



Montanuniversität Leoben

Aufbereitungstechnische Untersuchungen zu Optimierungs- und Erweiterungspotentialen einer Aufbereitungsanlage für Elektronik- und Elektroaltgeräte

Vorgelegt von:

Hubert Alexander Schwarz, Bsc

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Helmut Flachberger
Dipl.-Ing. Andreas Schmid

Eidesstattliche Erklärung - Affidavit

Hiermit erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literatur cited in this volume.

Leoben, den 13. Juni 2012

Hubert Alexander Schwarz

Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Auftrag der Firma Saubermacher Dienstleistungs AG am Institut für Aufbereitung und Veredlung an der Montanuniversität Leoben durchgeführt.

Ich danke recht herzlich folgenden Personen und Firmen für die wissenschaftliche Unterstützung und Zurverfügungstellung Ihrer Apparate:

Herrn Dipl.-Ing. Alexander Curtis - Saubermacher Dienstleistungs AG

Herrn Ing. Dipl.-Ing.(FH) Helmut Tröbinger - IFE - Aufbereitungstechnik GmbH

Herrn Ing. Franz Duspiva - ATM Recyclingsystems GmbH

Frau Anna Wobik - BT-Wolfgang Binder GmbH

Seitens der Montanuniversität bedanke ich mich bei meinem Diplomarbeitsbetreuer Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Flachberger sowie bei Herrn Dipl.-Ing. Andreas Schmid für die gute Zusammenarbeit sowie Rat und Tat bei der Erstellung dieser Arbeit.

Ebenso möchte ich meine Wertschätzung an meine Familie richten, allen voran an meine Verlobte Petra sowie an meine lieben Eltern und mich für ihre jahrelange Unterstützung während meines Studiums bedanken.

Zugleich bedanke ich mich bei meinen Freunden, meinen Arbeitskollegen und allen die mit mir ein Stück des Weges gegangen sind.

Kurzfassung

Die EAG-Aufbereitungsanlage der Saubermacher Dienstleistungs-AG zur Aufbereitung von Elektronik- und Elektroaltgeräten am Standort Unterpremstätten wurde mittels aufbereitungstechnischer Untersuchungen hinsichtlich ihrer Optimierungs- und Erweiterungspotentiale untersucht.

In dieser EAG-Aufbereitungsanlage wird das Aufgabegut gegenwärtig mittels der aufbereitungstechnischen Grundprozesse „Zerkleinerung“, „Klassierung“ und „Sortierung“ (Magnetabscheidung und Kläubung) aufbereitet. Dabei fallen zwei betriebsintern als „Durchlauf“ und „Feinanteil“ bezeichnete Restfraktionen an, die im Rahmen dieser Arbeit auf weitere Möglichkeiten einer ergänzenden Aufbereitung untersucht werden sollen. Den Ergebnissen dieser Arbeit liegen umfassende aufbereitungstechnische Charakterisierungen der beiden Restfraktionen zugrunde, welche mittels der Methode der Merkmalsklassenanalyse durchgeführt wurden. Auf Basis dieser Laboruntersuchungen wurden Technikumsversuche in den Prozessteilen der Zerkleinerung, Magnetscheidung, Wirbelstromscheidung und Nahinfrarotsortierung durchgeführt, um die Umsetzung in den industriellen Maßstab zu prüfen und deren Erfolgsaussichten auszuloten. Die ermittelten Ergebnisse wurden für die Erarbeitung von Vorschlägen für eine optimierte Wertstoffanreicherung genutzt.

Bei der als „Durchlauf“ bezeichneten Restfraktion können durch ergänzenden Einsatz von Wirbelstromscheidung und Magnetscheidung eine ferromagnetische Fraktion mit einem Masseausbringen von etwa 7 % und eine NE-Fraktion mit einem Masseausbringen von 9 % erzeugt werden. Mit der anschließenden Sortierung der verbleibenden Kunststofffraktion in die Teilfraktionen ABS, PP und PS mittels Nahinfrarottechnik können weitere verkaufsfähige Produkte erzeugt werden, das kumulierte Masseausbringen dieser drei Produkte beträgt 21 %. Die beschriebenen Sortierprozesse setzen den Einsatz einer vorgeschalteten Zerkleinerung zur Verbesserung der Aufschlussverhältnisse voraus. Die Grobteile, welche im Rahmen der Zerkleinerungsversuche des Durchlaufs gefunden wurden, stellen eine entscheidende Herausforderung für den Aufbereitungsprozess dar. Obwohl dieser Grobanteil nur rund 1,6 % beträgt, beeinflusst dieser die Prozesse „Zerkleinerung“ und „Sortierung“ stark. Es wird daher empfohlen, diese Grobteile entweder von Beginn an auszuhalten oder die Aggregate entsprechend robust ausulegen.

Bei der als „Feinanteil“ bezeichneten Restfraktion kann durch Einsatz einer Magnetscheidung ein Produkt mit einem Masseausbringen an ferromagnetischem Material mit 14 % angegeben werden.

Die durchgeführten experimentellen Untersuchungen resultierten in der Erarbeitung von Vorschlägen für eine Erweiterung der Aufbereitung für die Restfraktion „Durchlauf“.

Abstract

Processing researches to improve and expand the capabilities of a reprocessing plant for electric and electronic devices

In this thesis a reprocessing plant in service for the processing of electric and electronic devices was analyzed by processing researches regarding its improvement and expansion capabilities. In this specific reprocessing plant the base material is handled using the core processes of reprocesses: milling, sieving and sorting (magnetic separation and hand picking). This results in two remnants named "Durchlauf" and "Feinanteil". Those two fractions are being analyzed in this paper. The results in this thesis are based on comprehensive characterization of both fractions, which was done by the so-called "Merkmalsklassenanalyse". Predicated on technical experiments, which were based on milling, magnetic separation, Eddy current separation and sorting with the aid of near-infrared sensors are used to test the prospects of success for the industrial scale. Furthermore the results are used for suggestions on an optimized enrichment of valuable scrap.

The mass yield of the so-called "Durchlauf" is composed of 7 % magnetic material and 9 % of nonferrous metals based on previous milling. The sorting of synthetic material (Polystyrene, Polypropylene and Acrylonitrile butadiene styrene) out of the remaining material gives a proportionately mass yield of 21 %. Furthermore a proportionately mass of 2.5 to 4 % of copper can be excavated from the remaining material resulting on this treatment. With a proportionately mass yield of 1.6 % the bulk fractions, which are found in the course of the attempts of milling the "Durchlauf", constitute a decisive challenge for reprocessing sequence.

Regarding the "Feinanteil" a mass yield of 14 % for the high ferromagnetic materials can be stated.

The findings gained within this thesis were formed to suggestions for the construction and connection to allow an exclusion of the bulk fraction from the flow of materials and an improved mass yield of the valuable scrap.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2 GRUNDLAGENTEIL	5
2.1 ALLGEMEINES	5
2.2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN	6
2.2.1 <i>EU-Richtlinien</i>	6
2.2.2 <i>Die Umsetzung der EU-Richtlinien in Österreich</i>	8
2.3 RECYCLING VON ELEKTRO- UND ELEKTRONIKALTGERÄTEN	10
2.3.1 <i>Definition und Herkunft</i>	10
2.3.2 <i>Schadstoff- und Wertstoffpotentiale</i>	12
Wertstoffpotentiale	13
Schadstoffpotentiale.....	13
Schadstoff- und Wertstoffpotentiale anhand ausgewählter Beispiele.....	14
2.3.3 <i>Sammlung und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten in Österreich</i>	15
Behandlung nach dem Stand der Technik.....	16
2.4 KLASSIFIZIERUNG VON METALLEN UND KUNSTSTOFFEN	20
2.4.1 <i>Metallschrotte</i>	20
Stahlschrott	20
Kupferschrott.....	24
Aluminiumschrott.....	25
2.4.2 <i>Kunststoffe</i>	27
2.4.3 <i>Physikalische Eigenschaften der Stoffe</i>	28
2.4.4 <i>Preisentwicklung</i>	30
Stahlschrott	30
Kupfer	31
Aluminium	32
Kunststoffe	32
Zusammenfassung.....	33
2.5 BESCHREIBUNG DER AUFBEREITUNGSANLAGE DER SAUBERMACHER DIENSTLEISTUNGS GMBH.....	35
2.5.1 <i>Flussbild</i>	35
2.5.2 <i>Anlieferung und Bodensortierung</i>	36
2.5.3 <i>Querstromzerspaner</i>	37
2.5.4 <i>Sieb</i>	37
2.5.5 <i>Magnetabscheider</i>	38
2.5.6 <i>Handsartierung magnetisches Material</i>	38
2.5.7 <i>Handsartierung unmagnetisches Material</i>	39
3 EXPERIMENTE	41

3.1	AUFBAU DER PRAKTISCHEN VERSUCHE	41
3.2	FEINANTEIL.....	43
3.2.1	<i>Probenahme</i>	43
3.2.2	<i>Siebanalyse</i>	44
3.2.3	<i>Magnetscheidung</i>	46
3.3	DURCHLAUF	50
3.3.1	<i>Zerkleinerung</i>	50
	Schneidgeometrie.....	52
	Grobteile	52
3.3.2	<i>Probenahme nach Zerkleinerung</i>	53
3.3.3	<i>Magnetscheidung</i>	54
3.3.4	<i>Wirbelstromscheidung</i>	55
3.3.5	<i>NIR-Sortierung</i>	57
3.3.6	<i>Siebanalyse</i>	59
3.4	ZUSAMMENFASSUNG.....	60
4	ERGEBNISSE	61
4.1	FEINANTEIL.....	61
4.1.1	<i>Bilanzierung</i>	66
4.1.2	<i>Fazit aus der Analyse des Feinanteils</i>	66
	Potentiale.....	66
	Anmerkungen	67
4.2	DURCHLAUF	68
4.2.1	<i>Kunststoffanteil des Durchlaufs</i>	73
4.2.2	<i>Handklaubung der Produkte</i>	77
4.2.3	<i>Bilanzierung des Durchlaufs und dessen Kunststoffanteil</i>	78
	Bilanztafel - technische Sortierung.....	79
	Bilanztafel - händische Klaubung.....	81
4.2.4	<i>Vergleich der Merkmalsklassenanalysen von technischer Sortierung und händischer Klaubung</i>	82
4.2.5	<i>Fazit aus der Analyse des Durchlaufs</i>	82
	Potentiale.....	83
	Anmerkungen	83
4.3	VORSCHLÄGE FÜR EINE ERWEITERUNG DER BESTEHENDEN EAG-AUFBEREITUNGSANLAGE.....	85
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	89
5.1	ZUSAMMENFASSUNG	89
5.2	AUSBLICK.....	91
6	VERZEICHNISSE	93
6.1	LITERATURVERZEICHNIS	93
6.2	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	95
6.3	TABELLENVERZEICHNIS	98

6.4	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	98
7	ANHANG.....	103
7.1	PROBENAHMEBERICHTE.....	103
7.1.1	<i>Feinanteil</i>	103
7.1.2	<i>Durchlauf</i>	105
7.2	ALLGEMEINES	108
7.3	FEINANTEIL	117
7.4	DURCHLAUF	124

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Abfälle müssen im Sinne eines sorgsamem Umgangs mit unseren Rohstoffen wieder als Sekundärstoffe in den Wirtschaftskreislauf rückgeführt werden. Generell wurden Abfälle über einen langen Zeitraum hinweg in unterschiedlichster Weise deponiert, obwohl diese Wertstoffe und Bauteile enthalten, die für eine weitere Verwendung insbesondere als Ausgangsmaterial für die Sekundärrohstoffindustrie geeignet sind. Daher besitzen Abfälle einen sogenannten Restwert, welcher das Motiv für vielfältige Recyclingaktivitäten darstellt. Das primäre Ziel bei der Aufbereitung von Reststoffen ist die möglichst vollständige Rückgewinnung von darin enthaltenen Wertstoffen, welche als Sekundärrohstoffe wieder im Produktionszyklus von Halb- und Fertigfabrikaten eingesetzt werden können. Beispiele hierfür sind das Altpapier- und Eisenschrottreycling, sowie die Elektro(nik)-Industrie.

Gerade der stark ansteigende Bedarf an Haushaltsgeräten mit elektrischen und elektronischen Bauteilen und auch die ständig steigende Ausstattung von Industrie und Haushalt mit Geräten zum Messen, Steuern und Überwachen mit Hilfe von Informationstechnik, sowie der breite Einsatz von Unterhaltungselektronik, führt zu einer höheren Anzahl an defekten und ausgemusterten Bauteilen und Geräten. Durch schnelle Produktzyklen, technische Innovation, sowie einer aggressiven Marktexpansion der Elektro- und Elektronikbranche wird ein Austauschprozess der Produkte beschleunigt und damit die Zunahme der Elektro- und Elektronikaltgeräte gefördert. Diese Altgeräte präsentieren sich in einer hohen Typenvielfalt und komplexen Mischungen an verbauten Werkstoffen und Bauteilen. Ebenso stellen diese Geräte, mit ihren Größenunterschieden zwischen Mobiltelefon und Klimaanlage, komplexe Gebilde dar, welche eine hohe Bandbreite an aufbereitungstechnischen Verfahren zur Wertstoffentfrachtung erfordern [1] [2].

Diese Altgeräte stellen einerseits ein umweltbelastendes Schadstoffpotential dar und beinhalten andererseits ein beachtenswertes Wertstoffpotential an Metallen und Kunststoffen [3].

Es zeigt sich, dass eine erhebliche Veranlassung zur Verwertung und Sammlung dieser Altgeräte besteht, welche unter der Einwirkung der einschlägigen Gesetzgebung, dem Bundesabfallwirtschaftsplan, sowie Normen und Richtlinien (siehe Abschnitt 2.2 ab Seite 6), ihre Gestaltungsmöglichkeiten finden. Neben Wertstoffen in Elektro- und Elektronikaltgeräten verursachen diese auch erhebliche Umweltprobleme bei ihrer Verwertung und Entsorgung. Der Anfall an Elektro(nik)-Schrott wird in Österreich auf etwa 72.600 t¹, in der Bundesrepublik Deutschland auf etwa zwei Mio.² Tonnen geschätzt; weltweit wird mit einem Aufkommen von etwa 40 Mio. t gerechnet [1] [3] [2] [4].

¹ Tonnen

² Millionen

Bei den eben beschriebenen Anfallmengen ist, Schätzungen zufolge, mit jährlichen Zuwachsraten von 3 - 5 % zu rechnen. Der Wertstoffentfrachtung von Elektro- und Elektronikgeräten kommt daher eine stetig steigende wirtschaftliche Bedeutung zu [2].

Die Arbeit trägt den Titel „Aufbereitungstechnische Untersuchungen zu Optimierungs- und Erweiterungspotentialen einer Aufbereitungsanlage für Elektronik- und Elektroaltgeräte“. Auf Basis einer sorgfältigen Erhebung der rechtlichen Rahmenbedingungen und des Standes der Technik wird dabei insbesondere die Aufbereitungsanlage für Elektroaltgeräte der Saubermacher AG am Standort Unterpremstätten einer genauen Evaluierung unterzogen.

Abbildung 1-1 gibt vorab einen vereinfachten Einblick in den gegenwärtigen Aufbereitungsgang. Eine genaue Beschreibung der Anlage, sowie deren Fließschemata finden sich unter Abschnitt 2.5 ab Seite 35.

Die Aufgabe wird nach händischem Klauben (Bodensortierung) einer Zerkleinerung durch einen Qz¹ zugeführt um anschließend in einem Klassierschritt bei 12 mm² abgeseibt zu werden. Die anschließende Sortierung durch Magnetscheidung trennt den Stoffstrom in ein unmagnetisches sowie magnetisches Produkt. Beide Produkte werden durch manuelle Sortierung von Wertstoffen entfrachtet. Der Rückstand der händischen Sortierung des UMP(Durchlauf) wird im Rahmen dieser Arbeit, neben dem Durchgang des Siebes (Feinanteil), auf Wertstoff und Optimierungspotential hin untersucht. Im Zuge der Erhebung des Ist-Zustandes dieser Aufbereitungsanlage und einer sorgfältigen Charakterisierung der Stoffströme mittels Merkmalsklassenanalyse wurde rasch klar, dass die Stoffströme

- Durchlauf und
- Feinanteil

ein erhebliches, aber bisher ungenutztes Wertstoffpotential enthalten.

Orientierende aufbereitungstechnische Untersuchungen im Labor- und Technikumsmaßstab sollen dazu genutzt werden aufbereitungstechnische Lösungen für eine optimierte Anreicherung von Wertstoffen aus den Restfraktionen (Durchlauf und Feinanteil)

¹ Querstromzersetzer

² Millimeter

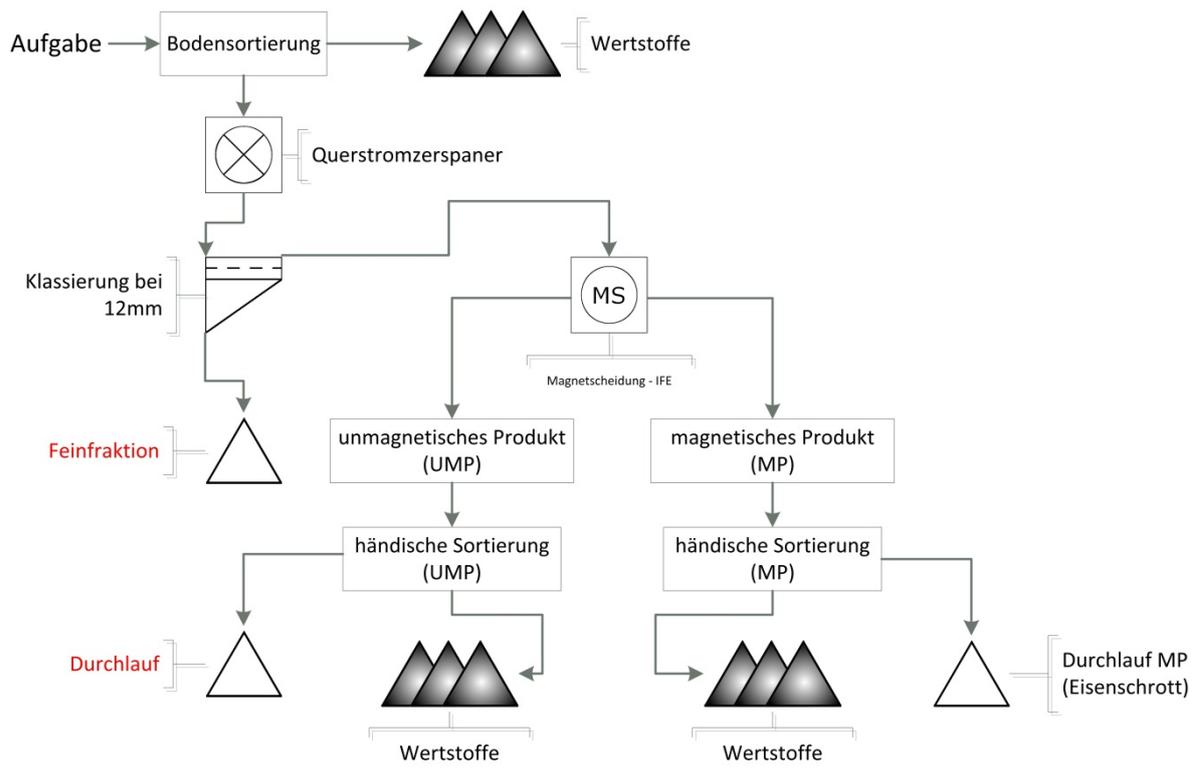


Abbildung 1-1: Vereinfachtes Fließbild der bestehenden Anlage

2 Grundlagenteil

2.1 Allgemeines

Mit dem Kapitel 2 soll, ausgehend von den Einflüssen der geltenden gesetzlichen Rahmenbedingungen und Normen, auf die Wertstoff- und Schadstoffpotentiale von EAG¹ eingegangen werden. Weiters wird auf die Sammlung und Behandlung nach dem Stand der Technik und auf die Klassifizierung der wichtigsten Wertstoffe im Bereich

- Metallschrott mit den Unterpunkten
 - Stahlschrott,
 - Kupferschrott, sowie
 - Aluminiumschrott
- und Kunststoffe

eingegangen.

Die Klassifizierung beinhaltet neben der Zusammenfassung der einschlägigen Normen und Richtlinien (VDI 4085², „Klassifizierung des Metallhandels“ und „Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe“) auch die physikalischen Eigenschaften und die Preisentwicklungen der relevanten Stoffe einer Elektro- und Elektronikaltgeräteaufbereitung. Ebenso wird die bestehende Anlage mittels Fließschemata durch Eingangs- und Ausgangsströme, sowie den eingesetzten Apparaten ab Seite 35 dargestellt.

¹ Elektroaltgeräte

² VDI-Richtlinie 4085: Planung, Errichtung und Betrieb von Schrottplätzen

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

2.2.1 EU-Richtlinien

Der Harmonisierungsbedarf für eine einheitliche, europäische Lösung der unionsübergreifenden Elektro(nik)-Problematik führte zur Richtlinie „2002/96/EG¹“, bekannt auch unter der Kurzbezeichnung WEEE². Diese regelt sowohl die zu unterscheidenden Produktgruppen, als auch deren Kennzeichnungspflicht. Weiters werden Quoten für das Recyclieren von Elektronikschrott in der Höhe von vier $\frac{kg}{Einwohner}$ festgeschrieben. Ebenso wird die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen- und elektronischen Geräten durch die Richtlinie „2002/95/EG³“ mit der Kurzbezeichnung RoHS⁴ verboten, beziehungsweise eine Reduzierung auf festgelegte Grenzwerte (durch die Festlegung von ω_{Stoff} ⁵) verlangt. Dies geschieht aufgrund des stetig steigenden Anteils an Wegwerfelektronik, und dem damit verbundenen erhöhten Einsatz von umweltrelevanten Stoffen, wodurch

- die bleifreie Verlotung elektronischer Bauteile,
- der Einsatz giftiger Flammhemmer,
- und die Verwendung von Substanzen, wie
 - Blei,
 - Quecksilber,
 - sechswertiges Chrom,
 - polybromierte Biphenyle oder
 - polybromierte Diphenylether

verhindert werden soll. Die Auswirkungen der in nationalen Gesetzen umzusetzenden Richtlinien werden für das Land Österreich unter dem Punkt 2.2.2 dargelegt [5] [2] [1].

¹ Richtlinie 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte

² Waste Electrical and Electronic Equipment Directive

³ Richtlinie 2002/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten

⁴ Restriction of (the use of certain) hazardous substances

⁵ Gewichtsprozent

Sammel- und Behandlungskategorien	Gerätekatgorien gemäß Anhang 1	Verwertungsziele des durchschnittlichen Gewichts je Gerät		Mengenschwellen in kg für die Meldung eines Abholbedarfs
		Verwertungsquote in %	Quote der Wiederverwendung und der stofflichen Verwertung für Bauteile, Werkstoffe und Substanzen in %	
Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte	IT&T-Geräte – Monitore (Kathodenstrahlröhre, LCD- und Plasmamonitore)	75	65	1.500
	Unterhaltungselektronik – Fernsehgeräte (Kathodenstrahlröhren, LCD- und Plasmamonitore)	75	65	
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente – Monitore	70	50	
Elektrokleingeräte*	Haushaltskleingeräte	87	73	1.500
	IT&T-Geräte (exkl. Bildschirmgeräte)	75	65	
	Unterhaltungselektronik (exkl. Bildschirmgeräte)	75	65	
	Beleuchtungskörper – klein (exkl. Gasentladungslampen)	70	50	
	Elektrische- und elektronische Werkzeuge – klein	70	50	
	Spiel-, Sport- und Freizeitgeräte – klein	70	50	
	Medizinische Geräte – klein	/	/	
	Überwachungs- und Kontrollinstrumente – klein	70	50	
*Als „große Geräte“ werden Geräte angesehen, deren größte Kantenlänge größer oder gleich 50 cm ist, als „kleine Geräte“ solche, deren größte Kantenlänge kleiner als 50 cm ist.				

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der Verwertungsquoten für Elektroaltgeräte [5] [2]

Ergänzend zu den oben genannten Punkten schreiben die Richtlinien weiters fest:

- Grundsätzlich unterliegen alle elektrischen- und elektronischen Altgeräte der Richtlinie. Nur einzelne, hauptsächlich im Gewerbe eingesetzte Produktgruppen können, um zu verhindern, dass diese in die gleichen Sammel- und Finanzierungsschienen wie Geräte für den privaten Haushalt gelangen, einer Ausnahmeregelung unterworfen sein.
- Es müssen Möglichkeiten zur kostenlosen Rückgabe von Altgeräten aus privaten Haushalten geschaffen werden.
- Die „1:1-Regelung“ verpflichtet den Einzelhandel, bei Neukauf eines Gerätes, ein Produkt aus derselben Gruppe (Gruppeneinteilung siehe 2.2.2) unentgeltlich zurückzunehmen.
- Sowohl Hersteller, als auch Importeure sind für die Verwertung und Behandlung der Altgeräte verantwortlich und dadurch auch für deren umweltgefährdende Bau- und Bestandteile.
- Festgelegte Verwertungsquoten (siehe Tabelle 2-1) sind einzuhalten.

- Die Verlagerung der Kosten für Transport, Sammlung und umweltgerechte Verwertung von Haushaltsgeräten soll den Herstellern bzw. Importeuren auferlegt werden. Dieser Prozess wird „Produzentenverantwortung“ genannt. Für die Behandlung von Geräten für den gewerblichen oder industriellen Bereich liegt die Verantwortung ebenso beim Hersteller; dieser kann sich aber über Vereinbarungen davon entpflichten.
- Ergänzend zu den genannten Folgerungen der Richtlinien fallen Kennzeichnungs-, sowie Informations- und Berichtspflichten an [5] [2].

2.2.2 Die Umsetzung der EU-Richtlinien in Österreich

Die grundlegende Umsetzung der Richtlinien „2002/96/EG“ sowie „2002/95/EG“ geschah durch Einarbeitung dieser Gesetzestexte in das AWG¹, als auch der Abfallbehandlungspflichtenverordnung, welche auf die Schadstoffentfrachtung für Elektro- und Elektronik-Altgeräte eingeht. Durch die Umsetzung der EAV² wurden der europäischen Gesetzgebung, durch Schaffung einer EAG-Koordinierungsstelle (Austria Control GmbH), Rechnung getragen. Diese nimmt folgende Aufgaben wahr:

- Die Koordination für die Abholung der Altgeräte von den Sammelstellen,
- die Öffentlichkeitsarbeit,
- die Abgeltung von etwaig anfallenden Infrastrukturkosten, und
- die Abwicklung der gesetzlich vorgeschriebenen Berichtslegungen an die europäische Kommission, sowie das BMLFUW³ [2].

Aus Gründen der Praktikabilität, Kontrollierbarkeit, Kostenwahrheit und -effizienz, sowie Systemgerechtigkeit wurde ein System mit geteilter Verantwortung zwischen kommunaler Sammlung und Verantwortung der Hersteller angestrebt. Dabei wurde nach Möglichkeit auf das Parallelhalten von Güter- und Finanzströmen geachtet [2] .

Die in Österreich umgesetzten EU-Richtlinien haben sich als akzeptiertes und in weiten Teilen als gut funktionierendes System etabliert, welches im europäischen Vergleich als kostengünstig und konsumentenfreundlich angesehen wird. Seit Einführung der EAV im Jahre 2005 wurden bis Ende 2010 in den österreichischen Haushalten etwa 350.000 t gesammelt und an Behandlungsbetriebe weitergegeben. Dadurch konnten Wertstoffe, wie

- Eisen in Höhe von 119.000 t,
- Kupfer in Höhe von 38.500 t und
- Aluminium in Höhe von 17.500 t

der Aufbereitung von Sekundärrohstoffen zugeführt werden [2] [6].

¹ Abfallwirtschaftsgesetz

² Elektroaltgeräteverordnung

³ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

In Österreich erfolgt auf die Zuordnung von Elektro(nik)-Geräten auf Grundlage der EAV in folgenden zehn Gruppen [2]:

- *[Haushalts-Großgeräte]* z.B.: Waschmaschinen, Geschirrspüler, Herde, Wärme- und Kältemaschinen
- *[Haushalts-Kleingeräte]* z.B.: Staubsauger, Bügeleisen, Waagen, Toaster, Fritteusen, Werkzeuge
- *[IT¹- und Telekommunikationsgeräte]* z.B.: Bildschirme, PCs, Tastaturen, Drucker, Faxgeräte, Kopierer, Telefone, Notebooks
- *[Geräte der Unterhaltungselektronik]* z.B.: TV-Geräte, Video-Geräte, Kameras, HiFi-Geräte, Musikinstrumente
- *[Beleuchtungskörper]* z.B.: Gasentladungslampen, Leuchtstofflampen
- *[Elektrische- und elektronische Werkzeuge]* z.B.: Sägen, Bohrer, Rasenmäher, Maschinen zur Bearbeitung von Holz und Metall (Ausnahme: ortsfeste, industrielle Großwerkzeuge)
- *[Spielzeug, Sport- und Freizeitgeräte]* z.B.: Videospielekonsolen, Hometrainer, Spielzeugeisenbahnen
- *[Medizinische Geräte]* z.B.: Dialysegeräte, Beatmungsgeräte, Analysegeräte, Geräte für Strahlentherapie (Ausnahme: alle implantierten- und infizierten Produkte)
- *[Überwachungs- und Kontrollinstrumente]* z.B.: Heizregler, Thermostate
- *[Automatische Ausgabegeräte]* z.B.: Geldautomaten, Getränkeautomaten, Fahrkartenautomaten

¹ Informationstechnik

2.3 Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten

2.3.1 Definition und Herkunft

Als Elektro- und Elektronikgeräte werden Apparate bezeichnet, welche für ihren Betrieb auf elektrische Ströme oder elektromagnetische Felder angewiesen sind, oder zur Übertragung, Erzeugung oder Messung dieser dienen. Als Elektro(nik)-Altgeräte werden solche bezeichnet, welche einer Abfalldefinition genügen. In Österreich fallen all jene darunter, welche im Sinne von § 2 des AWG als Abfall in privaten Haushalten, der Verwaltung, Betrieben und der Industrie anfallen und zum Zeitpunkt der Entledigung Bauteile, Untergruppen, Verbrauchsmaterialien von intakten Elektro- und Elektronikgeräten sind. Dabei wird ein breites Spektrum angesprochen, welche bis zu 1.000 verschiedene Stoffe beinhalten können und durch die Gerätearten (siehe Gruppeneaufzählung in Abschnitt 2.2.2 stark variieren. Forschungen aus verschiedenen Bereichen zeigen, dass sich Elektro(nik)-Altgeräte durchschnittlich aus

- Eisen und Eisenverbunden mit 60 - 65 %,
- Kunststoffen mit 23 - 26 %, sowie
- Nichteisenmetallen mit etwa 12,5 %

zusammensetzen. Die restlichen Anteile entfallen auf Stoffe wie Holz, Glas und Kabel. Kleingeräte zeigen dabei mit einem Schadstoffanteil von 2 - 2,5 % eine deutlich stärkere Belastung als Großgeräte, bei welchen mit einer Schadstoffbelastung unter 1 % zu rechnen ist. Ausgenommen davon sind Großgeräte, wie Bildschirme und Kühlschränke, bei denen mit einer Schadstoffbelastung von bis zu 16 % zu rechnen ist. Mit dem Inkrafttreten der unter Punkt 2.2 beschriebenen rechtlichen Rahmenbedingungen, wie der verpflichteten Sammlung, der kostenlosen Rücknahmepflicht durch Gemeinden, dem Einzelhandel und auch Industrie, konnten die pro Kopf gesammelten Mengen in den letzten Jahren kontinuierlich gesteigert werden. Die Tabelle 2-2 zeigt diesen Zusammenhang für die Erfassung gemäß Meldepflicht der Jahre 2004 bis 2009 für folgende EDM¹-Geräteklassen:

- Großgeräte
- Kühl- und Gefriergeräte
- Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte
- Elektrokleingeräte
- Lampen

¹ Elektronisches Datenmanagement des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Kategorie	Mengenangaben in [t]				
	2004	2006	2007	2008	2009
Jahr					
Großgeräte	23.000	17.766	16.337	16.530	20.526
Kühl- und Gefriergeräte	9.000	15.882	13.914	14.290	14.761
Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte	7.500	13.361	16.052	16.390	19.019
Elektrokleingeräte	8.500	14.614	17.252	17.330	20.393
Lampen	1.000	1.004	971	920	863
Summe	49.000	62.627	64.526	65.460	75.562
Sammelmenge pro Einwohner in [kg]	6,02	7,59	7,79	7,87	9,04

Tabelle 2-2: Sammelmengen von Elektro(nik)-Altgeräten in Österreich 2004-2009 [2] [7] [8]

Gemäß den geltenden Vorschriften der Europäischen Union hatten ihre Mitglieder die Verpflichtung, eine Sammelmasse von vier $\frac{kg}{Einwohner}$ zu erreichen. Dieser Wert wurde in Österreich mit etwa neun $\frac{kg}{Einwohner}$ deutlich überschritten. Wie in Tabelle 2-3 aufgezeigt, liegt die Menge an der in Österreich in Verkehr gesetzten Elektro(nik)-Geräten bei etwa 160.000 t. Bedingt durch die Verwendungs- und Lebensdauer eines Gerätes kann zum Zeitpunkt der Erzeugung kein Rückschluss auf die zu erwartende Menge welche in den Recyclingprozess zurückgeführt werden gezogen werden. Neben Geräten, die dem Wirtschaftskreislauf längerfristig entzogen werden (z.B.: Lagerung von Privatpersonen in Kellern oder auf Dachböden), fließen eine Vielzahl an Möglichkeiten für das Auseinanderklaffen von Produktion und Sammlungsmengen ein. Ähnlich wie in der BRD¹ ist in Österreich der Verbleib von EAG zu etwa 35 - 45 % unklar [1] [2] [9] [10].

