufnahme zu den Input- und Outputmassenströmen.

2.3.2 Bereitstellung eines Stoffstroms > 80 mm mittels mobiler Absiebung

Der aus der Trockenstabilatanlage ausgetragene Materialstrom wurde anschließend mittels einer mobilen zweistufigen Siebanlage auf die gewünschte Korngröße > 80 mm eingeeengt. Für die Durchführung stellte der Abfallwirtschaftsbetrieb des Westerwaldkreises die Umladeanlage auf der Deponie Rennerod zur Verfügung.

Die Siebanlage bestand aus zwei nacheinander geschalteten Sieben (Abbildungen 2.5 und 2.6). Das 1. Sieb, hierbei handelt es sich um ein Sternsieb, dient der Auflockerung und Homogenisierung des Materialstroms. Ein zusätzlicher Effekt ist die Entfernung eines Teils der feinkörnigen Anhaftungen (< 10 mm). Das nachgeschaltete Scheibensieb gewährt konstruktionsbedingt keinen eindeutigen Siebschnitt, sondern führt zur Trennung entlang eines Siebbands (ca. 80/100 mm), so dass zwei Stoffströme 50 - 80/100 mm (Mittelkorn) und > 80 mm (Grobkorn) vorlagen.

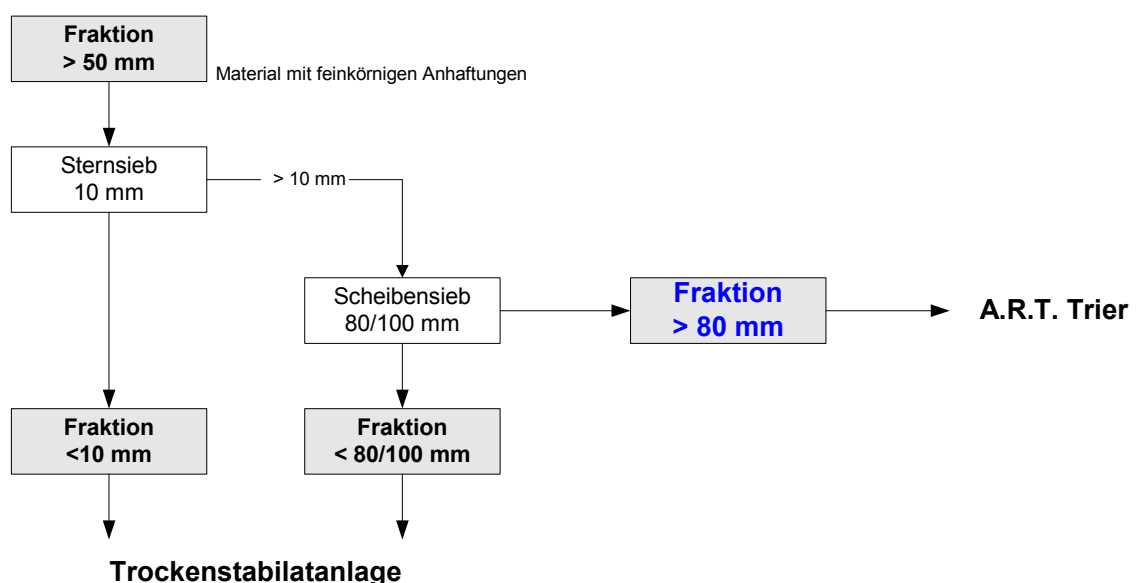


Abbildung 2.5: Vereinfachtes Blockfließbild der mobilen Absiebung einer trockenstabilisierten Grobfraction > 80 mm



Abbildung 2.6: Aufbau und Betrieb der mobilen Siebanlage (Abwurf der Grobfraktion > 80 mm im Bild vorne links)

In beiden Hauptversuchen zeigten sich verfahrensbedingt Siebverluste, die zu erhöhten Wertstoffanteilen (PE, PP, PS, PET, FKN) in der Mittelkornfraktion führten. Diese wurden sortieranalytisch bestimmt. Die Erfahrungen aus dem 1. Hauptversuch führten zu Modifikationen im Betrieb der Siebanlage, wodurch eine Verringerung der Verluste erreicht werden konnte.

Die Siebung wurde durch einen Mitarbeiter des Siebanlagenherstellers Komptech Farwick GmbH betreut, der für die Einstellung und Modifikationen an der Siebanlage (Sternsieb Multistar L2, Flower-disc-Scheibensieb) verantwortlich war.

Versuchsbegleitend erfolgte die Datenaufnahme zu den Input- und Outputmassenströmen der Siebung.

2.3.3 Probenahme

Probenahme zur Sortierung

Die Probenahme erfolgte nach einem zuvor festgelegten Probenplan für die in der MBS-Anlage weiterverarbeitete Trockenstabilatfraktion < 50 mm sowie das mobil abgeseibte Mittelkorn (50 – 80/100 mm).

Es wurden je Fraktion Tagesmischproben genommen und aus dem gesamt vorliegenden Probenvolumen Einzelstichproben zur Sortierung gezogen. Von der Trockenstabilatfraktion < 50 mm wurde die Tagesmischprobe vom Zuführungsband der LKW-Verladung entnommen und anschließend sechs Einzelstichproben à ca. 10l gezogen. Die Tagesmischprobe der Mittelkornfraktion 50 - 80/100 mm wurde am Abwurf des Scheibensiebs der mobilen Siebanlage gezogen und daraus anschließend acht Einzelstichproben à 100l abgetrennt. Die Sortierung erfolgte unmittelbar vor Ort bei der Umladeanlage Rennerod.

Die Sortierung der Grobfraktion > 80 mm erfolgte bei der A.R.T. Trier.

Von allen genannten Fraktionen wurden Rückstellproben gezogen.

Alle Proben wurden rückgewogen und in die Massenbetrachtungen eingerechnet.

Probenahme zur chemisch-physikalischen Analytik

Für die chemisch-physikalischen Untersuchungen wurden jeweils aus Tagesmischproben vier Einzelstichproben à 10l (Trockenstabilatfraktion < 50 mm) bzw. aus der Mittelkornfraktion vier Einzelstichproben à 30l gezogen.

Die Proben wurden rückgewogen und in die Massenbetrachtungen eingerechnet.

2.3.4 Sortieranalysen

Die Sortieranalysen fanden am Tag der Probenahme sowie am darauf folgenden Kalendertag statt (06./07. September 2004, 14./15. Oktober. 2004). Die sortierten Einzelfraktionen sind in Tabelle 2.1 dargestellt.

Die Hartkunststoffe aus der Mittelkornfraktion wurden im November 2004 im Hinblick auf ausgewählte Verpackungstypen nachsortiert.

Tabelle 2.1: Sortierte Einzelfractionen MBS Westerwald

Sortierfraktionen	Mittelkorn 50-80/100 mm	Trockenstabilat- fraktion < 50 mm
1. Folien	- Verpackungsfolien - sonstige Folien	- Folien
2. Hartkunststoffe	- Verpackungshartkunststoffe - <i>Flaschen</i> - <i>Tuben</i> - <i>Schalen</i> - <i>Becher aus PS (Joghurt)</i> - <i>Becher aus PE / PP (Margarine)</i> - <i>Eimer, Kanister</i> - <i>Verschlüsse</i> - <i>Verpackungsformteile, Umreifungsbänder etc.</i> - stoffgleiche Hartkunststoffe	- Hartkunststoffe
3. FKN / Verpackungsverbunde	- Flüssigkeitskartons - aluhaltige Verbundverpackungen	- Verbundverpackungen
4. Metalle	- Fe-Metalle - NE-Metalle	- Metalle
Rest	- restliche Abfälle	- restliche Abfälle

2.3.5 Chemisch-physikalische Analytik

Die chemisch-physikalische Analytik erfolgte durch das Institut für Umweltanalytik und Geotechnik UEG GmbH, Wetzlar. Die Analysenparameter wurden in Abstimmung der Projektpartner festgelegt. Die untersuchten Parameter und die angewandten Methoden sind in Tabelle 2.2 zusammengefasst.

Tabelle 2.2: Untersuchungsprogramm chemisch-physikalische Parameter

Untersuchte Parameter	Einheit	Methode	Bestimmungs- grenze
Physikalische Parameter			
Wassergehalt	%	DIN 38414-S 2	
Aschegehalt	%	DIN 51719	0,1
Glühverlust	% TS	DEV S 3	0,1
Heizwert Hu	MJ/kg TS	DIN 51900	1
im Bericht dargestellt für die Originalsubstanz (kJ/kg)			
Chemische Parameter			
Chlor gesamt	mg/kg TS	DEV D 19	100
Cadmium	mg/kg TS	DEV E 22	0,5
Quecksilber	mg/kg TS	DEV E 12	0,3

2.4 Versuchsdurchführung Teil 2: Sortierung Mischstabilat in Trier

2.4.1 Konzeption des Versuchs

Die Versuchsdurchführung der Sortierung des Mischstabilats erfolgte in der LVP-Sortieranlage A.R.T. in Trier, deren Konzeption nicht die gemeinsame Verarbeitung von Restmüll und LVP zugrunde liegt. Abbildung 2.7 zeigt das Anlagenfließbild im Bestand. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, den Versuch analog Fließbild in Abbildung 2.1 in drei Einzeldurchgängen durchzuführen. Da die Erzeugung der Vor- und Endprodukte i.W. durch automatische Klaubung mittels NIR-Technologie erfolgt, musste für den Versuch der im Bestand befindliche FKN-Trenner durch einen Trenner mit frei programmierbarer Detektionseinheit Polysort ausgetauscht werden.

Im ersten Durchgang wurden die von Feinanteilen < 80 mm weitgehend befreiten Restmüll- und LVP-Mengen der Anlage aufgegeben. Die Aufgabe erfolgte über den Aufgabedosierer. In diesem Durchgang wurden mit Ausnahme des Aluminiums lediglich LVP-Vorprodukte erzeugt, deren weitere Aufbereitung in den Durchgängen 2 und 3 erfolgte. Hierzu gehören ein Sammelprodukt aus Flüssigkeitskartons und den Kunststoffarten PE, PP, PET und PS sowie die Folienfraktionen > 200 mm und < 200 mm. Die anfallenden Rest-Anteile sowie die Metallprodukte wurden im ersten Durchgang beprobt, da hier der Hauptmassenstrom dieser Fraktionen anfiel. Zusätzlich wurde der in der Anlage vorhandene PPK-Trenner umprogrammiert, um ein positiv sortiertes EBS-Produkt erzeugen zu können.

Im zweiten Durchgang erfolgte die Aufgabe des Sammelprodukts in die Anlage. Mittels NIR-Technologie wurden nacheinander die Produkte FKN, PE, PP, PET und PS erzeugt und beprobt. Die verbleibenden Reststoffströme wurden ebenfalls beprobt, um Hinweise auf Art und Menge der Ausbringverluste zu erhalten.

Im dritten Durchgang sollten die Folienprodukte nacheinander mittels NIR-Technologie nachgereinigt und dadurch ein PE-Folienprodukt erzeugt werden. Die Folien > 200 mm wurden aufgrund augenscheinlich hoher Reinheit nach der Windsichtung nicht nachgereinigt, sondern nur manuell analysiert. Im 2. Hauptversuch erfolgte eine manuelle Nachreinigung des Folienprodukts in der Sortierkabine. Die Nachsortierung der Folien < 200 mm erfolgte unter Begleitung der Firma TiTech Visionsort im 1. Hauptversuch im Technikum der Firma Stadler in Altshausen und im 2. Hauptversuch bei der Firma Zehner in Heilbronn, da der dort vorhandene Anlagenaufbau besser für diese Sortierung geeignet war.

Die Aggregate zur Metallabtrennung waren in den Durchgängen 1 und 2 zugeschaltet, es wurden jedoch lediglich die Massenströme ermittelt (summarisch aus allen Einzeldurchgängen).

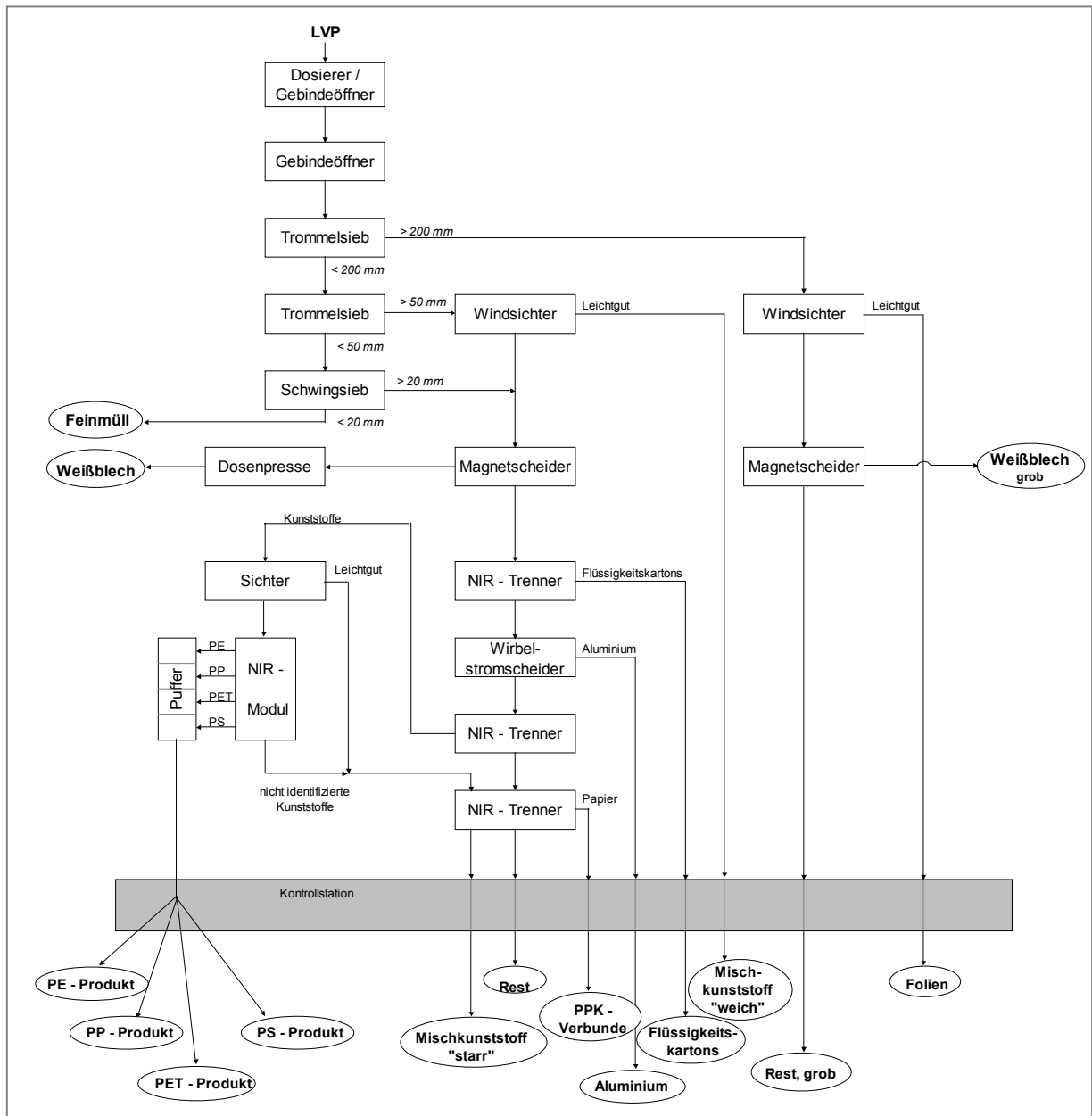


Abbildung 2.7: Vereinfachtes Blockfließbild der halbautomatischen Sortieranlage A.R.T. Trier

2.4.2 Vorbereitung / Einstellungen der Anlage

Da eine Rückführung des Stoffstroms 20 – 50 mm in den Prozess nicht erwünscht war, wurde der Siebelag der Feinabsiebung 20 mm entfernt, so dass dieser Stoffstrom gemeinsam mit dem Feingut < 20 mm erfasst werden konnte.

