Beitrag Berliner Verpackungskonferenz

Ersatzbrennstoff-Herstellung aus Sortierresten: Anforderungsbasierter Vergleich ausgehend von Ausgangsmaterialien aus Wertstofftonnensammlung und Leichtverpackungserfassung

Mirko Thomä (Becker Umweltdienste GmbH), Tobias Widder (TU Dresden)

1. Rahmenbedingungen der Wertstoffsammlung und Zielstellung

Die Aufbereitung von Leichtverpackungsabfällen wird mit dem primären Ziel durchgeführt, möglichst viele Komponenten in einem kostengünstigen Verfahren als Ausgangsmaterial für eine weitere stoffliche Nutzung zu gewinnen. Die für die stoffliche Wiederverwertung relevanten Metall- und Kunststofffraktionen treten allerdings im haushaltsnahen Bereich genauso in Gegenständen jeglicher Art auf, von denen sich nach Ablauf ihrer Gebrauchs- bzw. Lebensdauer der Eigentümer trennt. Aufgrund gesetzlicher Regelungen ist eine Entsorgung von Gegenständen, deren Abfuhr nicht durch den regionalen Abfallverband gesondert organisiert wird (wie Elektrogeräte oder Sperrmüll etc.), über die Leichtverpackungssammlung (Gelbe Tonne/Gelber Sack) nicht zulässig. Somit muss die Entsorgung dieser Konsumartikel und Gebrauchsgegenstände über die Restmüllabfuhr erfolgen, was die Umsetzung der Prinzipien der EG-Abfallrahmenrichtlinie [1] nicht gerade vereinfacht. Es ist daher folgerichtig, dass die Bundesregierung die Einführung einer Wertstofftonne forciert, welche ab dem Jahr 2015 allen deutschen Haushalten zur Verfügung stehen soll und für die weiterhin Leichtverpackungen (LVP) und zusätzlich Stoffgleiche Nichtverpackungen zugelassen sind [2]. Die bestehenden LVP-Sortieranlagen werden dann voraussichtlich mit einem höheren Ausgangsmaterialaufkommen und einer veränderten Zusammensetzung konfrontiert. Wie stark diese Effekte sein werden – was letztlich vom Verbraucherverhalten abhängt – und wie die Anlagentechnik darauf reagiert, wird momentan von der Firma Becker Umweltdienste GmbH in Kooperation mit der TU Dresden in einem SAB-Projekt untersucht.

Neben dem Anlagenverhalten sowie qualitativen und quantitativen Aussagen bezüglich der rohstofflichen Nutzung von den erfassten Wertstofftonnenabfällen liegt ein weiterer Projektschwerpunkt im Bereich der Ersatzbrennstoff-(EBS) Herstellung aus den in beiden Fällen vorhandenen Sortierresten, der in diesem Beitrag im Vordergrund steht. Dabei geht es zum Einen um die brennstofftechnischen Eigenschaften der resultierenden EBS wie Heizwert, Schüttdichte und Elementarzusammensetzung, aber auch um die dabei zum Tragen kommende Prozessführung und Anlagentechnik. Außerdem besteht die Aufgabe einer abnehmerspezifischen EBS-Konfiguration, die sich an den Bedürfnissen der Marktteilnehmer orientiert und dabei einer ganzheitlichen Strategie für den Betrieb und die Vermarktung aller Anlagen und Produkte der Sortieranlage unterordnet (Abbildung 1).

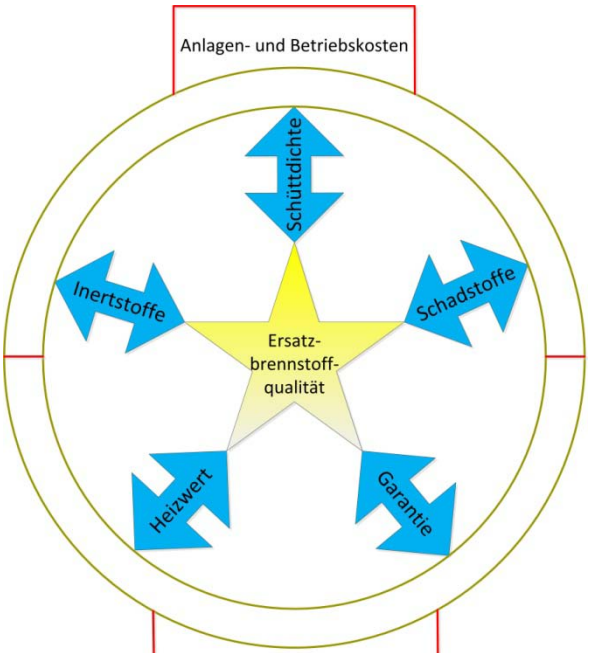


Abbildung 1: Zielkonflikt im Sortieranlagenbetrieb

In jedem Fall geht es darum, Veränderungen zu erkennen, die aus der Einführung der Wertstofftonne gegenüber der aktuellen Leichtverpackungssammlung resultieren und ein angepasstes Konzept zu entwickeln, welches auch in Zukunft eine optimale Balance der formulierten Zielstellungen gewährleistet.

2. Sortieranalysen im Wertstoff-Sammelgebiet

Wichtig für die regelmäßige Überprüfung der Notwendigkeit zur Anpassung und Optimierung der Trenn- und Aufbereitungsanlagen der Abfallaufbereiter ist eine genaue Kenntnis der jeweiligen Abfallzusammensetzung. Auf Grund der starken Abhängigkeit von den Abfallverursachern (bei Verpackungsabfällen Konsumenten) gehört diese Untersuchung, insbesondere bei den Aufbereitern von Verpackungsabfällen, begleitend zum Tagesgeschäft dazu. Entsprechend gibt es zu diesem Thema vielfältige Erfahrungswerte in den Betrieben, um mit möglichst geringem Aufwand Trends zeitnah zu erkennen und sowohl mit personellen als auch technischen Anpassungen reagieren zu können um konkurrenzfähig zu bleiben.

Schwieriger und damit aufwändiger wird die Untersuchung, wenn Abfallströme, wie sie in Deutschland über Jahre hinweg bekannt sind – So z.B. die Verpackungsabfälle – auf Grund gesetzlicher Rahmenbedingungen vergleichsweise kurzfristig verändert werden. So geschieht dies beispielsweise aktuell mit der gesetzlich bindenden Einführung einer Wertstofftonne ab 2015 auf Grund des neuen Abfallgesetzes. Diese geplante Änderung der Abfallzusammensetzung (Ausweitung der Zulässigkeit stoffgleicher und ähnlicher Kunststoffe, Eisen- und Nichteisenmetalle, usw.) führt zu einer Reihe von Untersuchungen, zu denen auch das genannte Verbundprojekt gehört.

Für eine Einschätzung der materialspezifischen Änderungen, wurde ein Versuchsgebiet ausgewählt, das einen möglichst breiten Einblick in die auch überregional zu erwartende Beeinflussung des Mengenstroms geben soll. Das Versuchsgebiet im Kreis Mittelsachsen umfasst ca. 1.176 Einwohner und wurde gemäß Tabelle 1 nach Siedlungsstruktur in Einfamilienhäuser (EFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) und Neubauwohnblocks (NB) unterteilt. Die Einteilung in die genannten Siedlungsstrukturen war notwendig, da ein unterschiedliches Trennverhalten in den einzelnen Strukturen zu erwarten ist.