Es ist anzunehmen, dass ein Teil der Elektroaltgeräte nicht über registrierte Sammelstellen erfasst wird [2].

Mögliche Ursachen sind:

- *[Alteisensammlungen]* Elektrogeräte mit einem hohen Anteil an Eisen und Eisenverbundstoffen (z.B.: Trockner oder Waschmaschinen) werden bei Sperrmüllsammlungen mitgenommen und damit nicht registriert.
- *[Exporte]* Geräte mit einem besonders hohen Metallanteil werden in Form von nicht genehmigten, organisierten Sammlungen in Nachbarländer² verbracht.
- *[Verkauf ins Ausland]* Funktionsfähige Geräte werden in das Ausland verkauft und dort weiter genutzt (z.B.: Bildschirmgeräte)
- *[Restmüll]* Elektro(nik)-Altgeräte, welche über den Restmüll entsorgt werden, sind mit etwa 1 % der anfallenden Masse zu beziffern.

Als wesentliche Bestandteile von elektrischen- oder elektronischen Geräten sind

- gedruckte/bestückte Leiterplatten und Drähte,

¹ Bundesrepublik Deutschland

² insbesondere jene des ehemaligen Ostblocks

- flammenschutzmittelhaltige Kunststoffe,
- Quecksilberschalter und -unterbrecher,
- Kathodenstrahlröhren und Flüssigkeitskristallanzeigen,
- Akkumulatoren und Batterien, sowie
- Kondensatoren, Widerstände und Relais, Sensoren und Steckverbindungen

zu nennen. Deren Wertstoff- sowie Schadstoffpotential wird im nachfolgendem Abschnitt 2.3.2 erörtert [2] [1] [6].

Kategorie	Mengenangaben in [t]		
	Geräte für Haushalte	Geräte für Gewerbe	Summe
Jahr 2009			
Großgeräte	67.152	3.231	70.383
Kühl- und Gefriergeräte	21.828	819	22.647
Bildschirmgeräte einschließlich Bildröhrengeräte	19.255	61	19.316
Elektrokleingeräte	43.960	2.100	46.060
Lampen	1.553	36	1.589
Summe	153.748	6.247	159.995

Tabelle 2-3: In Verkehr gesetzte Elektro(nik)-Geräte in Österreich 2009 [2]

2.3.2 Schadstoff- und Wertstoffpotentiale

Mit Hilfe von Tabelle 2-4 wird ein Überblick über Wert- und Schadstoffe in ausgewählten EAG-Gerätetypen gegeben.

- Wertstoffe werden unterteilt in:
 - Metalle: Fe¹, Al², Cu³, EM⁴ und
 - Kunststoffe: ABS⁵, PP⁶ sowie
- Schadstoffe werden durch die relevanten Komponenten unterteilt in:
 - Batterien
 - Leiterplatten

Ein hoher Inhalt wird durch die Darstellung von zwei Punkten, ein normaler Inhalt durch einen Punkt, ein irrelevanter Inhalt durch keinen Punkt, dargestellt. Edelmetalle (EM) finden sich vor allem in Geräten aus der Gruppe „IT-Technik“, bei der ebenso mit hohen Inhalten der Schadstoffe zu rechnen ist. Kupfer wird durch Geräte mit Motoren (Spulenwicklungen) eingebracht, Aluminium durch Kleingeräte, deren Funktion meist das Erhitzen von Wasser ist.

¹ Ferrum - Eisen

² Aluminium

³ Cuprum - Kupfer

⁴ Edelmetalle

⁵ Acrylnitril-Butadien-Styrol

⁶ Polypropylen

Gerätegruppe	Gerätetyp	Wertstoffe						Schadstoffe durch	
		Metalle				Kunststoffe		Batterie	Leiterplatte
		Fe	Al	Cu	Em	ABS	PP		
Kleingeräte mit Kunststoff	Bügeleisen		••				•		
	Kaffeemaschine		•				••		
	Wasserkocher	•	•				••		
Kleingeräte mit Motor	Föhn	•		•		•			
	Hanfmixer	•		••		•			
	Rasierer	•		•			•	•	•
	Staubsauger	•		••		••		•	
Werkzeug	Bohrmaschine	•		••			•		
IT-Technik	Laptop				••	•		••	••
	Handy				••	•		••	•
	PC	••			••	•		•	••
	Telefon				•	••		•	••
Unterhaltungselektronik	Radio				•	••		•	••

Tabelle 2-4: Wert- und Schadstoffe in ausgewählten EAG-Gerätetypen [11]

Wertstoffpotentiale

- [Stahl] zu finden in Gehäuseteilen von Waschmaschinen, Kühlschränken und Elektrowerkzeugen
- [Kupfer] aus Motoren, Trafos, Spulen und Kabeln
- [Aluminium] in Chassis und Kühlelementen
- [Edelmetalle] in Kontakten, Bonddrähten oder Batterien
- [Zinn, Blei, Silber und Wismut] in Loten
- [Zink, Nickel, Kobalt und Mangan] in Batterien
- [Zink] in Leuchtschichten
- [seltene Metalle/Halbmalle] in Kondensatoren, LCD-Bildschirmen, Festplattenlaufwerken und Widerständen
- [seltene Erden] in Leuchtstoffen und Batterien
- [Kunststoffe] in Gehäusen und Formteilen

Schadstoffpotentiale

- [PCB¹] zu finden in Kondensatoren und Transformatoren
- [PBDE²] in Flammschutzmitteln, z.B. in PC-Gehäusen, Platinen und Kabeln
- [Quecksilber] in Schaltern, Leuchtstoffröhren, Batterien und Hintergrundbeleuchtung von LCD-Bildschirmen
- [Blei und Kadmium] in Akkumulatoren, Bildschirmglas und teilweise in Kunststoffen
- [Chromverbindungen]
- [FCKW³] eingesetzt als Kältemittel und als Treibmittel in PUR⁴-Schäumen

¹ Polychlorierte Biphenyle

² Polybromierte Diphenylether

³ Fluorchlorkohlenwasserstoffe

⁴ Polyurethan

Schadstoff- und Wertstoffpotentiale anhand ausgewählter Beispiele

Leiterplatten

Wesentliche Bauteile der elektronischen Geräte, sowie in zunehmendem Maße auch der elektrischen Geräte, sind Leiterplatten und auf ihnen eingesetzte elektronische Bauelemente. Die Platinen werden in der sogenannten „Layer“-Bauweise gefertigt. Dazu wird eine Glasfasermatte in Epoxidharz getränkt, mit Additiven wie Farbpigmenten, Flammschutzmittel und Flexibilisatoren versetzt, und mit einer oder mehreren Kupferschichten, in denen Leiterplatten geätzt wurden, versehen. Diese Leiterplatten dienen als Verbindungswege von elektronischen Bauteilen¹, welche mit Hilfe von Lotmaterialien in Verbindung gehalten werden. Ebenso kommen keramische Werkstoffe und Halbleiterwerkstoffe zum Einsatz, die in Spuren mit weiteren Elementen dotiert werden. Die Zusammensetzung von Leiterplatten kann mit folgenden Teilbereichen beschrieben werden:

- Basismaterial mit etwa 23 %
- Halbleiterbauelemente mit etwa 33 %
- Kondensatoren mit etwa 24 %
- Widerstände mit etwa 12 %
- Sonstiges mit etwa 8 %

Die große Anzahl an eingesetzten Werkstoffen und Bauteilen, sowie die starke Miniaturisierung, stellen sich als erschwerende Bedingungen für die Aufbereitung von Leiterplatten dar [1] [3] [12].

Flammgeschützte Kunststoffe

Flammgeschützte Kunststoffe werden in vielen elektrischen Geräten (Fernseher, Toaster) mit potentiellen Zündquellen eingesetzt und sollen Brände verhindern. Sie dienen damit der Betriebssicherheit. Inzwischen verbotene Stoffe (siehe Abschnitt 2.2) auf Brombasis finden sich speziell in den Kunststoffen PBB² und PBDE. Flammhemmer werden aber auch in Kunststoffen, wie ABS, PP und PS³, eingesetzt. Die Aufgabe, diese Kunststoffe in sortenreine Fraktionen zu trennen, wird durch die Veränderung des Dichtespektrums bei der Zugabe von Flammhemmer erschwert. Mit Abbildung 2-1 werden Dichtespektren der Kunststoffe ABS, PP und PS mit verschiedenen Gehalten an Brom dargestellt. Die daraus erkennbaren Überlappungen zeigen, dass die Sortierung von Mischkunststoffen aus EAG-Altgeräten über das Merkmal „Dichte“ schwer realisierbar ist.

¹ Kondensatoren, Relais, Widerstände

² Polybromierte Biphenyle

³ Polystyrol

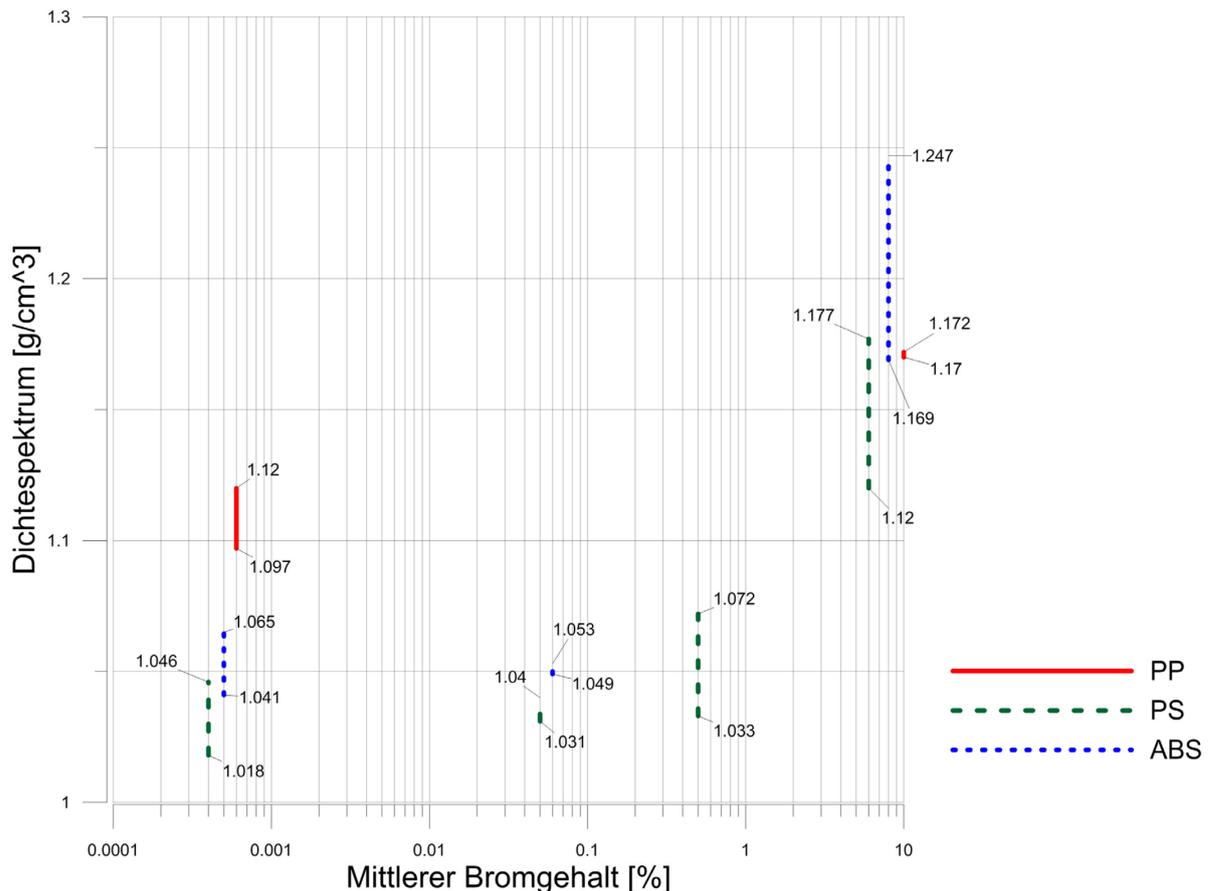


Abbildung 2-1: Dichtespektrum von Kunststoffen mit Flammschutzmitteln [13]

Derzeit werden durch verschiedenste Projekte die Verbesserungsmöglichkeiten zur Identifikation und Sortierung von Kunststoffen mit Flammschutzmitteln untersucht. Bis dahin bleibt die Verbrennung mit anschließender Abgasreinigung der Stand der Technik bei der Verwertung von KSF¹ [13].

2.3.3 Sammlung und Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten in Österreich

Nach EAG-VO², sowie AWG wurde die Sammelverpflichtung für Elektro(nik)-Altgeräte den Gemeinden übertragen. Die gesetzliche Verpflichtung schreibt vor, eine „Zug-um-Zug“-Rücknahme für EAG einzurichten. Dies wird über Abfall-Sammelzentren, die stationären und mobilen Problemstoff-Sammelzentren oder mittels Entpflichtung über den Letztvertreiber³ realisiert. Tabelle 2-5 zeigt eine Auflistung der genehmigten Sammel- und Verwertungssysteme für Elektroaltgeräte in Österreich. Diese übernehmen die Aufgabe, die Abholung in den jeweiligen Gemeindesammelstellen zu organisieren. Ebenso müssen sie die nachvollziehbare Behandlung gemäß der Abfallbehandlungspflichtenverordnung

¹ Kunststoff(e) mit Flammschutzmitteln

² Verordnung über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen- und elektronischen Altgeräten

³ Einzelhandel

sicherstellen und diese entsprechend der zu erfüllenden Verwertungsquoten (siehe Tabelle 2-1 auf Seite 7) nachweisen [2].

Systembetreiber	Kategorie	Sachlicher Tätigkeitsbereich
ERA Elektro Recycling Austria GmbH	Alle	Sammlung und Verwertung von haushaltsnah und gewerblich anfallenden Elektroaltgeräten
UFH Elektroaltgeräte System Betreiber GmbH	Alle, außer Gasentladungslampen	Sammlung und Verwertung von haushaltsnah und gewerblich anfallenden Elektroaltgeräten, außer Gasentladungslampen
UFH Altlampen Systembetreiber GmbH	Gasentladungslampen	Sammlung und Verwertung von haushaltsnah und gewerblich anfallenden Gasentladungslampen
EVA Erfassen und Verwerten von Altstoffen GmbH	Alle	Sammlung und Verwertung von haushaltsnah anfallenden Elektroaltgeräten
European Recycling Platform (ERP) Österreich GmbH	Alle	Sammlung und Verwertung von haushaltsnah anfallenden Elektroaltgeräten

Tabelle 2-5: Genehmigte Sammel- und Verwertungssysteme für Elektroaltgeräte in Österreich [2]

Behandlung nach dem Stand der Technik

Für die Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten stehen in Österreich etwa 40 Anlagen zur Verfügung. Dabei ist die Behandlung der Altgeräte aufgrund ihrer hohen Fertigungskomplexität und dem Einsatz von Verbundstoffen aufwendig und kompliziert. Als zentrale Forderung des Gesetzgebers steht dabei die Schadstoffentfrachtung im Mittelpunkt des Interesses, während die verarbeitenden Betriebe an einer hohen Wertstoffausbeute interessiert sind. Die Anlagen zur Behandlung von EAG gliedern sich in verschiedene Bereiche:

- *[Erstbehandlung von Bildschirmgeräten]* 15 der 40 Anlagen sind für diesen Verwendungszweck errichtet, wobei sechs dazu in der Lage sind, zusätzlich Bildröhren mittels Heizdrahtverfahren aufzubereiten. Die Kapazitäten dieser Anlagen liegen bei etwa $14.000 \frac{t}{a^1}$.
- *[Kühl- und Gefriergeräte]* werden in vier Anlagen verarbeitet, wobei zwei die komplette Behandlung von der Entleerung des Kältemittels, über die Behandlung des Isoliermaterials und der Aufbereitung des Restmaterials übernehmen können. Die Kapazitäten werden auf $30.000 \frac{t}{a}$ geschätzt.
- *[Gasentladungslampen]* werden ausschließlich in zwei Behandlungsanlagen mit einem Durchsatz von $1.000 \frac{t}{a}$ nach dem „Kapp-Trenn-Verfahren“ bzw. dem „Glasbruch-Waschverfahren“ behandelt.
- *[Elektrokleingeräte]* werden in 20 Anlagen händisch aufbereitet und entfrachtet, um danach in sechs Schredder-Anlagen verarbeitet zu werden. In Summe weist diese Kategorie einen Durchsatz von maximal $70.000 \frac{t}{a}$ auf, was von der Anzahl der eingesetzten Mitarbeiter abhängig ist.

¹ annum

- [Großgeräte] werden in etwa einem Drittel der Elektrokleingeräteanlagen mechanisch aufbereitet und entfrachtet.

Für die Qualitätssicherung bei der Aufbereitung von Elektro(nik)-Altgeräten wurden die Normen

- [ÖNORM S 2106] Verwertung und Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten
- [ÖNORM S 2107] Anforderungen an Sammel- und Behandlungsbetriebe für Elektro- und Elektronikgeräte

geschaffen. Diese Vorgaben ermöglichen dem Gesetzgeber, durch die zuständigen Behörden die Einhaltung der einschlägigen Gesetze und Bestimmungen zu kontrollieren und schaffen desgleichen Rechtssicherheit für die involvierten Betriebe. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft schuf überdies einen Leitfaden für die Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten [2].

Da im Rahmen dieser Arbeit eine Anlage für die Aufbereitung von Elektro(nik)-Kleingeräten untersucht wird, umfassen die nachfolgend vorgestellten Aufbereitungskonzepte jene EAG-Gruppe. Der Stand der Technik umfasst derzeit ein als „Standardverfahren für Elektro(nik)-Altgeräte“ bekanntes Verfahren, das durch die Schritte

- Demontage,
- Aufschlusszerkleinerung und
- Sortierung

gekennzeichnet ist. Der Demontage¹ vorgeschaltet ist immer eine Erfassung und Wägung des Eingangsmaterials. Ebenso erfolgt eine Abtrennung von Gasen und Flüssigkeiten. Das Ziel der Demontage ist die Gewinnung von wiederverwendbaren Bauteilen, sowie eine Schadstoffentfrachtung. Dieser Schritt erfolgt noch überwiegend manuell auf Rollbahnen, Schwenktischen oder Arbeitsbändern mit unterschiedlichen Zerlegungstiefen. Die Aufschlusszerkleinerung mit anschließender Klassierung dient dazu, Stoffströme zu erzeugen, welche eine einfache Sortierung durch aufbereitungstechnische Maßnahmen ermöglicht. Durch die Erfassung der sortierten Fraktionen² endet jedes Verfahren. In die Festlegung der zu erzielenden Produkte eines solchen Aufbereitungsprozesses fließen ökonomische und technische Überlegungen ein, welche die notwendigen Verfahrensschritte in den einzelnen Stufen festlegen. Die Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3 zeigen aktuell eingesetzte Verschaltungen für die Aufbereitung von Elektrokleingeräten. Beide Aufbereitungsverfahren verfolgen den zuvor beschriebenen Ansatz des „Standardverfahrens“. Das bei der Fa. METRAN verwirklichte Aufbereitungsverfahren (Abbildung 2-2) verfolgt dabei den Einsatz einer Schwimm-Sink-Anlage, um den Stoffstrom >12 mm zu sortieren, wohingegen das Konzept der Fa. Electroycling auf die Nassaufbereitung verzichtet (Abbildung 2-3).

¹ z.B. von externen Kabeln

² gesetzliche Meldepflicht, um Verwertungsquoten zu bestimmen

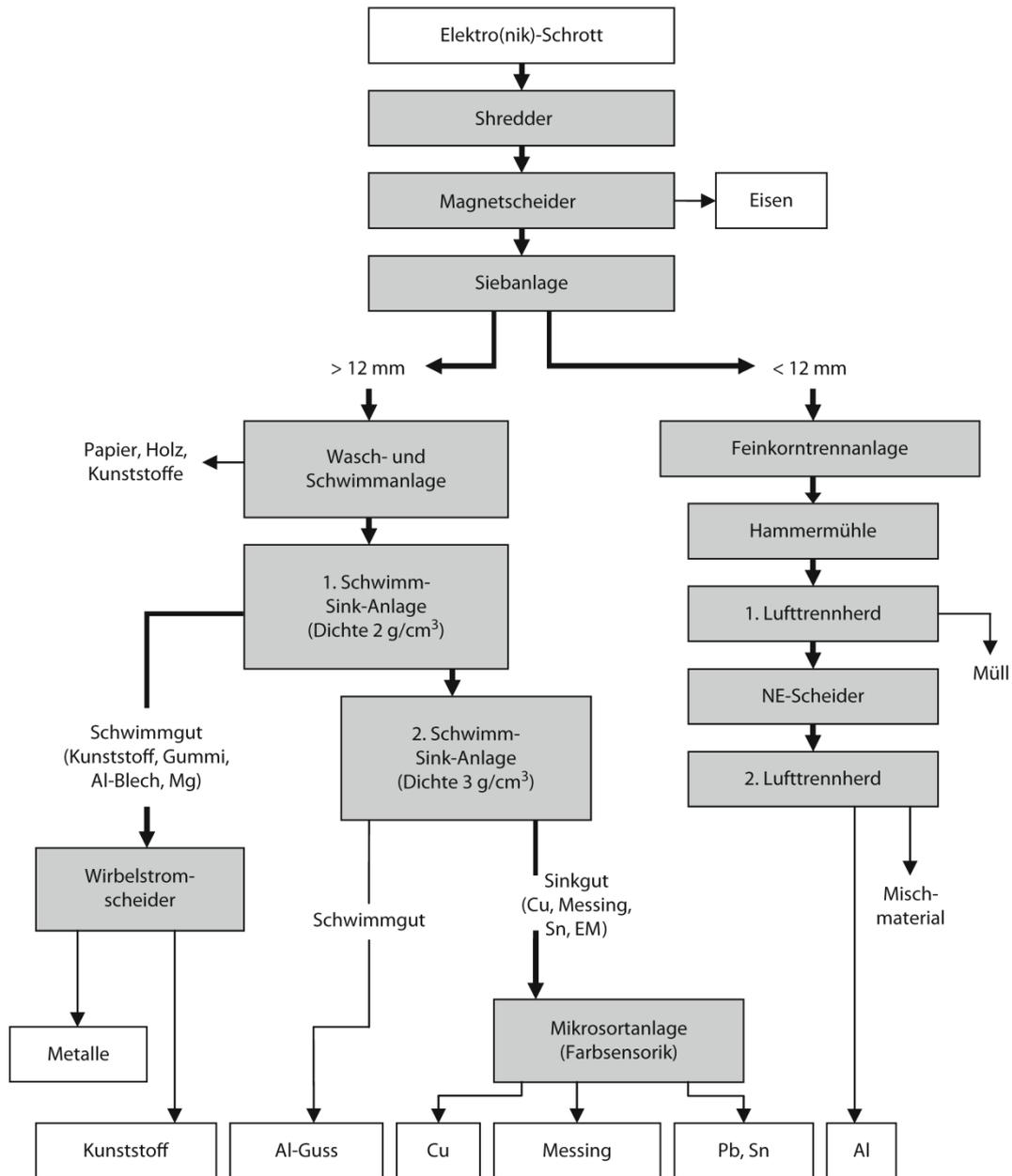


Abbildung 2-2: Verschaltung für die Aufbereitung von Elektrokleingeräte nach Fa. METRAN - Rohstoff-Aufbereitungs-GmbH [14]

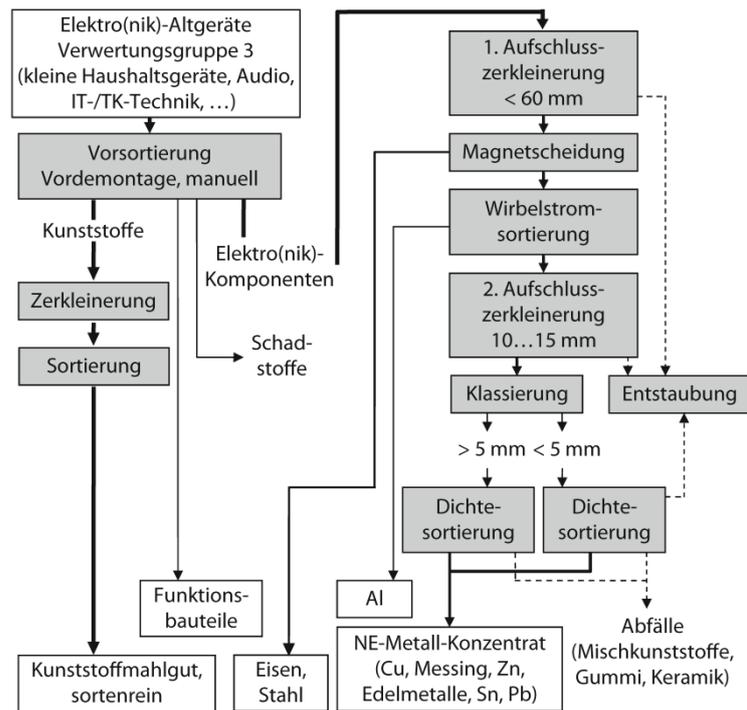


Abbildung 2-3: Verschaltung für die Aufbereitung von Elektrokleingeräten nach Fa. Electrocyling GmbH [15]

2.4 Klassifizierung von Metallen und Kunststoffen

2.4.1 Metallschrotte

Die Richtlinie VDI 4085 unterteilt Metallschrotte in den Bereich Fe-Metalle, also Metalle, deren Basismetall Eisen im Einsatz mit Legierungspartnern, sowie in NE¹-Metalle, also Metalle, deren Basis für Legierungen, Elemente wie Ag², Al, Au³, Cd⁴, Co⁵, Cu, Mg⁶, Pb⁷, Pd⁸, V⁹, W¹⁰ sind. Dabei wird zur besseren Einteilung der Metallschrotte gebildet [16].

Verwendungsbereich	Eingesetzte Metalle
Eisen und Stahl	Fe, Ni, Cr, Mn, W, Mo, V, Co, Nb
Basismetalle	Cu, Pb, Zn, Sn
Leichtmetalle	Al, Mg, Ti, Be
Edelmetalle	Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, O
Elektronik-Metalle	Cd, Hg, Ge, Ga, In, Rh, Se, Te, Si, Tl
Chemie-Metalle	Sb, Bi, Ta, Li, B, Na, K, Ba, As, Cs, Ca, Rb, Sr, Zr, Hf, Fr

Tabelle 2-6: Klassifizierung der Metalle nach dem Verwendungsbereich [16]

Fe- und NE-Schrotte werden bei verschiedensten Marktteilnehmern gesammelt, und in dafür vorgesehenen Aufbereitungsanlagen behandelt. Die Aufbereitung erfolgt grundsätzlich unter der Zielsetzung, die Qualitätsanforderungen der Abnehmer einzuhalten. Die Sortenreinheit eines Schrottes ist dabei ein wesentliches Entscheidungskriterium für den zu erzielenden Verkaufspreis. Unter diesen Qualitätsanforderungen werden zusammengefasste Gruppen verstanden, welche in die folgenden vier Bereiche gegliedert sind [16]:

- [*physikalische Eigenschaften*] z.B.: Abmessungen, Schüttdichte
- [*chemische Eigenschaften*] z.B.: Metallgehalte und Sortenreinheit
- [*sicherheitstechnische Eigenschaften*] z.B.: frei von Explosivstoffen
- [*sonstige Eigenschaften*] z.B.: keine störenden Anhaftungen

Stahlschrott

Die Wahrnehmung des „Abfalls“ Stahlschrott unterlag einer generellen Wandlung hin zu einer Begriffsdefinition als Rohstoff- und Energieträger. Die Industrie verwendet zur

¹ Nichteisen

² Argentum - Silber

³ Aurum - Gold

⁴ Cadmium

⁵ Cobalt

⁶ Magnesium

⁷ Plumbum - Blei

⁸ Palladium

⁹ Vanadium

¹⁰ Wolfram

generellen Klassifizierung von Schrotten vier unterschiedliche Bereiche: Eigenschrott, Neuschrott, Altschrott und Zukaufschrott.

Eigenschrott fällt dabei bei der Erzeugung von Metallen in Hütten selbst an. Bei bekannter Zusammensetzung und in der Regel nicht verunreinigt, steht diese Kategorie zum sofortigen Einsatz in der Hütte wieder zur Verfügung. Daher wird diese Gruppe auch Kreislaufschrott genannt. Hingegen entstehen Neuschrotte durch Erzeugnisse in Industrie und Gewerbe und können somit ebenso kurzfristig wieder bei der Metallerzeugung eingesetzt werden. Beispielhaft seien an dieser Stelle Blech- und Stanzabfälle, Späne oder Fehlchargen aufgeführt. Diese Kategorie an Schrotten benötigt bereits aufbereitungstechnische Maßnahmen, wie Zerkleinerung, Klassierung, Reinigung oder Agglomeration. Als Vorstufe zum Zukaufschrott wird der Altschrott gesehen, der im Wesentlichen nur Schrott, der nach dem Verbrauch bzw. dem Gebrauch eines Produktes gesammelt wird und aus Industrie-, Gewerbe-, Abbruch- und Konsumgüterschrott besteht. Der Zukaufschrott stellt durch die Definitionen der Schrottsortenlisten die aufbereitungstechnischen Anforderungen, um ein für den Einsatz in einer Hütte verwendungsfähiges Produkt herzustellen. Das Hüttenwesen konnte aufgrund von verbesserten Verfahren den Anteil des Eigenschrottes in den letzten Jahrzehnten um mehr als die Hälfte senken. Durch ständige Optimierung von Anlagen und Verfahren ist ein weiterer Rückgang erwartbar. Die Abbildung 2-4 zeigt zum einen die Entwicklung der Stahlproduktion in Tonnen, zum anderen die Rohstahlproduktion und der dazu eingesetzte Schrott, aufgeschlüsselt in Zukaufschrott und Eigenschrott [16] [17].