Der an der Position des AS-GT installierte Polysort wurde von einem Mitarbeiter von TiTech Visionsort parametrieren. Erst nach Voreinstellung erfolgten Probenahmen im zugehörigen Restestrom der Mittelkornlinie.

Der vorhandene NIR-Trenner für die Erzeugung von PPK wurde so umprogrammiert, dass er hochkalorische, schadstoffarme Komponenten (Kunststoffe außer PVC, Papier und FKN) aussortierte.

Die im normalen Prozessablauf eingebundene Dosenpresse zur Verdichtung des Weißblechs wurde im Versuch umfahren, um die Analysefähigkeit des Weißblechprodukts zu erhalten.

Mit der Probenahme aller angefallenen Produkte wurde erst begonnen, als die Anlage stabil eingestellt war.

Alle im Verlauf des Versuchs anfallenden Stoffströme wurden während oder nach Abschluss des Versuchs, je nach Umfang, nach Zwischenverpressung auf der Ballenpresse verwogen.

2.4.3 Probenahme

Die Probenahme erfolgte in allen Einzeldurchgängen entsprechend der jeweils anfallenden Produkte. Im ersten Durchgang wurden jeweils sechs Proben à 200l Weißblech und Aluminium sowie je sechs Proben à 500l Folien > 200 mm, Folien < 200 mm, Sortierrest aus dem Mittelkorn, grober Sortierrest und EBS genommen. Das Zwischenprodukt Kunststoff-Getränkekarton-Gemisch, dessen Verarbeitung in Durchgang 2 stattfand, wurde im ersten Durchgang nicht beprobt.

In Durchgang 2 erfolgte die Probenahme der Kunststoffarten-Produkte (PP, PE, PS, PET) und der Flüssigkeitskartons. Außerdem beprobt wurden die im 2. Durchgang anfallenden Fraktionen Abgang Modul und Rest Schwergut. Von allen Fraktionen im zweiten Durchgang wurden je sechs Proben à 300l gezogen.

Tabelle 2.3: Probenahmeplan

	Nr.	Probenahme- stelle	Beschreibung	Häufigkeit	Probenahme- dauer, Größe der Einzelprobe	Gesamt- volumen
Durchgang 1	1	Weißblech	Für die Probenahme muss die vorhandene Dosenpresse umfahren werden. Die Probenahme erfolgt in Big-Bags mit Unterstützung eines Gabelstaplers	6	3 min max. 200 l	max. 1,2 m ³
	1	Weißblech grob	Das Weißblech grob wird in einer Mulde aufgefangen, aus der die Probe entnommen wird.	6	3 min max. 200 l	max. 1,2 m ³
	2	Alu	Die Probe des Alu-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6	3 min max. 200 l	max. 1,2 m ³
	3	Rest	Die Probenahme erfolgt innerhalb des Produktbunkers aus dem zuführenden Massenstrom.	6	3 min max. 500 l	max. 3,0 m ³
	4	Rest Grobgut	Die Probenahme erfolgt innerhalb des Produktbunkers aus dem zuführenden Massenstrom.	6	3 min max. 500 l	max. 3,0 m ³
	5	EBS	Die Probenahme erfolgt innerhalb des Produktbunkers (PPK) aus dem zuführenden Massenstrom.	6	3 min max. 500 l	max. 3,0 m ³
	6	Folien > 200 mm	Die Probe des Folien-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6	3 min max. 300 l	max. 1,8 m ³
	7	Folien < 200 mm	Die Probe des Folien-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6	3 min max. 300 l	max. 1,8 m ³
	8	Feinkorn	Probenahme für anschließende phys.-chem. Analyse im Labor	4	ca. 10 l	
Durchgang 2	9	FKN	Die Probe des FKN-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6	3 min max. 300 l	max. 1,8 m ³
	10	PE-Produkt	Die Probe des PE-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6 - 8	3 min max. 300 l	max. 2,4 m ³
	11	PP-Produkt	Die Probe des PP-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6 - 8	3 min max. 300 l	max. 2,4 m ³
	12	PET-Produkt	Die Probe des PET-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6 - 8	3 min max. 300 l	max. 2,4 m ³
	13	PS-Produkt	Die Probe des PS-Produkts wird in der Sortierkabine am Sortierbandüberlauf gezogen.	6 - 8	3 min max. 300 l	max. 2,4 m ³
	14	Rest Schwergut	Die Probenahme erfolgt innerhalb des Produktbunkers aus dem zuführenden Massenstrom.	6	3 min max. 300 l	max. 1,8 m ³
	15	Abgang Modul	Die Probenahme erfolgt innerhalb des Produktbunkers aus dem zuführenden Massenstrom.	6	3 min max. 300 l	max. 1,8 m ³
Durchgang 3 (Technikum)	16	nachgereinigte Folien < 200 mm	Erfassung der gesamten Menge der Fraktion als Probe			gesamte Menge
	17	Leichtgut-Rest	Erfassung der gesamten Menge der Fraktion als Probe			gesamte Menge

Um sie einer physikalischen Analyse zu unterziehen, erfolgte ebenfalls die Probenahme von vier Proben aus dem Feinkorn < 50 mm.

Die Proben der Fraktion Folien < 200 mm wurden nach der Analyse wieder vereint und homogenisiert und anschließend für die als Durchgang 3 geplante Nachreinigung mittels NIR-Trennung in das jeweilige Technikum verbracht. Nach Durchführung der Nachreinigung wurden alle sortierten Fraktionen (nachgereinigte Folien, Leichtgut-Rest) komplett erfasst und einer wiederholten Analyse unterzogen.

Die einzelnen Probenahmestellen, die Häufigkeit der Probenahme sowie die Probengrößen sind in der Tabelle 2.3 dargestellt.

2.4.4 Analyse der sortierten Produkte

Anschließend an die jeweils am 20. September 2004 und am 18. Oktober 2004 durchgeführten Sortierungen des Mischstabilats in Trier, fanden an den darauf folgenden vier Tagen die Sortieranalysen der Proben aller erzeugten Produkte statt. Der zugrunde gelegte Stoffgruppenkatalog der Analyse ist der Tabelle 2.4 zu entnehmen.

Tabelle 2.4: Stoffgruppenkatalog

Nr.	Stoffgruppe	Beschreibung / Beispiele
1	Wb und Wb-Vb	Verpackungen: Konserven-, Getränke-, Aerosoldosen, Kronkorken
2	Schrott	Weißblech Nichtverpackung: Nägel, Werkzeug
3	Alu und Alu-Vb	Verpackungen: Getränke-, Aerosol-, Shebadosen, Alufolie
4	aluh. Verbunde	Verpackungen: Kaffeetüte, Tablettenblister, Laminattube, Kosmetikartikel, Getränketüten (z.B. Caprisonne)
5	Alu - NV	Aluminium Nichtverpackung: Töpfe, Pfannen
6	Folien < DIN A4 - VP	Verpackungen: Folien, Tüten, metallisierte □Folien < DIN A4
7	Folien < DIN A4 - NV	Nichtverpackung: Kleinfolien
8	Folien > DIN A4 - VP	Folien, Tüten, metallisierte Folien > DIN A 4
9	Folien > DIN A4 - NV	Nichtverpackung: Abdeckplanen, Silofolie
10	PE - VP	formstabile KS-Verpackungen aus PE: Reinigungsmittelflaschen
11	PE - NV	formstabile KS-Nichtverpackungen aus PE
12	PP - VP	formstabile KS-Verpackungen aus PP: Duschgel, Shampoo-, Margarine-, Joghurtbecher
13	PP - NV	formstabile KS-Nichtverpackungen aus PP
14	PS - VP	formstabile KS-Verpackungen aus PS: Joghurt-, Quarkbecher
15	PS - NV	formstabile KS-Nichtverpackungen aus PS
16	PET (Fl. transp.)	transparente Getränkeflaschen aus PET
17	PET - VP	Obstschalen, opake PET-Flaschen usw.
18	PET - NV	formstabile KS-Nichtverpackungen aus PET
19	PVC - VP	formstabile KS-Verpackungen aus PVC (Optional)
20	PVC - NV	formstabile KS-Nichtverpackungen aus PVC (Optional)
21	sonst. MKS - VP	KS-Verpackungen, die keiner anderen Stoffgruppe angehören
22	sonst. MKS - NV	KS-Nichtverpackungen, die keiner anderen Stoffgruppe angehören
23	Eimer / Kanister - VP	Verpackung: Eimer, Kanister
24	Eimer / Kanister - NV	Nichtverpackung: Eimer, Kanister
25	FKN	Getränkkartons
26	PPK Verbunde	Cornflakesbeutel, Backpulvertütchen, Lättabecher
27	Papier Verpackung	Kartons
28	Papier Druckerzeugnis	Zeitungen, Zeitschriften
29	sonst. Papier	Zellstoff, Küchentücher
30	NE - NV	Nicht-Alu: Rohre, Armaturen aus Cu, Messing etc.
31	Behälterglas	Getränkeflaschen, Marmeladengläser
32	Elektroaltgeräte / Kabel	Mixer, Toaster, Motoren, Kabel
33	Feinmüll < 50 mm	Siebdurchgang < 40 mm (Glas, Weißblech, Organik)
34	Störstoffe / Verderbnisabfälle	gefüllte Verpackungen
35	Holz	Bauholz
36	Textilien	Kleidung
37	Küchen- / Gartenabfälle	Obst, Gemüse, Strauchschnitt
38	Leder / Gummi	Schuhe, Gürtel
39	Batterien	
40	schwarze MKS	schwarze bzw. sehr dunkle KS-Verpackungen
41	Silikonkartuschen	restentleerte Silikonkartuschen
42	Windeln	
43	EPS	
44	PE-haltiger Rest	gefüllte Verpackungen aus PE
45	PET-haltiger Rest	gefüllte Verpackungen aus PET
46	PP-haltiger Rest	gefüllte Verpackungen aus PP
47	PS-haltiger Rest	gefüllte Verpackungen aus PS
48	formstabile KS-NV	formstabile KS-Nichtverpackungen, die nicht zu einer Kst-Art zuzuordnen sind
49	Steine	

2.5 Untersuchung Verwertungseigenschaften

Die Verwertungseigenschaften der separierten Kunststofffraktionen wurden mittels Bestimmung der Mahlgutausbeute anhand von Teilproben im Technikum der RWTH Aachen überprüft.

Dazu wurden die Proben (PP, PE, PS, PET, Folien > 200 mm und Folien < 200 mm) nach Bestimmung ihres Wassergehalts in einer Schneidmühle auf ca. 20 mm zerkleinert. Anschließend wurden die Kunststoffe gewaschen, um eventuelle Anhaftungen zu entfernen und es wurden Inertstoffe abgetrennt. Danach wurde das gewaschene Mahlgut einer statischen Schwimm-Sink-Trennung unterzogen. Schwimm- und Sinkgut wurden getrocknet und verwogen.

Da der Massenanteil an getrocknetem Schwimmgut (PP, PE, Folien) bzw. Sinkgut (PS, PET) bezogen auf die rohfeuchte Probemenge näherungsweise mit der Mahlgutausbeute einer technischen Kunststoffaufbereitung zu Regranulat korrespondiert, lässt sich so eine Aussage über die quantitative Verwertungseigenschaft des jeweiligen Kunststoffs treffen.

3 Versuchsergebnisse

3.1 Bilanzen Voraufbereitung in Rennerod (Vorabsiebung und Wertstoffverteilung)

3.1.1 Massenbilanzen

Bei der Materialaufbereitung in Rennerod können drei Einzelprozesse unterschieden werden:

1. Einzelprozess MBS-Anlage biologische Stabilisierung (Rottebox)
2. Einzelprozess MBS-Anlage mechanischer Teil (Aufbereitung der Fraktion < 50 mm)
3. Einzelprozess mobile Absiebung (Konfektionierung der Fraktion > 50 mm)

Die ermittelten Massenströme für die genannten Einzelprozesse sind für beide Hauptversuche in Tabelle 3.1 dargestellt. Die Darstellung erfolgt sowohl für die absolut verarbeiteten Tonnagen als auch für die einwohnerspezifische Entsprechung (kg/E*a). Die im 1. Hauptversuch eingesetzte Menge entsprach für das Jahr 2003 dem spezifischen jährlichen Abfallaufkommen von 594 Einwohnern im Westerwaldkreis. Im Versuch ZV A.R.T. handelte es sich um das jährliche Aufkommen an Restmüll/LVP von 650 Einwohnern im Untersuchungsjahr.