Tabelle 1: Verteilung und Anteile der jeweiligen Bebauungsstruktur [3]

Siedlungsstruktur	Einwohnerzahl	Einwohneranteil [%]
Einfamilienhäuser	569	48,4
Mehrfamilienhäuser	329	28,0
Neubau-Siedlung	278	23,6
Probenahmegebiet gesamt	1.176	

Zur Versuchsdurchführung der Sortieranalysen wurde ein Versuchszeitraum von ca. 1 Jahr ausgewählt um verschiedene Sondereffekte (z.B. „Kellerberäumung zu Versuchsbeginn“, jahreszeitliche Einflüsse und Normalisierung des neuen Trennverhaltens) erkennen und ggf. bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigen zu können. Aus demselben Grund wurden für die Konsumenten besondere Zeiten wie Ferien, Weihnachts- und Osterzeit gezielt aus den Untersuchungen ausgeschlossen. Die Einwohner des Versuchsgebietes wurden vor Umstellung des

Trennsystems im September 2012 mit Flyern und einer speziellen Telefonhotline umfassend informiert und vorbereitet. Nach einer kurzen Einlaufzeit von vier Wochen erfolgte der erste Trennversuch im Oktober 2012. Um auf den strukturbedingten Sammelrhytmus eingehen zu können, erfolgten die weiteren Sortieranalysen jeweils alle 2 Monate. So ergibt sich der in Tabelle 2 angegebene Versuchsplan. In allen Versuchen wurden sowohl Wertstofftonne (bzw. LVP-Tonne) als auch Restmülltonne betrachtet, da davon ausgegangen werden kann, dass keine zusätzlichen Abfälle entstehen, sondern lediglich eine Wanderung von einem System in das andere erfolgt.

Tabelle 2: Versuchsplan der Sortieranalysen im Projekt

Zeitraum	Ziel der Untersuchung
Oktober 2012	Erstanalyse nach Umstellung auf Wertstofftonne
Januar 2013	Analyse nach Weihnachtszeit sowie „Gewöhnungsphase“
März 2013	Analyse des Trennverhaltens im weiteren Verlauf der Gewöhnung
Mai 2013	
September 2013	Vor der Analyse erfolgt eine erneute Marketingkampagne zur Erinnerung – In Vorbereitung
November 2013	Abschlussanalyse – In Vorbereitung

Im Vorfeld der genannten Sortieranalysen erfolgten im Versuchsgebiet zwei weitere Sortieranalysen zur Feststellung der Ausgangsparameter. Diese Analysen erfolgten ohne zusätzliche Information an die Einwohner um ein möglichst klares Bild der Zustände vor Umstellung auf die Wertstofftonne zu erhalten.

Ein wesentlicher Unterschied der Herangehensweise des genannten Projektes gegenüber bereits bekannten Sortierversuchen ist die vergleichsweise praxisnahe Durchführung der Sortieranalysen. Auf Grund der Möglichkeiten der Projektpartner wurden die Analysen nicht an Trenntischen durchgeführt, an denen die Abfälle akribisch bis zum kleinsten Partikel sortiert werden, da dies auf Grund des Aufwandes von der tatsächlichen Praxis der Abfallverwertungsbetriebe erheblich abweicht. Alle Trennversuche erfolgten in einer großtechnischen Anlage (Abbildung 2 und 3), die auch im Regelbetrieb der händischen Sortierung von Abfällen und Wertstoffen dient. Da die Sortierung in dieser Anlage ausschließlich auf Handklaubung basiert, war eine Umstellung für die jeweiligen Versuche ohne weiteres möglich und die Analysen konnten unter realen Bedingungen an einem Sortierband erfolgen. Zur Durchführungsunterstützung und Dokumentation wurde ein externes Ingenieurbüro gebunden, wodurch eine konstante Qualität der Versuche gewährleistet werden konnte [4].

Abbildung 2: Anlage zur Durchführung der Trennanalysen

Abbildung 3: Sortierband und Sortierplätze

Als wesentlicher Faktor für die Wirkungsweise und den Einfluss der Wirksamkeit einer wie zuvor besprochenen Umstellung des Sammelsystems und somit der Beeinflussung der Abfallaufbereitungsanlagen wurde das Wertstoffpotential im Restmüll ausgewertet. Die Grundüberlegung dazu war, dass zusätzliche Wertstoffe in der neuen Wertstofftonne im Wesentlichen aus dem Restmüllstrom entstammen. Andere Wertstoffquellen, wie beispielsweise Sperrmüll werden auf Grund des verhältnismäßig geringen Aufkommens vernachlässigt. Da die Analyse der Nullversuche (NV) einen hohen Anteil (50%; 3,4 kg/EW*a) Verpackungsabfälle im Wertstoffpotential ergab, wurde dieser Anteil des Restabfalls ebenfalls untersucht. Insgesamt ist ein deutlicher Trend erkennbar, dass nach Umstellung auf Wertstofftonne weniger Wertstoffe im Restmüll vorliegen. Der Effekt ist insgesamt in den Einfamilienhausbebauungen weniger deutlich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in dieser Siedlungsstruktur erfahrungsgemäß das Trennverhalten ohnehin stark ausgeprägt ist und auch Nichtverpackungskunststoffe bereits vor der „Legalisierung“ in der LVP-Tonne verbracht wurden. Nicht zu vergessen ist dabei, dass die LVP- bzw. Wertstofftonne für den Verbraucher kostenfrei gesammelt wird, die Entleerung der Restmülltonne hingegen muss vergütet werden. In den Mehrfamilienhaussiedlungen ist ebenfalls ein Trend erkennbar, dass sowohl weniger Verpackungsabfälle als auch weniger stoffgleiche Nichtverpackungen nach Umstellung auf Wertstofftonne in der Restmülltonne vorliegen. Bei den Verpackungsabfällen ist dieser Trend nicht ganz so kontinuierlich, weshalb insbesondere die beiden noch ausstehenden Versuchskampagnen für eine Konsolidierung der Ergebnisse notwendig sind. Das größte Wertstoffpotential lag zu Beginn des Versuchszeitraumes erwartungsgemäß in den Neubausiedlungen (13,1 kg/EW*a). Auf Grund der hohen Anonymität in dieser Siedlungsstruktur und der Kostenverteilung auf alle Mietparteien, ist hier das Trennverhalten nicht so stark ausgeprägt. Dennoch ist hier ebenfalls ein Trend zum Rückgang des Wertstoffpotentials sichtbar. Zu beobachten ist dabei, dass insbesondere ein Rückgang des Potentials an Verpackungsabfällen im Restmüll stattfindet. Dies wird aktuell damit begründet, dass das Projekt das Thema des Abfalltrennens bei den Einwohnern wieder mehr in Erinnerung bringt. Insgesamt ist das Wertstoffpotential im Zuge der vier Hauptversuche im Restmüll von 6,8 auf 2,9 kg/EW*a zurückgegangen, was auf einen deutlichen Einfluss der Umstellung auf die Zusammensetzung der Wertstofftonne schließen lässt.