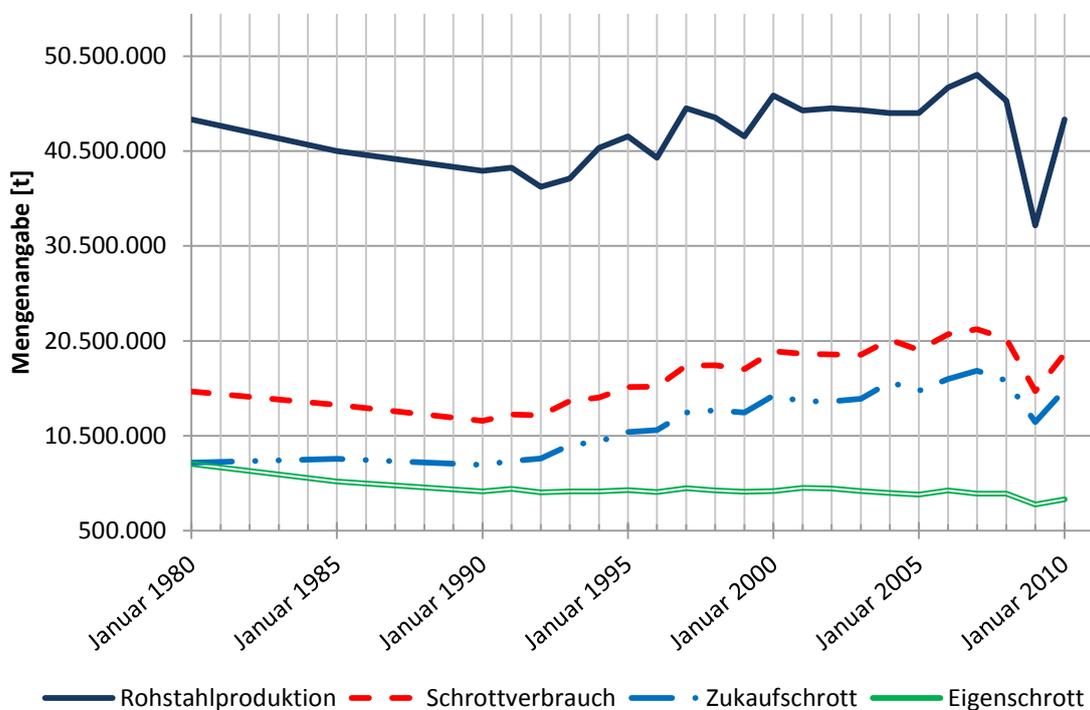


Abbildung 2-4: Stahlproduktion der BRD in Tonnen [17]

Anhand von Abbildung 2-5 werden die Daten aus Abbildung 2-4 in Verhältnisse gesetzt, um zu veranschaulichen, warum die Hüttenindustrie auch in Zukunft vermehrt auf den Ankauf von Schrotten angewiesen sein wird. Zu sehen sind:

- [Der Zukaufschrott bezogen auf den Schrottverbrauch], um die steigende Tendenz der Stahlhütten zum Einkauf von Schrotten aufzuzeigen. - Primärordinate (links)
- [Der Schrottverbrauch bezogen auf die Rohstahlproduktion], um die zunehmende Substitution des flüssigen Roheisens durch Stahlschrotte bei der Stahlproduktion darzulegen. - Primärordinate (links)
- [Der Zukaufschrott bezogen auf den Eigenschrott]¹, um den Ausgleich des abnehmenden Eigenschrottes durch Zukaufschrotte darzustellen. - Sekundärordinate (rechts)

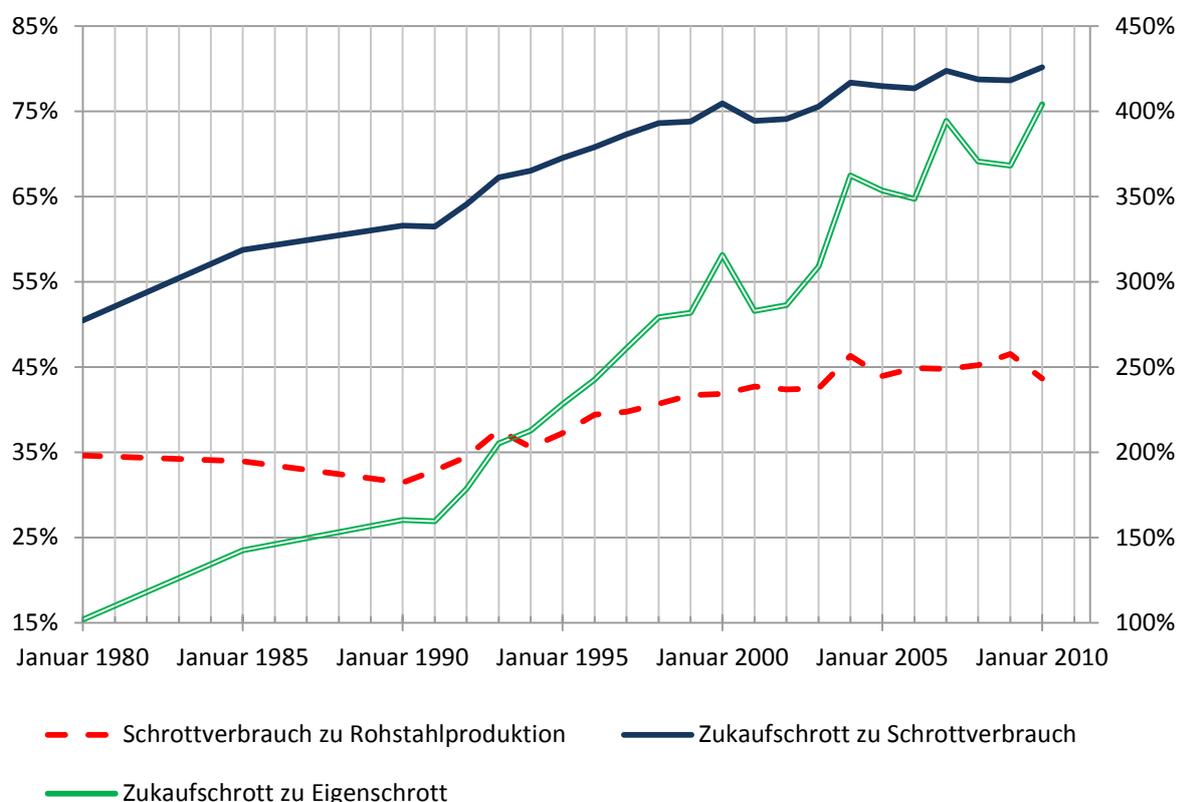


Abbildung 2-5: Stahlproduktion der BRD in Zahlen [17]

1993 wurde durch den BDSV² die Deutsche Stahlschrottsortenliste geschaffen, um einheitlich definierte Stahlschrottsorten im Bereich Kohlenstoff-Stahlschrott zu gewährleisten. Dabei wurden 16 Kategorien definiert, in denen grundlegende Eigenschaften festgelegt wurden:

- Chargierfähigkeit

¹ durch die Verbesserung der Hüttenabläufe

² Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen

- Die Schrotte müssen so angeliefert werden, dass sie über einen Magneten entladen werden können.
- Die Schrotte müssen absolut sauber und frei sein von allen Bestandteilen oder Anhaftungen, die für die Aufbereitung und Verhüttung schädlich sind oder unzulässige Emissionen hervorrufen können, sein.

Unter schädlichen Bestandteilen oder Anhaftungen werden grundsätzlich Nichteisenmetalle, Legierungen, Guss, sowie alle nichtmetallischen Materialien, die zu unzulässigen Emissionen führen können, verstanden. Der Bereich Stahlschrotte aus Müllseparationen wird aufgrund der unterschiedlichsten Cu- und Sn¹-Gehalte in Stahlwerken gezielt eingesetzt und daher auch separat erfasst, aufbereitet und dem Verbraucher entsprechend der Definitionen der Sorten 42, 46 und 47 ausgeliefert. Für die Sorten 46 und 47 wird ein möglichst Cu-arme Schrott angestrebt. Tabelle 2-7 beschreibt die Anforderungen der Schrottsorten 42, 46 und 47 [16] [17] [18].

Sorten-Nummer	Sorten-Benennung	Sorteneigenschaften
42	Geschreddeter oder durch ähnliche Verfahren aufbereiteter Stahlschrott aus Stahlfeinblech-, Stahlfeinstblech- und Weißblechverpackungen aus dem Kreislaufsystem Blechverpackungen Stahl (KBS)	Schüttgewicht (trocken) mindestens 0,9 t/m ³ Korngröße: Obergrenze 50 mm bis 70 mm, maximal 5 Gewichts-% < 5 mm Mindestens 92 % Fe-Gehalt metallisch Nässe: gesonderte Vereinbarung
46	Geschreddeter oder durch ähnliche Verfahren aufbereiteter Stahlschrott aus der Abfallseparation	Schüttgewicht (trocken) mindestens 0,9 t/m ³ Korngröße: Obergrenze 50 mm bis 70 mm, maximal 5 Gewichts-% < 5 mm Mindestens 92 % Fe-Gehalt metallisch Nässe: gesonderte Vereinbarung
47	Geschreddeter oder durch ähnliche Verfahren aufbereiteter Stahlschrott aus der Abfallseparation	Schüttgewicht (trocken) mindestens 0,9 t/m ³ Korngröße: Obergrenze 50 mm bis 70 mm, maximal 5 Gewichts-% < 5 mm Mindestens 92 % Fe-Gehalt metallisch Nässe: gesonderte Vereinbarung

Tabelle 2-7: Auszug aus der Deutschen Stahlschrottsortenliste [16] [17]

Die Stahlschrottsortenliste schließt grundsätzlich

- Sprengkörper,
- explosionsverdächtige Gegenstände und
- geschlossene Hohlkörper

aus [16] [17].

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Einsatz von Schrotten keinen Einfluss auf die zu erzielende Stahlqualität nimmt und somit Schrott als vollwertiger Rohstoff angesehen werden kann. Wie bereits Abbildung 2-4 auf Seite 21 zeigt, werden in der BRD etwa 20 Mio. Tonnen Schrott eingesetzt und daher etwa 640 Mio. Tonnen an abgebauten,

¹ Stannum - Zinn

aufbereiteten und transportierten Eisenerz eingespart, was eine durchschnittliche Reduzierung der eingesetzten Primärenergie von etwa 60 % entspricht [6] [16] [17] [18].

Kupferschrott

Die Hüttenindustrie setzt Konzentrate aufbereiteter Erze ein, um sie in Schmelzhütten und anschließend durch die Elektrolyse verarbeitet zu können. Aufgrund geringer Kupferinhalte des Erzes stellt die Erzgewinnung und Aufbereitung mit etwa $75 \frac{GJ}{t}$ den höchsten Energiebedarf bei der Erzeugung von Primärkupfer dar. Durch den Einsatz von Kupferschrott kann sowohl die Erzgewinnung, als auch die Erzaufbereitung entfallen, sodass mit einer Energieersparnis zwischen 80 und 92 % zu rechnen ist. Je nach Metallgehalt werden Kupferschrotte in verschiedensten Stufen des Hüttenprozesses eingesetzt, wobei die Höhe des Kupfergehaltes maßgeblich ist. Je höher der Kupfergehalt, desto später kann der Schrott in den Prozess eingebracht werden. Stark verunreinigte Stoffe, wie Schredderschrotte oder Reststoffe, werden in den Schachtofen eingebracht [6] [18].

Ebenso wie für den Bereich Stahlschrotte die Deutsche Stahlschrottsortenliste erstellt wurde, schuf der VDM² in Abstimmung mit der VM³, sowie der VDS⁴ im Jahre 1988 die sogenannten „Klassifizierungen des Metallhandels“, um eine Vereinheitlichung der Annahmekriterien und definierte Sorten im Bereich Kupferschrotte zu schaffen. So wird bei der Kupferherstellung bereits seit Jahren über 45 % des Kupferverbrauches mittels Metallrückgewinnung aus sekundären Rohstoffen gedeckt. Die zurückgewonnenen Metalle stammen aus kupferhaltigen Zwischenprodukten, wie Schlacken, Krätzen, Aschen bzw. Schlamm, oder werden in metallischer Art, wie durch Messing, Bronze, Rotgusschrotte oder reinem Kupfer, zur Verfügung gestellt. Daher schwanken die Kupfergehalte solcher Produkte auch stark. Festzuhalten ist, dass Kupfer auch durch mehrmaliges Recycling keinen Qualitätsverlust erleidet und daher sowohl Primär- als auch Sekundärkupfer zu gleichen Preisen an den Börsen gehandelt werden. Wie bereits ab Seite 20 beschrieben, werden die Kupferschrotte ebenfalls in Eigenschrott, Neuschrott, Altschrott und Zukaufschrott eingeteilt. Ebenso erfolgt eine Einteilung nach stofflichen Zusammensetzungen:

- [*saubere sortenreine Schrotte*], also Schrotte, wie Draht und Kabelschrotte, die, sofern diese sortenrein vorliegen, unmittelbar wieder eingeschmolzen werden können.
- [*Legierungen*], also Schrotte, deren Metallzusammensetzungen in bestimmten Verhältnissen vorliegen. Diese können ebenso unmittelbar dem Schmelzprozess zugeführt werden. Anzuführen wären: Messing und Bronze

¹ Giga-Joule

² Verband Deutscher Metallhändler e.V.

³ Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.

⁴ Vereinigung Deutscher Schmelzhütten e.V.

- [Verbundschrotte], also Schrotte, deren abzutrennendes Kupfer mit anderen unerwünschten Komponenten verbunden ist. Dieser Verbund mit anderen metallischen oder nichtmetallischen Komponenten muss einer Aufbereitung unterzogen werden, da dieser nicht für einen direkten Einsatz in Schmelzprozessen zu gebrauchen ist. Beispielfhaft seien Automobilschrotte, Elektro- und Elektronikschrotte, sowie plattierte Materialien angeführt.

Anhand von Tabelle 2-8 werden die für die EAG-Aufbereitung relevanten Sorten-Nummern 25, 26, 27, 28, 29, 29a, 30, 33 sowie 34 aufgelistet und die, für die Hüttenindustrie wichtigen Kriterien, beschrieben [16] [18].

Sorten-Nummer	Sorten-Benennung	Sorteneigenschaften
25	Kabul /Blanker Kupferdrahtschrott	Sauberer, nicht abgebrannter, blanker, nicht legierter Kupferdrahtschrott mit einem Mindestdurchmesser von 1 mm. Frei von beschichtetem Material und anderen Fremdbestandteilen
26	Kader /Nicht legierter Kupferdrahtschrott I	Nicht legierter Kupferdrahtschrott mit einem Mindestdurchmesser von 1 mm. Frei von beschichtetem Material und anderen Fremdbestandteilen, sowie brüchigem Draht
27	Kanal /Nicht legierter Kupferdrahtschrott II	Nicht legierter Kupferdrahtschrott mit einem Mindestdurchmesser von 0,15 mm. Mindestgehalt an Cu 94%. Frei von verbranntem Draht und beschichtetem Material, sowie anderen Fremdbestandteilen
28	Karat /Gemischter Kupferschrott	Nicht legierter Kupferschrott Mindeststärke 0,15 mm. Maximal 15 % verzinnertes, mischverzinnertes, mit Lot behaftetes Material, mit einem Mindestgehalt von 96 % Cu
29	Kasus /Kupferdrahtschrott gehäckselt Ia	Nicht legierter, blanker Kupferdrahtschrott gehäckselt. Mindestdurchmesser 0,5 mm. Frei von Fremdbestandteilen.
29a	Kater /Kupferdrahtschrott gehäckselt Ib	Nicht legierter Kupferdrahtschrott gehäckselt. Mindestgehalt von 99,5 % Cu. Maximal 0,02 % Pb, 0,02 % Sn, 0,02 % Al. Sonstige maximal 0,05 %.
30	Katze / Kupferdrahtschrott gehäckselt II	Nicht legierter Kupferdrahtschrott gehäckselt mit einem Mindestgehalt von 98,5 % Cu, maximal 0,8 % Pb, 0,4 % Sn und 0,05 % Al.
33	Klima /Leichtkupferschrott	Rohr- und Blechstücke aus Kupfer, gemischter Kupferdraht einschließlich Haardraht, Kupferspäne, Kupfergeräte aller Art, mit einem Mindestgehalt von 88 % Cu. Frei von Klischee-Kupfer, Kühlern und Galvanos. Ofenrecht.
34	Komma /Sonstiger Kupferschrott	Kupfer-Raffiniermaterial: Ist nach Art und Kupfergehalt zu definieren. Mindestgehalt 80 % Cu

Tabelle 2-8: Auszug aus „Klassifizierungen des Metallhandels“ - Bereich Kupfer [16]

Aluminiumschrott

Aluminiumrecycling wird bereits seit Anfang der 20er Jahre in der Hüttenindustrie erfolgreich angewendet. Aluminium eignet sich hervorragend als Recyclingstoff, da er folgende Eigenschaften aufweist [6] [18]:

- Die Herstellung von Sekundäraluminium weist einen sehr geringen Energiebedarf auf, da im Gegensatz zur Primärmetallurgie nur etwa 5 - 10 % Energie dafür benötigt werden.
- Aus Metallschrotten können durch einfache aufbereitungstechnische Schritte Aluminiummischschrotte sortiert werden.

Probleme bei Einsatz von Aluminiumschrotten ergeben sich aus den unterschiedlichen Qualitäten der eingesetzten Stoffe. Besitzt der Aluminiumschrott hohe Si¹-Gehalte, was vor allem bei Gusslegierungen der Fall ist, so sind diese Schrotte nur für Aluminiumrecyclingprozesse, in denen Gusslegierungen hergestellt werden, einsetzbar. Grund dafür findet man in der ECSR². Silizium ist elektrochemisch sehr edel und kann daher nur schwer reduziert werden. Ebenso wie für den Bereich Stahlschrotte die Deutsche Stahlschrottsortenliste erstellt wurde, schuf der VDM in Abstimmung mit der VM, sowie der VDS im Jahre 1988 die sogenannte „Klassifizierungen des Metallhandels“, um eine Vereinheitlichung der Annahmekriterien und definierte Sorten im Bereich Aluminiumschrotte zu schaffen. Anhand von Tabelle 2-9 werden die für die EAG-Aufbereitung relevanten Sorten-Nummern 11, 15, 16, 18 und 18a aufgelistet und die für die Hüttenindustrie wichtigen Kriterien beschrieben. Die Preisgestaltung von Aluminiumschrotten richtet sich nach den Verkaufspreisen von reinem Aluminium mit Abminderungen aufgrund der Legierungspartner [16] [18].

Sorten-Nummer	Sorten-Benennung	Sorteneigenschaften
11	Apsis / Aluminium-Schredderschrott	Kauf erfolgt nach Analyse, Muster oder Vereinbarung
15	Assel / Gemischter Aluminiumgusschrott - eisenfrei	Ganzer oder gebrochener Gusschrott aller Art aus Aluminiumlegierungen mit Ausnahme von Stiefel-, Hutformen und Formkästen. Maximal 5 % Material, das durch eine Öffnung von 5 cm Lichtweite geht. Frei von Schredder- und Brecherschrott, frei von Eisen und anderen Fremdbestandteilen. Toleranz: 2 % Öl, Fett und Staub. Kauf erfolgt nach Analyse, Muster oder Vereinbarung.
16	Aster / Gemischter Aluminiumgusschrott mit Eisen	Ganzer oder gebrochener Gusschrott aller Art aus Aluminiumlegierungen mit Ausnahme von Stiefel-, Hutformen und Formkästen. Maximal 5 % Material, das durch eine Öffnung von 5 cm Lichtweite geht. Frei von Schredder- und Brecherschrott, und anderen nicht metallischen Fremdbestandteilen. Toleranz: 2 % Öl, Fett und Staub sowie 2 % Eisen und metallische Fremdbestandteil, davon maximal 1 % metallische Fremdbestandteile.
18	Atlas / Gemischte Aluminiumspäne I	Späne aus mehreren Aluminiumlegierungen, von denen keine mehr als 2 % Zn, 0,3 % Pb und 0,1 % Sn enthalten darf. Nicht korrodiert. Frei von Schleifspänen, legierten Stahlspänen und anderen freien Metallen. Basis: trocken eisenfrei
18a	Autor / Gemischte Aluminiumspäne II	Späne aus mehreren Aluminiumlegierungen, von denen keine mehr als 2 % Zn, 0,3 % Pb und 0,1 % Sn enthalten darf. Nicht korrodiert. Frei von Schleifspänen, legierten Stahlspänen und anderen freien Metallen. Toleranz: 3 % Feines. Darüber hinaus erfolgt einfacher Gewichtsabzug. 5 % Öl, Fett, Nässe, freies Eisen und andere nicht metallische Fremdbestandteile. Von 5 % bis 20 % Gesamtverunreinigung erfolgt einfacher Abzug; über 20 % Gesamtverunreinigung Sondervereinbarung.

Tabelle 2-9: Klassifizierungen des Metallhandels - Bereich Aluminium [16]

¹ Silicium

² Elektrochemischen Spannungsreihe

2.4.2 Kunststoffe

Kunststoffe sind ein in allen Lebensbereichen eingesetzter Werkstoff und verzeichnen eine stetige Zunahme beim Einsatz in der Industrie. Aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften, Anwendungsgebieten und deren Modifizierbarkeiten zeigen KS¹ hohe Anforderungen beim Recyclieren.

Das Trennen und Aussortieren von Kunststoffen aus den anfallenden Abfallströmen ist die zentrale Voraussetzung für deren hochwertige Verwertung [19].

Daher werden für das Recyclieren dieser Stoffe innovative (auf Basis von NIR² oder Dichtesortierung) Sortiertechnologien eingesetzt, um den Anforderungen einer Kreislaufwirtschaft, ausgedrückt durch das „Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe“, gerecht zu werden. In der BRD werden Verwertungsquoten von 82 %, aufgeteilt in

- werkstoffliche Verwertung mit 45 %,
- rohstoffliche Verwertung mit 46 % und
- energetische Verwertung mit 46 %

erzielt. Das „Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe“ legt dabei eine Kennzeichnung der Kunststoffe nach dem Kriterium „Sortengruppe“ fest, welche in die Gruppen

- [*Untere Sorte - Gruppe 1*] (SS³: < 5 % mit einer Buchstabenzuteilung A-D),
- [*Mittlere Sorte - Gruppe 2*] (SS: < 1 % mit einer Buchstabenzuteilung E-J),
- [*Bessere Sorte - Gruppe 3*] (SS: nicht erlaubt mit einer Buchstabenzuteilung K-U) und
- [*Sondersorte - Gruppe 4*] (SS: nicht erlaubt mit einer Buchstabenzuteilung V-X)

unterteilt werden. Ebenso verlangt das QfK⁴, dass alle Sortengruppen von produktionsschädlichen Stoffen befreit und Störstoffe nicht über den angegebenen ω ⁵ (Omega) beinhalten. Zugleich wird mit einer Nummernkombination der Kunststoff unterschieden. Diese Kennzeichnung findet sich in Tabelle 2-10. Die Tabelle 2-11 zeigt einen Auszug des QfK mit Beispielen für die Altkunststoffe PE⁶, PP-Stoßfänger und PP in den Qualitätsklassen „natur“ und „bunt“ [2] [19]. In Abschnitt 7.2 findet sich das Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe.

¹ Kunststoffe

² Nahinfrarot

³ Störstoffe

⁴ Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe

⁵ Gewichtsprozent

⁶ Polyethylen

Nummer	Stelle	Bedeutung
0	1	Verbunde
1	1	PET
2	1	PE-HD
3	1	PVC
4	1	PE-LD
5	1	PP
6	1	PS
7	1	Andere Kunststoffe
0	2	natur
1	2	einfarbig unbedruckt
2	2	natur bedruckt
3	2	einfarbig bedruckt
8	2	bunt unbedruckt
9	2	bunt bedruckt

Tabelle 2-10: Kennzeichnung innerhalb der Sortengruppen [19]

Gruppe	Sorte	Produktionsschädliche Stoffe	Beispiel, Herkunft
A 49	PE gemischt	ohne besondere Anforderungen, Verschmutzung möglich	Diverse
D 58	PP-Stoßfänger	metallfrei, lackiert oder unlackiert möglich	Automobilrückbau
K 50	PP natur	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebestreifen, sauber, trocken	Diverses
K 59	PP bunt	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebestreifen, sauber, trocken	Diverses

Tabelle 2-11: Auszug aus „Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe“ [19]

2.4.3 Physikalische Eigenschaften der Stoffe

Die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der zu erwartenden Stoffe im Gutstrom ist Ausgangsbasis für Überlegungen zur Aufbereitung von EAG-Altgeräten. Dabei ist zu beachten, dass Beeinflussungen wie Luftfeuchtigkeit, chemische Dotierungen der Kunststoffe oder Oberflächenbenetzung von Flüssigkeiten einen erheblichen Einfluss auf die Ladungstendenz der einzelnen Kunststoffe ausüben.

Tabelle 2-12 zeigt die wichtigsten physikalischen Eigenschaften von Kupfer und Aluminium. Zur Beschreibung der physikalischen Eigenschaften von Kunststoffen eignet sich Tabelle 2-13. In ihr wird eine Kategorisierung, anhand der Tendenz eines Kunststoffes zur Aufladung in einem triboelektrischen Feld, festgelegt: Weiter oben gereichte Kunststoffe haben eine starke positive Ladungstendenz, unten angeordnete eine

starke negative Ladungstendenz. Dabei ist zu beachten, dass Beeinflussungen wie Luftfeuchtigkeit, chemische Dotierungen der Kunststoffe oder Oberflächenbenetzung von Flüssigkeiten¹ einen erheblichen Einfluss auf die Ladungstendenz der einzelnen Kunststoffe ausüben.

Eigenschaft	Kupfer	Aluminium
Dichte	$8,9 \frac{kg}{dm^3}$	2,6 bis 2,8 $\frac{kg}{dm^3}$; bei Reinaluminium $2,7 \frac{kg}{dm^3}$
Elastizitätsmodul	$132 \frac{N}{mm^2}$	$70000 \frac{N}{mm^2}$
Elektrische Leitfähigkeit	$43 \frac{m}{\Omega mm^2}$	34 bis ca. $38 \frac{m}{\Omega mm^2}$
Spezifische magnetische Suszeptibilität	$-0,086 \frac{Mcm^3}{g}$ diamagnetisch	$0,6 \frac{Mcm^3}{g}$ paramagnetisch
Elektrische Leitfähigkeit pro Dichte	$6,3 - 7 \frac{k\Omega m^2}{kg}$	$12,6 - 14 \frac{k\Omega m^2}{kg}$

Tabelle 2-12: Physikalische Eigenschaften der Metalle Kupfer und Aluminium [1] [20] [21] [22]

Ladungstendenz	Kunststoff
+ + +	Polyethylenimin
+ +	Polyethylenoxid
+	Polyurethan
↑	Polymethylmethacrylat
	Polykarbonat
	Zelluloseazetat
	Polyamid
	Polyacrylnitril
	Polystyrol
	Polyethylen
	Polypropylen
	Polyethylenterephthalat
↓	Chlorkautschuk RUC
-	Polyvinylidenchlorid
- -	Polyvinylchlorid
- - -	Polytetrafluorethylen

Tabelle 2-13: Aufladungsreihe von Kunststoffen für triboelektrische Aufladung [23] [24]

¹ Beispielweise Reste von eingesetzte Trüben oder Schwereflüssigkeiten in einer Sink-Schwimm-Anlage

2.4.4 Preisentwicklung

Eine wesentliche Fragestellung bei Erweiterung, Aus- oder Neubau einer Aufbereitungsstufe ist die der Rentabilität. Um dieser Fragestellung nachzugehen, ist eine kontinuierliche Beobachtung der Preisentwicklungen, sowie der Marktanforderungen der aufzukonzentrierenden Stoffe erforderlich. Die Preisentwicklungen wurden in dieser Arbeit für einen Zeitraum von sechs Jahren (Jänner 2006 - Jänner 2012) aufgearbeitet und in die nachfolgenden Bereiche eingeteilt.

Stahlschrott

Die Preisentwicklung von Stahlschrott wird mit Hilfe von Abbildung 2-6 gezeigt. Exemplarisch wird die Stahlschrottsorte 4¹ angegeben. Entwicklungen und Tendenzen von anderen Stahlschrottsorten sind auf anderen Preisniveaus in ihrem Verlauf gleich ausgeformt. Die starke Verknappung von Stahlschrotten im Jahre 2008, ausgelöst durch einen starken Exportrückgang Russlands und hohen Importen der Türkei, schlug sich durch die gleichbleibend hohe Nachfrage in Europa in der Preisentwicklung markant nieder. Die Auswirkungen des russischen Exportes erklären sich durch seine Rolle als europäischer Hauptlieferant von Stahlschrotten, welche im Jahre 2008 um 50 % sanken. Erst die im Jahre 2008/09 einsetzenden Auswirkungen der „Finanzkrise - 2007“ beendeten eine weitere Preissteigerung. In den kommenden Jahren erholten sich die Preise für Stahlschrotte mit kontinuierlichen Wachstumsraten bis ins Jahr 2012 [25].

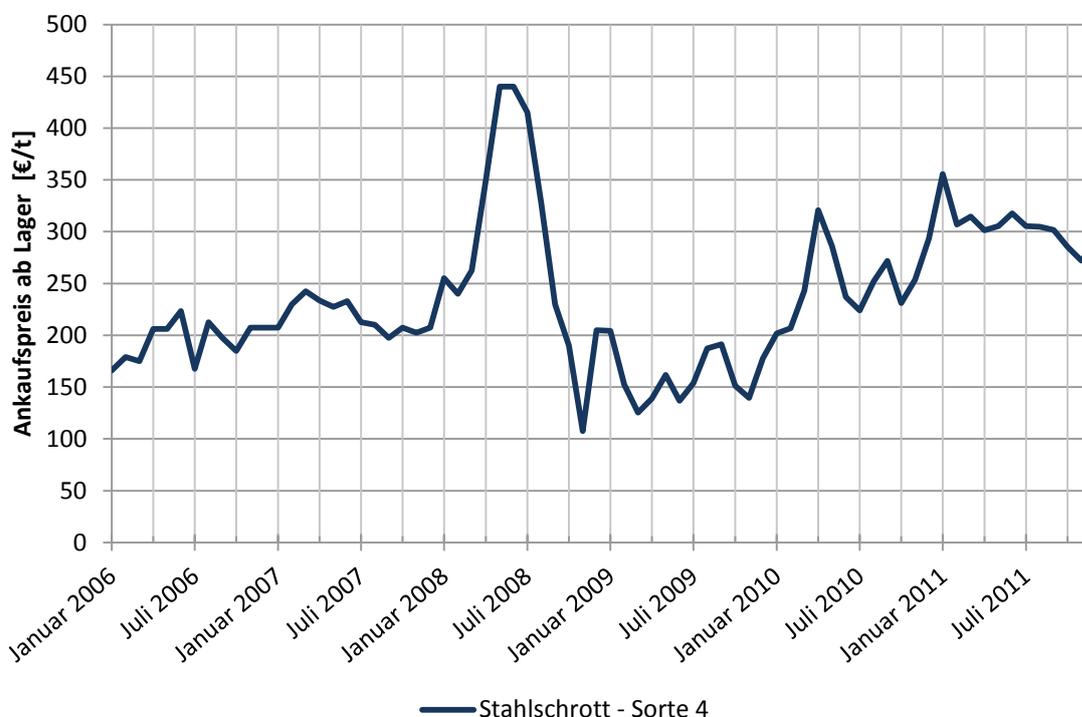


Abbildung 2-6: Preisentwicklung von Stahlschrott der Sorte 4 in der BRD [17] [26]

¹ Schredderschrotte

Kupfer

Die Preisentwicklung von Kupfer und ausgewählten Kupferschrotten zeigt Abbildung 2-7. Wie in allen Bereichen des Primär- und Sekundärmarktes von Rohstoffen zeigen sich die Auswirkungen der „Finanzkrise - 2007“ durch einen starken Preisverfall in den Jahren 2008/09. Die Türkei ist mit rund sechs Mio. t der größte Kupferschrottimporteur der Welt. Ebenso bestehen rigide Exportbeschränkungen des Landes für Kupfer und seine Schrotte, womit die Türkei erheblichen Einfluss auf die Preisgestaltung in Europa nimmt [26].

Abbildung 2-7 veranschaulicht die Entwicklungen der

- Handelspreise von reinem Kupfer an der Londoner Metallbörse - LME¹
- Handelspreise von Kupferschrott der Qualität Kabul und Klima in der BRD (für Qualitätsanforderungen siehe Tabelle 2-8 auf Seite 25)

über einen Zeitraum von sechs Jahren. Der Verkaufspreis der Schrotte weist Kopplungseffekte mit dem Verkaufspreis von reinem Kupfer auf und unterscheidet sich lediglich durch ihr versetztes Preisniveau, welches auf den Kupfergehalt der jeweiligen Schrottsorte zurückzuführen ist [26].