Tabelle 3.2 zeigt schließlich die Gesamtbilanz für die betrachteten Prozesse.

1. Hauptversuch Westerwaldkreis

Es wurden 117,8 Mg Abfallgemisch verarbeitet. Nach der 1. Fe-Scheidung verblieben 111,6 Mg, die in die Versuchsbox eingetragen wurden. Nach Beendigung der biologischen Trocknung wurden 84 Mg stabilisiertes Material aus der Box ausgetragen. Dies entspricht einem Rotteverlust von 27,7 Mg bzw. 24,8%.

Der aus der Trockenstabilatanlage ausgeschleuste Stoffstrom > 50 mm betrug 40,6 Mg. Genau die Hälfte davon - 20,3 Mg der Fraktion > 80 mm - stand schließlich zur weiteren Sortierung in Trier zur Verfügung. Die übrigen erhaltenen Fraktionen wurden in die MBS Westerwald rückgeführt. Das Mittelkorn (50 – 80/100 mm) wurden zuvor beprobt.

Tabelle 3.1: Massenbilanzen der Einzelprozesse MBS-Anlage „biologische Stabilisierung“ und „mechanische Aufbereitung“ sowie „mobile Vorabsiebung“

Gegenüberstellung der Massenbilanzen 1. und 2. Hauptversuch

EINWOHNER/Versuchsinput		594 Einwohner			650 Einwohner		
Einzelprozess MBS-Anlage biologische Stabilisierung Boxeneintrag / -austrag		1. Hauptversuch Westerwaldkreis			2. Hauptversuch ZV A.R.T.		
Fraktion	Korngröße	Mg	kg/E*a	%	Mg	kg/E*a	%
Gesamteintrag		117,84	198,4	100,0%	137,14	211,0	100,0%
Fe-Mix (Bandabscheider)		6,20	10,4	5,3%	4,90	7,5	3,6%
Eintrag Box		111,64	187,9	94,7%	132,24	203,5	96,4%
Austrag Box		83,96	141,3	71,3%	105,59	162,4	77,0%
Rotteverlust		27,68	46,6	24,8%	26,65	41,0	20,2%

Einzelprozess MBS-Anlage mechanische Aufbereitung

Fraktion	Korngröße	Mg	kg/E*a	%	Mg	kg/E*a	%
Austrag Box 0 MBS		83,96	141,3	100,0%	105,59	162,4	100,0%
Siebfraktion	> 50mm	40,58	68,3	48,3%	54,23	83,4	51,4%
Trockenstabilat Feinfraktion	< 50 mm	26,10	43,9	31,1%	26,86	41,3	25,4%
Schwertgut		15,90	26,8	18,9%	22,70	34,9	21,5%
NE		0,04	0,1	0,0%	0,10	0,2	0,1%
Fe-Fein		0,08	0,1	0,1%	0,12	0,2	0,1%
Verlust		1,26	2,1	1,5%	1,58	2,4	1,5%

Einzelprozess mobile Absiebung

Fraktion	Korngröße	Mg	kg/E*a	%	Mg	kg/E*a	%
Austrag MBS Rennerod	> 50 mm	40,58	68,3	100,0%	54,23	83,4	100,0%
- davon nicht verarbeiteter Rest	> 50 mm	0,92	1,5	2,3%	0,70	1,1	1,3%
- davon Input Siebung	> 50 mm	39,55	66,6	97,5%	52,60	80,9	97,0%
Siebdurchlauf Sternsieb	< 10 mm	1,52	2,6	3,7%	3,16	4,9	5,8%
Siebdurchlauf Scheibensieb	50 - 80 mm	17,70	29,8	43,6%	19,48	30,0	35,9%
Siebüberlauf Scheibensieb	> 80 mm	20,33	34,2	50,1%	29,96	46,1	55,2%
Gesamtbilanz Outputstoffströme		40,47	68,1	99,7%	53,30	82,0	98,3%
Verlust		0,11	0,2	0,3%	0,93	1,4	1,7%

Aus der in der MBS-Anlage verbliebenen Feinfraktion < 50 mm, die die trockenmechanische Aufbereitung durchlief, wurden 26,1 Mg Trockenstabilat separiert und beprobt. Bezogen auf den Gesamtinput waren dies 22,1% (Tabelle 3.2), was weniger als die Hälfte der normalerweise im Prozess generierten Trockenstabilatmenge (ca. 50%) ausmacht.

2. Hauptversuch ZV A.R.T.

Mit 137,1 Mg wurden 16,3% mehr Material als im 1. Hauptversuch verarbeitet, was zur weitgehenden Ausschöpfung der volumetrischen Aufnahmekapazität der Box führte. Gegenüber dem 1. Hauptversuch fiel das Material aus Trier durch einen deutlich höheren Wassergehalt auf, was infolge der darin enthaltenen feuchten Bioabfallbestandteile zu erwarten war. Im Ergebnis resultierte eine ungenügende Materialtrocknung. Die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Analysen zeigen dies auf (Kapitel 3.5). Mit 26,6 Mg wurde zwar ein ähnlich großer Rottverlust erreicht, prozentual macht er jedoch lediglich 20,2% des Gesamtinputs aus.

Aufgrund der größeren Feuchte des stabilisierten Materials kam es im nachfolgenden Aufbereitungs-, Absiebungs- und Sortierprozess zu Störungen an einzelnen Aggregaten. Insgesamt waren diese jedoch weniger gravierend als zunächst angenommen.

Nach Abschluss der Siebungen lagen 30 Mg als Siebfraktion > 80 mm vor, was trotz einer höheren Feuchte und damit des spezifischen Gewichts auf eine deutlich effizientere Abtrennung hindeutet. Gegenüber dem 1. Hauptversuch entspricht dies einer massenbezogenen Steigerung von 47,3%.

Dem entsprechend fällt die Stoffbilanz für die mechanischen Aufbereitung der MBS-Anlage aus, bei der mit 26,9 Mg gegenüber dem 1. Hauptversuch eine nahezu unveränderte Trockenstabilatmenge < 50 mm festgestellt wurde. Prozentual macht dies 19,6% aus (Tabelle 3.2), im 1. Versuch waren es noch 22,1% des Gesamtinputs. Auch hierin zeigt sich die verbesserte Ausschleusung der wertstoffhaltigen Fraktionen aus dem Stabilisierungsprozess.

Tabelle 3.2: Gesamtbilanz: Trockenstabilisierung und Vorabsiebung in Rennerod

Gesamtbilanzen 1. und 2. Hauptversuch

Fraktion	Korngröße	1. Hauptversuch Westerwaldkreis		2. Hauptversuch ZV A.R.T.		
		kg/E*a	%	kg/E*a	%	
MBS-Anlage	Rotteverlust (H ₂ O/CO ₂)	46,6	23,5%	41,0	19,4%	
	Trockenstabilat Feinfraktion	< 50 mm	43,9	22,1%	41,3	19,6%
	Fe-Metalle	< 200 mm	10,6	5,3%	7,7	3,7%
	NE	< 50 mm	0,1	0,0%	0,2	0,1%
	Schwergut	< 50 mm	26,8	13,5%	34,9	16,6%
mobile Absiebung	Siebdurchlauf Sternsieb (Rückführung in MBS-Anlage)	< 10 mm	2,6	1,3%	4,9	2,3%
	Siebdurchlauf Scheibensieb (Rückführung in MBS-Anlage)	50 - 80 mm	29,8	15,0%	30,0	14,2%
	Siebüberlauf Scheibensieb (Transport zur A,R.T., Trier)	> 80 mm	34,2	17,3%	46,1	21,8%
Verlust/Abgang			3,9	1,9%	4,9	2,3%
Gesamteintrag			198,4	100,0%	211,0	100,0%

3.1.2 Ergebnisse der Sortieranalysen (Wertstoffverteilung)

Im Anschluss an die Siebungen wurden die Wertstoffgehalte in der Siebfraction 50 - 80/ 100 mm sortieranalytisch bestimmt. Da sie für die Sortierung in Trier nicht zur Verfügung standen wurden sie im konkreten Versuch als Materialverluste definiert. Sie sind in Abbildung 3.1 dargestellt. Die Gesamtergebnisse der Sortieranalysen der Siebfraction 50 - 80/ 100 mm sowie ergänzend des Trockenstabilats < 50 mm in Rennerod zeigt Tabelle 3.3.

Lässt man die Metalle aus der Betrachtung heraus, diese werden nach Rückführung in die Trockenstabilatanlage detektiert, betragen die Verluste im 1. Hauptversuch zwischen 35,8% und 62,9%. Insbesondere hohe und vor dem Hintergrund der VerpackV quotenrelevante Verluste liegen im Bereich der Hartkunststoffe vor. Bei den FKN fallen die Verluste auffällig gering aus. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass gerade FKN-Bestandteile nach Zerkleinerung, Trockenstabilisierung und mehrfacher Siebung nur noch bedingt als solche zu

erkennen waren und somit in der Mittelkornfraktion nicht vollständig als solche erkannt werden. Die hier ermittelten Verlustraten liegen wahrscheinlich deutlich höher, als die Ergebnisse zeigen.

Im 2. Hauptversuch war, wie zuvor bereits beschrieben, nach Modifikation des Siebanlagenbetriebs eine deutliche Verringerung der Verlustraten festzustellen (Abbildung 3.1).

Die ermittelten Verluste sind in den GiG-Szenarienbilanzen berücksichtigt. Dabei wird unterstellt, dass durch technische Optimierung (Aggregatauswahl) und die materialspezifische Justierung der Aufbereitungs- und Sortiereinrichtungen bei der GiG-Sortierung wesentlich geringere Verluste erwartet werden können. Dies betrifft insbesondere eine abweichende Auslegung der Siebtechnik.

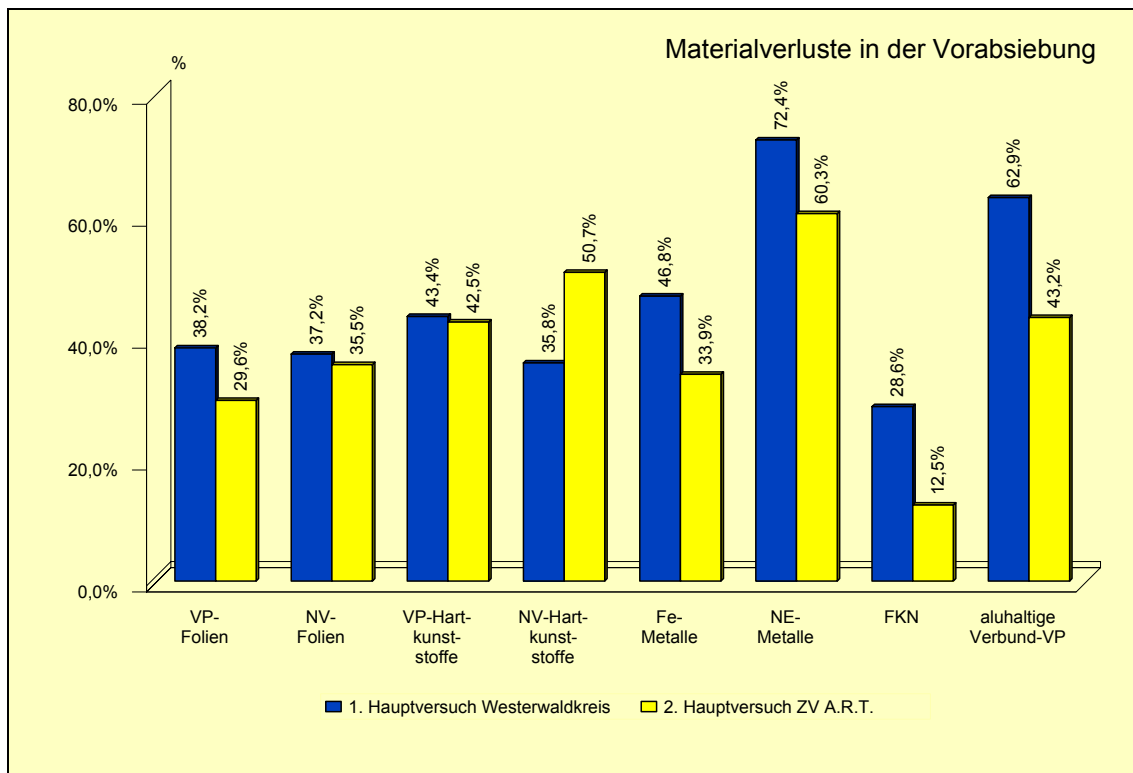


Abbildung 3.1: Materialverluste in der Fraktion 50 - 80/100 mm in der Vorabsiebung

Tabelle 3.3: Massenbilanzen der Sortierung der Siebfraction 50 - 80/100 mm und des Trockenstabilats < 50 mm in Rennerod

Ergebnisse der Sortieranalysen

Siebfraction Scheibensieb 50 - 80/100 mm	1. Hauptversuch Westerwaldkreis		2. Hauptversuch ZV A.R.T.	
	Gew.-%	kg/E*a	Gew.-%	kg/E*a
Sortierfraction				
Verpackungsfolien	2,7	0,80	3,7	1,10
sonstige Folien	5,1	1,52	6,3	1,87
Verpackungshartkunststoffe	7,3	2,16	8,1	2,43
stoffgleiche Hartkunststoffe	4,6	1,38	4,8	1,43
Flüssigkeitskartons	1,8	0,53	1,0	0,30
Eisenmetalle	1,1	0,32	1,5	0,46
NE-Metalle	2,7	0,79	1,8	0,53
aluhaltige Verbundverpackungen	1,5	0,43	1,2	0,37
restliche Abfälle	71,4	21,28	67,1	20,10
Feinbestandteile < 8 mm	1,9	0,57	4,6	1,38
Summe	100,0	29,80	100,0	29,97

Trockenstabilat Feinfraktion < 50 mm

Sortierfraction	Gew.-%	kg/E*a	Gew.-%	kg/E*a
Folien	3,1	1,36	3,5	1,43
Hartkunststoffe	4,4	1,93	3,3	1,37
Verbundverpackungen	0,8	0,34	0,5	0,20
Metalle	0,5	0,23	0,6	0,26
restliche Abfälle	67,7	29,75	48,3	19,97
Feinbestandteile < 8 mm	23,5	10,33	43,8	18,09
Summe	100,0	43,94	100,0	41,32

3.2 Bilanzen Sortierung

Im Anschluss an die Trockenstabilisierung und Vorkonditionierung des Materials in der Trockenstabilatanlage in Rennerod erfolgte die Sortierung des Mischstabilats > 80 mm in der LVP-Sortieranlage A.R.T. in Trier.