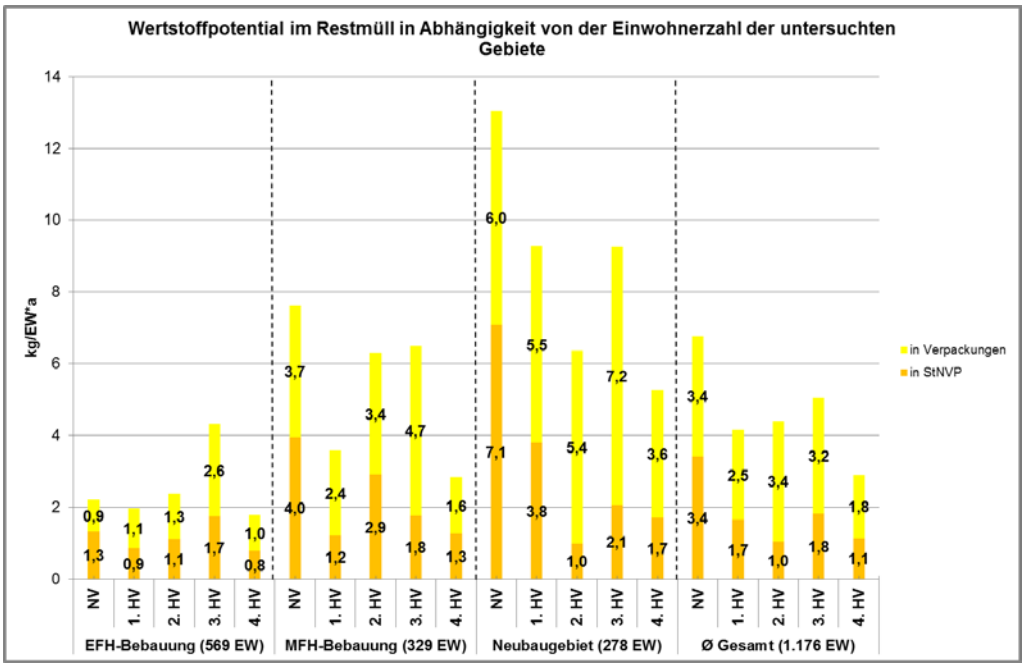
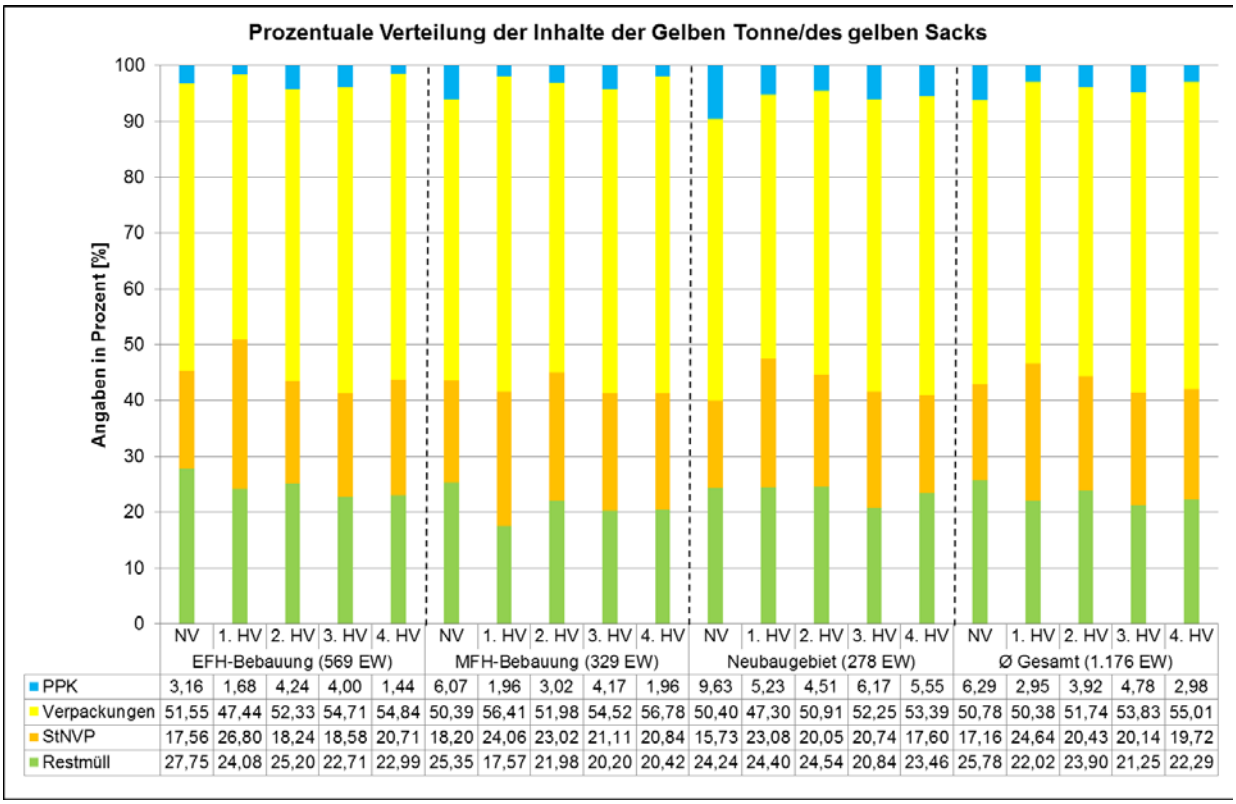


Abbildung 4: Wertstoffpotential im Restmüll

Von den betrachteten Abfallsammelsystemen ist die gelbe Tonne bzw. Wertstofftonne die, aus der im Wesentlichen die Wertstoffe zur Wiederverwertung gewonnen werden. Die verbleibenden Reststoffe werden in der Regel zu Ersatzbrennstoffen verarbeitet und somit einer energetischen Verwertung zugeführt. Aus diesem Grund wurde im Verlaufe des Projektes die genaue Zusammensetzung dieses Abfallsammelsystems im Versuchsgebiet untersucht. Die Ergebnisse zum aktuellen Stand (vierter Hauptversuch) sind in Abbildung 5 dargestellt. Grundsätzlich sind folgende Trends bei der Umstellung der klassischen LVP-Tonne auf Wertstofftonne zu erkennen:

- Der Restmüllgehalt in der neuen Wertstofftonne liegt leicht unter dem der LVP-Tonne.
- Der Anteil stoffgleicher Nichtverpackungen konnte in Summe von 17,16% auf über 20% gesteigert werden. Aus den bereits genannten Gründen ist dieser Effekt in den Einfamilienhaus-Gebieten nicht so stark nachweisbar.
- Insbesondere in den Mehrfamilienhaus-Gebieten ist der Anteil an Verpackungen in der Wertstofftonne erheblich gestiegen. Dieser Effekt kann einer verstärkten Beschäftigung mit dem Thema Abfalltrennung zugeschrieben werden.
- Ebenso wird der Rückgang des Anteils an PPK einem gewissen Schulungseffekt zugeschrieben.



	NV	1. HV	2. HV	3. HV	4. HV	NV	1. HV	2. HV	3. HV	4. HV	NV	1. HV	2. HV	3. HV	4. HV	NV	1. HV	2. HV	3. HV	4. HV
	EFH-Bebauung (569 EW)					MFH-Bebauung (329 EW)					Neubaugebiet (278 EW)					Ø Gesamt (1.176 EW)				
PPK	3,16	1,68	4,24	4,00	1,44	6,07	1,96	3,02	4,17	1,96	9,63	5,23	4,51	6,17	5,55	6,29	2,95	3,92	4,78	2,98
Verpackungen	51,55	47,44	52,33	54,71	54,84	50,39	56,41	51,98	54,52	56,78	50,40	47,30	50,91	52,25	53,39	50,78	50,38	51,74	53,83	55,01
StNVP	17,56	26,80	18,24	18,58	20,71	18,20	24,06	23,02	21,11	20,84	15,73	23,08	20,05	20,74	17,60	17,16	24,64	20,43	20,14	19,72
Restmüll	27,75	24,08	25,20	22,71	22,99	25,35	17,57	21,98	20,20	20,42	24,24	24,40	24,54	20,84	23,46	25,78	22,02	23,90	21,25	22,29

Abbildung 5: prozentuale Verteilung der Inhalte der gelben Tonne / Wertstofftonne

Zusammenfassend ist eine Veränderung der Abfallfraktion, die in den Abfallsortieranlagen aufbereitet werden, zu erkennen. Die Aufgabe für die Aufbereitungsfirmen ist dabei eine schnellst- und bestmögliche Anpassung auf die geänderten Anforderungen um auch aus diesem Abfallstrom die bestmögliche Wertschöpfung zu erzielen. Aus der reinen Sortieranalyse und der damit einhergehenden Kenntnis der Zusammensetzung des veränderten Abfallmengenstromes kann jedoch nicht ohne weiteres geschlossen werden, welcher Einfluss auf die großtechnischen Abfallsortier- und Aufbereitungsanlagen ausgeübt wird. Es muss vielmehr ein Weg gefunden werden, die Kernfragen der Anlagenbetreiber allumfassend zu betrachten und somit eine breite Wissensbasis für zielgerichtete Reaktionen zu schaffen. Die zu beachtenden Kernfragen sind im Wesentlichen:

- Ist der neue Mengenstrom ohne technische Anpassungen in den vorhandenen Anlagen sortierbar oder kommt es vermehrt zu Verklemmungen/Verstopfungen und Anlagenausfällen durch Beschädigungen?
- Welchen Anteil haben neuartige Stoffgruppen (sperrige Kunststoffe, körperhafte Eisen- und Nichteisenmetalle)an der Sortierbarkeit?
- Wie verändert sich Anteil und Qualität der gewonnenen Wertstoffe?
- Sind zusätzliche Aufbereitungsschritte / technische Aggregate in der Erstbehandlung notwendig?
- Wie verändert sich die physikalische und chemische Zusammensetzung sowie Menge des entstehenden Sortierrestes und somit die Qualität des daraus erzeugten Ersatzbrennstoffes?