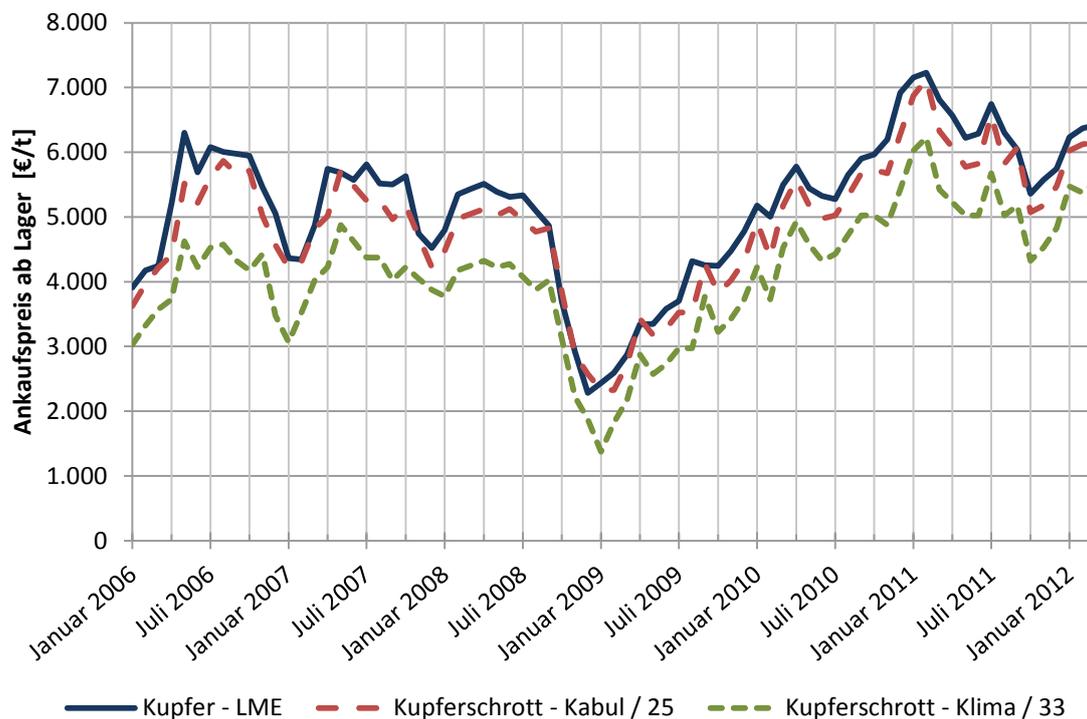


Abbildung 2-7: Preisentwicklung von Kupfer und Kupferschrotten in der BRD [17] [27] [28]

¹ London Metal Exchange - Die Londoner Metallbörse

Aluminium

Die zu erzielenden Preise für Aluminiumschrotte bewegten sich in den letzten sechs Jahren auf gleichbleibendem Niveau und nahmen - allen Kursschwankungen zum Trotz - im Jahr 2012 ein ähnliches Preisniveau wie im Jahre 2006 ein.

Abbildung 2-8 zeigt die

- Handelspreise von reinem Aluminium an der Londoner Metallbörse - LME
- Handelspreise von Aluminiumschrotten der Qualität Aster und Atlas in der BRD (für Qualitätsanforderungen siehe Tabelle 2-9 auf Seite 26)

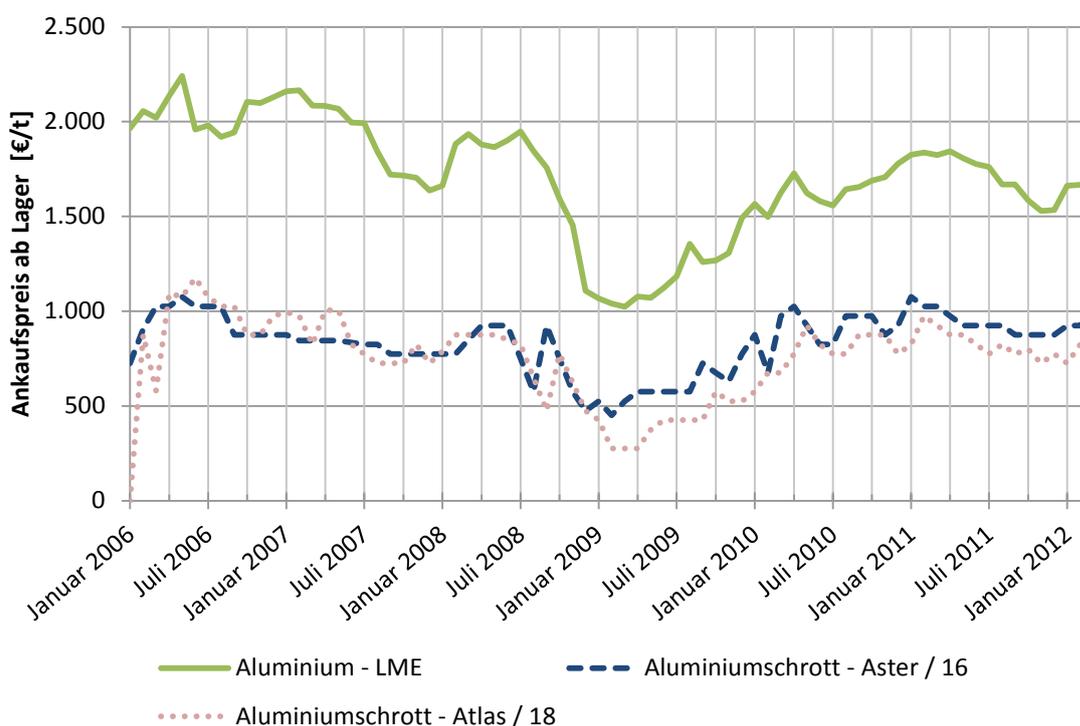


Abbildung 2-8: Preisentwicklung von Aluminium und Aluminiumschrotten in der BRD [17] [19] [28]

Kunststoffe

Die Einstellung des europäischen Marktes für die stoffliche Verwertung von Altkunststoff fördert den billigen Einkauf in Europa und den Export in die Volksrepublik China. Im Zeitraum 2006 bis zum Einsetzen der Wirtschaftskrise im Sekundärstoffhandel hielten sich Altkunststoffe auf einem gleichbleibendem Preisniveau. Seit 2009 stieg der Import von Altkunststoff durch die Volksrepublik China um 75 - 80 %, was sich in den stetigen Preissteigerungen seit 2010 niederschlägt [26].

Abbildung 2-9 zeigt die Preisentwicklung von

- Polystyrol - bunt
- Polystyrol - weiß

- Polypropylen - bunt (K 59)
- Polypropylen - natur (K 59)

Die Qualitätsanforderungen der gezeigten Kunststoffe sind in Tabelle 2-11 auf Seite 28 zu finden.

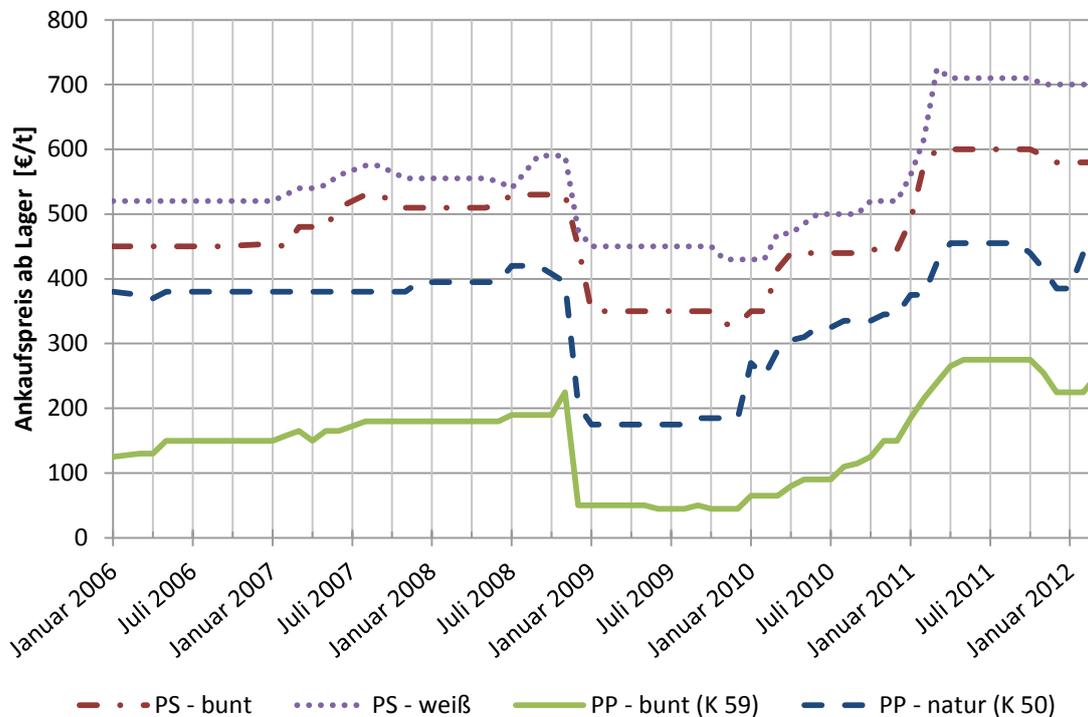


Abbildung 2-9: Preisentwicklung von ausgewählten Kunststoffen [26]

Zusammenfassung

Die Preisgestaltung der beschriebenen Stoffe hängt im Wesentlichen von Qualität und Reinheit der erzeugten Produkte, im Sinne der Klassifizierungsbeschreibung im Abschnitt 2.4 ab Seite 20 einer EAG-Aufbereitungsanlage ab. Eine Zahlentafel, zu den in Abschnitt Preisentwicklung gezeigten Graphen, findet sich im Anhang in Tabelle 7-1 auf Seite 108. Die Abbildung 2-10 zeigt die wichtigsten Preisverläufe für die letzten sechs Jahre. Abgebildet sind:

- [Aluminium - LME] auf der Primärachse (links)
- [Kupfer - LME] auf der Primärachse (links)
- [Stahlschrott -Sorte 4] auf der Primärachse (links)
- [Kunststoff - Mischpreis] auf der Primärachse (links)
- [Wechselkurs - € zu \$], welcher zum Berechnen der LME Preise in € vonnöten war, auf der Sekundärachse (rechts)

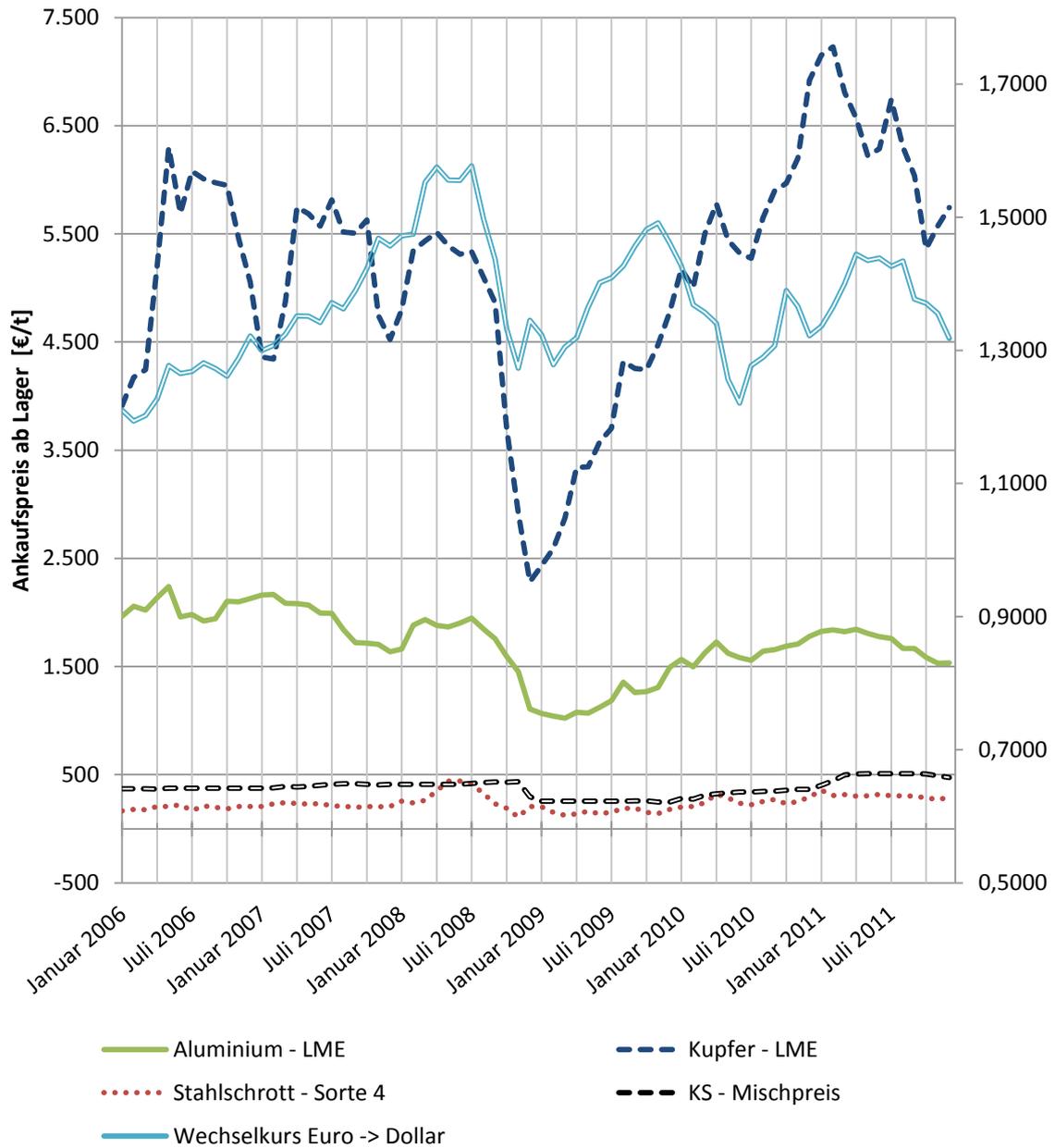


Abbildung 2-10: Zusammenfassung der Preisverläufe der untersuchten Wertstoffe inklusive Wechselkurs von € in \$

2.5 Beschreibung der Aufbereitungsanlage der Saubermacher Dienstleistungs GmbH

Mit Abbildung 2-11 wird eine Übersicht zur derzeit in Betrieb befindlichen Aufbereitungsanlage gegeben. Die Bezeichnungen wurden so gewählt, dass sie den Ablauf des später erklärten Flussdiagramms widerspiegeln.

- [1 - *Klaubung I*] Anlieferung und Bodensortierung
- [2 - *Zerkleinerung*] Aufschlusszerkleinerung durch einen Querstromzerspaner
- [3 - *Klassierung*] Einsatz eines Siebes
- [4 - *Sortierung*] Abtrennung der ferromagnetischen Bestandteile durch einen Aushebemagneten¹
- [5 - *Klaubung II*] händische Sortierung der Wertstofffraktionen

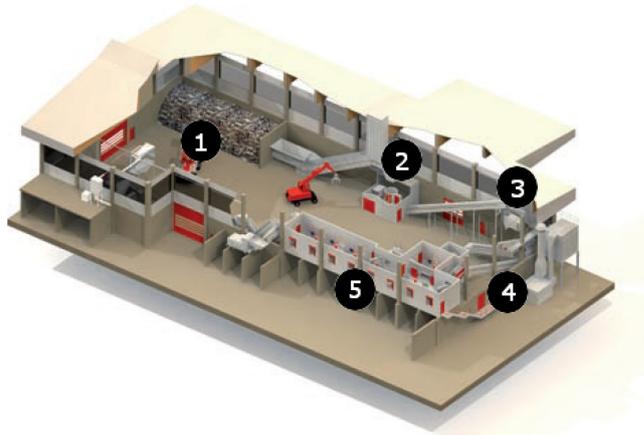


Abbildung 2-11: Übersicht der bestehenden Anlage

2.5.1 Flussbild

Das Flussdiagramm der EAG-Aufbereitungsanlage in Unterpremstätten veranschaulicht den Aufbereitungsprozess der bestehenden Anlage. Das Fließbild ist zur besseren Übersicht in die Phasen Klaubung I, Zerkleinerung, Klassierung, Sortierung sowie Klaubung II unterteilt. Wie Abbildung 7-1 auf Seite 109 zeigt, beginnt der Prozess mit der Bodensortierung nach Anlieferung auf das Betriebsgelände der SDAG². Im Prozess der Bodensortierung werden auf händischem Wege Kunststoffe und Kabel entfernt. An die Bodensortierung anschließend wird das Material auf einen Querstromzerspaner der Firma MeWa³ aufgegeben und mithilfe von rotierenden Ketten ein Aufschluss des Gutes erreicht. Anschließend folgt eine Klassierung mittels Sieb der Firma IFE⁴. Der Trennschnitt zwischen Rückstand und Durchgang liegt dabei bei 12 mm. Der Durchgang

¹ Überbandmagneten

² Saubermacher Dienstleistungs AG

³ MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH

⁴ IFE(Institut für Forschung und Entwicklung) Aufbereitungstechnik GmbH

wird aufgefangen und als Feinfraktion bezeichnet. Der Rückstand wird zu einem Magnetscheider der Firma IFE weiterbefördert und in ein UMP¹, sowie ein MP² sortiert. Beide Fraktionen werden einer händischen Sortierung zugeführt. Diese händische Sortierung erfolgt an Förderbändern. Die Aufgaberrate beträgt etwa $3,5 \frac{t}{h^3}$.

2.5.2 Anlieferung und Bodensortierung

Nach Anlieferung von Elektro(nik)-Altgeräten werden diese zuerst vom Personal händisch demontiert. Dabei werden Kunststoffe für die stoffliche und thermische Verwertung als auch Kabel aus den EAG-Altgeräten entfernt (siehe Abbildung 2-12). Die solcherart entfrachteten Geräte werden anschließend mit Hilfe eines Hydraulikbaggers mit Polypgreifer auf ein Steigband zum Querstromzerspanner aufgegeben. Abbildung 2-13 zeigt den Vorgang der Bodensortierung.



Abbildung 2-12: Produkte der Klaubung I



Abbildung 2-13: Bodensortierung

¹ Unmagnetisches Produkt

² Magnetisches Produkt

³ Stunden

2.5.3 Querstromzerspaner

Der Aufschluss des aufgegebenen Gutes wird mittels Universal - Querstromzerspaner der Serie „Uni-Cut“ der Firma MeWa erreicht.

Flexibel drehende Werkzeuge beschleunigen das Aufgabegut auf variabel einstellbare Geschwindigkeiten und Laufbahnen. Der Materialaufschluss erfolgt durch gegenseitiges Aufprallen, wobei die Wärme, die bei der mechanischen Verformung entsteht, gleichzeitig zur Auflösung von Verbunden benutzt wird. Unterschiedliche physikalische Eigenschaften der Materialien definieren verschiedene Korngrößen. Individuell einstellbare Verweilzeiten bestimmen die Form und Größe des aufgeschlossenen Materials [29].

Durch die Konzeption des Apparates (siehe Abbildung 2-14) werden Elektro(nik)-Altgeräte aufgeschlossen, um schadstoffbelastete und wertstoffhaltige Teile (z.B.: Hauptplatinen, Spulen, Trafos) aussortieren zu können. Anschließend wird der zerkleinerte Stoffstrom über einen Gurtförderer auf eine Siebmaschine der Firma IFE transportiert [29].

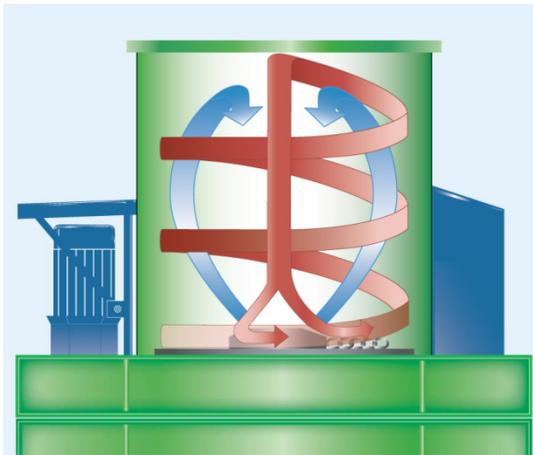


Abbildung 2-14: Funktionsprinzip - Querstromzerspaner der Fa. MEWA [29]

2.5.4 Sieb

Das eingesetzte Sieb hat einen quadratischen Lochdurchmesser von 12 mm. Damit werden zwei Stoffströme erzeugt. Der Stoffstrom >12 mm wird über weitere Gurtförderer einer Magnetscheidung zugeführt. Das Material <12 mm wird in Kisten aufgefangen, und in regelmäßigen Abständen in einen Bunker überführt. Die Abbildung 2-15 zeigt den angesammelten Feinanteil im Bunker, sowie im Auffangbehälter direkt unter dem Sieb. Dieses Material (in weiterer Folge Feinanteil genannt) wird im Rahmen dieser Arbeit untersucht (siehe Abschnitt Feinanteil ab Seite 43 im Kapitel Experimente, sowie Abschnitte 4.1 im Kapitel Ergebnisse ab Seite 61).



(a) Feinanteil im Bunker



(b) Feinanteil unter dem Sieb (Kiste)

Abbildung 2-15: Feinanteil

2.5.5 Magnetabscheider

Der eingesetzte Magnetscheider ist als Überband-Aushebemagnet ausgeführt. In Abbildung 2-16 wird das Funktionsprinzip des zum Einsatz gelangenden Magnetscheiders dargestellt. Die magnetische Flussdichte wird mit 0,1 Tesla angegeben. Damit werden ferromagnetische Stoffe von para- und diamagnetischen getrennt. Das ausgehobene, ferromagnetische Produkt (MP) wird, wie auch das auf dem Förderband zurückbleibende, para- bzw. diamagnetische Produkt (UMP), in Kabinen händisch nachsortiert (Details siehe Abschnitt 2.5.6 und 2.5.7). Die Zulieferung zu den und der Transport durch die Sortierkabinen erfolgt ebenfalls über Gurtförderer.

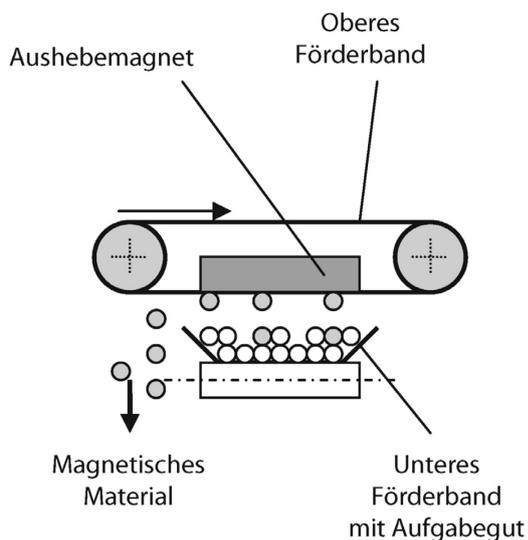


Abbildung 2-16: Funktionsprinzip - Überband-Aushebemagnet [1]

2.5.6 Handsortierung magnetisches Material

Das Magnetprodukt MP wird in die unter Abbildung 2-17 ersichtlichen Produkte getrennt. Dabei werden

- Spulen, Trafos (Kupferschrott),

- Metall - Leiterplattenverbunde, Metall - Kunststoffverbunde,

händisch aussortiert, das dadurch entstandene Restprodukt (Durchlauf des MP - Eisenschrott) wird am Ende des Förderbandes in einen Bunker abgeworfen.



Abbildung 2-17: Produkte Kläubung II - magnetisches Produkt

2.5.7 Handsortierung unmagnetisches Material

Das unmagnetische Produkt UMP wird in die unter Abbildung 2-18 gezeigten Produkte sortiert. Der Durchlauf dieses Stoffstromes wird im Rahmen dieser Arbeit (siehe Abschnitt Durchlauf im Kapitel Experimente ab Seite 50, sowie Abschnitt 4.2, im Kapitel Ergebnisse ab Seite 68) untersucht. Ebenso findet sich mit Abbildung 2-19 eine Übersicht der Einwurfboxen der Handsortierung.



Abbildung 2-18: Produkte Kläubung II - unmagnetisches Produkt



Abbildung 2-19: Übersicht der Sortierboxen (Einwurfboxen) am Gelände der SDAG

3 Experimente

In diesem Kapitel erfolgt eine Dokumentation der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimente. Insbesondere wird dabei auf die Aufbereitung der beiden Restfraktionen „Durchlauf“ und „Feinanteil“ eingegangen.

3.1 Aufbau der praktischen Versuche

Die für die Restfraktionen „Feinanteil“ und „Durchlauf“ gewählten Versuchsabläufe sind in den beiden Ablaufschemata in Abbildung 3-1 vereinfacht dargestellt. Die Ablaufschemata zeigen für die beiden Restfraktionen die jeweils aufeinanderfolgenden Sortierschritte. Dunkle Dreiecke weisen dabei auf aussortierte Produkte hin, wohingegen weiße Dreiecke entweder Zwischenprodukte bzw. weiter aufzubereitende Fraktionen darstellen.

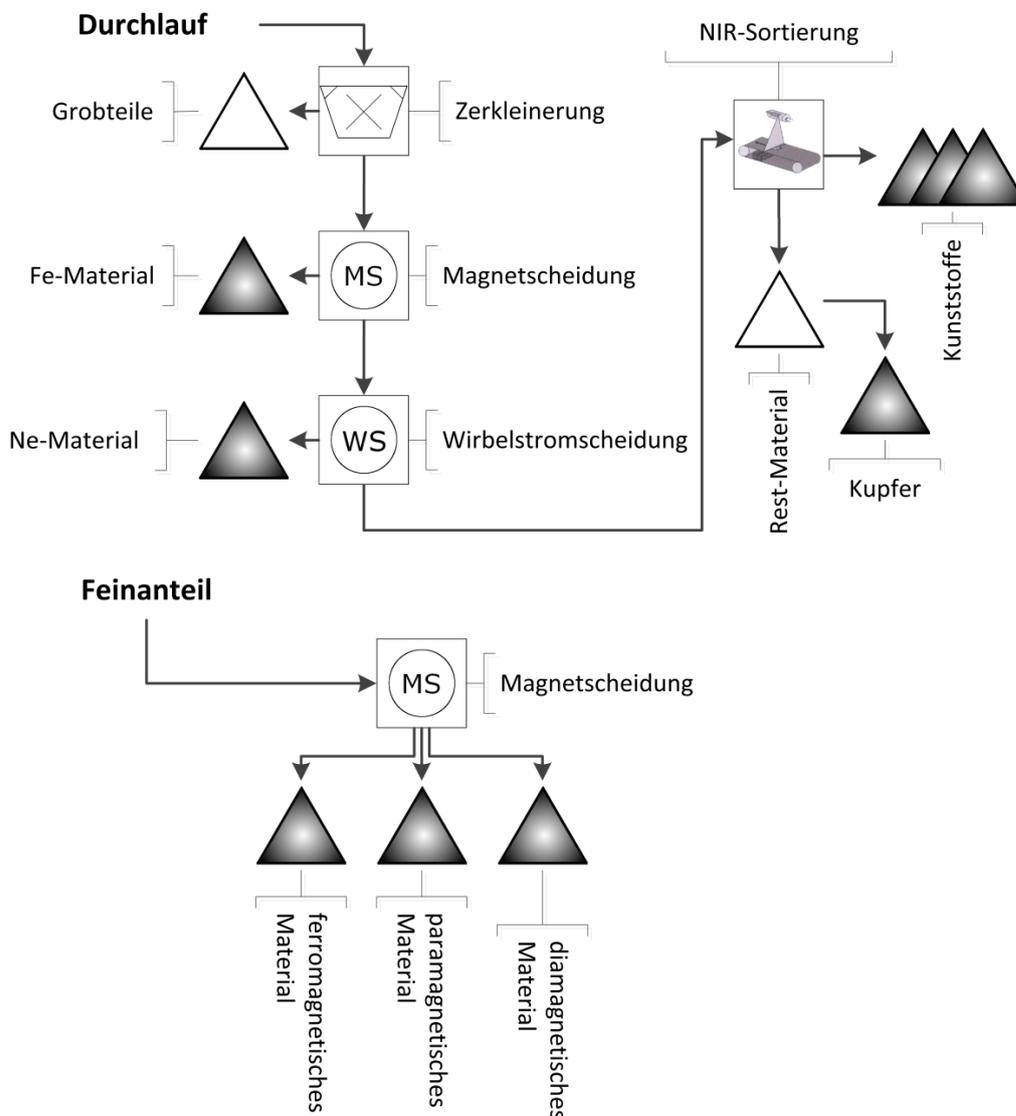


Abbildung 3-1: Schematischer Versuchsablauf¹

¹ MS - Magnetscheidung, WS - Wirbelstromscheidung, NIR - Nahinfrarot

Die als Durchlauf¹ bezeichnete Restfraktion wurde über einen Zeitraum von 20 Tagen beprobt. Dazu wurden vor- sowie nachmittags etwa 50 kg² aus dem Stoffstrom entnommen. Die gesammelte Probenmenge wurde anschließend mittels folgender Maßnahmen untersucht:

- Zerkleinerung mit anschließender Probenahme vom Haufen
- Magnetscheidung
- Wirbelstromscheidung
- Nahinfrarotsortierung
- Händische Nachsortierung

Das als Feinanteil³ bezeichnete Produkt, welches in einem Bunker gesammelt wird, wurde nach Probenahme vom Haufen durch Magnetscheidung sortiert.

Die Produkte der Laboranalyse von Durchlauf und Feinanteil (schwarze Dreiecke in Abbildung 3-1) wurden jeweils einer Merkmalsklassenanalyse unterzogen, um die Erstellung der technischen Bilanztafel und der jeweiligen Zwei-Dimensionalen-Sortieranalyse zu ermöglichen.

¹Wertstoffentfrachteter Gutstrom der EAG-Aufbereitungsanlage Unterpremstätten (siehe Abbildung 7-1)

² Kilogramm

³ Durchgang IFE Sieb (siehe Abbildung 7-1)

3.2 Feinanteil

Der Feinanteil wird in einem Bunker am Anlagengelände der SDAG gelagert. Nach erfolgter Probenahme nach ÖNORM S 2131-1 wurde die Probe mittels technischer Magnetscheidung in die Produkte

- stark magnetische Fraktion,
- schwach magnetische Fraktion und
- nicht magnetische Fraktion

sortiert. Diese Produkte wurden anschließend einer Siebanalyse unterzogen.

3.2.1 Probenahme

Die Abbildung 3-4 zeigt den von Jänner 2011 bis Mitte November 2012 gesammelte Sammelprobe der Restfraktion „Feinanteil“. Zum Zwecke der Probenahme wurde der Feinanteil zur Keilform (siehe Abbildung 3-2) mittels Radlader aufgeschoben. Dadurch war eine normgerechte Probenahme möglich. Die Maße des Keiles betragen:

- Breite (a): 3.100 mm
- Tiefe (b): 5.840 mm
- Höhe (c): 3.100 mm

Aus den Abmessungen ließ sich ein Volumen von etwa 24 m^3 ermitteln. Über das definierte Volumen eines Fasses, welches für den Proben transport benutzt wurde, konnte eine Schüttdichte von $0,895 \frac{\text{kg}}{\text{t}}$ errechnet werden und damit eine Masse von etwa 21,4 t. Vier separat durchgeführte Probenahmen wurden zur Feldprobe vereinigt und für die folgenden Analysen bereitgestellt. Um das Volumen und die Masse der vorhandenen Feldprobe zu verringern, wurde die Feldprobe mittels „Viertel und Diagonalisieren“ verjüngt (siehe Abbildung 3-3). Das Protokoll zur Probenahme findet sich im Anhang auf Seite 103.

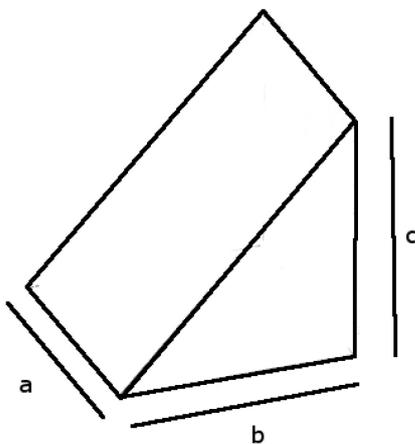


Abbildung 3-2: Keil als geometrische Grundform zur Probenahme



Abbildung 3-3: „Vierteln und Diagonalisieren“ des Feinanteils



Abbildung 3-4: Gesammelter Feinanteil im Bunker

3.2.2 Siebanalyse

Schüttgüter liegen in den meisten Fällen in Körnern unterschiedlicher Form und Größe vor. Für weiterführende Analysen der Schüttgüter müssen diese „Kornmischungen“ getrennt werden. Dies geschieht mittels Klassierverfahren, welche Kornklassen erzeugen [24].