Der 1. Hauptversuch - die Sortierung des Mischstabilats aus dem Westerwaldkreis - fand am 20. September 2004 statt. Die Anlage wurde dazu gereinigt, um eine korrekte Bilanzierung des Versuchs zu gewährleisten und es wurden die vorher abgestimmten Veränderungen in der Einstellung der Anlage bzw. verschiedener Aggregate vorgenommen. Der Versuch startete um ca. 14.30 Uhr und wurde nach der Durchführung der Durchgänge 1 und 2 um ca. 22.30 Uhr beendet. Durchgang 3 – die Nachreinigung der Fraktion Folien < 200 mm – wurde in Absprache mit den Beteiligten später als Technikumversuch durchgeführt.

Im ersten Durchgang des Versuchs wurden mit einem Stundendurchsatz von 4,1 Mg/h 20,3 Mg wertstoffangereichertes Mischstabilat verarbeitet. Dieser erste Teil des Versuchs diente hauptsächlich der Erzeugung eines Vorprodukts – einem Gemisch aus Kunststoffen und Getränkekartons – sowie der Produktion der Folien-Fraktionen und eines positiv sortierten EBS-Produkts. Anschließend wurden im Durchgang 2 aus den 2,17 Mg Kunststoff-Getränkekarton-Gemisch die Kunststoffarten PP, PE, PS und PET sowie die Getränkekartons separiert. Um eine technisch günstigere Aufgabesituation abzubilden, erfolgte der Durchgang 3 des Versuchs nicht in der Anlage A.R.T., sondern es wurde statt dessen eine Teilprobe der Folien < 200 mm ins Technikum der Fa. Stadler verbracht. Dort wurden die Folien < 200 mm unter Begleitung der Fa. TiTech Visionsort am 07. Oktober 2004 mittels NIR-Trennung nachgereinigt und anschließend einer manuellen Analyse unterzogen.

Der 2. Hauptversuch – die Sortierung des Mischstabilats aus dem Erfassungsgebiet Trier – fand am 18. Oktober 2004 von ca. 11.00 Uhr bis 20.00 Uhr statt. Mit einem Stundendurchsatz von 5,0 Mg/h wurden im ersten Durchgang 25,6 Mg Mischstabilat verarbeitet und 2,1 Mg Kunststoff-Getränkekarton-Gemisch erzeugt. Anschließend wurden wiederum im 2. Durchgang die Kunststoffarten PP, PE, PS und PET sowie die Getränkekartons aus dem Vorprodukt separiert. Der Durchgang 3 fand begleitet durch die Fa. TiTech Visionsort im Technikum der Fa. Zehner in Heilbronn statt.

Der höhere Stundendurchsatz während der Sortierung des Mischstabilats im 2. Hauptversuch war bedingt durch den deutlich höheren Wassergehalt des Materials im Vergleich zu dem des 1. Hauptversuchs. Infolge dieses hohen Wassergehalts kam es im 2. Hauptversuch

wiederholt zu Verstopfungen des Mittelkorn-Windsichters sowie Störungen des NIR-Trenners für EBS. In Tabelle 3.4 sind die Massenbilanzen der beiden Versuche dargestellt.

Tabelle 3.4: Massenbilanzen der Sortierung des Mischstabilats in Trier

Fraktionen	Hauptversuch 1 Westerwaldkreis		Hauptversuch 2 Trier	
	FE-Metall	1,0%	0,4 kg/E•a	1,9%
Aluminium	1,7%	0,6 kg/E•a	2,1%	1,0 kg/E•a
Folien >200	1,8%	0,6 kg/E•a	4,1%	1,9 kg/E•a
Folien < 200	3,6%	1,2 kg/E•a	4,7%	2,2 kg/E•a
EBS	15,1%	5,2 kg/E•a	6,5%	3,0 kg/E•a
Rest mittel	56,0%	19,3 kg/E•a	55,8%	25,7 kg/E•a
Rest grob	3,9%	1,3 kg/E•a	3,7%	1,7 kg/E•a
Rest fein	8,3%	2,9 kg/E•a	14,3%	6,6 kg/E•a
FKN	2,3%	0,8 kg/E•a	2,3%	1,1 kg/E•a
PE	1,2%	0,4 kg/E•a	0,9%	0,4 kg/E•a
PP	1,6%	0,5 kg/E•a	1,2%	0,6 kg/E•a
PS	0,2%	0,1 kg/E•a	0,2%	0,1 kg/E•a
PET	0,9%	0,3 kg/E•a	0,5%	0,2 kg/E•a
Abgang Modul	2,4%	0,8 kg/E•a	1,9%	0,9 kg/E•a
Summe:	100,0%	34,5 kg/E•a	100,0%	46,1 kg/E•a

Im ersten und zweiten Hauptversuch wurden in der Sortieranlage in Trier ähnliche Mengen an formstabilen Kunststoffen (PE, PP, PS, PET) aussortiert. Die Produktionsmengen von FKN und Folien konnten dagegen im zweiten Versuch im Vergleich zum ersten Versuch gesteigert werden (vgl. Tabelle 3.4 und Abbildung 3.2).

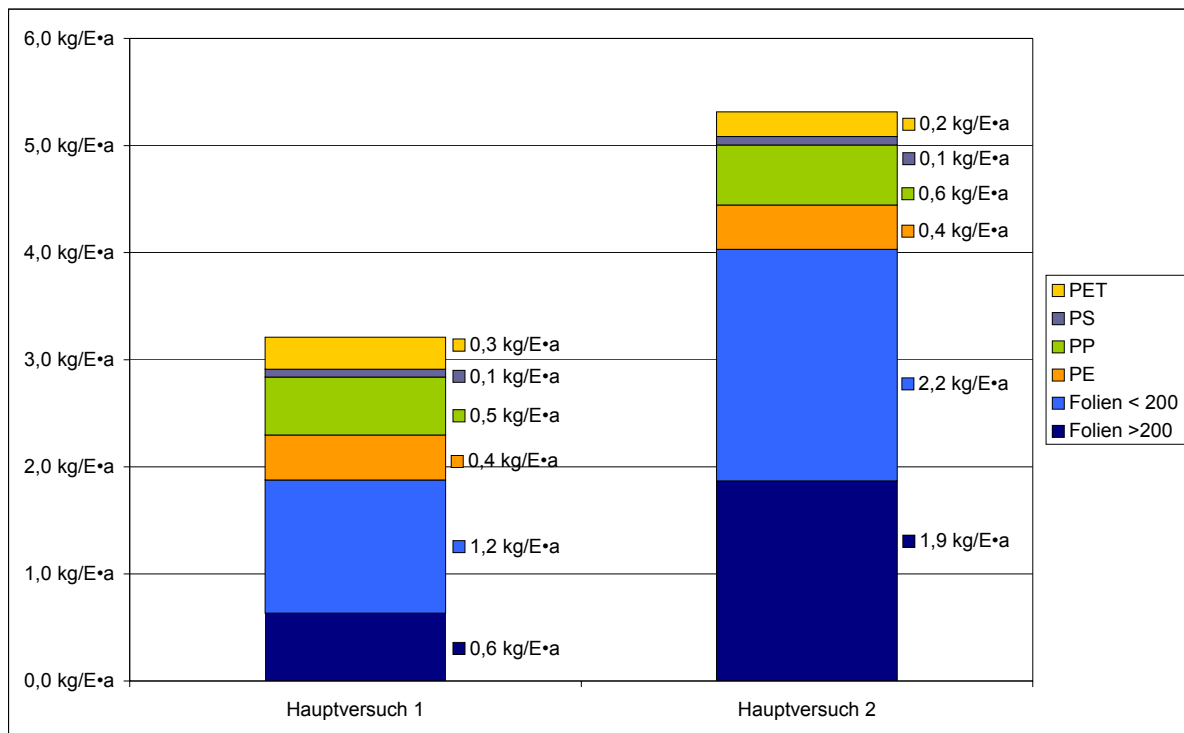


Abbildung 3.2: Darstellung der produzierten Kunststoffmengen beider Hauptversuche

3.3 Ergebnisse Sortieranalysen

Durch die Sortieranalyse sämtlicher anfallender Produkte der Sortierung des Mischstabilats lassen sich Aussagen über das Ausbringen der Aggregate sowie die Reinheit der Produkte treffen. Die Werte für das Ausbringen der NIR-Trenner fielen mit Werten zwischen 32% und 57% niedriger aus als erwartet (Tabelle 3.5). Bei der Sortierung von LVP mittels NIR-Trennung wird im Durchschnitt mindestens ein Ausbringen von 70% erreicht. Die Fa. TiTech Visionsort vermutet, dass die Parametrierung der Trenner an den höheren Verschmutzungsgrad der Verpackungen aus dem Hausmüll-LVP-Gemisch angepasst werden muss bzw. der hohe Wassergehalt der zweiten Versuchscharge die Trennung negativ beeinflusst hat. Zumindest für die Flüssigkeitskartons wurde diese Begründung durch Nachuntersuchungen im Technikum der Fa. TiTech Visionsort belegt.

Tabelle 3.5: Gegenüberstellung des Ausbringens der NIR-Trenner aus Versuch 1 und 2

	Hauptversuch 1	Hauptversuch 2
FKN	53%	43%
PE - VP	57%	57%
PP - VP	42%	32%
PS - VP	41%	42%
PET-Flaschen	43%	43%

Die durch die Analyse ermittelten Reinheiten der Produkte entsprechen den zzt. gültigen DSD-Spezifikationen von Produkten aus der LVP-Sortierung. Alle relevanten Kunststoffprodukte wiesen eine Reinheit von über 90% auf (Tabellen 3.6 und 3.7). Allein die Fraktion PET bildet eine Ausnahme, da die Spezifikation nur PET-Flaschen (und keine Schalen u.Ä.) umfasst. Die anderen Verpackungen aus PET müssten für die Erfüllung der Produktspezifikation manuell entfernt werden, worauf im Versuch verzichtet wurde.

Bei der Fraktion Flüssigkeitskartons wird die Unterschreitung im 2. Hauptversuch ausschließlich auf die spezifischen Inputbedingungen zurückgeführt, d.h. die zu hohe Restfeuchte nach der Trockenstabilisierung.

Tabelle 3.6: Reinheiten, Hauptversuch 1

Stoffgruppen	Folien > 200 mm	Folien < 200 mm	FKN	PE*	PP	PS	PET
Folien < DIN A4 - VP	9,7%	17,7%	0,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%
Folien < DIN A4 - NV	2,4%	49,7%	0,5%	2,6%	1,1%	1,7%	1,0%
Folien > DIN A4 - VP	29,7%	13,2%		1,6%	0,3%	0,1%	0,0%
Folien > DIN A4 - NV	42,4%	11,2%		4,7%	0,6%	0,6%	0,1%
PE - VP (Fl., sonst.VP, PE-halt.Verb.)			0,0%	75,0%		0,2%	0,2%
PE - NV				6,0%			
PP - VP (Fl., sonst.VP, PP-halt.Verb.)	0,6%	0,4%	0,6%	0,5%	76,8%	0,6%	0,0%
PP - NV					11,7%		0,1%
PS - VP (PS-VP, PS-halt.Verb.)	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%	0,2%	87,6%	0,1%
PS - NV						6,3%	
PET (Flaschen transp.)			0,1%	0,1%	0,1%		69,2%
PET (PET-VP) (PET-halt.Verb.)							26,8%
sonst. PET - (NV)							1,2%
(PVC - VP)	0,1%						
(PVC - NV)				0,3%		0,1%	0,0%
sonst. MKS - VP	0,1%	1,9%	0,1%	1,9%	0,2%	0,5%	0,2%
sonst. MKS - NV	1,4%	0,3%	0,1%	0,1%		0,0%	
Eimer / Kanister - VP				5,2%	8,0%		
Eimer / Kanister - NV							
FKN			92,1%	0,0%			0,0%
Silikonkartuschen				1,0%			
Summe Artikel gem. Spezifikation	84,3%	91,8%	92,1%	96,3%	96,5%	93,9%	69,2%
*) PE - inkl. 9,1 % Folien!							

Tabelle 3.7: Reinheiten, Hauptversuch 2

Stoffgruppen	Folien > 200 mm	Folien < 200 mm	FKN	PE	PP	PS	PET
Folien < DIN A4 - VP	1,46%	24,82%	0,32%	0,23%	0,33%	0,36%	0,01%
Folien < DIN A4 - NV	10,76%	37,80%	0,52%	0,22%	0,25%	0,05%	0,02%
Folien > DIN A4 - VP	32,30%	18,73%	0,04%	0,25%			
Folien > DIN A4 - NV	47,65%	9,55%	0,13%				
PE - VP (Fl., sonst.VP, PE-halt.Verb.)		1,11%	0,91%	79,48%		0,08%	
PE - NV				4,91%			
PP - VP (Fl., sonst.VP, PP-halt.Verb.)	0,34%	0,09%	2,83%	0,55%	79,13%	0,48%	0,27%
PP - NV					8,41%		
PS - VP (PS-VP, PS-halt.Verb.)	0,01%	0,05%	0,39%	0,07%	0,03%	90,02%	0,05%
PS - NV						7,37%	
PET (Flaschen transp.)			0,87%	0,38%	0,24%		86,62%
PET (PET-VP) (PET-halt.Verb.)			0,10%				11,72%
sonst. PET - (NV)							0,18%
(PVC - VP)	0,15%						
(PVC - NV)	1,07%		0,10%	0,09%	0,08%		
sonst. MKS - VP	0,58%	2,42%	0,24%	0,08%	0,09%		0,07%
sonst. MKS - NV		0,18%			0,16%		
Eimer / Kanister - VP	0,22%			9,28%	10,65%	0,36%	
Eimer / Kanister - NV				0,22%	0,12%		
FKN		0,03%	85,16%		0,07%	0,13%	
Silikonkartuschen				2,18%			
Summe Artikel gem. Spezifikation	92,17%	94,42%	85,16%	96,87%	98,31%	97,39%	86,62%

3.4 Ergebnisse Verwertungsversuche

Die Mahlgutausbeuten wurden im Technikum der RWTH Aachen ermittelt. Dazu wurden Proben der Kunststoff- und Folienfraktionen zerkleinert, gewaschen und anschließend eine Schwimm-Sink-Trennung durchgeführt.