Im beschriebenen Verbundprojekt sollen wesentlich die Fragen nach der technischen Sortierbarkeit, sowie der Veränderung des Sortierrestes als Ausgangsmaterial zur EBS-Herstellung erörtert werden.

Insbesondere die Frage nach den Veränderungen im Sortierrest fand in vergleichbaren Projekten nur wenig Aufmerksamkeit. Für eine vollständige ökonomische und ökologische Gesamtbetrachtung des Aufbereitungsprozesses darf dieser Mengenstrom (in der Regel >35%) jedoch aus Sicht der Projektpartner nicht vernachlässigt werden. Somit finden die weiteren Untersuchungen in drei Schritten statt.

1. Vollumfängliche Betrachtung des Verhaltens des neuen Mengenstromes in den Sortier- und Aufbereitungsanlagen (Anlieferung, Trennung in Einzelfraktionen, Verarbeitung des Sortierrestes zu Ersatzbrennstoffen).
2. Klassische chemische Betrachtung der Beeinflussung des hergestellten Ersatzbrennstoffes.
3. Intensive brennstofftechnische Untersuchung des hergestellten Ersatzbrennstoffes im Labor- und Pilotmaßstab und dadurch Rückschluss auf die bestmögliche Verwertung bzw. notwendige Anpassungen an der Aufbereitungstechnik.

Erst durch Betrachtung und Bearbeitung dieser drei Schritte in Anschluss an die genannten Sortieranalysen, kann eine weitestgehend exakte Aussage zur Beeinflussung des veränderten Abfallmengenstromes erfolgen. Die Erfahrungen aus dieser komplexen Betrachtung und die damit einhergehende Methodendefinition können über das genannte Projekt hinausgehend als Werkzeug genutzt werden um Abfallströme und ihre Veränderungen hinsichtlich Ihrer Aufbereitungsmöglichkeiten und der dadurch entstehenden Produkte umfassend zu untersuchen.

3. Sortieranlagen-Messprozedur auf Fallstudienbasis für EBS-Herstellung

Genau genommen ist Ersatzbrennstoff kein Produkt im eigentlichen Sinne, sondern überschüssiges Material, welches ausgehend vom Sortierrest möglichst kostengünstig aufbereitet wird. Dies geschieht in der Form, dass es allgemein gesprochen „irgendeinen" Industriezweig gibt, der dafür Verwendung finden könnte und je nach Marktsituation bereit ist, dafür einen Preis zu bezahlen. Die eigentliche Dienstleistung besteht bei der Aufbereitung von Leichtverpackungsabfällen bzw. zukünftig dem Inhalt der Wertstofftonnen darin, dem Verbraucher die Abfälle abzunehmen und diese in einer geeigneten Form nach den Prioritäten der EG-Abfallrahmenrichtlinie [1] im Interesse von Gesellschaft und Umwelt möglichst stofflich zu verwerten. Erst wenn das nicht möglich ist, kommt die energetische Nutzung in Betracht. Die Beschäftigung mit diesen Zusammenhängen macht deutlich, dass es zwei gravierende Unterschiede zwischen Abfallaufbereitungsanlagen und herkömmlichen Produktionsanlagen gibt:

1. Die Ausgangsstoffe für die Wertschöpfungsprozess sind de facto nicht beeinflussbar
2. Es bestehen (gesetzliche) Prioritäten hinsichtlich der Produktverteilungsquote, die mit der Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden müssen

Dabei ist die zweite Rahmenbedingung an sich nicht problematisch, da separierte Wertstoffe wie FE- und NE-Metalle sowie Kunststoffe als Rohstoffe ökonomisch werthaltiger sind als inhomogene Brennstoffe mit nur bedingt reproduzierbaren Eigenschaften. Allerdings kann es angesichts stark volatiler Rohstoffpreise und aufgrund geforderter Reinheitsgrade, die nur durch hohen anlagentechnischen Aufwand erreichbar sind, mitunter zu notwendigen Anpassungen in der Verwertungsstrategie kommen [5].

In jedem Fall wird deutlich, dass für Verbesserungen von Prozesstechnik, Stoffstrommanagement und letztendlich der Wirtschaftlichkeit von Abfallbehandlungsanlagen andere Untersuchungsmethoden und Herangehensweisen erforderlich sind als bei rein produktfixierten Herstellungsanlagen. In diesem Sinne wurden konkret für die LVP- bzw. Wertstofftonnen-Sortieranlage und die EBS-Aufbereitungsanlage des Projektpartners Mess- und Analysekonzepte entwickelt, die dem aus Kundenanforderungen und gesetzlichen Regelungen bestehenden Optimierungsgebiet Rechnung tragen. Dieses Konzept hat als Basis ein Sortiermodell, welches das Verbraucherverhalten und die möglichen Stoffstromvarianten abbildet (Abbildung 2). Im Sortiermodell befinden sich Verzweigungen mit Freiheitsgraden, die eine Verschiebung von Stoffströmen und damit Produkteigenschaften sowohl auf Seiten des Wertstoffs als auch auf Seiten des Sortierrestes erlauben. Wenn diese Schnittstellen des Sortiermodells durch Messkampagnen mit Zahlenwerten hinterlegt werden, besteht die Möglichkeit, anforderungsorientierte Merkmale für die Wertstoffe oder Ersatzbrennstoffe zu realisieren und über die globale Anlagenbilanz zu optimieren. Dabei ist aber stets ein konkreter Nachfragefall anzuwenden, da die Vorgaben der Abnehmer anlagentechnisch und auch ökonomisch nicht beliebig kombiniert werden können. Beispielsweise können nicht zugleich Wertstoffausbeute und Ersatzbrennstoffausbeute bzw. -qualität maximiert werden.

Die Umsetzung des beschriebenen Ansatzes erfordert nun eine Reihe von Messkampagnen an der realen Anlage mit Ausgangsmaterial aus der konventionellen LVP-Sammlung sowie dem

eingesammelten Material aus dem Wertstofftonnen-Versuchsgebiet. Der Schwerpunkt der untersuchten Parameter liegt zunächst auf den Mengenanteilen bzw. Masseströmen und der chemischen bzw. brennstofftechnischen Analyse. Im Verlauf des Projektes kommen noch Verbrennungsversuche im Batch-Reaktor und im Drehrohrofen hinzu.