Das einfachste mechanische Klassierverfahren ist das Sieben [30].

Der Prozess des Siebens trennt die Körner in Grobgut und Feingut. Erwünscht ist, dass alle Körner, welche kleiner als eine definierte „Trennkorngröße“ sind, im Feingut landen. Bei der Siebung erfolgt der Trennvorgang durch wiederholtes Vergleichen der einzelnen

Körner mit Sieböffnungen charakteristischer Größe¹. Dieser Vergleich wird bei der Siebanalyse durch eine Relativbewegung zwischen Sieb und Aufgabe hervorgerufen. Körner, die größer als die gewählte Maschenweite sind, verbleiben als Grobputz (Rückstand) am Sieb, während die Körner kleiner der gewählten Maschenweite durch die Maschen in das Feingut (Durchgang) transportiert werden. Abbildung 3-5 zeigt den Siebvorgang anhand von drei Korngrößen [30]:

- Ein Korn größer der Maschenweite landet im Rückstand
- Ein Korn kleiner der Maschenweite landet im Feingut
- Ein Korn, welches in einer Masche klemmt, wird Klemmkorn genannt

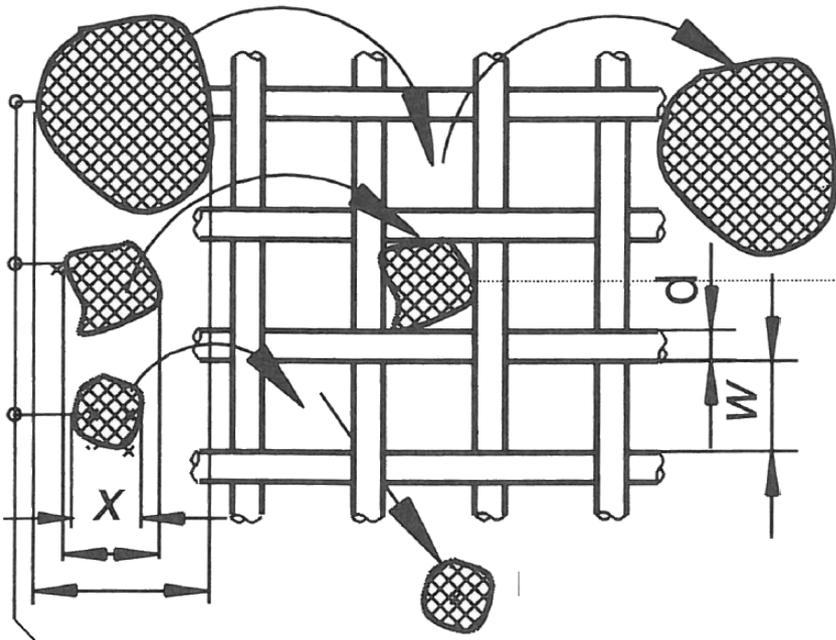


Abbildung 3-5: Vorgang des Siebens [30]

Durch Klemmkorn und andere physikalische Effekte² muss die sogenannte Siebdauer festgelegt werden. Als gängige Methode wird die in DIN 66165³ beschriebene Definition angesehen. Demnach kann eine Siebung als beendet angesehen werden, wenn der Durchgang über die Zeit einen Wert kleiner als $0,1 \frac{\%}{\text{Minute}}$ der Aufgabe erreicht. Die Dauer der in dieser Arbeit beschriebenen Siebungen wurden mit dieser Vorgabe durchgeführt [30].

Die Siebanalyse des Feingutes wurde mit folgenden Sieben durchgeführt:

- 10 mm
- 6,3 mm
- 5 mm

¹ Maschenweite

² z.B.: Haftkräfte zwischen Körnern (Agglomeration)

³ Siebanalyse - Grundlagen und Durchführung

- 3,15 mm
- 2 mm
- 1,25 mm
- 0,315 mm

Abbildung 3-6 zeigt die für die Analyse des Feinanteils verwendeten Siebe. Die Siebanalyse wurde für die gesamte Probe des Feinanteils durchgeführt, bevor diese zur weiteren Analyse per Magnetscheidung sortiert wurde. Die Ergebnisse der Siebanalyse finden sich im Anhang ab Seite 119.

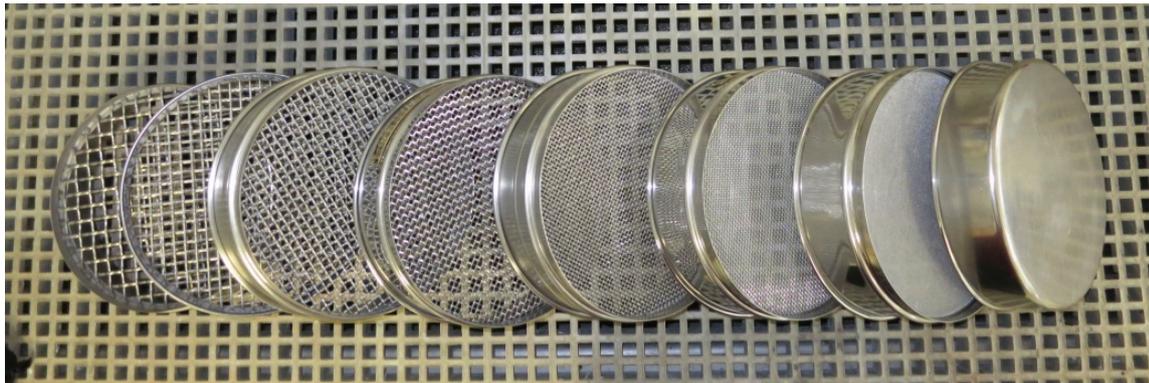


Abbildung 3-6: Verwendete Siebe für die Siebanalyse des Feinanteils

3.2.3 Magnetscheidung

Mit Hilfe der Magnetscheidung werden Stoffe mittels des Trennmerkmals Magnetisierbarkeit vereinzelt. Die Magnetscheidung besitzt in der Recyclingtechnik einen breiten Anwendungsbereich bei der Abtrennung bzw. Reinigung von ferromagnetischen und paramagnetischen Metallen sowie Legierungen. Die Magnetscheidung wird bei Stückgrößen von 1 bis 20 mm erfolgreich angewendet; in Ausnahmefällen auch bis 100 mm. Dieses Trennverfahren kann sowohl mit Elektromagneten als auch mit Permanentmagneten betrieben werden. In der Recyclingtechnik sind in der Regel Trockenmagnetscheider in Anwendung, die ein trockenes, nicht klumpendes Gut und frei bewegliche Teilchen erfordern. Sogenannte Wechsellpolsysteme können dabei eine Clusterbildung verhindern, da sie durch eine ständige Umordnung der Pole Ansammlungen entgegensteuern. Der Stoffstrom wird mit Hilfe von Schurren auf eine sich bewegende Transportfläche aufgegeben und das magnetisierbare Material durch über oder unter dieser Fläche angeordnete Magnetsegmente ausgehoben oder abgelenkt. Die zwei in der Abfalltechnik am häufigsten eingesetzten Apparatetypen werden in Abbildung 3-7 gezeigt. Auf der linken Seite findet sich ein Trommelmagnetscheider, welcher den Gutstrom durch Ablenkung sortiert. Die rechte Seite zeigt einen Aushebeschwachfeldscheider, der durch das Ausheben von magnetischem Material die Aufgabe sortiert [1] [20].

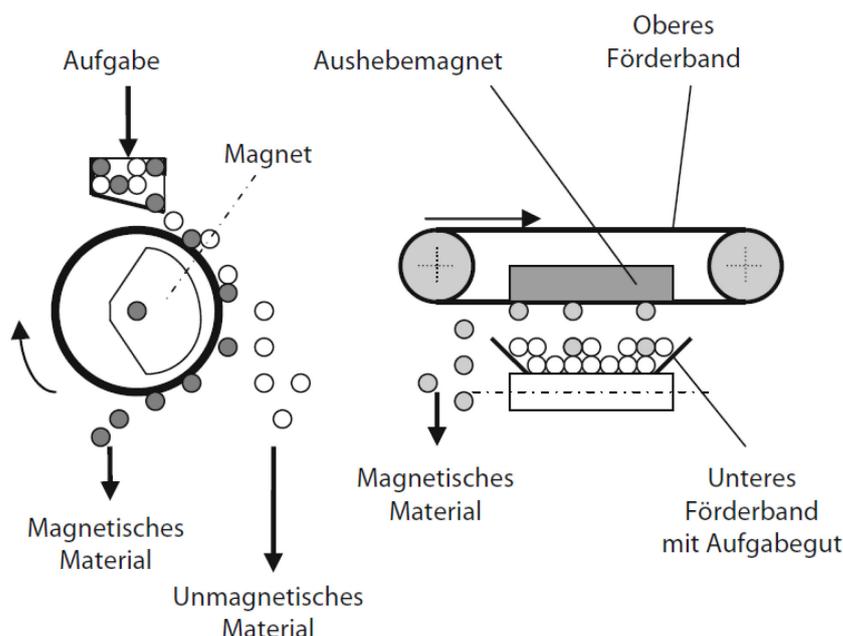


Abbildung 3-7: Trommel- und Überbandmagnetscheider [1]

Durch die Stoffeigenschaft Suszeptibilität¹ wird das Verhalten von Stoffen in Magnetfeldern gekennzeichnet. Dadurch kann man Stoffe in

- diamagnetische,
- paramagnetische und
- ferromagnetische

Stoffe einteilen. Diamagnetische Stoffe sind durch eine Magnetisierung gekennzeichnet, welche der vorhandenen Feldstärke des externen Magnetfeldes proportional, aber entgegengerichtet ist ($\chi < 0$). Hingegen zeigen paramagnetische Stoffe eine Magnetisierung, welche der Feldstärke des externen Magnetfeldes proportional und gleichgerichtet ist ($\chi > 0$). Ferromagnetische Stoffe sind durch eine dem äußeren Magnetfeld gleichgerichtete Magnetisierung gekennzeichnet ($\chi \gg 0$). Die Elementarmagneten des Stoffes verdrehen sich dabei so, dass sie parallel zum äußeren Magnetfeld liegen [24].

Ferromagnetisches Material wird in der EAG-Aufbereitungsanlage Unterpremstätten durch Aushebe-Schwachfeldscheider sortiert. Die magnetische Flussdichte wird mit $0,1 \text{ T}^2$ angegeben. Aus diesem Grund wurde das ferromagnetische Material des Feinanteils mit Hilfe eines einstellbaren Handmagneten bei ebendieser Flussdichte sortiert. Abbildung 3-8 zeigt den verwendeten Handmagneten, welcher sich durch Drehen des Kolbens hinsichtlich des Abstandes von Magnet zu beprobendem Gut verstellen lässt. Die Veränderung des Abstandes zwischen Kolbenanfang und Kunststoffanschlag beeinflusst die Flussdichte am Kunststoffanschlag und damit die Magnetisierung des zu

¹ χ - Magnetisierbarkeit von Stoffen in externen Magnetfeldern

² Tesla

untersuchenden Materials. Mit steigendem Abstand sinkt die Flussdichte am Anschlag. Durch Ansetzen des Kunststoffanschlages an einen Werkstoff wird dieser, in Abhängigkeit von der eingestellten Flussdichte, magnetisiert und damit ausgehoben. Mit dieser einfachen Bestimmungsmethode wurde der stark magnetisierbare Anteil im „Feinanteil“ ermittelt.



Abbildung 3-8: Handmagnet am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung

Als weitere Merkmale bei der Analyse des Feinanteils wurde schwach magnetisches Material mithilfe eines Trommelmagnetscheiders des Typs KHP 300 x 250 der Firma IFE aussortiert.

Die rotierende Trommel fördert das gemischte Material durch ein System feststehender Magnetfelder. Die wechselnde Polarität des Magnetsystems an der Trommel wirkt auf das Fördergut ein. Umschlossenes, unmagnetisches Material wird dabei freigelegt und gelangt nicht ins Konzentrat. Das Magnetsystem besteht aus einem Neodym-Eisen-Bor Dauermagneten mit am Umfang wechselnder Polarität. Magnetsystem und Trommel bilden eine Einheit, welche serienmäßig in einem Gehäuse montiert ist [31].

Eine gleichmäßig verteilte Materialzufuhr an der Trommel¹ gewährleistet eine aufgesetzte Vibrationsförderrinne.

In Abbildung 3-9 wird der eingesetzte Trommelmagnetscheider im geöffneten Zustand abgebildet. Zu sehen sind die Trommel und die Materialschurre.

An der Trommel herrschen Flussdichten um 0,3 T, welche bei einem Abstand von 10 mm auf etwa 0,15 T abnehmen. Durch die bereits vorrangegangene Sortierung mittels des Handmagneten wurden ausschließlich schwach magnetische Bestandteile des Feinanteils aussortiert. Abbildung 3-10 zeigt das Prinzip der Ablenksortierung. Schwach magnetisches Material wird aufgrund der an der Trommel wirkenden Haftkräfte aus dem fallenden Gutstrom abgelenkt.

¹ Vereinzelnung

Die Korngrößenklassen aus der Siebanalyse des Feinanteils wurden jeweils auf ihre Magnetisierbarkeit hin untersucht und in die Magnetisierbarkeitsklassen

- stark magnetisch
- schwach magnetisch
- nicht magnetisch

untergliedert. Die Erkenntnisse aus der Analyse des Feinanteils findet sich im Kapitel Ergebnisse ab Seite 61.



Abbildung 3-9: Trommelmagnetscheider der Firma IFE

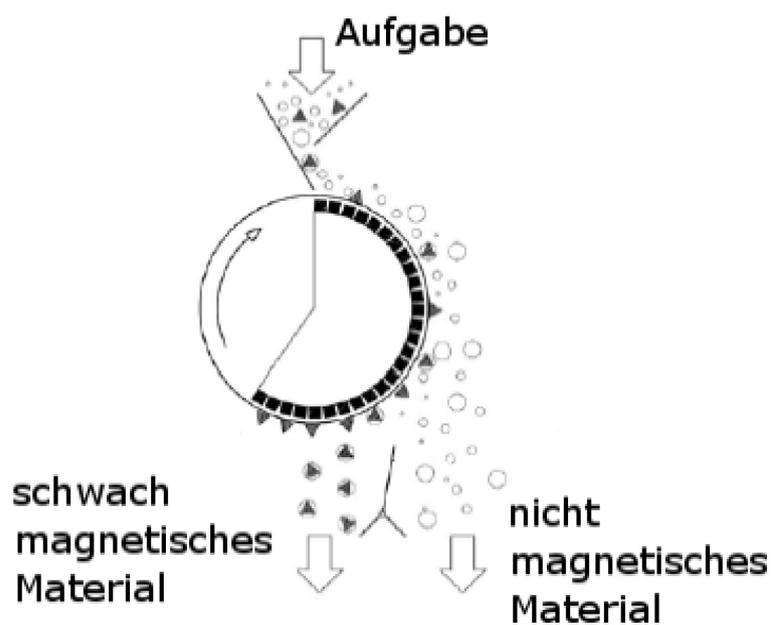


Abbildung 3-10: Sortierprinzip des Trommelmagnetscheiders der Firma IFE

3.3 Durchlauf

Die Probenmenge betrug etwa zwei Tonnen, die Herstellung einer repräsentativen Teilprobe erfolgte laut ÖNORM 2123-1. Der Untersuchungsgang erfolgte auf Basis einer Merkmalsklassenanalyse an Produkten, die im Rahmen von Technikumsversuchen gewonnen wurden, die Darstellung der solcherart erhaltenen Daten wurde in Form von Bilanztafeln ausgewiesen. Dazu wurde die Teilprobe mittels Technikumsversuchen¹ in die Teilfraktionen „Metalle“, „Kunststoffe“ und „Restfraktion“ aufgegliedert. Die „Restfraktion“ wurde anschließend händisch „nachsortiert“.

Die Zerkleinerung wurde mittels „Spänezerkleinerer“ der Firma ATM², mit einem eingesetzten Siebkorb vom 40 mm, realisiert. Parallel zur Zerkleinerung wurde der Gutstrom durch händisches Klauben von Grobteilen befreit. Das zerkleinerte Material wurde nach ÖNORM S 2123-1³ als Haufen beprobt und anschließend einer Magnet- wie auch Wirbelstromscheidung zugeführt. Die diesbezüglichen Experimente fanden im Technikum der Firma IFE statt. Das dadurch von Wertstoffen entfrachtete Gut wurde anschließend durch ein NIR-Verfahren nach Kunststoffsorten sortiert. Die Hauptanteile, die im Zuge einer Voranalyse der Saubermacher Dienstleistungs-GmbH ermittelt wurden, sind:

- ABS mit $\omega = 9,9 \%$
- PS mit $\omega = 14,0 \%$
- PP mit $\omega = 5,4 \%$

Die schlussendlich verbleibende Restfraktion⁴ wurde händisch nachsortiert.

3.3.1 Zerkleinerung

Die Zerkleinerung des Durchlaufs wurde durch eine Radialspalt-Rotorschere der Firma ATM realisiert, welche üblicherweise zur Metallspänezerkleinerung eingesetzt wird. Diese basiert auf einem horizontal gelagerten Rotor, welcher mit 18 Schneidwerkzeugen bestückt ist. Im Zerkleinerungsraum ist eine sogenannte „Grobteilklappe“ in den Boden integriert. Diese ermöglicht im Falle des Erreichens eines eingestellten Maximaldrehmoments an der Welle das selbständige Öffnen der Grobteilklappe mittels Hydraulikzylinder, um eine Verstopfung zu verhindern und die Schneidwerkzeuge zu schonen. Anschließend erfolgt ein selbstständiges Schließen der Klappe. Ein einschwenkbarer Siebkorb wird als Klassierung unterhalb der Gegenmesser der Rotorwelle eingesetzt [32].

Abbildung 3-11 zeigt den zur Zerkleinerung eingesetzten Spänezerkleinerer. Die Aufgabe des Materials erfolgte kontinuierlich - mittels Schalen(Polyp)-Greifer - von oben. Das Gut

¹ Siehe Magnet- Wirbelstrom und NIR-Sortierung

² ATM Recyclingsystems GmbH

³ Probenahmepläne für Abfälle - Teil 1: Beprobung von Haufen

⁴ Entfrachtet von Fe-Material, Ne-Material und der Hauptkunststoffe

wird, wie in Abbildung 3-12 gezeigt, zerkleinert und verlässt nach Erreichen einer entsprechenden Größe den Schneidraum durch den 40 mm Siebkorb. Der zerkleinerte Materialstrom wird in der darunter befindlichen Auffangbox (Abbildung 3-13) erfasst und anschließend verwogen.



Abbildung 3-11: Spänezerkleinerer - „Arno Shred“ mit dem aufzugebenden Gut



Abbildung 3-12: Zerkleinerung der Überlauffraktion



Abbildung 3-13: Sammelbox unter dem Spänezerkleinerer

Schneidgeometrie

Abbildung 3-14 zeigt die an der Welle des Spänezerkleinerer angeordneten Schneidwerkzeuge sowie die gegenüberliegenden Gegenmesser. Die Geometrie der Schneide beschreibt ein an der Spitze abgestumpftes gleichschenkeliges Dreieck mit einer Schenkellänge von 60 mm.

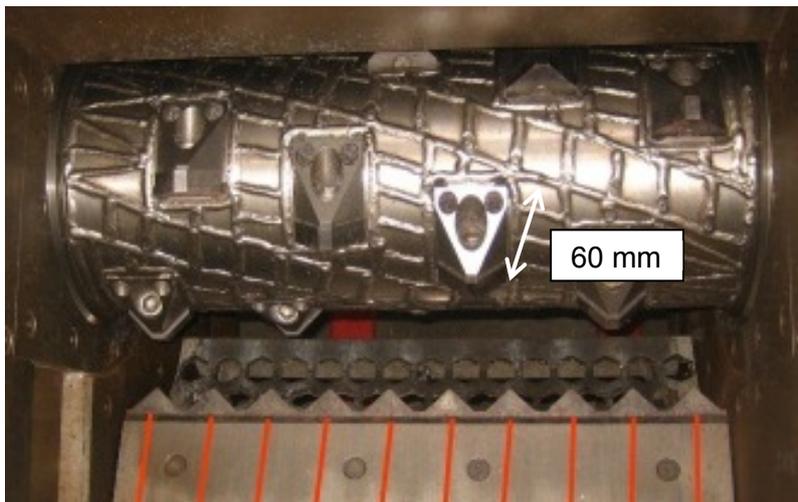


Abbildung 3-14: Schneidgeometrie des Spänezerkleinerers

Grobteile

Der Spänezerkleinerer stoppt automatisch bei einem voreinstellbaren Moment von 2.800 Nm. Dadurch konnten jene Teile des Durchlaufs entfernt werden, welche ein höheres Moment zur Zerkleinerung benötigen. Um eine Vermischung mit dem in der Box zerkleinerten Gut zu vermeiden, wurde bei jedem Betriebsstopp die Abwurfbox unter dem Spänezerkleinerer (siehe Abbildung 3-13) getauscht und die Grobteile händisch aussortiert. Durch das Öffnen der Klappe des Spänezerkleinerers fällt ebenso ein Teil der Aufgabe aus dem Aggregat heraus. Dieses wurde anschließend wieder aufgegeben.

3.3.2 Probenahme nach Zerkleinerung

Die Abbildung 3-17 zeigt den zu beprobenden Haufen¹. Zum Zwecke der Probenahme wurde der zerkleinerte Durchlauf zur Kastenform (siehe Abbildung 3-15) aufgeschüttet. Dadurch war eine normgerechte Probenahme möglich.

Kastenmaße:

- Breite (a1): 5.500 mm
- Tiefe (b1): 1.700 mm
- Höhe (h): 800 mm
- Breite II (a2): 4.000 mm
- Tiefe II (b2): 700 mm

Aus den Abmessungen ließ sich ein Volumen von etwa $4,6 \text{ m}^3$ ermitteln. Das gesamte Material wurde verwogen, was eine Masse von etwa 1,9 t ergab. Daraus konnte eine Schuttdichte von $0,421 \frac{\text{kg}}{\text{t}}$ errechnet werden. Acht separat durchgeführte Probenahmen wurden zur Feldprobe vereinigt und für die folgenden Analysen bereitgestellt. Um das Volumen und die Masse der vorhandenen Feldprobe zu verringern, wurde die Feldprobe mittels „Schaufelmethode“ geteilt (siehe Abbildung 3-16). Das Protokoll zur Probenahme findet sich im Anhang auf Seite 105.

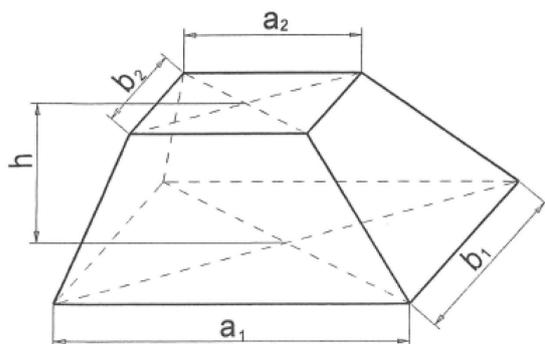


Abbildung 3-15: Kasten als geometrische Grundform zur Probenahme

¹ zerkleinerter Durchlauf



Abbildung 3-16: Probenteilung durch "Schaufelmethode" des Feinanteils



Abbildung 3-17: aufgeschütteter, zerkleinerter Durchlauf

3.3.3 Magnetscheidung

Eine Einführung in die Magnetscheidung findet sich unter Punkt 3.2.2 auf Seite 44. Die Abscheidung von magnetischem Material erfolgte am Standort der Firma IFE. Abbildung 3-18 zeigt den Magnetscheider¹ des Typs HPG 500x300, welcher dasselbe Funktionsprinzip wie jener in Abschnitt 3.2.3 beschriebene Magnetscheider hat. Die eingestellte Spaltweite, Aufgaberate, Förderzeit und Trommeldrehzahl ist dem Protokoll in 7.2 ab Seite 110 zu entnehmen.

¹ Makiert durch die Nummer Eins

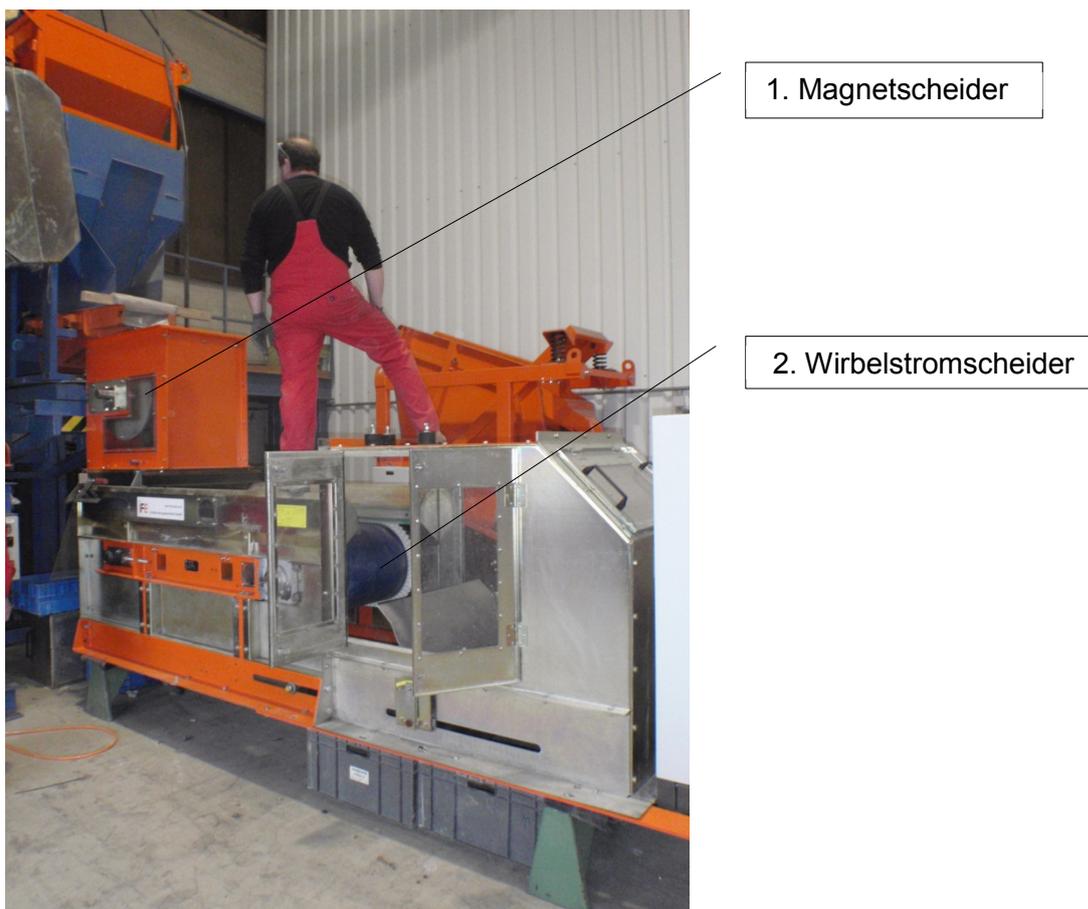


Abbildung 3-18: Anlage zur Magnet- und Wirbelstromsortierung

3.3.4 Wirbelstromscheidung

Eine Spezialentwicklung für die Recyclingtechnik ist die Wirbelstromsortierung. Mittels eines rotierenden Magnetfeldes werden in elektrisch leitenden Teilchen Wirbelströme induziert, deren Magnetfeld dem induzierenden Feld entgegengerichtet ist. Hieraus resultiert eine abstoßende Kraftwirkung. Die Höhe dieses Abstoßungseffekts wird dabei über das Leitfähigkeit/Dichte-Verhältnis der Teilchen bestimmt. Der Sortiereffekt wird aber ebenso von Stückform und Stückgröße bestimmt. Gerade in kleinen Teilchen (Stücke unter 5 mm) und sehr langgestreckten Drahtstücken ist es nicht möglich, hinreichend große Wirbelstromfelder auszubilden. Optimale Stückgrößen sind von 10 bis 40 mm. Das Aufgabegut sollte möglichst keine ferromagnetischen Teilchen mehr enthalten. Den prinzipiellen Aufbau eines Wirbelstromscheidungers zeigt Abbildung 3-19. Fraktion A hat einen geringen Leitfähigkeit-pro-Dichte-Wert. Die Fraktion B weist hingegen einen hohen Leitfähigkeit-pro-Dichte-Wert auf und wird daher auch in die weiter entfernte Box abgeworfen. Ein Wirbelstromscheidung muss derart eingestellt werden, dass die Förderdrehzahl höher als die der Trommel des Wirbelstromscheidungers ist. Dabei ist die Poltrommel exzentrisch zur Fördertrommel angeordnet [1] [20] [33].

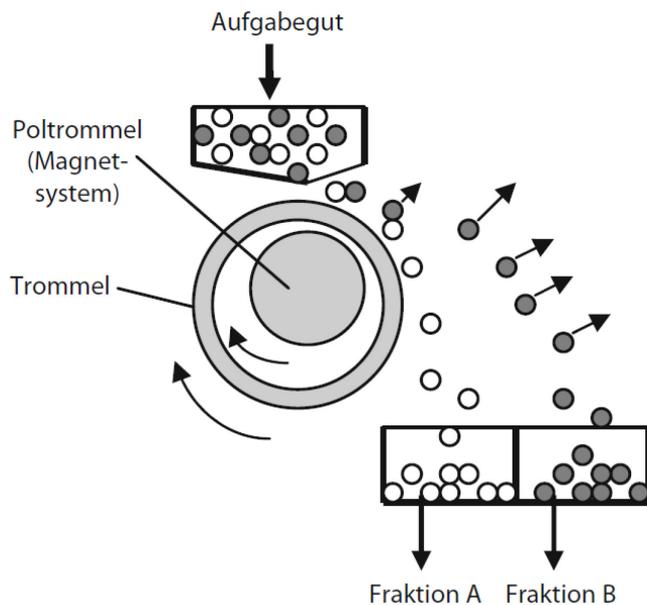


Abbildung 3-19: Prinzip der Wirbelstromscheidung [33]

Um den Anforderungen der Wirbelstromscheidung zu genügen, muss aufgegebenes Material zuerst von ferromagnetischen Stoffen befreit werden. Dies geschah mittels Magnetscheidung, wie in Abbildung 3-18 gezeigt, bevor die Aufgabe mittels Gurförderer an den Wirbelstromscheider des Typs INP 400x500 der Firma IFE erfolgte. Betriebsparameter und Maschineneinstellungen – Spaltweite, Aufgaberate, Förderzeit und Trommeldrehzahl – sind dem Protokoll in 7.2 ab Seite 110 zu entnehmen. Abbildung 3-20 gibt einen Einblick in einen in Betrieb stehenden Wirbelstromsortierer.



Abbildung 3-20: Wirbelstromsortierung

3.3.5 NIR-Sortierung

Die Nahinfrarot-Sortiertechnik ist ein berührungsloses System zur Materialidentifizierung und -sortierung. Dabei wird das trennende Aufgabegut mit hoher Geschwindigkeit¹ über ein schwarzes Förderband unter eine Erkennungseinheit transportiert. Die Erkennungseinheit sendet an das vorbeifahrende Gut Lichtwellen aus. Je nach Materialbeschaffenheit absorbiert oder reflektiert die Aufgabe diese Lichtwellen.

Auf Grund der molekularen Struktur der Materialien wird das Licht in bestimmten Wellenlängenbereichen auf eine materialtypische Art und Weise bevorzugt reflektiert bzw. absorbiert [34].

Das reflektierte Licht wird an ein Spektrometer weitergeleitet und im NIR-Bereich² analysiert. Die Sortierung der zuvor erkannten Materialien erfolgt über Druckluftdüsen, welche über die Breite des Förderbandes in sogenannten Düsenleisten angeordnet sind. Durch Variation von Luftdruck, Luftmenge und Düsenwinkel kann den spezifischen Anforderungen³ des auszublasenden Materials Rechnung getragen werden [1] [34].