Im ersten Versuch wurden Mahlgutausbeuten über 90% ermittelt, was auch auf den sehr niedrigen Wassergehalt der Proben (zwischen 0,5% – 1,0%) zurückzuführen ist (Abbildung 3.3).

In den Fraktionen PS und PET fallen im Vergleich zu den anderen Kunststoffen höhere Mengen Fremdkunststoffe auf, welche bei PET aus den PO-Schraubverschlüssen bestehen.

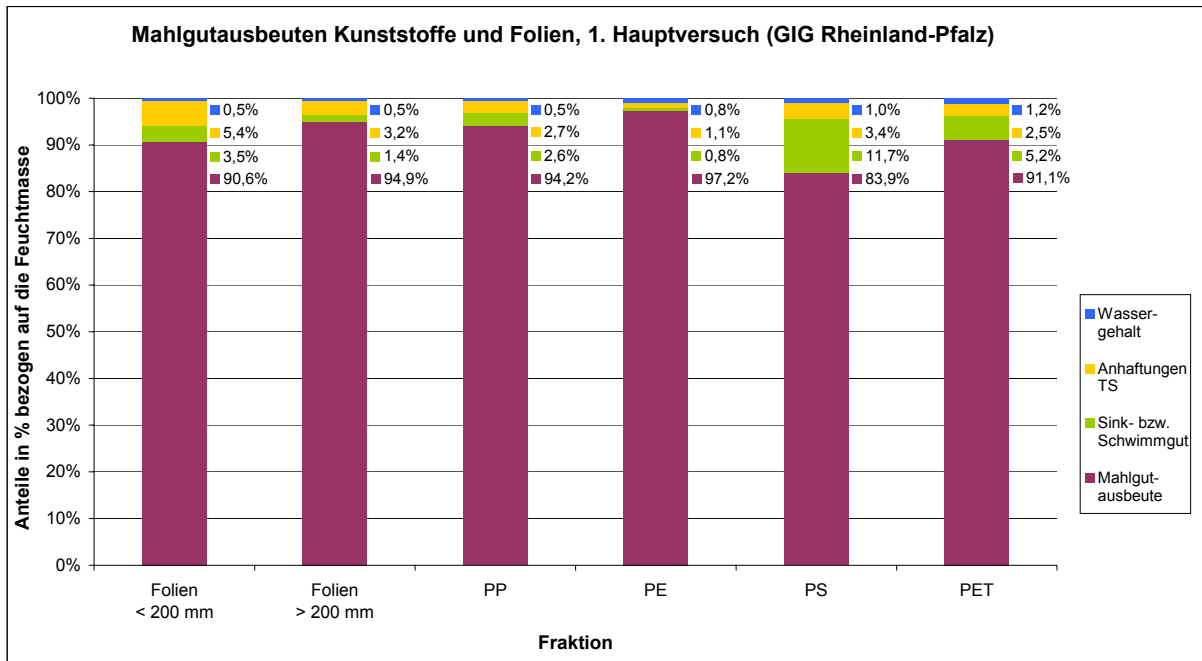


Abbildung 3.3: Mahlgutausbeuten Kunststoffe, 1. Hauptversuch

Im zweiten Hauptversuch waren bedingt durch die Probleme bei der Trockenstabilisierung die Wassergehalte der Kunststoffe deutlich höher als im ersten Hauptversuch. Sie betragen bei den formstabilen Kunststoffen zwischen 2,2% und 6,9% und bei den Folien 11,0% bis 12,2%. Die Mahlgutausbeuten waren daher im 2. Hauptversuch geringer. Sie lagen im Mittel bei 80% (Abbildung 3.4). Diese Werte für Mahlgutausbeute und Wassergehalt entsprechen ungefähr denen von Kunststoffen aus der LVP-Sortierung.

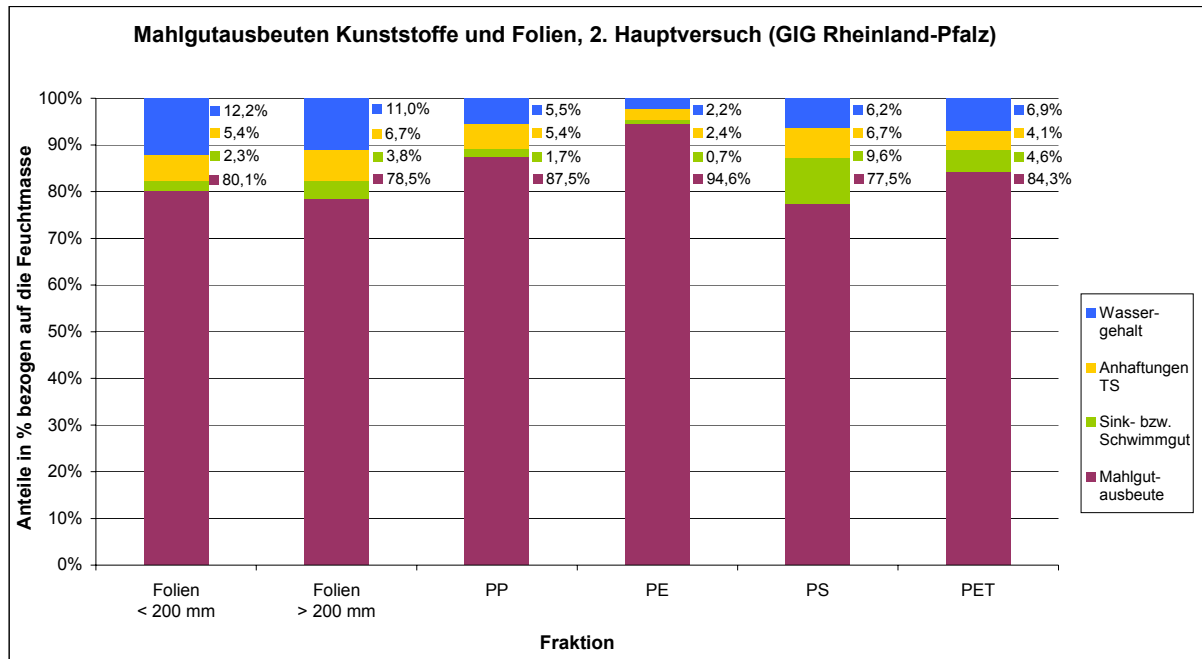


Abbildung 3.4: Mahlгutausbeuten Kunststoffe, 2. Hauptversuch

3.5 Ergebnisse chemisch-physikalische Analysen

Die Untersuchungen der chemisch-physikalischen Materialeigenschaften wurden durch das Institut für Umweltanalytik und Geotechnik UEG GmbH in Wetzlar durchgeführt. Grundlage war die Analyse von jeweils vier Einzelproben je Fraktion und Versuchsdurchgang. Soweit wie möglich werden nachfolgend die Mittelwerte dargestellt. Untersucht wurden Wasser- und Aschegehalt, Glühverlust, Heizwert sowie als chemische Parameter die Gehalte an Chlor, Cadmium und Quecksilber.

Das im F+E-Vorhaben entwickelte Grundkonzept der Aufbereitung und Sortierung beinhaltet die Erzeugung eines Trockenstabilats, dessen qualitative Eigenschaften an dieser Stelle hilfsweise aus den vorliegenden Analyseergebnissen für verschiedene Restfraktionen unterschiedlicher Korngrößen modelliert werden müssen. Sie fallen sowohl in Rennerod als auch bei der A.R.T. in Trier an. Dazu werden die Fraktionsanalysen gemäß dem Massenanteil der Fraktionen gewichtet.

In Tabelle 3.8 sind die Ergebnisse der physikalischen Analysen zusammengestellt. Die Ergebnisse für die Wassergehalte zeigen die unzureichende Materialtrocknung im 2. Hauptversuch auf. Mit fraktionsspezifischen Wassergehalten von bis zu 36,5% und einem modellierten Wassergehalt für Trockenstabilat von 28,3% liegen diese deutlich über dem

modellierten Wert aus dem 1. Hauptversuch (18,3%). Damit korreliert mit 11,7 MJ/kg ein sehr viel geringerer Heizwert gegenüber dem 1. Hauptversuch, in dem noch 16,4 MJ/kg gemessen wurden. Um hier zu aussagekräftigeren Ergebnissen zu gelangen, wurden im Modell weitere Normierungsschritte vorgenommen:

1. Normierung Wassergehalt 2. Hauptversuch

Für den 2. Hauptversuch wurden für die beprobten Fraktionen die jeweiligen im 1. Hauptversuch ermittelten Wassergehalte angesetzt. Aus der Simulation einer optimalen Trocknung in einem technischen Optimierungsszenario resultiert eine Erhöhung des Heizwerts.

2. Normierung Kunststoffanteile in der Siebfraktion 50 - 80/100 mm

Es wurden Materialverluste in der Siebfraktion 50 - 80/100 mm (Hartkunststoffe, Folien etc.) festgestellt, die im Versuch für die Sortierung in Trier nicht zur Verfügung standen. Da in einem technischen Optimierungsszenario deutlich geringere Verlustraten unterstellt werden können, wurden diese jedoch in die abschließenden Szenarienbetrachtungen (vgl. Kapitel 4) einbezogen. Daher ergab sich Bedarf zur Bereinigung der Zusammensetzung der Mittelkorn-Siebfraktion um die genannten hochkalorischen Abfallarten, die vereinfachend vollständig herausgerechnet wurden. Es resultiert in beiden Versuchsdurchläufen eine Reduzierung des Heizwerts.

Tabelle 3.8: Modellierung der zu erwartenden physikalischen Eigenschaften des Trockenstabilats

Fraktion	1. Hauptversuch Westerwaldkreis					2. Hauptversuch ZV A.R.T.				
	Menge Mg	Wasser- gehalt %	Asche- gehalt %	Glüh- verlust % TS	Heizwert Hu MJ/kg	Menge Mg	Wasser- gehalt %	Asche- gehalt %	Glüh- verlust % TS	Heizwert Hu MJ/kg
Trockenstabilat < 50mm MBS Anlage	26,1	21,3	28,1	71,9	12,8	26,9	36,5	24,8	75,0	9,4
Siebfraktion 50-80/100mm mobile Absiebung Rennerod	17,7	14,9	17,4	82,6	18,1	19,5	24,7	19,3	80,7	13,2
Sortierrest 50->200mm A.R.T. Trier ³	12,2	13,1	16,2	83,8	20,9	16,7	19,9	15,8	84,2	12,8
EBS 50-200mm A.R.T. Trier	3,1	12,1	14,3	85,7	19,8	1,9	22,3	14,4	85,6	18,2
Summe	59,1					65,0				
Trockenstabilat modelliert		17,2	21,7	78,2	16,4		28,3	20,5	79,4	11,7
Trockenstabilat modelliert NORMIERT²		17,4	22,0	78,0	15,6		17,2	20,7	79,3	14,0

¹ Mittelwerte aus vier Einzelwerten

² In beiden Versuchen wurde die Fraktion 50-80/100mm normiert durch Herausrechnung von Hartkunststoffen (11,9%) und Folien (7,8%)
 Im 2. Hauptversuch erfolgte zusätzlich eine Normierung auf die im 1. Hauptversuch erhaltenen Wassergehalte

³ Im 2. Hauptversuch Fraktionsgröße 50-200mm

Im Ergebnis resultieren normierte Modellheizwerte von 15,6 MJ/kg bzw. 14,0 MJ/kg (Abbildung 3.5). Sie liegen damit leicht unterhalb der Erfahrungswerte aus der Eigenüberwachung der MBS Westerwald (15,6 MJ/kg).

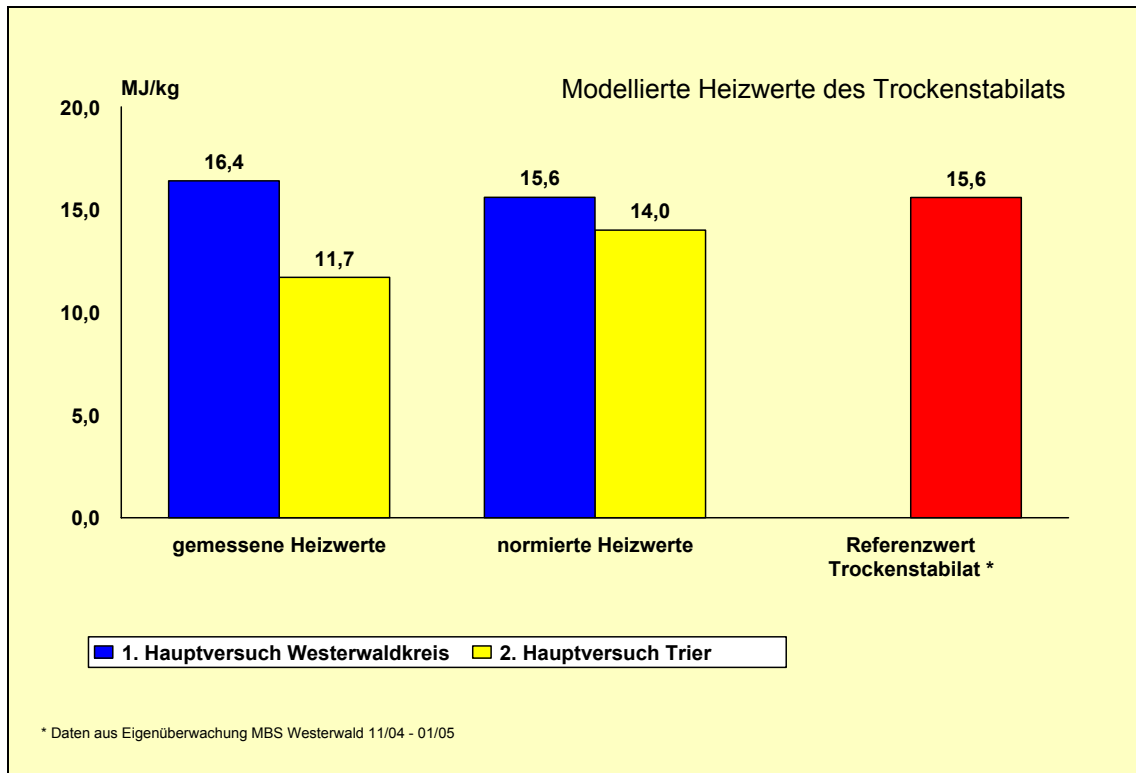


Abbildung 3.5: Ergebnisse der Modellierung der zu erwartenden Trockenstabilat-Heizwerte

Die Cadmium- und Quecksilbergehalte lagen in vielen Fällen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenzen. Infolgedessen wurde auf eine Angabe mittlerer Werte verzichtet. Die Vorgaben der Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V. (RAL GZ-724) wurden nur vereinzelt erreicht bzw. überschritten.