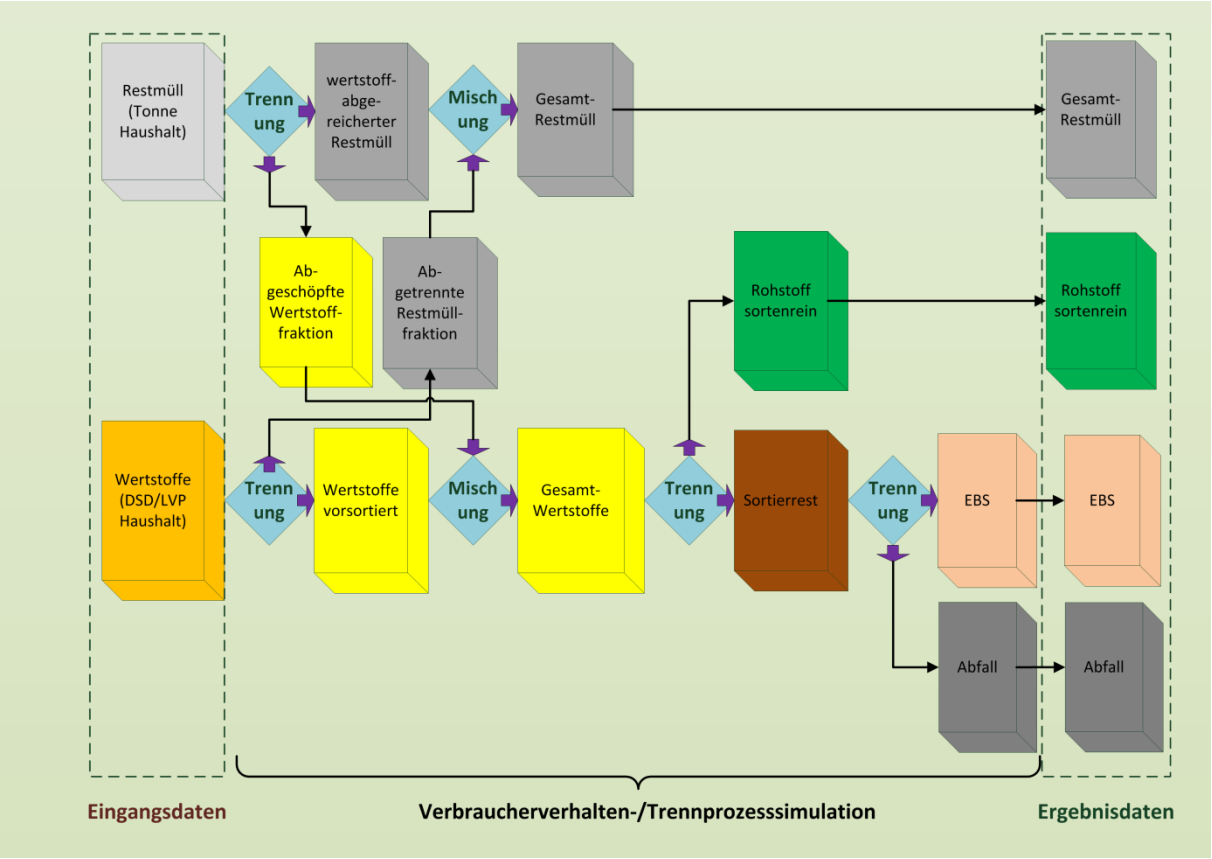


Abbildung 6: Sortiermodell

Wenn nun schwerpunktmäßig die EBS-Herstellungsanlage mit dem Sortierrest der Wertstofffraktionierung als Ausgangsstoff betrachtet wird, zeigt sich im Ergebnis für die Masseströme folgende Verhältnisse (Abbildung 7)[1].

Aus Abbildung 7 ist ersichtlich, dass die Gesamtmasseströme bei den Messungen mit Wertstofftonnenmaterial deutlich niedriger sind als bei den Nullmessungen. Bei nahezu identischen Anlagenparametern lässt sich daraus schlussfolgern, dass die Schüttdichte des EBS bei Wertstofftonnenmaterial niedriger ist als bei Leichtverpackungsmaterial. Dieser Sachverhalt konnte auch visuell bestätigt werde, da die Endprodukte bei den WST-Versuchen „fluffiger“ wirkten als bei den Nullmessungen. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Verminderung des Gesamt-EBS-Stromes überproportional stark zulasten der EBS 0-30-Fraktion geht, während die anderen beiden Produkte

[1] Erläuterungen:
NM = Nullmessung, Trennversuch mit normalen Betriebsparametern und LVP-Material
WST= Wertstofftonnenmessung, Trennversuch mit normalen Betriebsparametern und Material aus Sammlung im Gebiet mit versuchsweise eingeführter Wertstofftonne
EBS 0-25 = Ersatzbrennstoff mit Korngröße 0-25 mm, durch Siebung aus vorzerkleinertem Material gewonnen
EBS 0-30 = Ersatzbrennstoff mit Korngröße 0-30 mm, zusätzliche Granulierung nach Vorzerkleinerung und Siebung (Überkorn)
EBS 25-80 = Ersatzbrennstoff mit Korngröße 25-80 mm, durch Siebung aus vorzerkleinertem Material gewonnen

absolut betrachtet mengenmäßig stabil bleiben und anteilig deutlich zulegen. Das weist auf eine geänderte Zusammensetzung des Sortierrestes hin und lässt sich mit dem aktuellen Bearbeitungsstand nur schwer konkret interpretieren, wahrscheinlich ist jedoch eine Verschiebung von kompakten Körnern mit hoher Dichte (klumpiges Material) hin zu flächigen Körnern mit geringerer Dichte (sperrigeres Material).

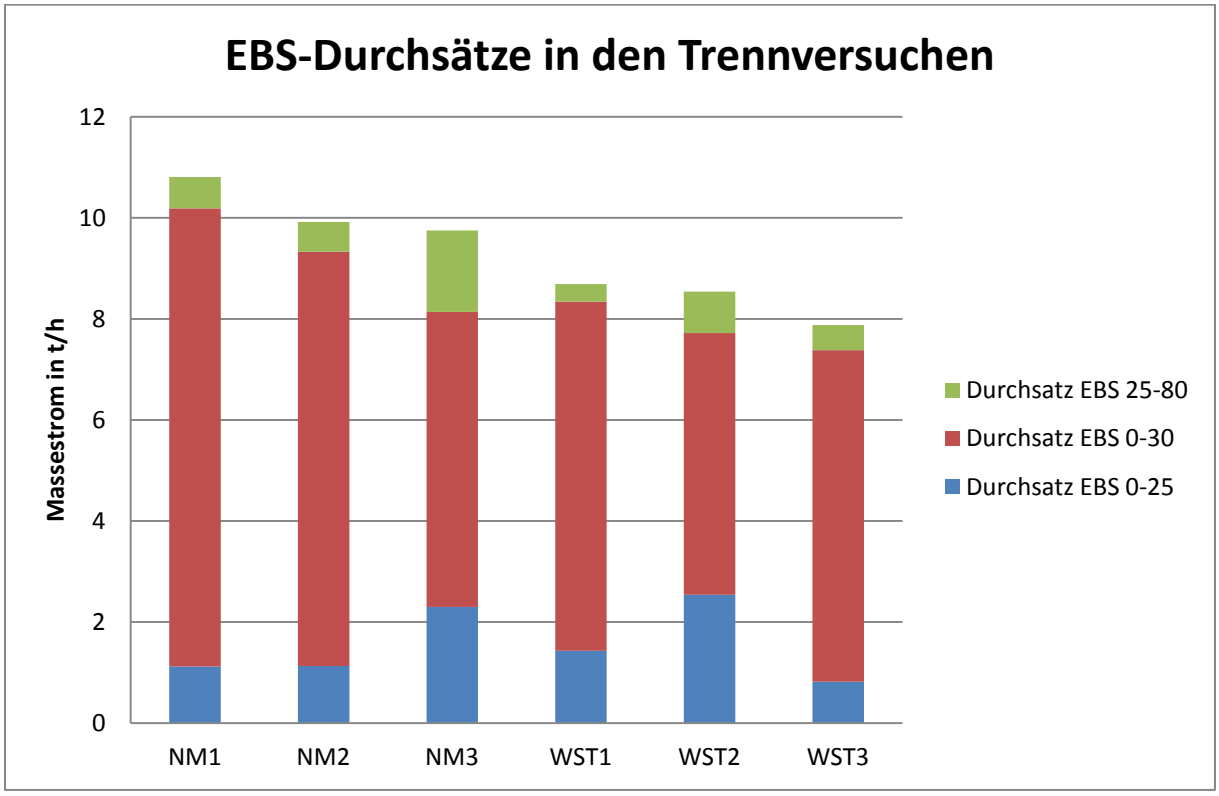


Abbildung 7: Massenströme in der EBS-Aufbereitungsanlage

4. Vergleichende Versuchsanalysen im Labor- und Pilotmaßstab

Um einen Vergleich der Merkmale von EBS aus LVP-Material und Wertstofftonnenmaterial anstellen zu können, sind Laboruntersuchungen und Verbrennungsversuche notwendig. Die Wahl der benötigten Parameter muss dabei auch die Interessen der potentiellen Abnehmer einbeziehen, denen die Information Aufschluss über den primären Nutzen – also den Energiegehalt – und im Ergebnis darüber hinaus auch über kalkulierbare Wechselwirkungen mit der Anlagentechnik liefern soll. Folgende Brennstoffeigenschaften wurden infolge dessen für die vergleichende Betrachtung ausgewählt [6]:

- Heizwert (Labor)
- Elementarzusammensetzung (Labor)
- Wasser-/Aschegehalt (Labor)
- Chlor-/Schwefelgehalt (Labor)
- Schüttdichte (Labor)
- Zündfrontgeschwindigkeit (Batch-Reaktor)
- Luftbedarf (Batch-Reaktor)
- Luftschadstoffe im Rauchgas (Batch-Reaktor)
- Korrosionsrelevante Rauchgaspartikel (Batch-Reaktor)

Bezüglich der Batch-Versuche liegen noch keine Ergebnisse vor, weshalb darauf im Folgenden nicht weiter eingegangen wird. Hinsichtlich des Heizwertes (bezogen auf den wasserfreien Zustand) hat sich gezeigt, dass die Ersatzbrennstoffe aus Wertstofftonnenmaterial nahezu im selben Bereich liegen wie die Ersatzbrennstoffe aus dem normalen LVP-Material (Abbildung 8). Das ist nicht überraschend, da sich das Verbraucherverhalten sicherlich nicht radikal verändert und heizwertsteigernde Einflüsse – z. B. höherer Kunststoffanteil im Ausgangsmaterial – durch heizwertsenkende Effekte – weniger Verunreinigungen im Material durch sensibilisiertes Verbraucherverhalten, daher höhere Wertstoffabscheideraten – kompensiert werden.