Wichtige Qualitätsmerkmale für den Sortiererfolg sind:

- Vereinzelung der Aufgabe - Vermeidung von Überlappungen der Aufgabe
- Saubere Oberflächen des Aufgabegutes

Abbildung 3-21 zeigt das System der NIR-Sortierung anhand eines Detektors mit Spiegelsystem.

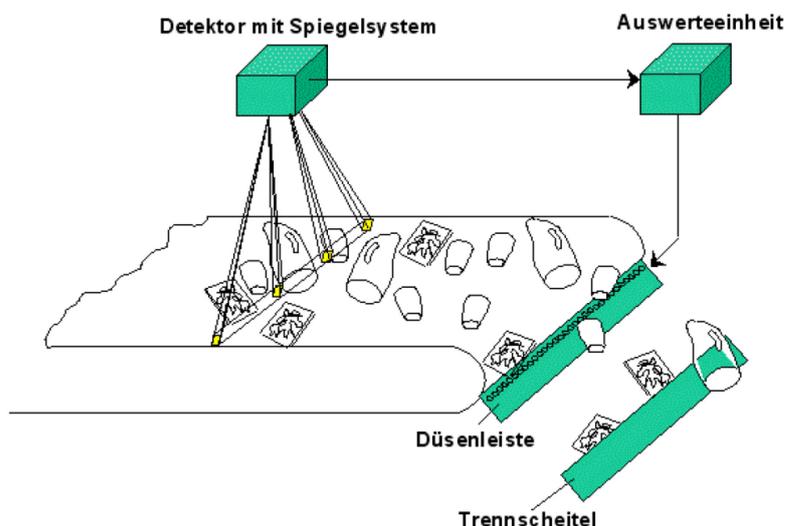


Abbildung 3-21: NIR-Sortierapparat mit Spiegelsystem am Detektor [34]

¹ etwa 2,5 - 3 m/s

² Lichtwellenlängen von 1.200 bis 2.000 nm

³ z.B.: Flugeigenschaften oder Gewicht

Die Versuche zur NIR-Sortierung wurden im Technikum der Firma BTW-Binder¹ durchgeführt. Hierfür wurde ein NIR-Sortierapparat des Typs „Redwave“ verwendet.

Die Sortierung der Hauptkunststoffbestandteile² wurde in verschieden aufgebauten Sortierreihenfolgen (siehe Tabelle 3-1) durchgeführt. Nach Abschluss der jeweiligen Sortierreihenfolge wurde jede ausgeschossene Fraktion nochmals in den Apparat aufgegeben und „gescannt“. Dadurch sollte ein Vergleichswert der durch die „Scaneinheit“ gezählten Counts ermöglicht werden.

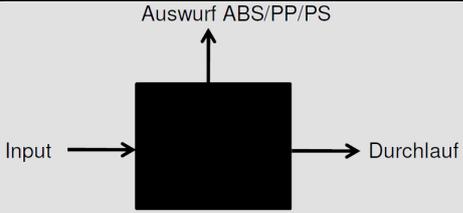
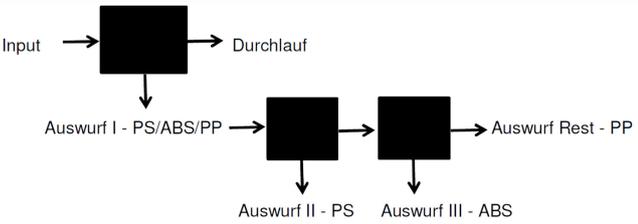
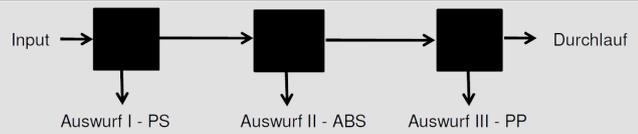
Aufgabe	Sortierablauf
Durchlauf, nicht zerkleinert	<p style="text-align: center;">Auswurf ABS/PP/PS</p> 
Durchlauf zerkleinert, nicht entfrachtet	
Durchlauf zerkleinert, entfrachtet	

Tabelle 3-1: Sortierreihenfolgen für Kunststoffentfrachtung



Abbildung 3-22: Auswurfboxen des NIR-Sortierapparates „Redwave“

¹ BT-Wolfgang Binder GmbH

² ABS, PS und PP



Abbildung 3-23: NIR-Sortierapparat „Redwave“ der Firma BTW-Binder

3.3.6 Siebanalyse

Eine kurze Einführung in das Sieben findet sich unter Punkt 3.2.2 auf Seite 44. Die Siebanalyse des Durchlaufs wurde mit folgenden Sieben durchgeführt:

- 40 mm
- 31,5 mm
- 20 mm
- 16 mm
- 10 mm
- 6,3 mm

Abbildung 3-24 zeigt die für die Analyse des Durchlaufs verwendeten Siebe. Die Siebanalyse wurde für die gesamte Probe des FA durchgeführt, bevor sie zur weiteren Analyse mithilfe der Magnetscheidung sortiert wurde. Die Ergebnisse der Siebanalyse finden sich im Anhang ab Seite 128.



Abbildung 3-24: Verwendete Siebe für die Siebanalyse des Durchlaufs

3.4 Zusammenfassung

Mithilfe der Abbildung 3-25 sowie der Abbildung 3-26 werden die jeweiligen Sortierergebnisse als prozentualer Anteil der Masse der Aufgabe dargestellt.

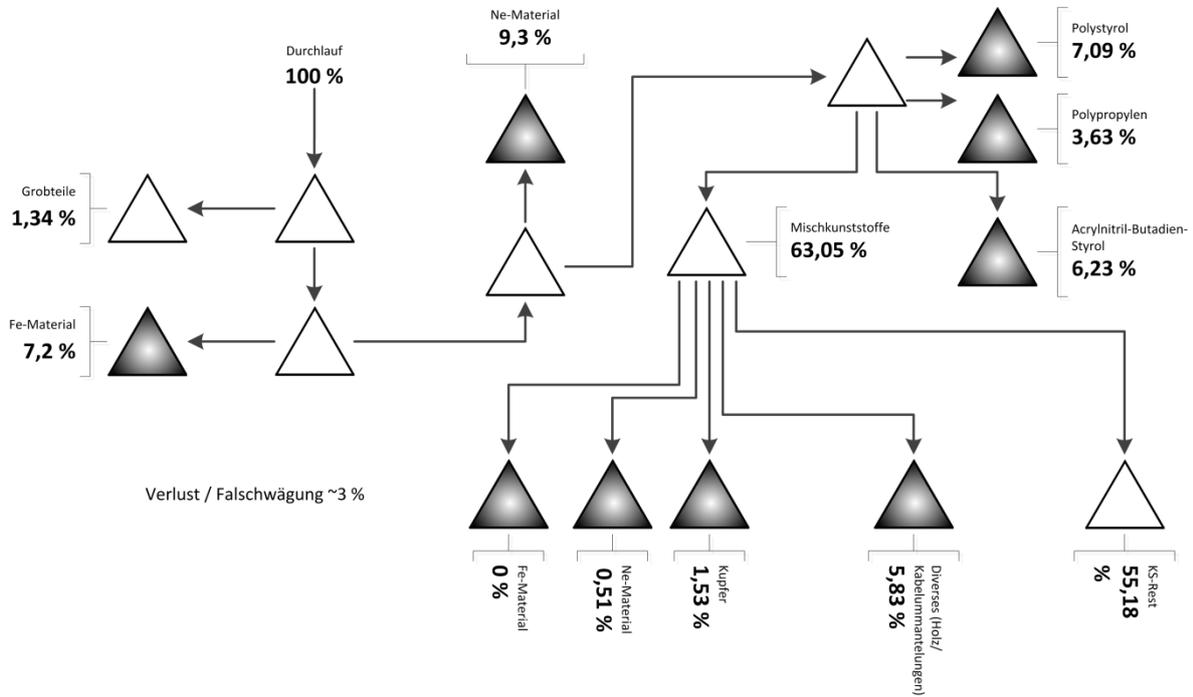


Abbildung 3-25: Prozentuale Verteilung der Stoffe bezogen auf die Aufgabe - Durchlauf

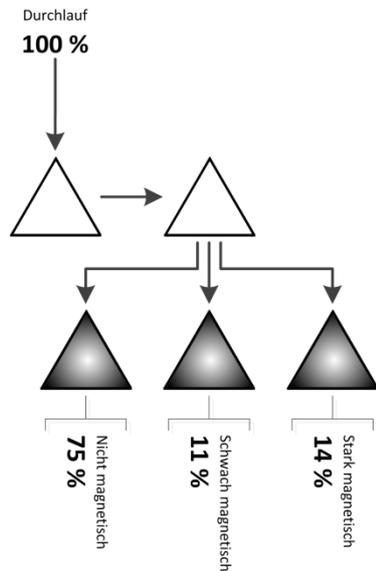


Abbildung 3-26: Prozentuale Verteilung der Stoffe bezogen auf die Aufgabe - Feinanteil

4 Ergebnisse

Die Summe der aus dem vorangestellten Kapitel gewonnenen Erkenntnisse soll im nun folgenden Kapitel erläutert werden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen der experimentellen Untersuchungen werden mögliche Anlagenkonzepte aufgezeigt, welche eine mögliche Erweiterung der bestehenden Aufbereitungsanlage darstellen und die Aufbereitung der beiden Restfraktionen „Durchlauf“ und „Feinanteil“ ermöglichen sollen. Die Interpretation der im Rahmen dieser Diplomarbeit gesammelten Informationen fokussiert auf die technische Machbarkeit, marktwirtschaftliche und ökonomische Aspekte, welche bei der Planung und Realisierung derartiger Aufbereitungsanlagen natürlich auch eine entscheidende Rolle spielen, werden nicht behandelt. Die Gliederung dieses Abschnittes erfolgt dem Aufbau des Kapitels Experimente folgend in untenstehende Punkte:

- Feinanteil
- Durchlauf
- Vorschläge für mögliche aufbereitungstechnische Verschaltungsvarianten

4.1 Feinanteil

Das Ergebnis der Siebanalyse des Feinanteiles ist in Abbildung 4-1 dargestellt. Im linken oberen Feld findet sich die tabellarische Darstellung der Korngrößenverteilung. In der rechten Tabelle finden sich Informationen über die Wägung und die eingesetzte Waage. Desgleichen findet sich ein prozentualer Vergleich über die Masse der eingegangenen Probe, sowie der Summe der einzelnen Fraktionen. Damit sollen mögliche Fehlwägungen dokumentiert und Fehler außerhalb der Genauigkeit der Waage aufgezeigt werden. Die beiden graphischen Darstellungen zeigen:

- auf der linken Seite: die Fraktion, den Rückstand und den Durchgang am Sieb in einem linearen Netz.
- auf der rechten Seite: den Rückstand, sowie den Durchgang in einem logarithmisch (\log_{10}) skalierten Netz (GGS-Netz).

Die grafische Darstellung von Siebanalysen der einzelnen Magnetisierungsstufen findet sich im Anhang unter Feinanteil ab Seite 119.

Siebanalyse - SDAG - UPS - Feinfraktion

Maschenweite[mm]		Masse[g]			Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]
Oberer	Untere	Brutto	Tara	Netto			
>10	10	1224	306	918	3,44%	3,44%	96,56%
10	6,3	6664	298	6366	23,86%	27,30%	72,70%
6,3	5	3764	300	3464	12,98%	40,28%	59,72%
5	3,15	6576	338	6238	23,38%	63,66%	36,34%
3,15	2	4360	312	4048	15,17%	78,83%	21,17%
2	1,25	2490	286	2204	8,26%	87,09%	12,91%
1,25	0,315	2652	320	2332	8,74%	95,83%	4,17%
0,315	0	1424	310	1114	4,17%	100,00%	0,00%
Summe			0	26684	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	26872	MVS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	26872	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
-0,70%		Genauigkeit d[g]:	2
Datum:		max. Bel. [g]:	60000
17.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-16-11-2011.docx) wurde nach Norm aus einer, über einen Zeitraum von 11 Monaten (Jänner 2011 – November 2011) in einem Backer gesammelten, Fraktion entnommen.			

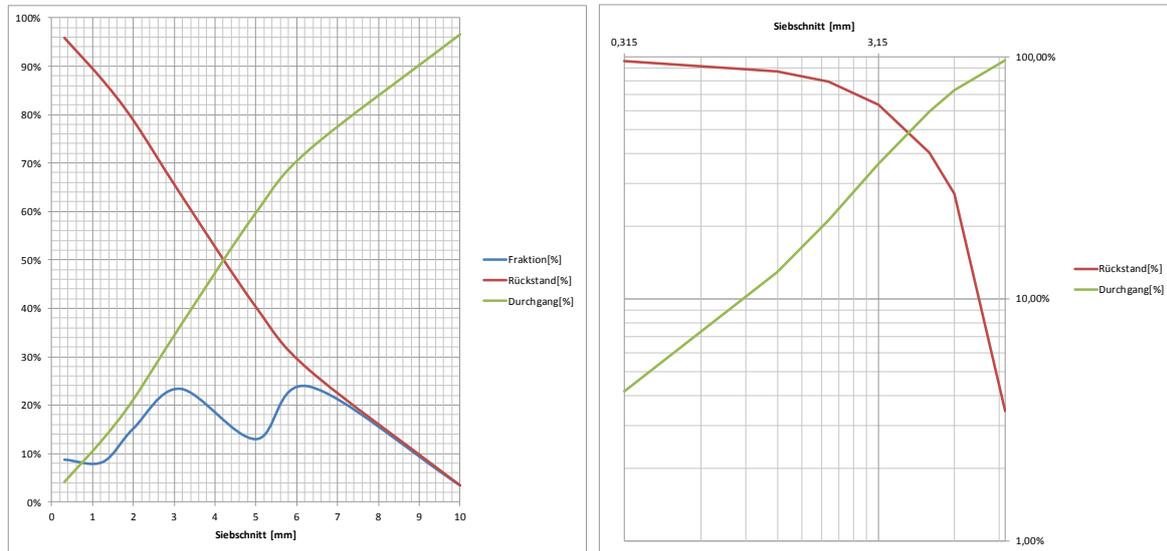


Abbildung 4-1: Siebanalyse des Feinanteils

Wie bereits unter Abschnitt 3.2 beschrieben, wurde der Feinanteil der Anlage unter Zuhilfenahme einer zweidimensionalen Analyse untersucht. Abbildung 4-2 gibt die repräsentativ entnommene Probe sortiert nach den Eigenschaften

- Kornklasse sowie
- Magnetisierbarkeit

an. Die Kornklassen sind dabei von rechts nach links fallend aufgetragen; die Magnetisierbarkeit von unten nach oben. Anhand dieser Darstellung kann festgehalten werden, dass über das gesamte Kornband hinweg ein ausgeprägter Anteil des Feinanteils aus stark magnetischen Stoffen besteht. In Tabelle 4-1 findet sich eine optische Beschreibung des Inhaltes der einzelnen Merkmale.

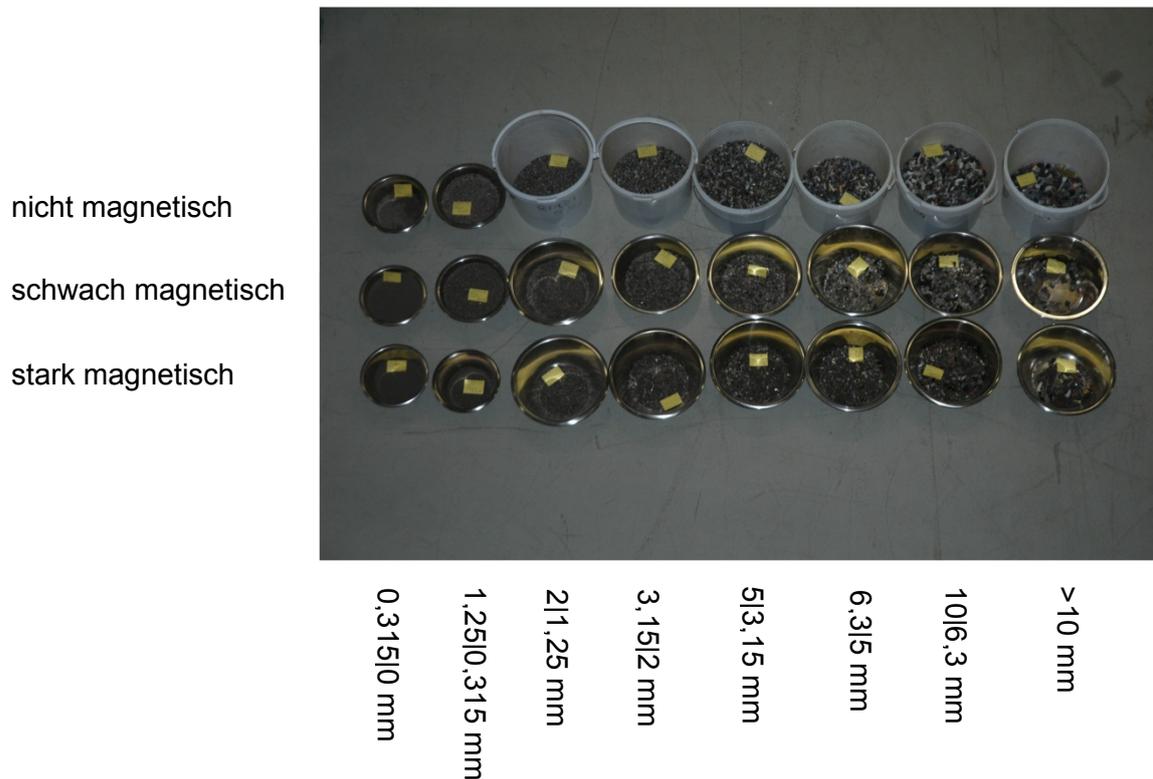


Abbildung 4-2: Übersicht der zweidimensionalen Analyse des Feinanteils

Magnetisierbarkeit	Beschreibung des Inhalts
stark	Schrauben, Muttern, Eisenteile, Federn
schwach	PS, Holz
keine	Glas, verschiedene Kunststoffe

Tabelle 4-1: Inhaltsbeschreibung Feinanteil

Neben dem hohen Anteil an stark magnetischem Material (etwa 11 %) finden sich in der Reihe der schwach magnetischen Stoffe verschiedenste Polystyrol-Kunststoffe und Holz. Diese eigentlich diamagnetischen Stoffe sind oberflächlich mit magnetisierbaren feindispersen Körnern verunreinigt. Diese magnetisierbare Staubfraktion, die vermutlich während der Zerkleinerung des Materials im Qz entsteht, haftet an den unregelmäßigen Oberflächen der diamagnetischen Stoffe an. Der geringe Masseanteil dieser Staubfraktion reicht offenbar für eine Aussortierung der Stoffe in das Magnetprodukt aus. Die schwach magnetische Fraktion besteht aus Kunststoffen und Glas. Der hohe Glasanteil dieser Fraktion lässt darauf schließen, dass eine Vielzahl an Geräten (z.B.: kleine Bildschirme) direkt in den Qz eingebracht werden. Aus technischer Sicht ist eine Trennung der Glas- und Kunststofffraktion nur mittels des Merkmals Dichte möglich [35].

Abbildung 4-3 zeigt anhand eines Balkendiagramms die Verteilung der einzelnen Magnetisierbarkeiten über die Siebschnitte. Daher wird jeder Siebschnitt als prozentuale Verteilung von schwach, stark und nicht magnetischen Stoffen dargestellt. Erkennbar sind

hohe Anteile an stark magnetischen Stoffen in den oberen (>10, 10|6,3 mm) und dem untersten Siebschnitt (0,315|0 mm). Der Anteil an schwach paramagnetischen Stoffen nimmt mit abnehmender Korngröße zu. Dies zeigt, dass die durch die Beanspruchung im Qz entstehende magnetisierbare Staubfraktion in die Kunststoffteile eindringt und es damit zu einer Anreicherung von Polystyrol-Kunststoffen in den unteren Korngrößenklassen kommt.

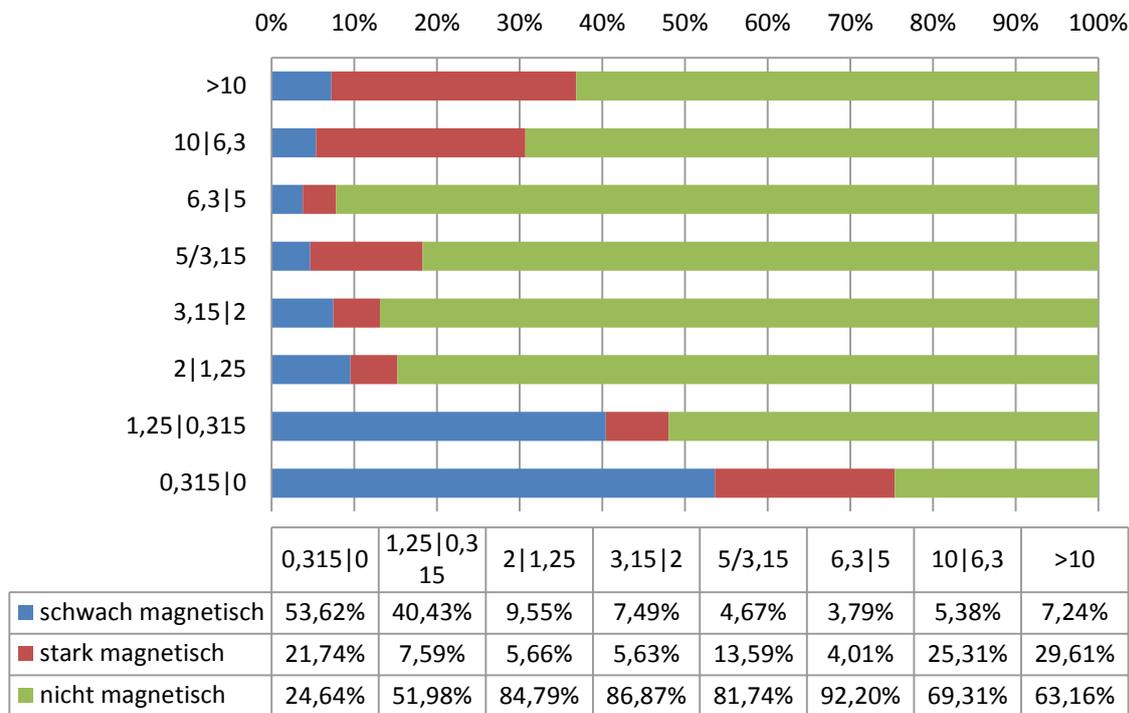


Abbildung 4-3: Balkendiagramm des Feinanteiles über die einzelnen Siebschnitte

Abbildung 4-4 zeigt mittels Balkendiagramm die Verteilung der Magnetisierbarkeitsklassen in den Korngrößenklassen. Hieraus können für die gesamte Aufgabe folgende Zahlenwerte angegeben werden:

- Schwach magnetische Stoffe mit 11 %
- Stark magnetische Stoffe mit 14 %
- Nicht magnetische Stoffe mit 75 %

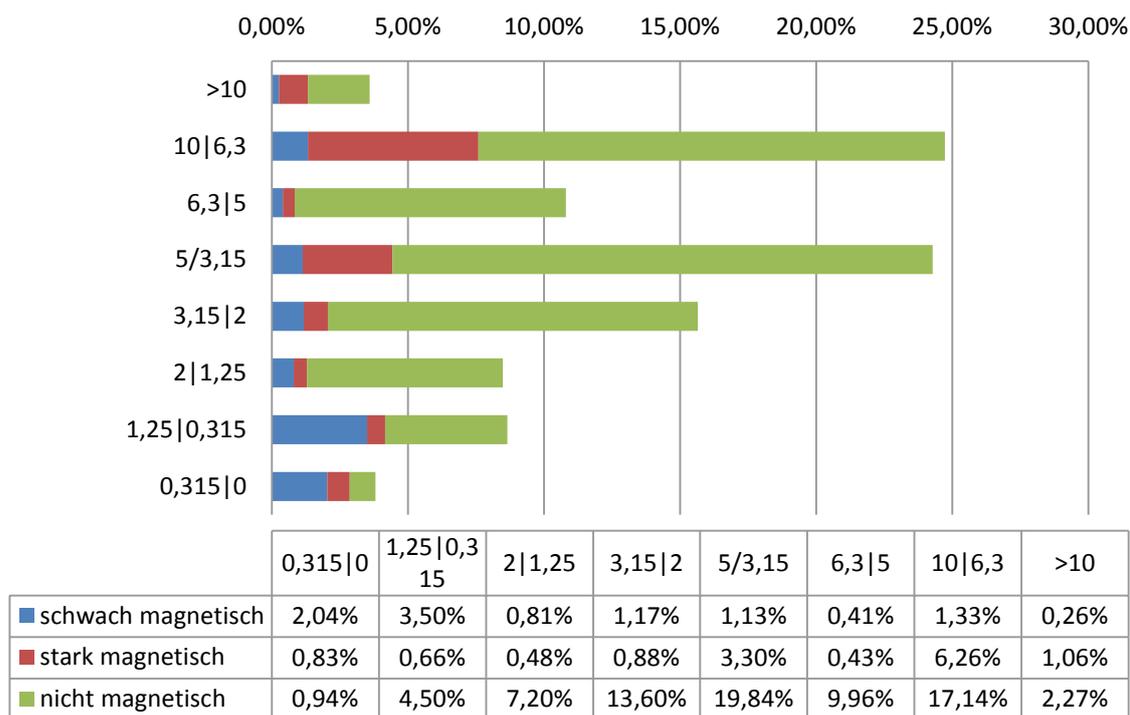


Abbildung 4-4: Balkendiagramm des Feinanteiles über die Aufgabe

4.1.1 Bilanzierung

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]		
				schwach magnetisch	stark magnetisch	nicht magnetisch
Feinanteil	100	>10	3,44	7,24	29,61	63,16
		10 6,3	23,86	5,38	25,31	69,31
		6,3 5	12,98	3,79	4,01	92,20
		5/3,15	23,38	4,67	13,59	81,74
		3,15 2	15,17	7,49	5,63	86,87
		2 1,25	8,26	9,55	5,66	84,79
		1,25 0,315	8,74	40,43	7,59	51,98
		0,315 0	4,17	53,62	21,74	24,64
		Aufgabe gerechnet	100,00	10,81	13,65	75,54
				Kornklasse [mm]	Inhaltseinheiten [%][%]	
			schwach magnetisch	stark magnetisch	nicht magnetisch	
		>10	24,90	101,85	217,28	
		10 6,3	128,36	603,83	1653,51	
		6,3 5	49,20	52,04	1196,92	
		5/3,15	109,19	317,71	1910,83	
		3,15 2	113,70	85,47	1317,85	
		2 1,25	78,92	46,74	700,31	
		1,25 0,315	353,31	66,37	454,25	
		0,315 0	223,87	90,76	102,86	
		Summe	1081,44	1364,76	7553,80	
		Kornklasse [mm]	Inhaltsausbringen [%]			
			schwach magnetisch	stark magnetisch	nicht magnetisch	
		>10	2,30	7,46	2,88	
		10 6,3	11,87	44,24	21,89	
		6,3 5	4,55	3,81	15,85	
		5/3,15	10,10	23,28	25,30	
		3,15 2	10,51	6,26	17,45	
		2 1,25	7,30	3,42	9,27	
		1,25 0,315	32,67	4,86	6,01	
		0,315 0	20,70	6,65	1,36	
		Summe	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 4-5: Bilanzierung der Untersuchungen am Feinanteil

4.1.2 Fazit aus der Analyse des Feinanteils

Eine tabellarische Zusammenfassung sämtlicher Zahlenwerte und Ergebnisse finden sich im Anhang unter Abbildung 7-14.

Potentiale

Bei einem Siebschnitt von 2 mm findet sich im Rückstand ein stark magnetischer Masseanteil von etwa 12 %. Dieser Anteil des Feinanteiles kann dabei, wie bereits in Abschnitt 3.2 auf Seite 43 beschrieben, bei einer Feldstärke von 0,1 Tesla abgeschieden werden, was den Einsatz eines Schwachfeldmagnetscheiders bedingt. Der bereits in der Anlage eingesetzte Aushebemagnetscheider könnte mittels einfachen Modifizierungen (beispielhaft sei eine Abstandsänderung von Zuförderstrom zu Abförderstrom des Aushebemagnetscheiders genannt) zu diesem Zweck eingesetzt werden. Die Ergebnisse

aus der Merkmalsklassenanalyse (siehe Abbildung 4-5) unterstreichen diese Aussagen. Das Inhaltsausbringen an der ferromagnetischen Fraktion beträgt bei diesem Siebschnitt etwa 90 %.

Anmerkungen

Bei Überlegungen, den Kunststoff der Feinfraktion weiter zu verarbeiten, wird es als notwendig erachtet, die aufgegebenen Elektronik- und Elektroaltgeräte bereits im Bereich der Bodensortierung möglichst vollständig von Glas zu entfrachten, dass so wenig Glas wie möglich in den Prozess eingebracht wird. Durch das spröde Bruchverhalten von Glas reichert sich dieses im Feinanteil an.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, die Möglichkeiten einer trockenen Sortierung nach dem Merkmal der Dichte einer orientierenden aufbereitungstechnischen Untersuchung zu unterziehen.

4.2 Durchlauf

Das Ergebnis der Siebanalyse des Durchlaufs ist in Abbildung 4-6 dargestellt. Im linken oberen Feld findet sich die tabellarische Darstellung der Korngrößenverteilung. In der rechten Tabelle finden sich Informationen über die Wägung und die eingesetzte Waage. Desgleichen findet sich ein prozentualer Vergleich über die Masse der eingegangenen Probe, sowie der Summe der einzelnen Fraktionen. Damit sollen mögliche Fehlwägungen dokumentiert und Fehler außerhalb der Genauigkeit der Waage aufgezeigt werden. Die beiden graphischen Darstellungen zeigen:

- auf der linken Seite: die Fraktion, den Rückstand und den Durchgang am Sieb in einem linearen Netz.
- auf der rechten Seite: den Rückstand, sowie den Durchgang in einem logarithmisch (\log_{10}) skalierten Netz (GG-Netz).

Die graphische Darstellung von Siebanalysen der einzelnen Merkmale¹ findet sich im Anhang unter Durchlauf ab Seite 128.

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf

Maschenweite[mm]		Masse[g]			Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]
Obere	Untere	Brutto	Tara	Netto			
>40	40	3158	0	3158	2,03%	2,03%	97,97%
40	31,5	3510	0	3510	2,25%	4,28%	95,72%
31,5	20	50378	0	50378	32,35%	36,63%	63,37%
20	16	20190	0	20190	12,97%	49,60%	50,40%
16	10	40096	0	40096	25,75%	75,35%	24,65%
10	6,3	20432	0	20432	13,12%	88,47%	11,53%
6,3	0	17954	0	17954	11,53%	100,00%	0,00%
Summe				159718	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	154952	MVS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	154952	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
0,49%		Genauigkeit d[g]	2
Datum:		max. Bel. [g]:	60000
24.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-03-11-2011.docx) wurde nach Norm entnommen.			