Die Chloranalytik führte insgesamt zu unbefriedigenden und als nicht repräsentativ einzustufenden Ergebnissen. Gerade bei den grobkörnigen Fraktionen mit Korngrößen > 80 mm waren Probenahmeeffekte festzustellen. Einzelereignisse, wie möglicherweise z.B. ein einzelnes Stück PVC in der Probe, ergaben kaum nachvollziehbare Messwerte mit enormen Schwankungsbereichen. Aus diesen Gründen wurde auf eine Mittelwertbildung verzichtet. In Tabelle 3.9 sind somit die einzelnen Messwerte aufgeführt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die im Versuch simulierte Grundkonzeption keine Hinweise für eine substantielle Verschlechterung der Trockenstabilatqualität

lieferte. Für eine endgültige Bewertung ist ein wesentlich umfangreiches Untersuchungsprogramm zwingend notwendig.

Tabelle 3.9: Ergebnisse der chemischen Analysen

	1. Hauptversuch Westerwaldkreis				2. Hauptversuch Trier				Vorgaben BGS e.V.
	Probennummer				Probennummer				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Cadmium	mg/kg TS				mg/kg TS				4 mg/kg TS (RAL GZ-724)
MBS-Fraktion <50mm	0,66	n.n.	k.A.	k.A.	1,00	1,10	0,95	0,98	
Vorabsiebung 50-80mm	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,86	
Sortierreste "Trier" 50-(>)200mm	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	5,00	0,90	n.n.	1,00	
EBS 50-200 mm	0,60	n.n.	2,50	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,60	
Quecksilber	mg/kg TS				mg/kg TS				0,6 mg/kg TS (RAL GZ-724)
MBS-Fraktion <50mm	0,43	n.n.	k.A.	k.A.	0,7	0,9	0,7	0,7	
Vorabsiebung 50-80mm	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,5	n.n.	n.n.	n.n.	
Sortierreste "Trier" 50-(>)200mm	n.n.	n.n.	n.n.	0,41	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	
EBS 50-200 mm	n.n.	0,38	0,44	n.n.	n.n.	0,5	0,3	0,3	
Bestimmungsgrenze Cadmium = 0,5 mg/kg TS / Quecksilber = 0,3 mg/kg TS									
Chlor	%				%				0,57% Eigenüberwachung MBS Westerwald 11/04-01/05
MBS-Fraktion <50mm	0,51	0,50	k.A.	k.A.	0,56	0,52	0,53	0,60	
Vorabsiebung 50-80mm	0,27	0,27	0,26	0,26	0,59	0,47	0,41	0,71	
EBS 50-200 mm	k.A.	k.A.	0,38	0,29	0,61	0,31	0,37	0,73	

n.n. = nicht nachweisbar / Gehalte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze
 k.A. = probenahmebedingt keine Angaben möglich

4 Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der Versuchsergebnisse

4.1 Entwicklung der Szenarienbilanzen

Um mögliche Verhältnisse eines GiG-Szenarios realitätsnah zu bewerten, können die Massenbilanzen aus den Großversuchen nicht 1:1 übernommen werden. Aus diesem Grund wurde für beide Untersuchungsgebiete je eine Szenarienbilanz erstellt, welche die während der Versuche aufgetretenen Defizite in Bezug auf Wertstoffpotenziale, Vorabsiebung und Ausbringen der Sortierstufen ausgleichen soll. Die folgenden – auch in Tabelle 4.1 dargestellten – bilanziellen Veränderungen wurden vorgenommen:

- 1) Die in den zwei Versuchschargen enthaltenen Wertstoffpotenziale - insbesondere die aus dem 1. Hauptversuch - waren z.T. nicht repräsentativ. Deshalb wurden die Potenziale der Fraktionen Folie, PE und PP aus dem 1. Hauptversuch auf die Potenziale des 2. Hauptversuchs angehoben.
- 2) Im ersten Versuch waren ferner durch Defizite in der Vorabsiebung unrepräsentative Wertstoffverluste aufgetreten. Im 2. Hauptversuch dagegen ergaben sich Probleme in der Sortierung, weil infolge zu geringer Trocknung während der Rotte die Feuchte des Mischstabilats zu hoch war. Deshalb wurden für die modellierten Szenarienbilanzen die jeweils höheren Wertstoffpotenziale für beide Versuche angenommen und die Verluste, welche durch die ungeeigneten Siebmaschinen während der Vorabsiebung in Rennerod entstanden waren, durch sicher anzunehmende Werte (Tabelle 4.1) bei Absiebung mittels Trommelsieb ersetzt.
- 3) In der kurzen Versuchslaufzeit der Sortierung des Mischstabilats über die LVP-Sortieranlage konnte z.T. nicht die optimale Maschinenparametrierung für einzelne Trennstufen erfolgen. Die dabei entstandenen Defizite werden durch die z.T. niedrigen Ausbringwerte deutlich. Daher erfolgte eine Anpassung der Ausbringwerte von PP, PE und FKN auf in der konventionellen Wertstoffsartierung leicht einstellbare Mindestwerte von 70% bei den formstabilen Kunststoffen und Flüssigkeitskartons sowie 40% bzw. 50% für die Folienfraktionen.
- 4) Außerdem würden nicht alle im Versuch produzierten Teilströme in einem realisierten GiG-Szenario auch produziert. Es handelt sich hier z.B. um die Kunststoffarten PS und PET, auf deren Sortierung im Verfahrensvorschlag für ein mögliches GiG-Szenario aus wirtschaftlichen Gründen verzichtet wird.

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der

Versuchsergebnisse

Da jedoch die NIR-Geräte für die Sortierung dieser Produkte in der Anlage der A.R.T. in Trier vorhanden sind und um die These zu prüfen, dass diese in zu kleinen, unwirtschaftlichen Mengen anfallen und für die Erfüllung der Quotenmengen für Verpackungsrecycling nicht benötigt werden, wurden diese Kunststoffe im Versuch mit erzeugt. Im GiG-Szenario fließen diese Mengen jedoch ohne vorherige Sortierung in die Trockenstabilat- bzw. Ersatzbrennstoffherzeugung ein, deshalb wurden sie in der modellierten Bilanz dem Produkt EBS angerechnet.

Unter Punkt 4 der Tabelle ebenfalls dargestellt sind die modellierten Werte der Fraktionen, die in der Stabilataufbereitung erzeugt werden, wie z.B. Trockenstabilat, Schwerfraktion und FE-Mix.

Tabelle 4.1: Entwicklung der Szenarienbilanzen aus den Versuchsergebnissen

Fraktion	1. Bereinigung "Potential"			2. Bereinigung "Vorabsiebung"			3. Bereinigung "Ausbringen Sortierstufen"			4. Sonstiges: Hinzurechnung andere Teilströme, Korrekturen, Modellierung Stabilataufbereitung
	von:		auf:	von:		auf:	von:		auf:	
	WW	Trier		WW	Trier		WW	Trier		
Folien > 200 mm	2,5 kg/E*a	5,3 kg/E*a	Potential Trier	62%	70%	81%	41%	50%	50%	
Folien < 200 mm	8,5 kg/E*a	8,4 kg/E*a	Potential Trier	63%	64%	75%	23%	40%	40%	
PE	1,3 kg/E*a	1,3 kg/E*a	Potential Trier	57%	58%	70%	57%	57%	70%	
PP	2,3 kg/E*a	3,1 kg/E*a	Potential Trier	57%	58%	70%	42%	32%	70%	
PS										zu EBS
PET										zu EBS
FKN	1,9 kg/E*a	2,5 kg/E*a	3,4 kg/E*a	71%	88%	92%	53%	43%	70%	
Aluminium*										1,2 / 1,1 kg/E*a
EBS (postiv)							5,2 kg/E*a	3,0 kg/E*a	5,2 kg/E*a	+ PS + PET + Abgang Modul + Rest aus 2. Nachreinigung Folie
Trockenstabilat**										89,7 / 92,4 kg/E*a
Schwerfraktion***										34,7 / 36,9 kg/E*a
Fe-Mix****										12,5 / 12,8 kg/E*a
NE-Fraktion										1,2 / 1,3 kg/E*a

Anmerkungen zum GiG-Szenario
 * = Aluminium : Aluminiummenge aus Referenzszenario LVP + 25% NE-Leicht-Fraktion aus Referenzszenario
 ** = Trockenstabilat : 100% - (Summe LVP-/Produkte + Wasser-/Rotteverlust)
 *** = Schwerfraktion: absolute Menge aus Referenz-Szenario
 **** = Fe-Mix: Menge Referenzszenario LVP + TS

Aus den o.g. Gründen basieren weiter gehende Auswertungen auf bereinigten Massenbilanzen (Tabellen 4.4 und 4.5).

4.2 Abgleich Quotenvorgaben gemäß Verpackungsverordnung mit GiG-Szenarienbilanzen

Insbesondere ist die Frage von Belang, ob die quantitativen Anforderungen der VerpackV im GiG-Szenario erfüllt sind. Eine verbindliche Quantifizierung ist insofern nicht ganz trivial, da Konventionen hinsichtlich der Anerkennung einzelner Sortierfraktionen als Verpackungen fehlen. Für eine nachfolgende Betrachtung wird zunächst unterstellt, dass die Sortierfraktionen der GiG-Szenarien 1:1 als Verpackungsäquivalente von Systemträgern nach § 6 (3) und Landesregierung anerkannt werden. Ferner wird unterstellt, dass insbesondere für Kunststoff- und Verbund-Sortierfraktionen der Verwertungsnachweis auch faktisch geführt werden kann. Nicht relevant sind diese Vorbehalte für die metallischen Fraktionen, da durch die nahezu quantitative Aussortiermöglichkeit auch bei enger Auslegung die Quoten erfüllt werden.

In Tabelle 4.2 wurde für die Verpackungsmaterialien in der Differenzierung nach VerpackV der Abgleich zwischen GiG-Szenario und quantitativen Anforderungen (Stand 2003) vorgenommen. Der Abgleich macht deutlich, dass auch für Kunststoffe die Erfüllung von Verwertungs- und Werkstoffquote im Rahmen einer gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von LVP und Restabfall gemessen an den Mindestmengen für 2003 als gegeben angesehen werden kann.

Komplexer gestaltet sich der Abgleich bei der Verbundquote. Bedingt durch die Verbunddefinition nach VerpackV sind für die „Quotenmenge“ derzeit fünf Sortierfraktionen anteilig zu berücksichtigen, von denen zwei (Mischkunststoff und PPK-Verbunde) im GiG-Szenario nicht produziert werden. Der Soll-Wert in Tabelle 4.2 wurde daher aus der Differenz von „Quotenmenge“ für Verbunde abzüglich Metallverbundanteile auf ca. 2,2 kg/E*a abgeschätzt. Der Abgleich mit dem für das GiG-Szenario ausgewiesenen Wert macht deutlich, dass diese Vorgabe zwar individuell anspruchsvoll aber generell als erfüllbar gelten darf.

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der Versuchsergebnisse

Tabelle 4.2: Gegenüberstellung Quotenvorgabe – GiG-Szenario

Fraktionen	Soll-Verwer- tungs- menge (VerpackV) 2003	GiG-Szenario	LVP-Verwertung MSN 2003
	in kg/E*a	in kg/E*a	in kg/E*a
Folien		4,7	
PE		0,6	
PP		1,5	
PS		-	
PET		-	
MKS		-	
Verwertungsmenge Kunststoffe	4,5	6,8 + x *	7,3
werkstoffliche Verwertung	2,7	6,8	3,9
FKN		2,4	1,9
PPK-Verbunde		-	0,5
Kst-Verbunde		-	0,3
Summe Verbunde (ohne Metallverbunde)	2,2	2,4	2,7
Aluminium / NE-Metalle	0,7	2,4	0,7
Weißblech / Schrott	2,5	12,8	3,9

*= x entspricht dem Anteil der Kunststoffe im EBS-Produkt, energetische Verwertung kann unterstellt werden

4.3 Diskussion der Qualitäten

In Tabelle 4.3 wurden vereinfachte Kennwerte zur Produktcharakterisierung der nicht-metallischen Sortierfraktionen aus den GiG-Versuchen zusammengestellt.

Unmittelbar gegenübergestellt wurden „Reinheit gemäß Sortieranalyse“ den aktuellen DSD-Spezifikationen. Auch wenn die DSD-Spezifikationen für Produkte aus der LVP-Sortierung angesichts der etwas andersartigen Charakteristik von GiG-Produkten nur orientierenden Charakter haben, wird deutlich, mit welcher hoher Selektivität sich auch aus trockenstabilisiertem Abfallgemisch einzelne Sortierfraktionen darstellen lassen, wenn die prozesstechnischen Voraussetzungen erfüllt werden.

Als Index für das quantitative Verhalten der in den GiG-Versuchen erzeugten Produkte dient die ebenfalls in Tabelle 4.3 ausgewiesene jeweils ermittelte Ausbeute gewaschenen und getrennten Kunststoffmahlguts (TS) als Vorstufe der Regranulierung.

Da nicht Gegenstand vorliegender Untersuchungen, ist eine verbindliche Aussage zur qualitativen Äquivalenz der aus GiG-Sortierfraktionen darstellbarer Endprodukte mit solchen aus der getrennten Erfassung nicht zu treffen. Hinsichtlich der Qualität der sortierten

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der

Versuchsergebnisse

Seite 43 von 52

Produkte bleiben insofern offene Fragen bezüglich Verwertbarkeit und Akzeptanz von Kunststoff- und Verbundfraktionen aus GiG.