Für den Abnehmer des EBS (energieintensive Betriebe wie z.B. Zementwerke) ist in diesem Zusammenhang natürlich der Heizwert des gelieferten Materials mit Berücksichtigung der Feuchte relevant und weniger der Heizwert im wasserfreien Zustand, da hier die effektiv nutzbare Energie zählt und eine (kostenbehaftete) Trocknung des Materials nicht vorgesehen ist. Dabei stellte sich heraus, dass der Feuchtegehalt des fertigen Brennstoffes aus Wertstofftonnenmaterial geringer ist, was wiederum positive Auswirkungen auf den Rohmaterialheizwert hat. Das ist absolut wünschenswert, da im Ergebnis mehr Wertstoffe aus dem Ausgangsmaterial entnommen werden können und zugleich die EBS-Qualität steigt. Hierfür sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig, da gerade der Wassergehalt sehr leicht auch ungewollt beeinflusst werden kann (Witterungsbedingungen) und für gesicherte Aussagen noch mehr Analysen notwendig sind. Zumindest aus phänomenologischer Sicht wäre das aber durchaus plausibel, da für den Wassergehalt insbesondere der Biomasseanteil verantwortlich zeichnet, welcher augenscheinlich (Stichprobenbeurteilung) geringer ist als bei der normalen LVP-Sammlung. An dieser Stelle kommt wieder das Verbraucherverhalten ins Spiel, das offenbar positiv beeinflusst werden konnte, wobei sich die Kontinuität dieser Veränderung noch zeigen muss.

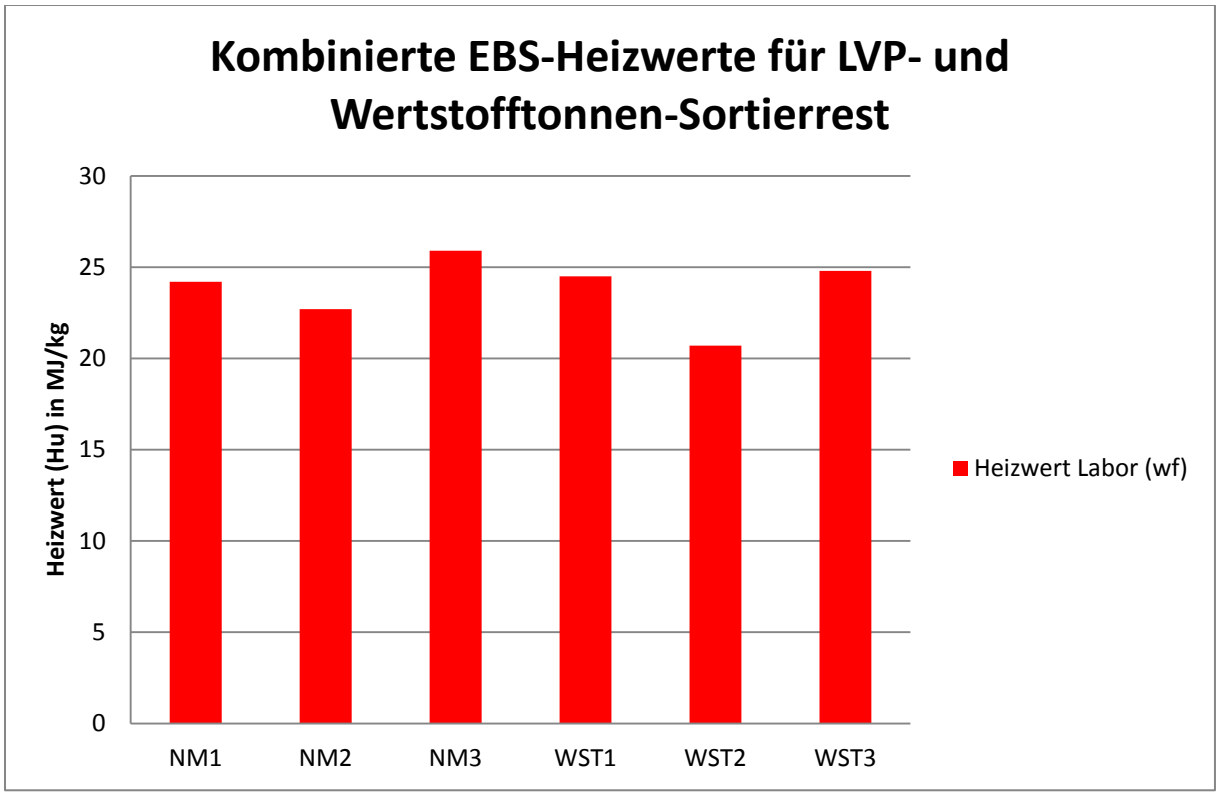


Abbildung 8: EBS-Heizwertvergleich für LVP- und Wertstofftonnensortierrest

Die brennstoffchemische Analyse gibt Aufschluss über die elementare Zusammensetzung und zeigt ebenfalls keine signifikanten Veränderungen. Bei den ausgewerteten Proben – von anderen EBS-Chargen, als in Abbildung 8 eingeflossen sind – zeigte sich eine leichte Verminderung des Kohlenstoffgehaltes (Abbildung 9, Abbildung 10). Die anderen Anteile haben sich nicht nennenswert verschoben, was zu der erwarteten Schlussfolgerung führt, dass der EBS aus Wertstofftonnenmaterial sich nicht grundsätzlich vom bisher produzierten EBS unterscheidet.

Das gilt auch in Hinblick auf die korrosionsrelevanten Schadstoffe Schwefel und Chlor. Deren Anteil hat sich nach den bisherigen Analysen nicht systematisch verändert. Daraus lässt sich ableiten, dass der Anteil an PVC in der Wertstofftonne nur geringfügig größer ist als in der konventionellen LVP-Sammlung, wenn man zugleich beachtet, dass die Organik-Fraktion als zweite signifikante Chlorquelle (Abbildung 11) dementsprechend niedriger vorhanden ist, wodurch augenscheinlich eine Kompensation stattfindet. Der Anteil an Textilien ist demgegenüber in beiden Fällen gleichermaßen hoch (durch Stichprobenkontrollen ermittelt), obwohl diese nicht zum Spektrum der zugelassenen Materialien gehören. Diese bringen einerseits ebenfalls einen (konstant) hohen Chloreintrag mit sich, andererseits sind sie die Hauptquelle für Brennstoffstickstoff, der wiederum zur Bildung von Stickoxiden führt. Die Abscheidung von Textilien würde also zu einem EBS führen, der einen geringen Brennstoff-Stickstoff-Anteil aufweist. Es ist zu prüfen, inwiefern da möglicherweise Bedarf besteht, bzw. technische Lösungen zur Verfügung stehen.

Die Schüttdichte des EBS wiederum war bei den Messkampagnen mit Wertstofftonnenmaterial geringer als mit dem herkömmlichen LVP-Ausgangsmaterial. Das wirkt sich negativ auf den Anlagendurchsatz und auch die Transportkosten aus, weshalb hier bei den noch folgenden Untersuchungen analysiert werden muss, wie gravierend die ökonomischen Auswirkungen sind und welche Gegenmaßnahmen da ggf. ergriffen werden können [7].