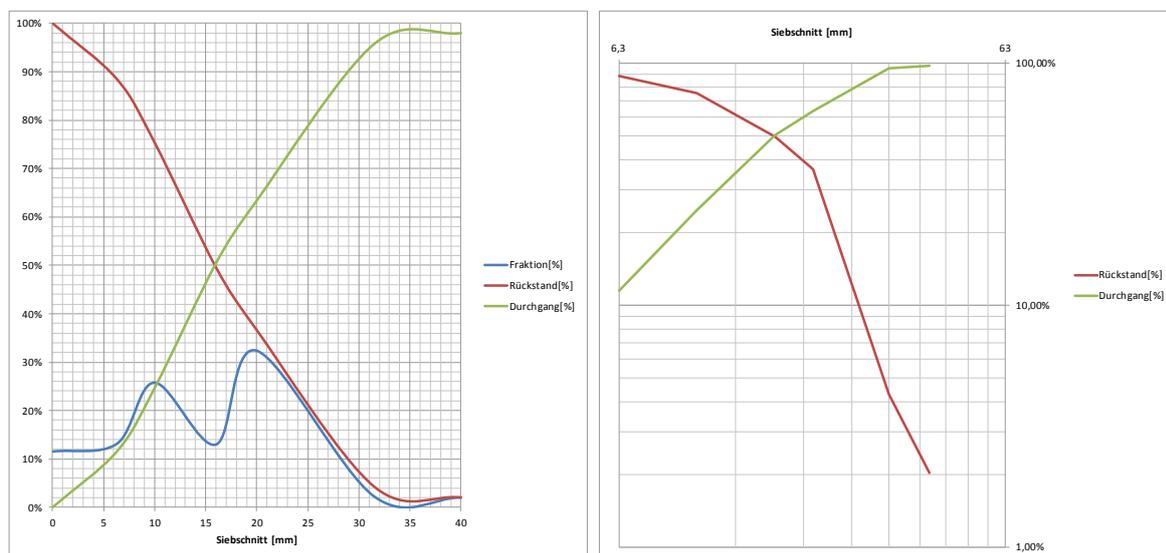


Abbildung 4-6: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung

¹ Ferromagnetischer Anteil, Nichteisenmetallanteil, Kunststoffanteil

Auffällig ist, dass die Fraktionsverteilung (blaue Linie im linken Diagramm der Abbildung) eine bimodale Verteilung aufweist, welche sich über sämtliche Siebanalysen des Durchlaufs durchzieht. Die Scheitelwerte finden sich jeweils in den beiden Siebklassen

- 31,5|20 mm und
- 16|10 mm,

welche gemeinsam einen Massenanteil von etwa 60 % aufweisen, und daher einer genaueren Betrachtung bedürfen. Da die untersuchte Probe des Durchlaufes vor Analyse und Auswertung zerkleinert wurde, ist ein kausaler Zusammenhang zwischen der Entstehung der beiden Scheitelwerte und der Zerkleinerung anzunehmen. Die Art der Schneidgeometrie wurde bereits unter Abschnitt 3.3.1 auf Seite 52 diskutiert, und dient als Grundlage für theoretische Betrachtungen zum Schnittverhalten des Elektro-, und Elektronikschrottes.

Abbildung 4-8 zeigt, dass eine maximale Kantenlänge von 60 mm bei einem vollständigen Schnitt erreicht werden kann. Durch den Einsatz eines 40 mm Siebkorbess muss das aufgegebene Gut wiederholt geschnitten werden. Aus der Fülle an möglichen Eingriffen des Werkzeuges in das bereits vorgeschchnittene Gut sollen die Hauptschnittbereiche aufgegriffen und auf Ihre Auswirkungen hin beleuchtet werden.

- Schnitt an $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$ der Korngröße

Hierzu wurde mit Abbildung 4-7 ein Ablaufdiagramm erstellt, das den Weg eines 60 mm großen Kornes anhand der aufgezählten Schnittbereiche nachvollzieht. Die in diesem Ablaufschema angegebenen Korngrößen sind gerundet angeschrieben. Der erste Schnittvorgang zeigt bereits zwei Korngrößen, welche in eine der Scheitelpunktfraktionen eingeht. Die Korngrößen 45 mm und 40 mm werden in diesem Ablauf nochmals geschnitten. Die praktischen Versuche mit dem Zerkleinerungsapparat und die Massenverteilung der Siebanalyse zeigen, dass Grenzkörner dazu neigen, sich nicht im Durchlauf des Siebes zu befinden. In beiden Fällen wird das zu schneidende Gut mit denselben möglichen Schnittbereichen untersucht. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein 60 mm großes Korn in dreizehn verschiedene Größen geschnitten werden kann. In sieben dieser Fälle wird das entstandene Korn einem Siebschnitt von 31,5|20 mm entsprechen und damit einen Anteil von 54 % einnehmen. Weitere fünf Fälle liegen in einem Siebschnitt von 16|10 mm, was einem Anteil von 38 % entspricht. Die Verteilung der einzeln geschnittenen Körner zeigt, dass ein hoher Prozentsatz des Gutes in jene angesprochenen Fraktionen wandert, welche sich in der Darstellung der Fraktionsverteilung als Scheitelpunkte niederschlagen. Dieses Ablaufschema kann keinesfalls die Fülle und Komplexität der einzelnen Schneidvorgänge innerhalb dieses Zerkleinerungsaggregats erfassen. Dem ungeachtet liefert es einen plausiblen und nachvollziehbaren Ablauf zum Schnittverhalten des Durchlaufs.

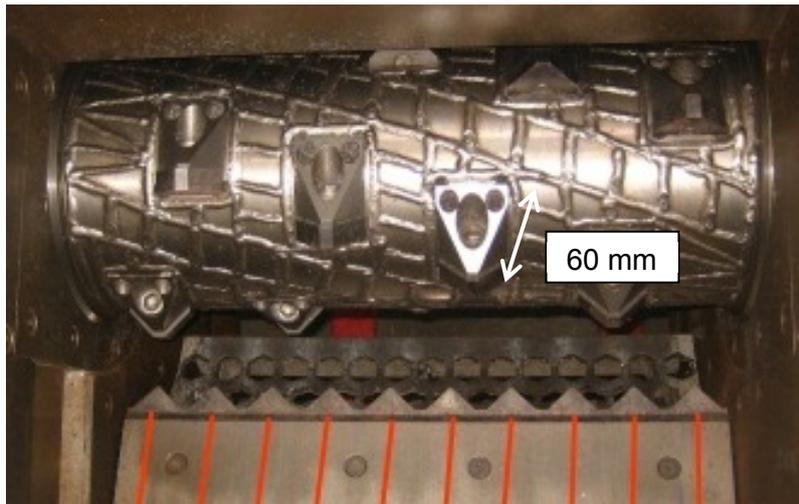


Abbildung 4-7: Geometrie der Schneide

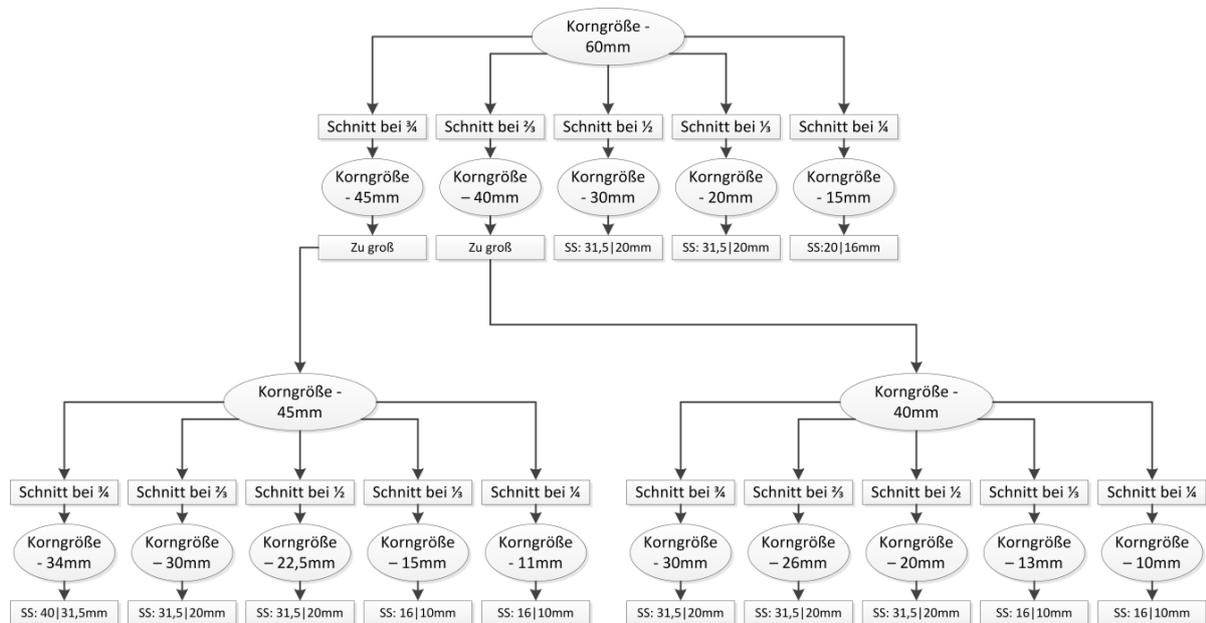


Abbildung 4-8: Übersicht über das Schnittverhalten

Analog dem Aufbau des Abschnittes Feinanteil wurde auch der Durchlauf mittels zweidimensionaler Analyse untersucht.

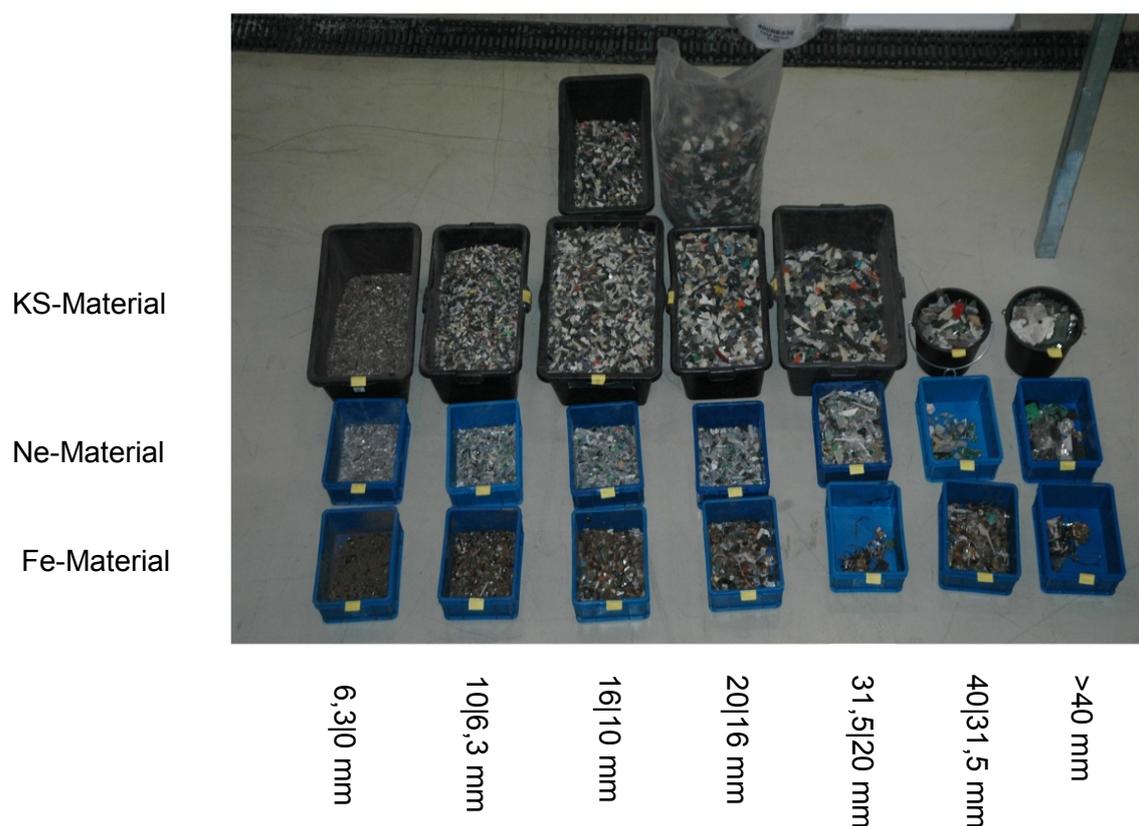


Abbildung 4-9: Übersicht der zweidimensionalen Analyse des Durchlaufs

Anhand von Abbildung 4-9 wird die repräsentativ entnommene Probe nach den Eigenschaften

- Kornklasse sowie
- Materialart

sortiert dargestellt. Die Kornklassen werden dabei von rechts nach links fallend und die Materialart vertikal angegeben. Der Anteil des Kunststoffmaterials wird unter dem Punkt 4.2.1 betrachtet. Die zwei, in einer vierten Reihe vorhandenen Behälter stellen keine Gruppe dar, sondern sind jeweils dem Kunststoffmaterial des Siebschnittes 20|16 mm sowie 16|10 mm zuzuordnen. In Tabelle 4-2 findet sich eine optische Beschreibung des Inhaltes der einzelnen Merkmale.

Merkmals	Beschreibung des Inhalts
Fe-Material	Magnetbänder, Eisenplatten, Schrauben, Eisenkerne von Spulen
Ne-Material	Aluminiumplatten, Kupferstücke, teilw. Leiterplattenstücke
KS-Material	verschiedene Kunststoffe, teilw. Kabeln

Tabelle 4-2: Inhaltsbeschreibung Durchlauf

Das Merkmal ferromagnetisch zeigt über die gesamte Probe hinweg eine Verunreinigung durch Magnetbänder aus Musik- als auch Videokassetten. Die Kunststofffraktion weist kleine Mengen an Kupferdrähten und losen Kupferlitzen auf, während die Nichteisenmetallsiebschnitte als Verunreinigung Leiterplatten beinhalten. Abbildung 4-10 zeigt anhand eines Balkendiagramms die einzelnen Merkmale über die Siebklassen, wobei, mit Ausnahme der Fraktion 40|31,5 mm, eine gleichmäßige Verteilung des ferromagnetischen Anteiles erkennbar ist. Der Anteil der Nichteisenfraktion nimmt mit kleiner werdender Kornklasse ab.

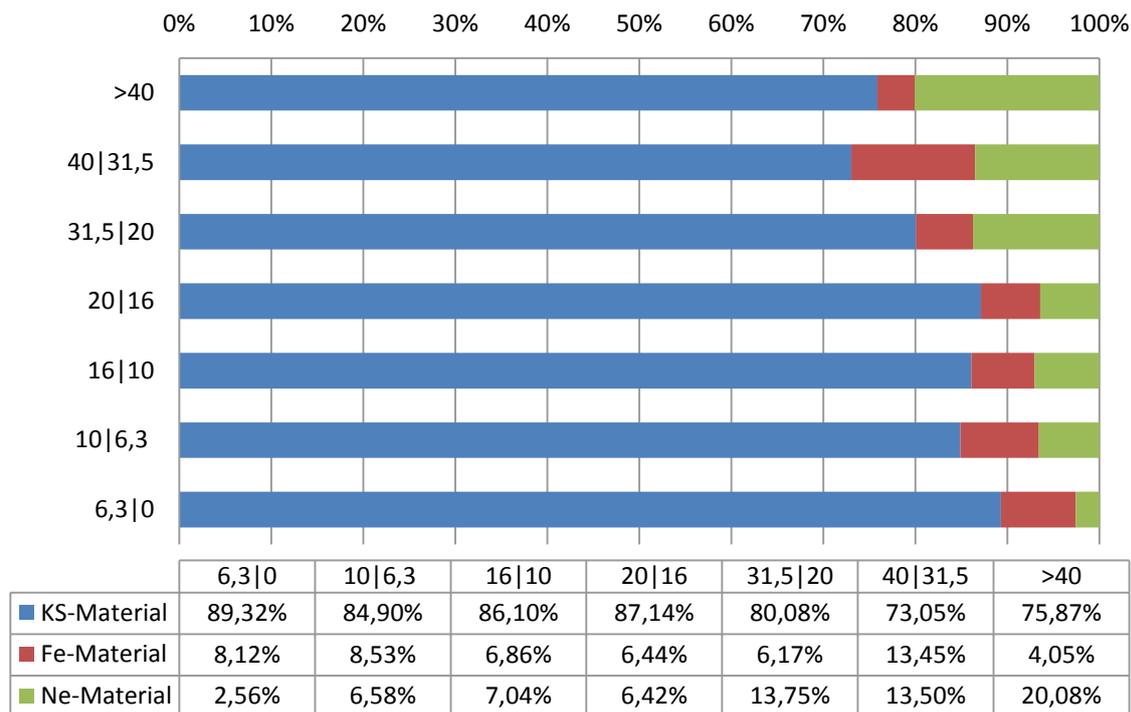


Abbildung 4-10: Balkendiagramm des Durchlaufs über die einzelnen Siebschnitte

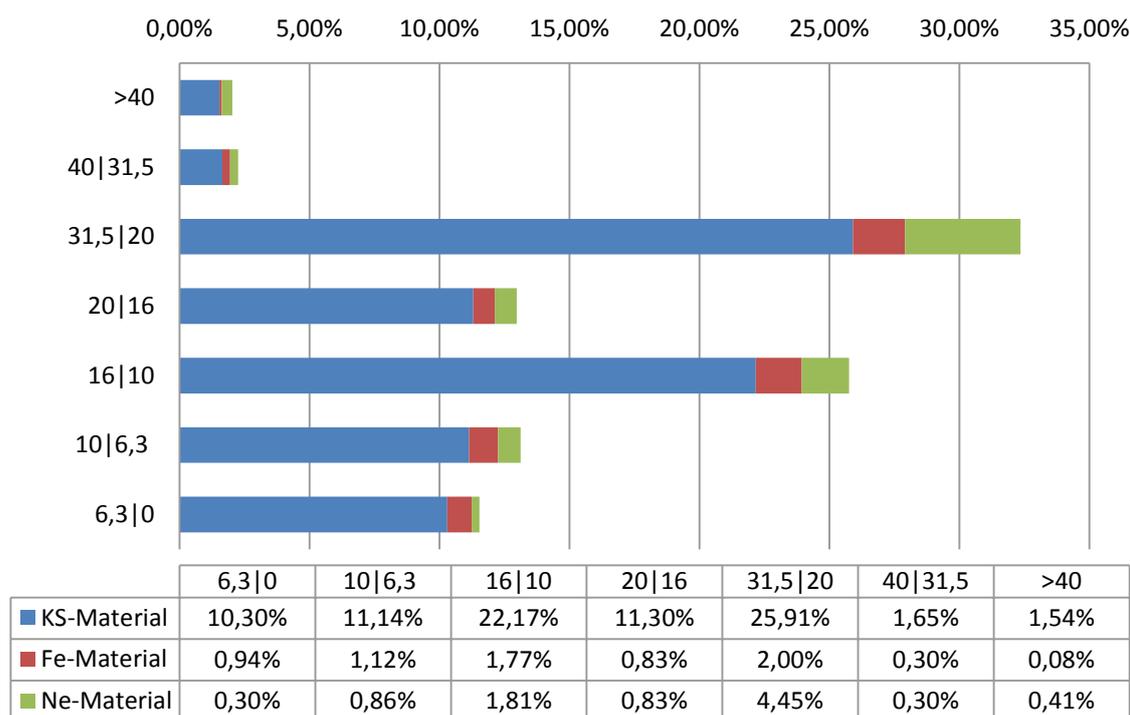


Abbildung 4-11: Balkendiagramm des Durchlaufs über die Aufgabe

Abbildung 4-11 zeigt mittels Balkendiagramm die Verteilung der Merkmale in den Siebschnitten über die gesamte Aufgabe. Hieraus können folgende Zahlenwerte angegeben werden:

- Eisenanteil mit 7 %
- Nichteisenanteil mit 9 %
- Kunststoffanteil mit 84 %

Die Fraktionen Fe-Material und Ne-Material zeigen innerhalb der Korngrößen 31,5|20 mm und 16|10 mm den höchsten prozentualen Anteil. Dadurch kann auch das Schnittverhalten dieser Materialien denselben „Annahmen zum Schnittverhalten“ unterworfen werden, wie sie bereits am Beginn dieses Kapitels diskutiert wurden.

4.2.1 Kunststoffanteil des Durchlaufs

Tabelle 4-3 zeigt die Ergebnisse des 2. Abtastdurchgangs der NIR-Sortierung. Nicht zerkleinertes Material zeigt eine bessere Sortierbarkeit der Hauptkunststoffe aufgrund größerer Körner. Größere Körner weisen eine größere Fläche in der im zweidimensionalen Bereich arbeitenden Erkennungseinheit des NIR-Sortierapparates auf. Mit erhöhter Fläche steigen auch die Anzahl an möglichen Counts und daher die Sortierbarkeit.

Der Vergleich mit dem nicht entfrachteten Gutstrom zeigt, dass der entfrachtete ein besseres Sortierergebnis aufgrund von verminderten Fehlerquellen aus Fe- und NE-Material aufweist. Ebenso zeigt Tabelle 4-4 die erkannten Counts der Kunststofffraktion

ABS, welche mit dem Flammhemmer TBBPA¹ versetzt wurde. Ein vollständiges Protokoll der NIR-Sortierung findet sich im Anhang unter Punkt 7.2.

Aufgabe	Ergebnisse der Produkte (2. Abtastdurchgang) Counts [%]
Durchlauf, nicht zerkleinert	<ul style="list-style-type: none"> • ABS + PP + PS : 90,5
Durchlauf zerkleinert, nicht entfrachtet	<ul style="list-style-type: none"> • PS: 80,0 • ABS: 68,0 • PP: 38,4
Durchlauf zerkleinert, entfrachtet	<ul style="list-style-type: none"> • PS: 77,3 • ABS: 71,2 • PP: 80,3

Tabelle 4-3: Sortiererergebnisse für die Kunststoffentfrachtung

Aufgabe	ABS mit Flammhemmer [%]
Durchlauf, nicht zerkleinert	7,6
Durchlauf zerkleinert, nicht entfrachtet	7,5
Durchlauf zerkleinert, entfrachtet	6,8

Tabelle 4-4: Tabellarische Darstellung des prozentualen Anteils an ABS mit Flammhemmern in den unterschiedlichen Aufgaben

Abbildung 4-13 zeigt ein Balkendiagramm, welches die prozentuale Verteilung der Kunststoffmerkmale pro Siebschnitt angibt. Dabei ist die Summe jedes Siebschnittes 100 %. Mit Ausnahme der Fraktion >40 mm zeigen sich alle darunterliegenden Siebklassen ähnlich verteilt. Eine Ausnahme bildet die Fraktion 31,5|20 mm, welche einen fast drei Mal so hohen Anteil an Polystyrol aufweist.

Abbildung 4-12 zeigt mittels Balkendiagramm die Verteilung der Merkmale in den Siebschnitten über die gesamte Aufgabe. Hieraus können folgende Zahlenwerte angegeben werden:

- PS mit 8,8 %
- PP mit 4,5 %
- ABS mit 7,8 %
- Mischkunststoffe mit 78,9 %

¹ Tetrabrombisphenol A

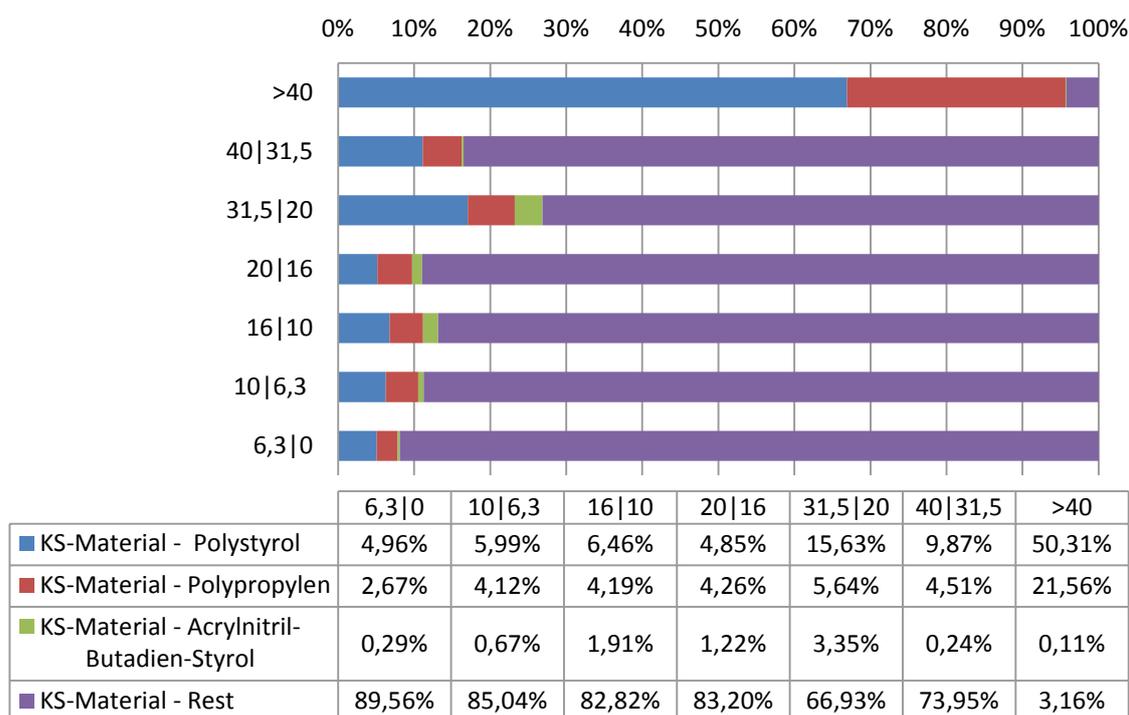


Abbildung 4-12: Balkendiagramm der Kunststofffraktionen über die einzelnen Siebschnitte

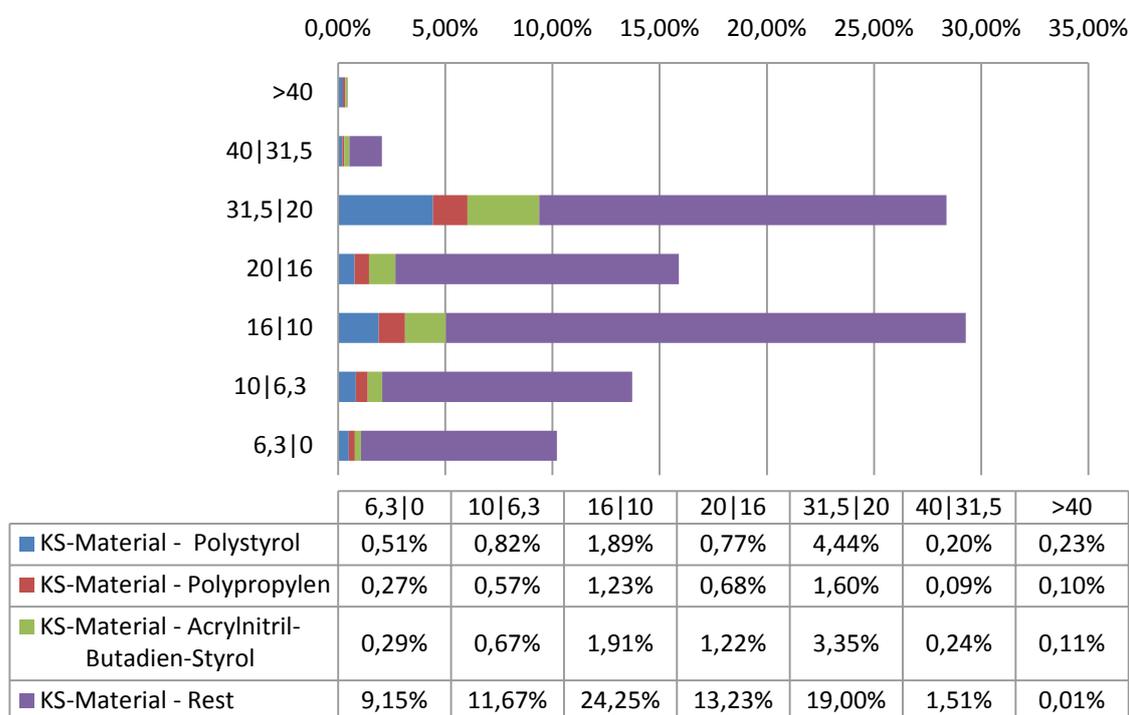


Abbildung 4-13: Balkendiagramm der Kunststofffraktionen über die Aufgabe

Die Fraktionen PP, PS und ABS zeigen innerhalb der Korngrößen 31,5|20 mm und 16|10 mm den höchsten prozentualen Anteil. Dadurch kann auch das Schnittverhalten dieser

Materialien denselben „Annahmen zum Schnittverhalten“ unterworfen werden, wie sie bereits am Beginn dieses Kapitels diskutiert wurden.

Die grafischen Darstellungen der Siebanalysen von

- Polystyrol,
- Acrylnitril-Butadien-Styrol,
- Polypropylen und
- Restkunststoff

finden sich im Anhang unter 7.4 auf Seite 131.

Die durch die NIR-Sortierung erzeugten Kunststoffprodukte zeigen Abbildung 4-14 bis Abbildung 4-16.



Abbildung 4-14: Siebanalyse - ABS



Abbildung 4-15: Siebanalyse - PP



Abbildung 4-16: Siebanalyse - PS

4.2.2 Handklaubung der Produkte

Die Erstellung einer Merkmalsklassenanalyse bedingt die Analyse der Gehalte an bestimmten Merkmalen im Labor. Da die durchgeführten Experimente des Durchlaufs auf die Entfrachtung der Stoffe

- Nichteisenmetalle,
- ferromagnetische Stoffe sowie
- drei verschiedener Kunststoffe

abzielt, ist eine weitere Analyse von Nöten, um anhand der vorgezogenen technischen Sortierung eine Merkmalsklassenanalyse durchführen zu können. Hierzu wurde, ausgehend von den bereits entfrachteten Stoffen, die Materialien

- ferromagnetisches Material,
- Nichteisenmaterial,
- Kupfer und
- diverse Materialien, wie Holz und Kabel,

händisch nachsortiert. Dadurch wird ein „Zurückrechnen“ zu einer Bilanztafel möglich. Ein Nebeneffekt dieser händischen Auszählung ist, dass Wertstoffpotentiale, welche in der Fraktion des Restkunststoffes zurückbleiben, erfasst werden. Hierzu soll Abbildung 4-17 die Verteilung der handgeklauten Materialien über die Darstellung eines Netzes abbilden. Da die prozentualen Anteile oft unter 1 % liegen, wurden nur die aussortierten Fraktionen dargestellt. Auffällig ist der Anteil an Kupfer (im Wesentlichen aus Kupferlitzen bestehend), welcher mit abnehmender Korngröße zunimmt. Der höchste Anteil an Kupfer

findet sich somit im Siebschnitt 6,3|0 mm. Die Darstellung an ferromagnetischen Stoffen entfällt, da sich keine bei einer Flussdichte von 0,1 Tesla sortieren lassen.

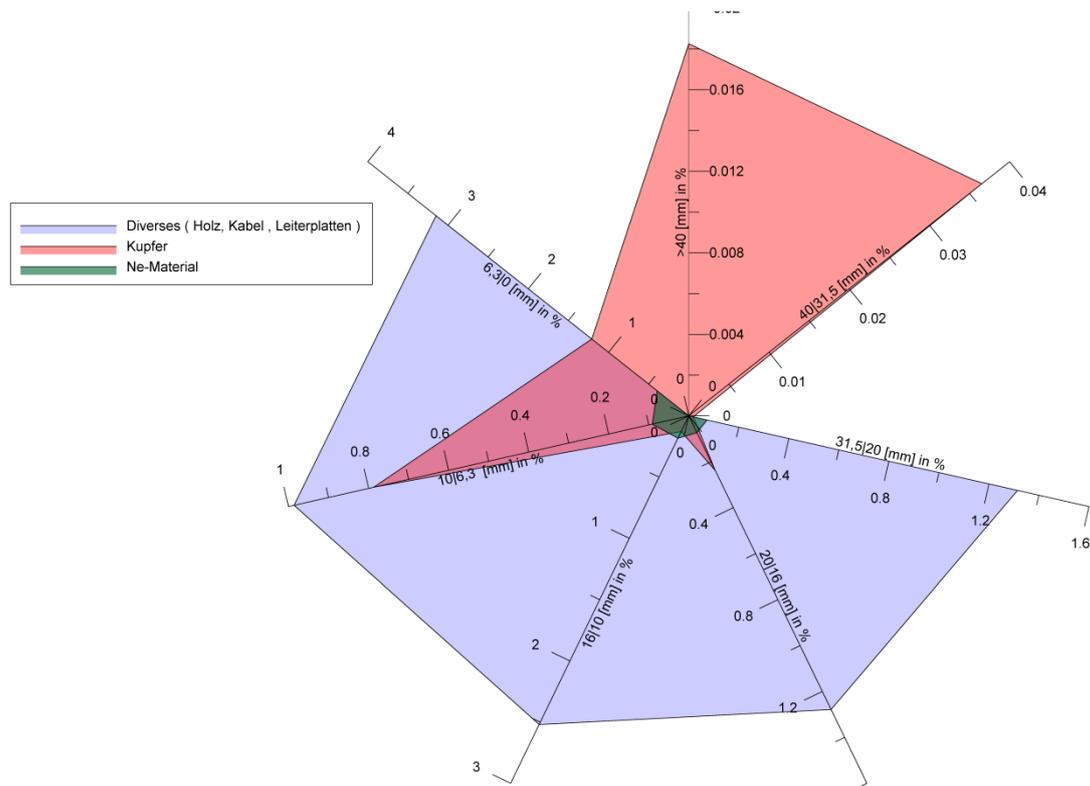


Abbildung 4-17: Prozentuale Verteilung von KS-Material-Rest

4.2.3 Bilanzierung des Durchlaufs und dessen Kunststoffanteil

Die Merkmalsklassenanalyse vereinigt, innerhalb einer gut überschaubaren Bilanztafel, die Erkenntnisse aus Abschnitt 3.3 zu den Ergebnissen

- Inhaltseinheiten [%%] sowie
- Inhaltsausbringen [%].