Ob und inwiefern die andersartige Genese der GiG-Wertstoffe veränderte hygienische oder mechanische Eigenschaften der Recyclate bzw. Fasern bedingt, mit welchem Aufwand diese ggf. technisch kompensiert werden können und ob und inwieweit sich gewisse bestehende Recyclat-Applikationen bzw. eine faktische Verwertung objektiv oder (nur) aus Akzeptanzgründen verschließen, sind die zentralen Fragestellungen für aufbauende Projekte der versuchsweisen praktischen Umsetzung.

Tabelle 4.3: Reinheiten (Kunststoffe, FKN) und Mahlgutausbeuten (Kunststoffe)

Fraktionen	max. erzielte Reinheiten nach Stoffgruppen	Anforderung aktuelle Spezifikation DSD	erzielte Mahlgutausbeuten
LDPE (Folien)	94%	92%	85 - 90%
PE (HD-)	97%	92%	95 - 97%
PP	98%	94%	88 - 94%
FKN	92%	90%	-

4.4 Vergleich GiG-Szenario und Referenzszenario

In Bezug auf die Frage nach technischer Machbarkeit eines GiG-Szenarios unter den Randbedingungen einer Restabfallbehandlung mittels Trockenstabilatverfahren konnte durch die Untersuchungen ein zentraler Teilaspekt verbindlich geklärt werden: Wie sich schon in den Voruntersuchungen abzeichnete, sind die Sortierprozesse bei geeigneter Integration grundsätzlich im Stande, auch aus trockenstabilisiertem Abfall mit vergleichbarer Selektivität wie in der LVP-Sortierung einzelne Sortierfraktionen darzustellen. Das Sortierergebnis ist allerdings abhängig von der Rottesteuerung, insoweit als gewisse Restfeuchten nicht überschritten werden dürfen.

Die auf Grundlage der Versuchsergebnisse ermittelten Bilanzen einer GiG-Sortierung sind im Einzelnen den Tabellen 4.4 und 4.5 zu entnehmen. Vergleichend gegenübergestellt sind die Massenbilanzen der jeweiligen Referenzszenarien. Beim Vergleich ist zu beachten, dass beim GiG-Szenario auf die Produktion von Mischkunststoffen und sonstigen PPK-Verbunden zugunsten der Ersatzbrennstoffverwertung verzichtet wurde.

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der

Versuchsergebnisse

Seite 44 von 52

Im Vergleich von GiG- und Referenzszenarien bleibt übergreifend festzuhalten, dass die potenziell für eine stoffliche Verwertung geeigneten Kunststoff- und Verbundfraktionen qualitativ in etwa vergleichbar sind. Die vergleichsweise deutlich höhere Folienproduktion der GiG-Szenarien resultiert aus einer optimierten Prozessführung in den GiG-Varianten, die sich theoretisch auch bei der LVP-Sortierung zu Lasten der MKS-Fraktion implementieren ließe, derzeit in der LVP-Sortierung jedoch keine Praxis darstellt. Einige Ursachen sind zu benennen, warum sich beim quantitativen Szenarienvergleich, anders als bei andernorts veröffentlichten Ergebnissen, kein so deutliches Plus zugunsten der GiG-Variante ergibt:

1. Mit 1. Priorität ist anzuführen, dass das Referenzszenario eine mechanische Restabfallbehandlung beinhaltet, bei der bereits stofflich verwertbare Anteile in Form der metallischen Produkte aussortiert werden, so dass der Szenarienvergleich bei dieser Fraktion in etwa neutral ausfällt.
2. Es ist bekannt bzw. darf anhand der Strukturdaten unterstellt werden, dass die getrennte LVP-Erfassung in beiden Entsorgungsgebieten vergleichsweise gute Ergebnisse liefert und der Restabfall entsprechend niedrige LVP-Anteile enthält. Beim GiG-Szenario steht folglich kein so großes zusätzliches Wertstoffpotenzial zur Verfügung, so dass ein deutlicher Zuwachs gegenüber einer getrennten Erfassung und Sortierung realisiert werden kann.
3. Anders als bei Versuchen zur Rohmüllsortierung gehen die aussortierten Fraktionen infolge der Trockenstabilisierung nicht mit vergleichsweise hohen Rohfeuchten in die Bilanz ein.

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der

Versuchsergebnisse

Tabelle 4.4: Bilanzen Referenzszenario und GiG-Szenario Westerwaldkreis

Modellbilanz Westerwaldkreis					
Fraktionen	Referenzszenario			GiG-Szenario	
	LVP-Prod.	TS-Produkte		kg/E*a	%
	kg/E*a	kg/E*a	%		
Input	25,0	173,40	100,00	198,4	100,0
Input/Output	25,0	173,40	100,00	198,4	100,0
Folien / * LDPE	1,9	-		4,7*	2,3
PE	0,7	-		0,6	0,3
PP	0,9	-		1,5	0,8
PS	0,3	-		-	
PET	1,0	-		-	
Zwischensumme Kst	4,7			6,8	3,4
MKS	5,5	-		-	
Zwischensumme Kst mit MKS	10,3			6,8	3,4
FKN	2,6	-		2,4	1,2
Aluminium*	0,8	-		1,2	0,6
Weißblech	3,8	-		-	
PPK-Verbunde	1,2	-		-	
Sortierrest	6,3	-		-	
EBS (positiv)	-	-		8,3	4,2
Trockenstabilat**	-	88,6	51,1	89,7	45,2
Schwerfraktion***	-	34,7	20,0	34,7	17,5
Fe-Mix****	-	8,7	5,0	12,5	6,3
NE-Fraktion	-	1,6	0,9	1,2	0,6
Wasser-/Rotteverluste	-	39,9	23,0	41,7	21,0

Anmerkungen zum GiG-Szenario

* = Aluminium : Aluminiummenge aus Referenzszenario LVP + 25% NE-Leicht-Fraktion aus Referenzszenario

** = Trockenstabilat : 100% - (Summe LVP-/Produkte + Wasser-/Rotteverlust)

*** = Schwerfraktion: absolute Menge aus Referenz-Szenario

**** = Fe-Mix: Menge Referenzszenario LVP + TS

4. Technische und abfallwirtschaftliche Bewertung der
 Versuchsergebnisse

Tabelle 4.5: Bilanzen Referenzszenario und GiG-Szenario Trier

Modellbilanz Trier					
Fraktionen	Referenzszenario			GiG-Szenario	
	LVP-Prod.	TS-Produkte		kg/E*a	%
	kg/E*a	kg/E*a	%		
Input	22,0	189,00	100,00	211,0	100,0
Input/Output	22,0	189,00	100,00	211,0	100,0
Folien / *LDPE	1,7	-		4,7*	2,2
PE	0,6	-		0,6	0,3
PP	0,8	-		1,5	0,7
PS	0,3	-		-	
PET	0,8	-		-	
Zwischensumme Kst	4,2			6,8	3,2
MKS	4,8	-		-	
Zwischensumme Kst mit MKS	9,0			6,8	3,2
FKN	2,3	-		2,4	1,1
Aluminium*	0,7	-		1,1	0,5
Weißblech	3,4	-		-	
PPK-Verbunde	1,0	-		-	
Sortierrest	5,6	-		-	
EBS (positiv)	-	-		8,8	4,2
Trockenstabilat**	-	93,7	49,6	92,4	43,8
Schwerfraktion***	-	36,9	19,5	36,9	17,5
Fe-Mix****	-	9,5	5,0	12,8	6,1
NE-Fraktion	-	1,7	0,9	1,3	0,6
Wasser-/Rotteverluste	-	47,3	25,0	48,5	23,0

Anmerkungen zum GiG-Szenario

* = Aluminium : Aluminiummenge aus Referenzszenario LVP + 25% NE-Leicht-Fraktion aus Referenzszenario

** = Trockenstabilat : 100% - (Summe LVP-/Produkte + Wasser-/Rotteverlust)

*** = Schwerfraktion: absolute Menge aus Referenz-Szenario

**** = Fe-Mix: Menge Referenzszenario LVP + TS

5 Ökonomische Bewertung der Versuchsergebnisse

5.1 Grundlagen und Randbedingungen

Die ökonomische Bewertung orientiert sich an der durchschnittlichen Kostenbelastung je Einwohner und Jahr, gemessen in $\text{€}/(\text{E} \cdot \text{a})$.

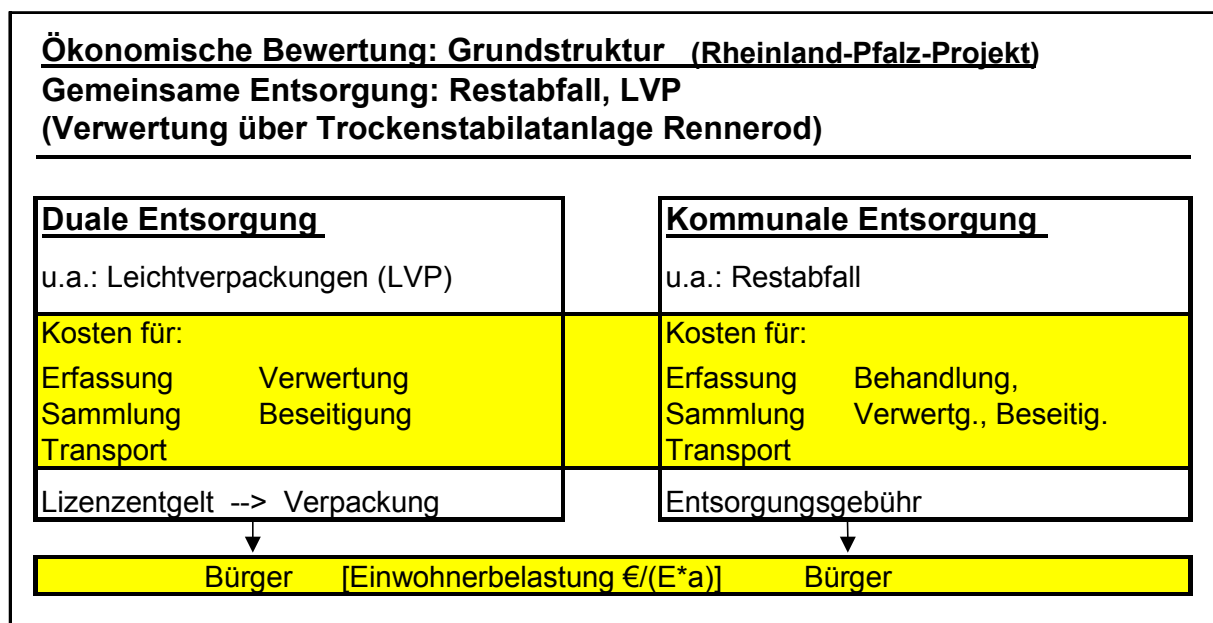


Abbildung 5.1: Ökonomische Bewertung: Grundstruktur

Die Kostenbelastung wird im Status Quo zum einen über Entsorgungsgebühren, zum anderen auch über die Produktpreise (z.B. DSD-Lizenzentgelte) an die Einwohner weitergegeben. Im Vordergrund der Analyse steht die Kostenbelastung. Gebühren- bzw. entgeltpolitische Einflüsse werden hier nicht betrachtet.

Die Kostenbelastung wird für die zwei Entsorgungsgebiete Westerwaldkreis (WW) und das Entsorgungsgebiet des Zweckverbands Abfallwirtschaft im Raum Trier (A.R.T) auf Basis einer Standard-Kostenrechnung ermittelt. Das gilt sowohl für die Kostenbelastung im Status Quo als auch für die Belastung im GiG-Szenario.

Wesentliche Annahmen sind dabei:

- Die Kostenbelastung pro Bürger wird inklusive Mehrwertsteuer errechnet (Endverbraucherperspektive).
- Bestimmte Kostenkomponenten werden standardisiert – ggf. jeweils für ein Entsorgungsgebiet: Das betrifft z.B. Betriebsstoffpreise, Nutzungsdauern, Anschaffungsausgaben, Kalkulationszinssätze, Gemeinkostenzuschläge für Instandhaltung oder Verwaltung, Lohnsätze, Ausfallquoten. Berücksichtigt werden dabei die steuerlichen und tariflichen Spezifika für kommunale bzw. privatwirtschaftliche Betriebe.
- Analog werden Standard-Wertstoff Erlöse bzw. Entsorgungsentgelte für die diversen Outputströme unterstellt, die im Rahmen der technischen Analysen ermittelt wurden.
- Die grundlegenden (kommunalpolitischen) Entscheidungen zur Entsorgungsstruktur in den Entsorgungsgebieten bleiben bestehen (z.B. getrennte Bioabfall erfassung).
- Durch Übergang auf ein GiG-Szenario sind Veränderungen in der Logistik erforderlich, die von den beteiligten öRE jeweils unter Berücksichtigung der regionalen Verhältnisse geplant wurden. Weitergehende Effizienzreserven im Status Quo und/oder GiG-Szenario sind nicht Gegenstand der Untersuchung.
- Abfallbehandlung: Für den Status Quo wird von einer Restabfallbehandlung in einer MBS-Anlage (Rennerod bzw. geplante Anlage, Trier) ausgegangen; und von einer LVP-Behandlung entsprechend der A.R.T.-Sortieranlage. Für das GiG-Szenario wird die MBS-Anlage in Rennerod bzw. Trier (geplant) betrachtet – jeweils erweitert um die erforderliche LVP-Ausschleusung und -Sortierung.
- Zunächst wird ein Standard-GiG-Szenario definiert auf Basis der Kosten- und Mengenangaben aus den untersuchten Entsorgungsgebieten (Angaben der beteiligten öRE). Dabei wurden die im Praxisversuch erhaltenen Ergebnisse zu den Mengenszenarien zugrunde gelegt und im Hinblick auf die gegenwärtigen Entsorgungsstrukturen und das Abfallmengen aufkommen in den öRE aktualisiert. Für die Abfallbehandlung in den einzelnen Anlagen wird dabei grundsätzlich eine sinnvolle Auslastung dieser Anlagen unterstellt. Außerdem wird zunächst angenommen, dass in den MBS-Anlagen in den Bereichen Annahme und Stabilisierung keine zusätzlichen Investkosten für die Zusatzmengen anfallen (wohl aber zusätzliche variable Kosten).