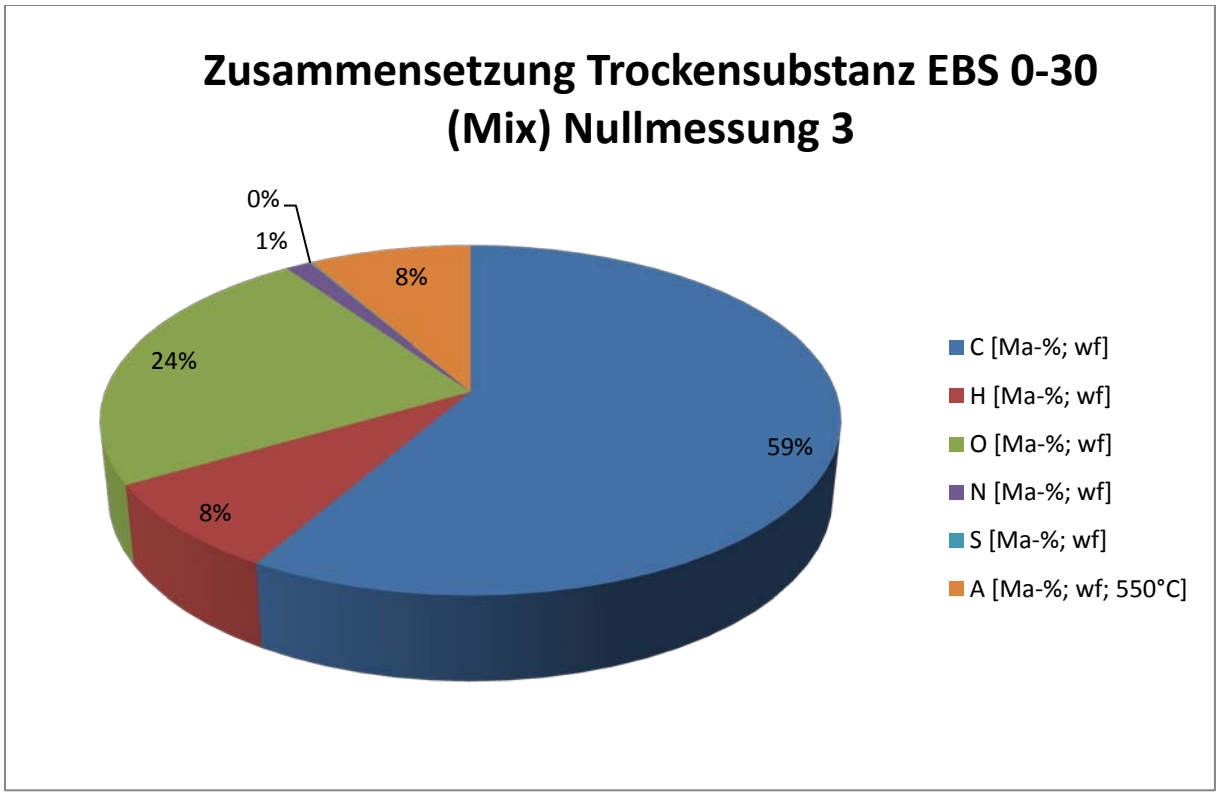


Abbildung 9: Elementarzusammensetzung des lieferfertigen EBS-Mix aus EBS 0-25 mm und EBS 0-30 mm, NM3

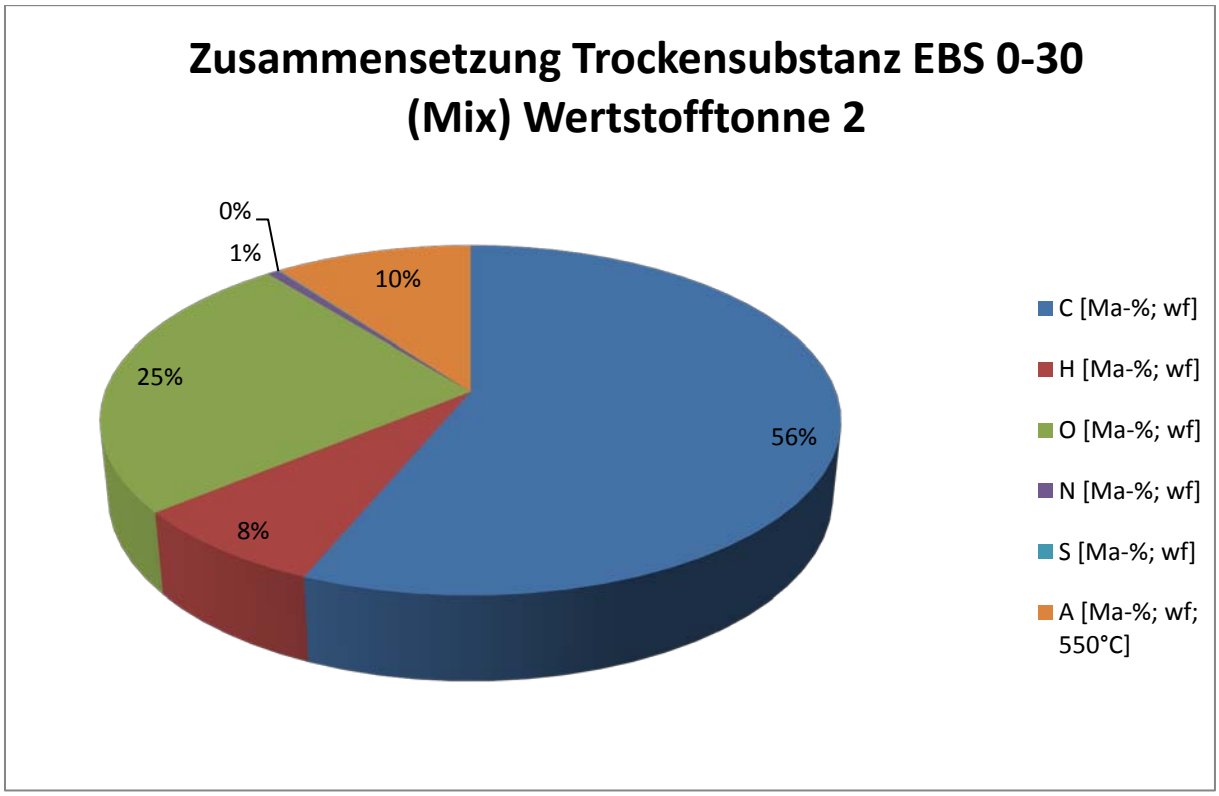


Abbildung 10: Elementarzusammensetzung des lieferfertigen EBS-Mix aus EBS 0-25 mm und EBS 0-30 mm, WST2

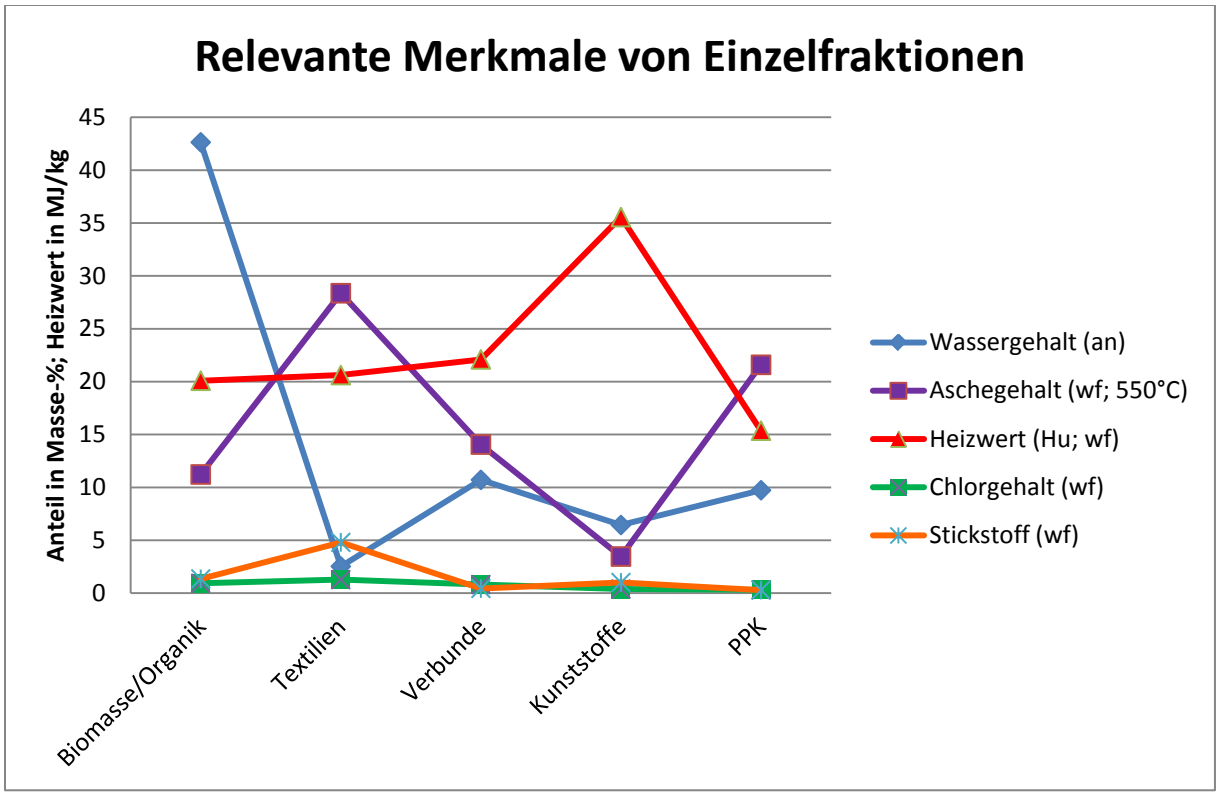


Abbildung 11: Brennstofftechnische Laboranalysen der im Sortierrest befindlichen Hauptfraktionen

5. Zwischenstand und Ausblick

In Hinblick auf die flächendeckende Einführung der Wertstofftonne in Deutschland wurden anhand von Sortierversuchen in einem Sammelgebiet in Mittelsachsen und Trennversuchen in einer LVP-Sortieranlage die Auswirkungen des erweiterten zulässigen Inhaltsspektrums untersucht. Im Vordergrund stehen dabei im Rahmen dieses Beitrags das Verbraucherverhalten sowie die brennstofftechnischen Eigenschaften und das Herstellungsverfahren der EBS.

Die Sortieranalysen im untersuchten Sammelgebiet haben gezeigt, dass eine Verschiebung von Inhaltsstoffen der Restmülltonne zur Wertstofftonne tatsächlich stattfindet. Damit steigt die spezifische Menge an eingesammelten LVP-/Wertstoffabfällen pro Einwohner und Jahr an, während der Wertstoffgehalt im Restmüll zurückgeht. In dieser Hinsicht sind die mit der Wertstofftonneneinführung formulierten Absichten erfüllt worden. Allerdings ist damit nur bedingt eine Aussage über den Anteil an Fehlwürfen in der Wertstofftonne verbunden bzw. bedeutet das nicht automatisch, dass diese Wertstoffe anlagentechnisch auch zurückgewonnen werden können oder den geforderten Reinheitsgrad einhalten.

Etwas mehr Klarheit in diesem Punkt und natürlich zur Frage, welche Auswirkungen sich daraus bezüglich des vom Sortierrest hergestellten EBS ergeben, bringen die Trennversuche in der Langenauer Sortieranlage. Dort hat sich folgendes gezeigt:

- Der Anteil des Sortierrestes vom Ausgangsmaterial ist tendenziell gesunken, was auf eine verringerte Anzahl an Fehlwürfen in der Wertstofftonne hindeutet.
- Der Wassergehalt hat sich verringert, was offensichtlich auf eine geringere Verunreinigung mit organischen Anteilen zurückzuführen ist, welche einen hohen Wassergehalt aufweisen.
- Auf Grund des gesunkenen Wassergehalts hat sich der Heizwert des EBS im Lieferzustand verbessert.
- Die Sortieranlagentechnik hat das veränderte Ausgangsmaterial mit unveränderter Trefferquote und Verfügbarkeit separiert; nennenswerte Schwierigkeiten sind in diesem Zusammenhang nicht aufgetreten.
- Der Anlagendurchsatz an EBS ist deutlich kleiner geworden, was ein starker Indikator für eine verringerte Schüttdichte ist.
- Der Schadstoffgehalt (insbesondere Chlor und Schwefel) im EBS hat sich durch die versuchsweise Einführung der Wertstofftonne nicht verändert. Auch der Brennstoff-Stickstoffgehalt verharrt wegen eines großen Anteils eigentlich in beiden Fällen nicht zulässiger Textilien auf hohem Niveau.

Bis auf die Schüttdichte wirken sich die festgestellten Veränderungen neutral bis positiv auf die EBS-Beschaffenheit aus.

Damit fehlen zur umfänglichen EBS-Charakterisierung („Beipackzettel“) noch Informationen über die Wechselwirkungen des EBS mit den Feuerungsanlagen. In den Batch-Reaktor-Versuchen sollen insbesondere Aussagen zur Rauchgasschadstoffbildung und darauf basierend zum Korrosionspotential gewonnen werden; ferner zu Luftbedarf, Abbrandverhalten und der Verschlackung. Dabei geht es weniger um den Vergleich von EBS aus den verschiedenen Ausgangsmaterialien, sondern um eine einheitliche Gütebeschreibung der EBS, wie sie derzeit noch nicht verfügbar ist.

Hinsichtlich der EBS-Konfiguration haben sich die Stellschrauben Abtrennung von Organik und Textilien, Zumischung von Gewerbeabfall, Veränderung der Schüttdichte und der Korngrößen herauskristallisiert. Individuell angepasste EBS sollen dann mit einem „Beipackzettel“ ausgestattet werden, der die wichtigsten Brennstoffeigenschaften und die Eignung für potentielle Einsatzgebiete beschreibt. Insbesondere die technologische Umsetzung des erstgenannten Parameters birgt ebenso Herausforderungen für die Zukunft mit sich wie der marktgerechte, flexible Betrieb der Anlagentechnik mit der entsprechenden Prioritätenvergabe für die Stofffraktionen. Außerdem wird sich zeigen, ob sich das Verbraucherverhalten durch die Wertstofftonnennutzung nachhaltig verändert hat, oder ob hier gewisse „Abnutzungseffekte“ auftreten.

Literatur

[1] Thomé-Kozmiensky, K. J.: Recycling und Verbrennung bedingen einander, Energie aus Abfall (Hrsg. K. J. Thomé-Kozmiensky, M. Beckmann); Band 9, TK-Verlag, Neuruppin 2012, S. 3-38

[2] Kern, M.; Siepenkothen, J.; Krähling, H.: Auswirkungen der Wertstofftonne auf Mengen und Qualitäten von Abfallströmen, 2011

[3] Kurth, S.; Schröpl A.: 1. Zwischenbericht Verbrennungsverhalten von EBS unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus gemeinsamer und getrennter Erfassung von Wertstoffen; 2013

[4] Dörfel, H.-D., IWA Ingenieur- und Beratungsgesellschaft mbh: Sortieranalyse zur Hausmüllzusammensetzung und Prognose zum Wertstoffpotential im Rahmen der Projektvorbereitung Wertstofftonne im Landkreis Mittelsachsen, Mittenwalde 2012

[5] Umweltbundesamt (Hrsg.): Planspiel zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung – Teilvorhaben 1: Bestimmung der Idealzusammensetzung der Wertstofftonne, FKZ/Projektnr.: 3710933131, 2011

[6] Pohl, M.: Qualitätssicherungsstrategie und Einsatzoptimierung hochwertiger Ersatzbrennstoffe im Auftrag der Sächsischen Aufbaubank, Endbericht, 2011

[7] Geiger, W.: Wirtschaftliche Herstellung von Ersatzbrennstoffen – Einfluss der Zerkleinerung auf die Wirtschaftlichkeit – , Ersatzbrennstoffe 2, Verwerter, Qualitätskontrolle, Technik, Wirtschaftlichkeit (Hrsg. K.J. Thomé-Kozmiensky), TK-Verlag, Neuruppin 2002, S. 371-381