Die den ökonomischen Betrachtungen zugrunde liegenden Angaben zur den Entsorgungsstrukturen werden nachstehend kurz dargestellt. Dabei wies das ausgeteilte Behältervolumen folgende Schwankungsbreite auf:

Behälter	Min	Max
> Spezifisches Volumen		
Restmüll [l / (E * w)]	11	23
GiG [l / (E * w)]	21	33

Im Bereich Sammlung und Transport wurde nach Standardisierung mit folgenden Verrechnungssätzen für die Serviceeinheit (Fahrzeug inkl. Personal; ggf. incl. Vollservice) gerechnet:

Sammlung und Transport	Min	Max
> Verrechnungssatz Serviceeinheit*		
Restmüll / GiG [EUR / h]	114,14	123,58
LVP [EUR / h]	98,14	98,50

* Fahrzeug incl. Personal; ggf. incl. Vollservice

Die Standardisierung lieferte für die Behälter folgende Verrechnungssätze:

Behälter	Min	Max
> Verrechnungssatz Behälter*		
Restmüll [EUR / Beh]	6,26	6,29
GiG [EUR / Beh]	6,99	7,50

Unterschiede zwischen Status Quo (Restmüll) und GiG-Szenario ergeben sich aus der unterschiedlichen Behälterstruktur.

Auf zusätzliche Detaildaten der beiden Gebietskörperschaften soll hier aus Gründen der Vertraulichkeit nicht weiter eingegangen werden. Aus diesem Grund wurden teilweise auch nur Bandbreiten aufgezeigt, ohne dass diese einer bestimmten Gebietskörperschaft zugeordnet werden.

Für die Anlagen wurden im Zuge der Standardisierung folgende Verrechnungssätze ermittelt:

	Westerwald			Trier		
	Status Quo		Modell	Status Quo		Modell
	RM	LVP	GiG	RM	LVP	GiG
Behandlung + Verwertung						
> Spezifische Kosten [EUR / t]	113	146		100	146	
[EUR / t]	118		115	105		103

Auch hier sollen aus Gründen der Vertraulichkeit keine näheren Angaben erfolgen.

5.2 Ergebnisdarstellung

In der folgenden Abbildung sind die ökonomischen Konsequenzen – Einwohnerbelastung im Status Quo bzw. GiG-Standard-Szenario – für die untersuchten Entsorgungsgebiete gegenüber gestellt. Zur grundlegenden Vorgehensweise vgl. auch: [5], [6], [7], [8].

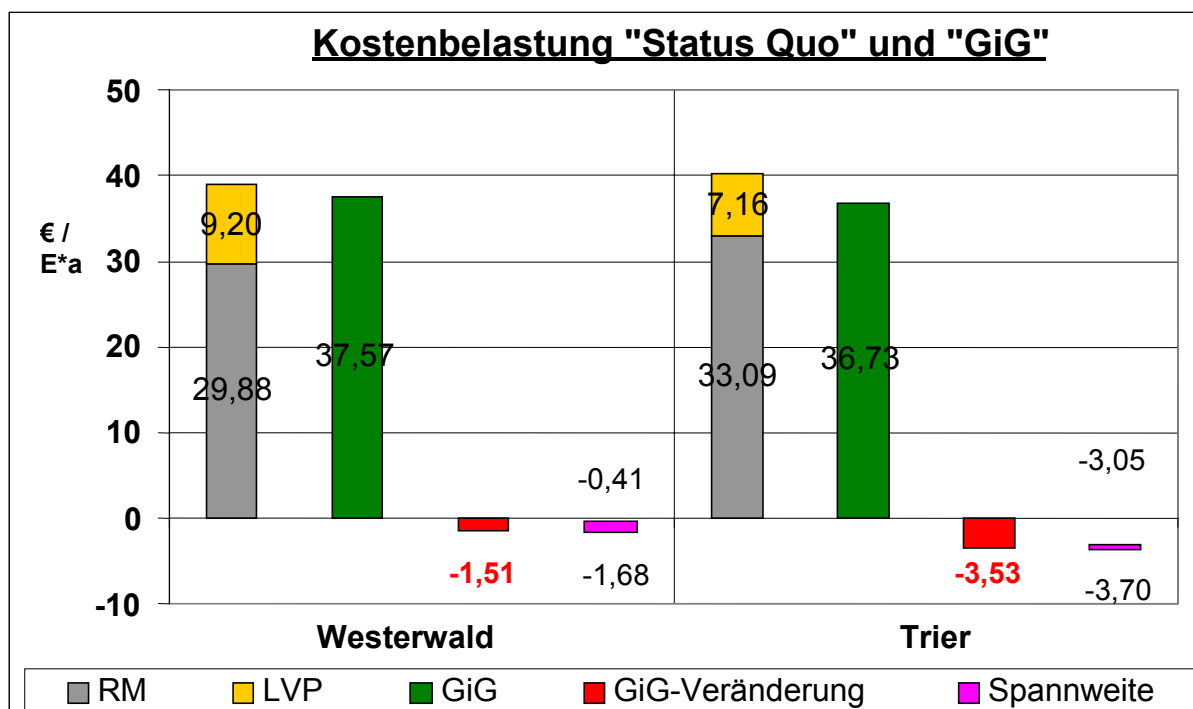


Abbildung 5.2: Standardisierte Entsorgungskosten-Einwohnerbelastung: Status Quo (Restabfall, LVP) und GiG-Standardszenario

Unter den gesetzten Annahmen errechnen sich insgesamt leichte Vorteile für die GiG-Variante (Standardszenario). Im Vergleich zu den Kostenbelastungen im Status Quo – Getrennterfassung - sind dies rund 4% (Westerwald) bzw. 9% (Trier). Bezogen auf die Kosten der LVP-Erfassung und –Verwertung liegen die Einsparquoten deutlich höher.

Die errechneten Einspareffekte resultieren i.W. aus dem Bereich Erfassung/Sammlung/Transport. Beide öRE weisen vergleichbare Einsparungen bei der Erfassung (Behälter-/Sackgestaltung) auf, die größtenteils und erwartungsgemäß auf den Wegfall der Sackgestaltung zurückzuführen sind.

Deutliche Unterschiede lassen sich allerdings aufgrund der gewählten Anpassungsstrategie im Bereich Logistik erkennen. Die Änderung (Verkürzung) des Abfuhrintervalls (bei etwa unverändertem Behälterbestand) führt zu erheblichen Mehrkosten. Die Einsparung aus dem Wegfall der Logistikkosten für die getrennte Abfuhr von LVP wird hierdurch weitgehend aufgezehrt. Anders stellt sich die Anpassungsstrategie „größere/zusätzliche Behälter“ (bei Beibehaltung des Abfuhrhythmus) dar. Die wegfallenden Logistikkosten für LVP führen fast vollständig zu einer Einsparung im GiG-Szenario.

Für die Behandlung und Verwertung lassen sich - wenn überhaupt - nur geringe Einspareffekte erkennen. Diese liegen i.W. bei der Verwertung. Dabei ist die Verlagerung der (relativ teuren) Fraktionen Abfall zur Beseitigung und Mischkunststoffe hin zu den günstigeren Fraktionen Trockenstabilat und EBS entscheidend.

Weitere Szenarien (Status Quo bzw. GiG) unterscheiden sich von dem Standardszenario durch unterschiedliche Annahmen bezüglich der Kostenverrechnungssätze für (innerbetriebliche) Serviceeinheiten, bezüglich der Kostensätze für die Gestaltung der Wertstoffsäcke und bezüglich der unterstellten Wertstoffpreise (bzw. Zuzahlungen).

- In einem Szenario "GiG-plus" wird davon ausgegangen, dass im Falle einer GiG-Entsorgung ein zusätzlicher Investitionsbedarf auch in den Bereichen Annahme und Stabilisierung der jeweiligen MBS besteht: In diesem Szenario ergeben sich Kostennachteile gegenüber Status Quo, was die Behandlung und Verwertung betrifft.
- In einem weiteren Szenario "GiG-1+3" wird die Annahme der sinnvollen Anlagenauslastung aufgegeben: Hier wird unterstellt, dass von vier an die MBS anliefernden öRE nur ein öRE das GiG-Konzept verfolgt, jedoch 75% der Anlieferer ihren Abfall weiterhin getrennt erfassen. Der Fairness halber muss dann allerdings auch unterstellt werden, dass die Wertstoffsartierung auch durch LVP-Anlieferer genutzt wird (zu denselben Konditionen wie im Status Quo). Gegenüber dem Standard-Szenario wird der Kostenvorteil bei Behandlung und Verwertung (in Trier deutlich) kleiner. Ob ein solches Konzept der Sortierung unterschiedlicher LVP-Qualitäten technisch überhaupt realisierbar ist, ist indessen nicht endgültig geklärt.

Durch Kombination der eben genannten Szenario-Merkmale lassen sich weitere Szenarien formulieren (z.B. "GiG-plus" und "GiG-1+3"), was die Spannweite für den GiG-Vergleichswert in der Gesamtbewertung vergrößert; und den ökonomischen Vorteil des GiG-Szenarios weiter verkleinern kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch eine GiG-Lösung bei Nutzung einer MBS-Anlage Kostenvorteile für die Bürger im Westerwaldkreis bzw. im Entsorgungsgebiet des A.R.T. möglich sind. Nicht untersucht wurde indessen, inwieweit Belastungen aus einer Umstellung der Entsorgungsstruktur auf die Bürger zukommen, die möglicherweise den (u.U. ohnehin geringen) Kostenvorteil des GiG-Szenarios aufzehren.

Literaturhinweise:

- [1] F+E-Vorhaben "Technisch-ökonomische Analyse der gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP". Grundlagenuntersuchungen. Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland AG, Herhof Umwelttechnik GmbH. Abschlussbericht, Aachen/Witzenhausen, Mai 2004.
- [2] F+E-Vorhaben "Schnittstellenversuche zur gemeinsamen Restmüll- und LVP-Verwertung in der Trockenstabilatanlage Rennerod". Westerwaldkreis Abfallwirtschaftsbetrieb (WAB). Gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht, Witzenhausen, Januar 2003.
- [3] F+E-Vorhaben "Wissenschaftliche Stoffstromanalyse verschiedener Inputmaterialien in der Trockenstabilatanlage Rennerod". Standard-Variante – Stofffluss- und Abfallanalytik für die Standard-Variante (100% Hausmüll) sowie Hausmüllanalyse. Auftraggeber: Westerwaldkreis Abfallwirtschaftsbetrieb (WAB). Gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Abschlussbericht, Witzenhausen, Dezember 2002.
- [4] Abfallbilanz Rheinland-Pfalz 2003
- [5] Wöbbeking, K.H.; Fischer, Th.; Schmitt, Chr.: Controlling in der kommunalen Abfallwirtschaft, Gestaltungsempfehlungen zum Aufbau einer praktikablen Wirtschaftlichkeits- und Entgeltsteuerung für kommunale Entsorgungsbetriebe, Berlin 1995
- [6] Wöbbeking, K.H.; Schaubruch, W.; Bauer, P.; Kosten- und Leistungsrechnung in der kommunalen Abfallwirtschaft, Handbuch, Mainz 1998
- [7] Wöbbeking, K.H.; Schaubruch, W.; Controlling als effizientes Steuerungsinstrument für Betriebe der kommunalen Abfallwirtschaft und Stadtreinigung: in: Gallenkemper, B. u.a. (Hrsg.). Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 6, Münster 2003
- [8] Wöbbeking, K.H.: Ergebnisorientierte Unternehmenssteuerung und langfristige Existenzsicherung – der Managementinformationsbedarf in modernen Betrieben der kommunalen Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, in: VKS (im VKU, Hrsg.), Erster Bundeskongress des VKS im VKU, Tagungsunterlagen, Hamburg 2004

Abkürzungsverzeichnis:

A.R.T.	Abfallwirtschaft im Raum Trier	min	Minuten
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	MJ/kg	Megajoule je Kilogramm
bzw.	beziehungsweise	MKS	Mischkunststoffe
DSD	Duales System Deutschland	mm	Millimeter
EBS	Ersatzbrennstoff	MSN	Mengenstromnachweis
etc.	et cetera	NE	Nichteisen(-Metalle)
EUR/h	Euro je Stunde	NIR	Nahinfrarot(-Technologie)
EUR/Beh	EURO je Behälter	n.n.	nicht nachweisbar
EW	Einwohner	NV	Nichtverpackungen
F+E	Forschung und Entwicklung	o.g.	oben genannt
Fe	Eisen(-Metalle)	örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
FKN	Flüssigkeitsverbundkarton	PE	Polyethylen
Fl.	Flaschen	PET	Polyethylenterephthalat
ggf.	gegebenenfalls	PO	Polyolefine
GiG	„Gelb in Grau“ / „Grau in Gelb“	PP	Polypropylen
halt.	haltig	PPK	Papier/Pappe/Karton
HDPE	high density polyethylen	PS	Polystyrol
Hu	unterer Heizwert	PVC	Polyvinylchlorid
inkl.	inklusive	RM	Restmüll
i.W.	im Wesentlichen	sonst.	sonstiges
k.A.	keine Angabe	transp.	transparent
kg/E*a	Kilogramm pro Einwohner und Jahr	TSA	Trockenstabilatanlage
kJ/kg	Kilojoule je Kilogramm	u.a.	unter anderem
KS / Kst	Kunststoffe	u.ä.	und ähnlich
l	Liter	u.U.	unter Umständen
LDPE	low density polyethylen	Vb	Verbunde
l/E*w	Liter je Einwohner und Woche	VerpackV	Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungs- abfällen (Verpackungsverordnung)
LVP	Leichtverpackungen	vgl.	vergleiche
m ³	Kubikmeter	VP	Verpackungen
max.	maximal	Wb	Weißblech
MBS	Mechanisch-biologische Stabilisierungsanlage / Trockenstabilatanlage	z.B.	zum Beispiel
Mg	Megagramm / Tonne	z.T.	zum Teil
mg/kg TS	Milligramm je Kilogramm Trockensubstanz	ZV A.R.T.	Zweckverband Abfallwirtschaft im Raum Trier