Die Bilanztafeln der technischen Sortierung sowie der händischen Klaubung, durchgeführt anhand einer Merkmalsklassenanalyse, wurden jeweils für den Bereich Durchlauf und Kunststoffanteil des Durchlaufs aufgestellt.

Bilanztafel - technische Sortierung

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]		
				Ne-Material	Fe-Material	KS-Material
Durchlauf	100	>40	2,03	20,08	4,05	75,87
		40 31,5	2,25	13,50	13,45	73,05
		31,5 20	32,35	13,75	6,17	80,08
		20 16	12,97	6,42	6,44	87,14
		16 10	25,75	7,04	6,86	86,10
		10 6,3	13,12	6,58	8,53	84,90
		6,3 0	11,53	2,56	8,12	89,32
	Aufgabe gerechnet	100,00	8,96	7,04	84,00	
		Massenausbringen [%]	Inhaltseinheiten [% %]			
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	
		2,03	40,71	8,22	153,87	
		2,25	30,44	30,31	164,66	
		32,35	444,78	199,72	2590,71	
		12,97	83,23	83,48	1129,86	
		25,75	181,23	176,60	2217,08	
		13,12	86,31	111,87	1113,94	
		11,53	29,54	93,63	1029,81	
		Summe	896,24	703,84	8399,93	
		Massenausbringen [%]	Inhaltsausbringen [%]			
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	
		2,03	4,54	1,17	1,83	
		2,25	3,40	4,31	1,96	
		32,35	49,63	28,38	30,84	
		12,97	9,29	11,86	13,45	
		25,75	20,22	25,09	26,39	
		13,12	9,63	15,89	13,26	
		11,53	3,30	13,30	12,26	
		Summe	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 4-18: Bilanztafel zur technischen Sortierung des Durchlaufs

4 – Ergebnisse

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]			
				Polystyrol	Polypropylen	Acrylnitril-Butadien-Styrol	KS-Rest-Material
Durchlauf	100	>40	1,83	50,31	21,56	24,97	3,16
		40 31,5	1,96	9,87	4,51	11,66	73,95
		31,5 20	30,84	15,63	5,64	11,81	66,93
		20 16	13,45	4,85	4,26	7,69	83,20
		16 10	26,39	6,46	4,19	6,53	82,82
		10 6,3	13,26	5,99	4,12	4,85	85,04
		6,3 0	12,26	4,96	2,67	2,81	89,56
		Aufgabe gerechnet	100,00	9,69	4,78	8,07	77,46
		Massenausbringen [%]	Inhaltseinheiten [% %]				
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	KS-Rest-Material	
		>40	92,16	39,50	45,73	5,79	
		40 31,5	19,36	8,84	22,86	144,96	
		31,5 20	481,91	173,87	364,18	2064,25	
		20 16	65,20	57,25	103,46	1119,18	
		16 10	170,42	110,69	172,30	2186,00	
		10 6,3	79,48	54,61	64,36	1127,67	
		6,3 0	60,76	32,78	34,45	1097,98	
		Summe	969,29	477,54	807,34	7745,83	
		Massenausbringen [%]	Inhaltsausbringen [%]				
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	KS-Rest-Material	
		>40	9,51	8,27	5,66	0,07	
		40 31,5	2,00	1,85	2,83	1,87	
		31,5 20	49,72	36,41	45,11	26,65	
		20 16	6,73	11,99	12,82	14,45	
		16 10	17,58	23,18	21,34	28,22	
		10 6,3	8,20	11,44	7,97	14,56	
		6,3 0	6,27	6,86	4,27	14,18	
		Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 4-19: Bilanztafel zur technischen Sortierung des Durchlaufs - Kunststoffanteil

Bilanztafel - händische Klaubung

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]		
				Ne-Material	Fe-Material	KS-Material
Durchlauf	100	>40	2,03	20,67	4,05	75,27
		40 31,5	2,25	14,58	13,45	71,98
		31,5 20	32,35	13,93	6,17	79,89
		20 16	12,97	8,00	6,44	85,56
		16 10	25,75	7,84	6,86	85,31
		10 6,3	13,12	11,01	8,53	80,46
		6,3 0	11,53	11,76	8,12	80,12
		Aufgabe gerechnet	100,00	11,11	7,04	81,85
				Inhaltseinheiten [% %]		
		Massenausbringen [%]	Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	
		2,03	41,92	8,22	152,66	
		2,25	32,86	30,31	162,24	
		32,35	450,82	199,72	2584,66	
		12,97	103,78	83,48	1109,31	
		25,75	201,78	176,60	2196,53	
		13,12	144,48	111,87	1055,76	
		11,53	135,54	93,63	923,81	
		Summe	1111,18	703,84	8184,98	
				Inhaltsausbringen [%]		
		Massenausbringen [%]	Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	
		2,03	3,77	1,17	1,87	
		2,25	2,96	4,31	1,98	
		32,35	40,57	28,38	31,58	
		12,97	9,34	11,86	13,55	
		25,75	18,16	25,09	26,84	
		13,12	13,00	15,89	12,90	
		11,53	12,20	13,30	11,29	
		Summe	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 4-20: Bilanztafel zur händischen Klaubung des Durchlaufs

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]			
				Polystyrol	Polypropylen	Acrylnitril-Butadien-Styrol	KS-Rest-Material
Durchlauf	100	>40	1,83	51,94	22,26	25,77	0,03
		40 31,5	1,96	10,02	4,58	11,83	73,58
		31,5 20	30,84	15,66	5,65	11,84	66,85
		20 16	13,45	4,92	4,32	7,81	82,94
		16 10	26,39	6,51	4,23	6,58	82,68
		10 6,3	13,26	6,31	4,34	5,11	84,24
		6,3 0	12,26	5,65	3,05	3,21	88,09
		Aufgabe gerechnet	100,00	9,89	4,89	8,21	77,01
		Massenausbringen [%]	Inhaltseinheiten [% %]				
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	KS-Rest-Material	
		>40	95,14	40,77	47,21	0,06	
		40 31,5	19,63	8,97	23,19	144,23	
		31,5 20	483,14	174,31	365,10	2061,65	
		20 16	66,22	58,14	105,08	1115,65	
		16 10	171,86	111,62	173,75	2182,18	
		10 6,3	83,71	57,51	67,78	1117,13	
		6,3 0	69,33	37,40	39,31	1079,94	
		Summe	989,01	488,73	821,42	7700,83	
		Massenausbringen [%]	Inhaltsausbringen [% %]				
			Ne-Material	Fe-Material	KS-Material	KS-Rest-Material	
		>40	9,62	8,34	5,75	0,00	
		40 31,5	1,99	1,84	2,82	1,87	
		31,5 20	48,85	35,67	44,45	26,77	
		20 16	6,70	11,90	12,79	14,49	
		16 10	17,38	22,84	21,15	28,34	
		10 6,3	8,46	11,77	8,25	14,51	
		6,3 0	7,01	7,65	4,79	14,02	
		Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 4-21: Bilanztafel zur händischen Klaubung des Durchlaufs - Kunststoffanteil

4.2.4 Vergleich der Merkmalsklassenanalysen von technischer Sortierung und händischer Klaubung

Der Vergleich der Bilanztafeln der technischen Sortierung und denen der händischen Klaubung zeigt die Ausbringensunterschiede zwischen technischer Sortierung und durch händische Klaubung im Labor (und damit unter optimalen Bedingungen). Der Anteil an ferromagnetischen Stoffen zeigt mit einem Gehalt von 7,04 % keinen Unterschied zwischen technischer Sortierung und händischer Klaubung. Die Nichteisenmetalle (hauptsächlich bestehend aus Kupfer und Aluminium) zeigen eine Differenz von 2,15 %-Punkten.

4.2.5 Fazit aus der Analyse des Durchlaufs

Eine tabellarische Zusammenfassung sämtlicher Zahlenwerte und Ergebnisse finden sich im Anhang unter Abbildung 7-39 und Abbildung 7-40 Abbildungen sowie Abbildung 7-41.

Den Ergebnissen der Untersuchungen kann entnommen werden, dass die Kornklassen >10 mm besser aufbereitbar sind als die Kornklassen < 10 mm. Dies dürfte an der Zunahme der Inhomogenität der feindispersen Kornklassen liegen. Daher wird die Fraktion < 12 mm gegenwärtig keiner weiteren Aufbereitung unterzogen. Aus den aufgestellten Zahlentafeln ergeben sich dafür folgende Erkenntnisse:

- Das Massenausbringen unter einem Siebschnitt von 10 mm beträgt etwa 25 %
- Das Inhaltsausbringen an ferromagnetischem Material liegt bis zu einem Siebschnitt von 10 mm bei etwa 71 %, der des Nichteisenmetallanteils bei 87 %

Potentiale

Die Potentiale hinsichtlich einer erweiterten Aufbereitung des Durchlaufs gliedern sich in zwei wesentliche Bereiche. Einerseits die technische Sortierbarkeit mit den Teilbereichen ferromagnetisches Material, Nichteisenmaterial sowie Kunststoffmaterial, andererseits die Potentiale der Restfraktionen.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der technischen Sortierung zeigt sich, dass das Masseausbringen an ferromagnetischer Fraktion etwa 7 %, das der Nichteisenmetallfraktion etwa 9 % beträgt. Die händische Klaubung zeigte auf, dass eine geringfügige Steigerung des Sortiererfolges möglich ist. So ist das Potential an Kupfer in der Restfraktion mit etwa 2,5 - 4 % zu beziffern.

Dies zeigt überdies, dass der eingesetzte Spänezerkleinerer mit dem gewählten Siebkorb von 40 mm zu einer Verbesserung der Aufschlussverhältnisse beiträgt.

Die Verifizierung des aussortierten Kunststoffmaterials blieb im Rahmen dieser Diplomarbeit aus, da keine Möglichkeit zur Validierung der in Abschnitt 3.3.5 auf Seite 57 beschriebenen „Counts“ bis dato bekannt ist.

Anmerkungen

Verunreinigung mit Magnetbändern

Eine der Hauptverunreinigungen des ferromagnetischen Anteils stellen Magnetbänder dar. Als Gegenmaßnahme können diese beispielhaft bereits im Prozess der Bodensortierung ausgeschleust werden, um die nachgeschaltete Sortierung des ferromagnetischen Materials zu vereinfachen und die Reinheit der Fraktion zu erhöhen.

Grobteile

Die Grobteile, welche unter dem Punkt 3.3.1 auf Seite 52 beschrieben wurden, stellen eine entscheidende Herausforderung für die Verschaltung einer EAG-Aufbereitung dar. Die Grobteile lassen sich in folgende Kategorien (inklusive Angaben über die größten „Körner“ bzw. Abmessungen) einteilen:

- Nichteisenmetalle: 280x300x2 mm bis 400x30x10 mm
- Ganze Elektro- und Elektronikkomponenten: 120x80 mm
- Eisen: \varnothing 170 mm und 400x15 mm
- Keramik/Beton/Kupfer: 100x100x100 mm

Im Anhang finden sich unter Abschnitt 7.4 ab Seite 126 Abbildungen zu den Grobteilkategorien.

Die Aufzählung in den oben genannten Kategorien verdeutlicht, dass sich die Grobteile aus den unterschiedlichsten Materialien zusammensetzen. Messungen des benötigten Schneidmomentes am Zerkleinerungsaggregat zeigen, dass für die Zerkleinerung derartiger Grobteile Momente von mindestens 2800 Nm vonnöten sind. Demgegenüber steht ein durchschnittliches Moment von 90 bis 320 Nm beim Zerkleinern des von Grobteilen entfrachteten Durchlaufes. Es wird daher empfohlen, im Zuge der Erweiterung der EAG-Aufbereitungsanlage zu evaluieren, ob diese Grobteile entweder durch erhöhten Energieeintrag im Zerkleinerungsprozess oder durch Ausschluss aus dem Materialfluss entfernt werden sollen. Anzumerken ist, dass bei der derzeitigen vorhandenen Aufgaberate in die Aufbereitungsanlage von $3,5 \frac{t}{h}$ der zu verarbeitenden Anteil an Grobteile mit $15 \frac{kg}{h}$ angegeben werden kann.

4.3 Vorschläge für eine Erweiterung der bestehenden EAG-Aufbereitungsanlage

Die bei den systematischen Untersuchungen an der Restfraktion „Durchlauf“ gewonnenen Erkenntnisse resultierten in drei Vorschlägen (Abbildung 4-22 bis Abbildung 4-24) von erweiterten Aufbereitungsstammbäumen für eine optimierte Wertstoffentfrachtung. Dabei werden folgende Vorschläge zur Betriebsweise/Verschaltung unterbreitet:

- Der Wirbelstromsortierung soll zur Entfrachtung von ferromagnetischem Gut eine Magnetscheidung vorgeschaltet sein.
- Die Aufgabe der NIR-Sortierung sollte zur Erzielung höhere Sortierquoten der Kunststoffe von Metallen und Nichtmetallen entfrachtet werden.
- Zur Entlastung einer etwaig eingesetzten Zerkleinerung der Aufgabe sollte eine Ausschleusung der Grobteile erfolgen.
- Optimale Korngrößen zur Verarbeitung des Durchlaufs sollten zwischen 10 und 80 mm liegen.

Abbildung 4-22 zeigt eine Kreislaufzerkleinerung mit einem Klassierschritt bei 80 mm. Der Anteil der Aufgabe größer 80 mm wird einem Zerkleinerungsapparat mit Grobteilausschleusung zugeführt. Die Zerkleinerung selbst wird ohne eingesetzten Siebkorb betrieben. Der damit erzeugte Gutstrom weist für die Magnetscheidung, die Wirbelstromscheidung sowie die NIR-Sortierung eine optimale Korngrößenspanne von 12¹ bis 80 mm auf.

¹ 12 mm aufgrund der in der EAG-Aufbereitung Unterpremstätten eingesetzten Klassierung (siehe Abbildung 7-1)

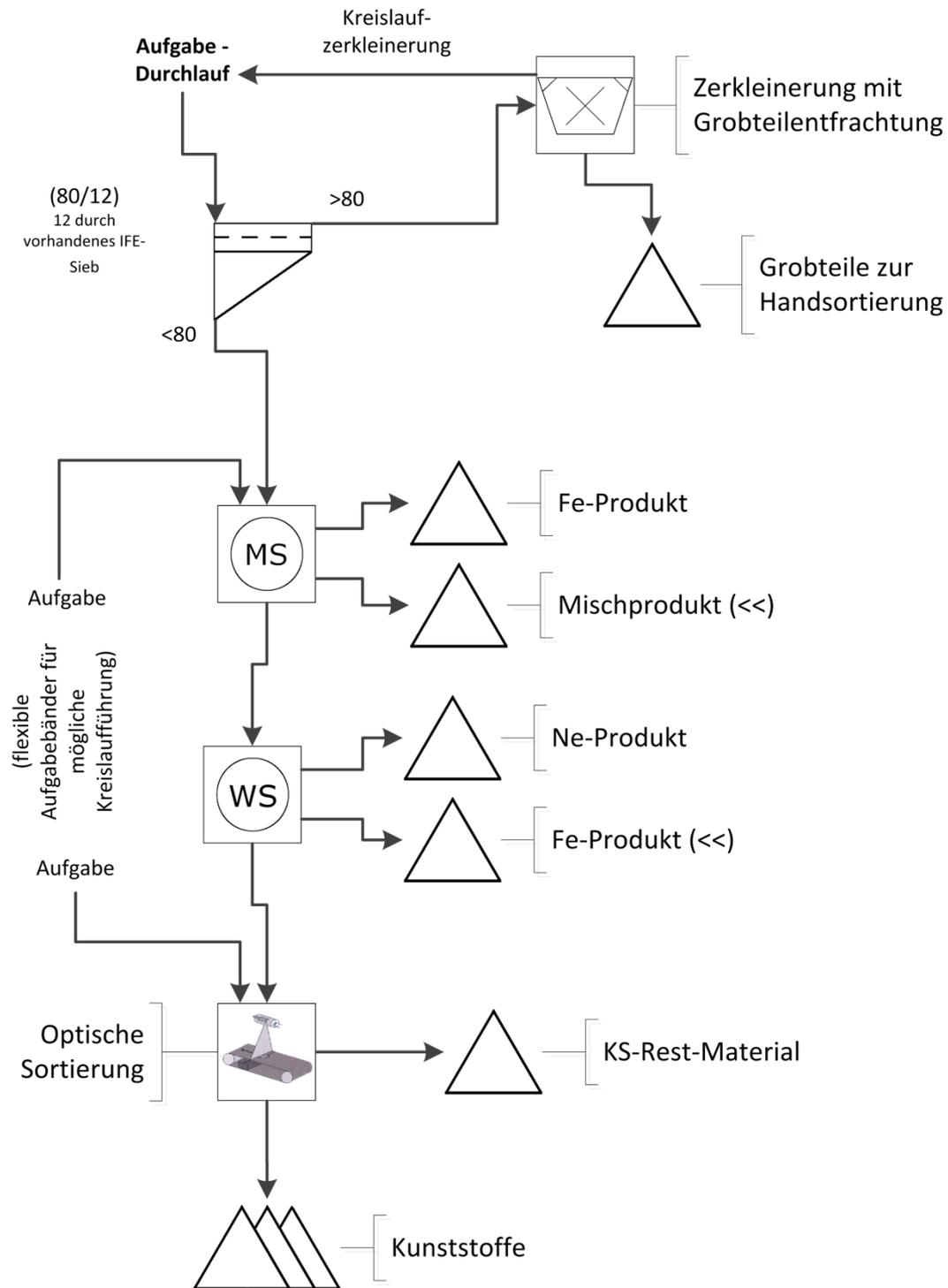


Abbildung 4-22: Vorschlag für Aufbereitung I

Abbildung 4-23 basiert auf dem unter Abbildung 4-22 gezeigten Verschaltungsvorschlag. Alternativ zum eingesetzten Zerkleinerungsapparat wird der Gutstrom größer 80 mm dem bereits in der Anlage installierten Qz zugeführt.

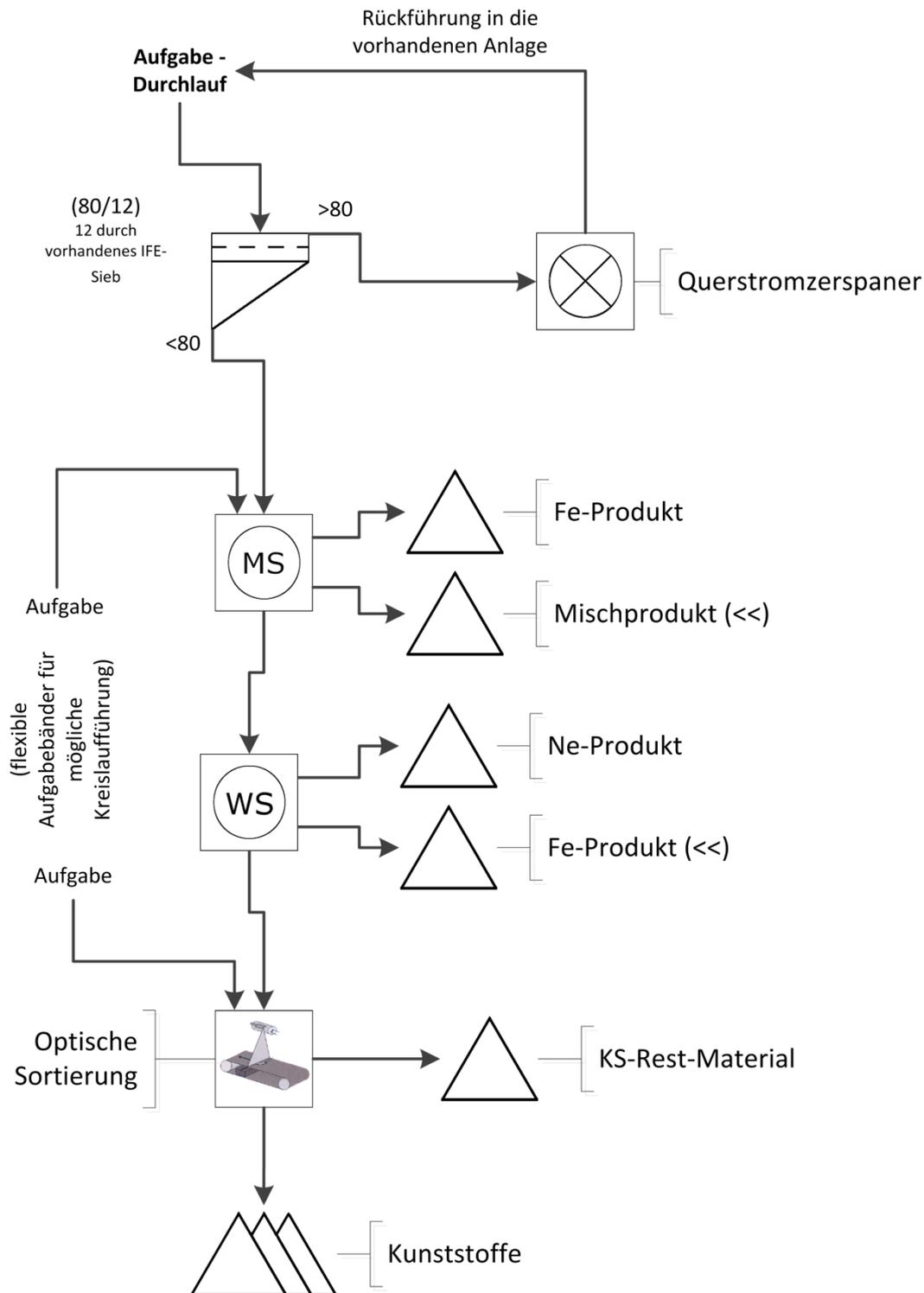


Abbildung 4-23: Vorschlag für Aufbereitung II

Abbildung 4-24 zeigt als Alternative zu den bereits gezeigten Verschaltungen eine zerkleinerungsfreie Verschaltung. Große Kunststoffe sowie Grobteile können durch eine Verschaltung von StangenSizer und Jalousiesieb aussortiert werden. Die aussortierten Kunststoffe können entweder handsortiert, dem NIR-Sortierapparat gesammelt aufgegeben oder alternativ im Qz zerkleinert werden.

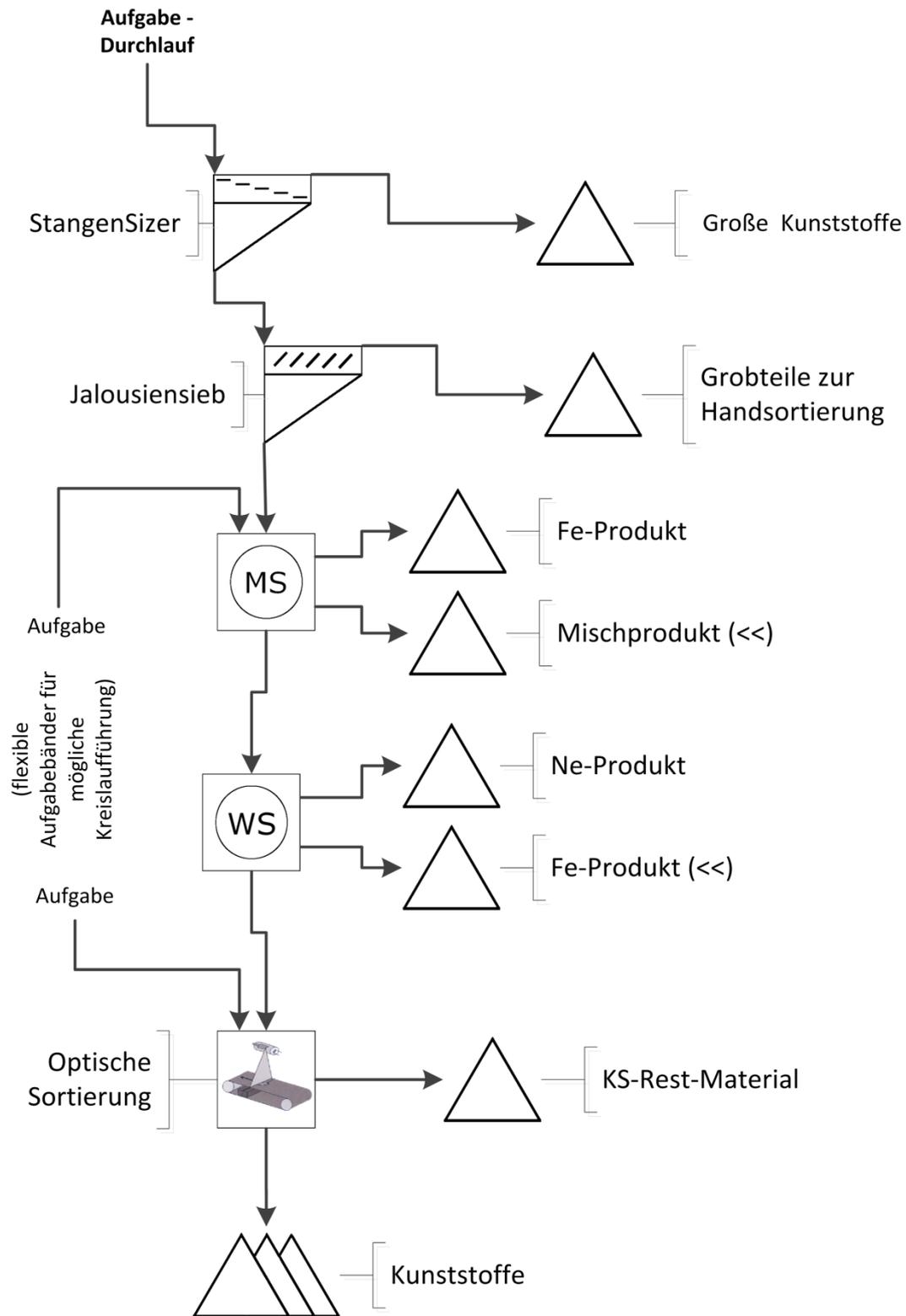


Abbildung 4-24: Vorschlag für Aufbereitung III

5 Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Ausgelöst durch den stetig steigenden Bedarf an Haushaltsgeräten mit elektrischen und elektronischen Bauteilen und Unterhaltungselektronik, sowie den breiteren Einsatz von Geräten zum Messen, Steuern und Überwachen in Industrie und Haushalt steigt die Anzahl an defekten und ausgemusterten Bauteilen und Geräten. Die seitens des Gesetzgebers geforderte Erhöhung der Verwertungsquoten und die Preisentwicklung von Sekundärrohstoffen¹ führen zu einem stärkeren Bestreben der Verwerter, ihre Aufbereitungsprozesse einer kritischen Evaluierung zu unterziehen und diese allfällig anzupassen bzw. zu optimieren. Die damit verbundenen technischen Herausforderungen wurden in der vorliegenden Arbeit anhand der EAG-Aufbereitungsanlage der Saubermacher Dienstleistungs-AG zur Aufbereitung von Elektronik- und Elektroaltgeräten am Standort Unterpremstätten untersucht.

Abbildung 5-1 zeigt das Fließbild der derzeit bestehenden Anlage. In dieser Arbeit wurden zwei Restfraktionen der Anlage (welche in Abbildung 5-1 rot dargestellt sind) mittels Technikumsversuchen im Bereich der Zerkleinerung, Magnetscheidung, Wirbelstromscheidung und Nahinfrarotsortierung untersucht. Die Erkenntnisse der aufbereitungstechnischen Laboranalysen flossen in Vorschläge zur Aufbereitung der Restfraktion „Durchlauf“ ein, um einerseits Grobteile aus diesem Gutstrom auszuschleusen und andererseits Wertstoffe durch ergänzende Sortierprozesse auszubringen.

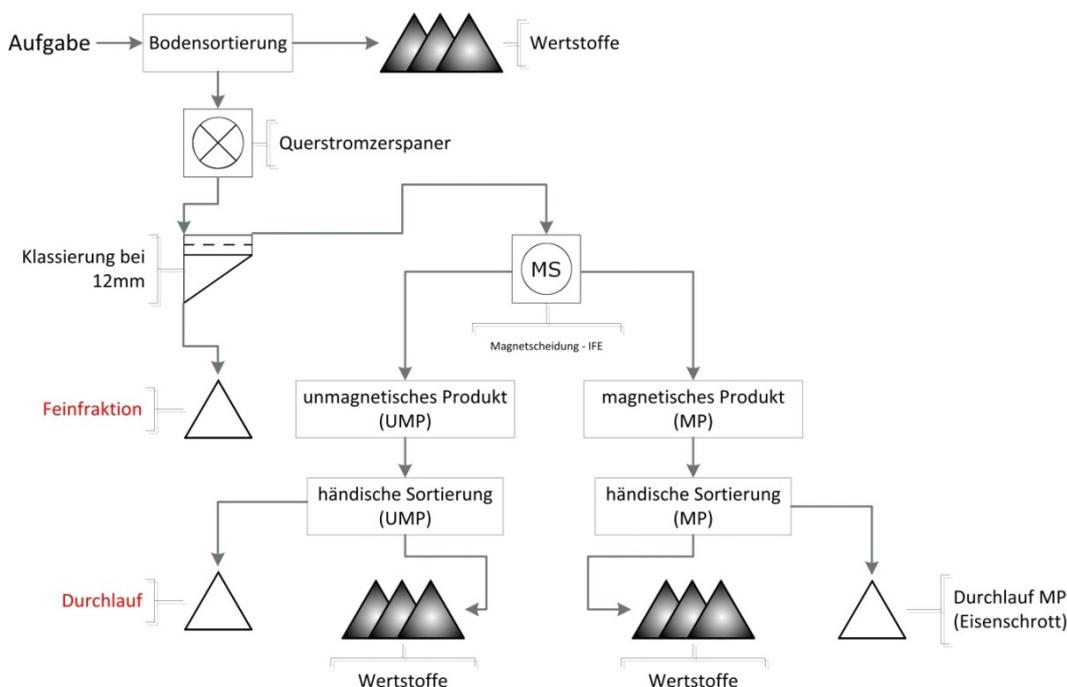


Abbildung 5-1: Vereinfachtes Fließbild der bestehenden Anlage

¹ Stichwort - „Urban Mining“

Die Ergebnisse aus den Analysen von „Feinanteil“ und „Durchlauf“ werden mit den Bilanztafeln in Abbildung 5-2 und Abbildung 5-3 zusammengefasst. Die Differenzen der Bilanztafel zur technischen Sortierung (TS) sowie der händischen Klaubung (HK) des Durchlaufs zeigen auf, dass eine Anreicherung von qualitativ hochwertigen Produkten „Eisenfraktion“, „Nichteisenfraktion“ und „Kunststofffraktion“ möglich ist. Dies zeigt auch die vergleichsweise gute Übereinstimmung der in den Technikumsversuchen und der durch Klaubung ermittelten Daten.

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]	Gehalt [%]		
				schwach magnetisch	stark magnetisch	nicht magnetisch
Feinanteil	100	>10	3,44	7,24	29,61	63,16
		10 6,3	23,86	5,38	25,31	69,31
		6,3 5	12,98	3,79	4,01	92,20
		5/3,15	23,38	4,67	13,59	81,74
		3,15 2	15,17	7,49	5,63	86,87
		2 1,25	8,26	9,55	5,66	84,79
		1,25 0,315	8,74	40,43	7,59	51,98
		0,315 0	4,17	53,62	21,74	24,64
Aufgabe gerechnet			100,00	10,81	13,65	75,54
		Kornklasse [mm]	Inhaltsausbringen [%]			
			schwach magnetisch	stark magnetisch	nicht magnetisch	
		3,44	2,30	7,46	2,88	
		23,86	11,87	44,24	21,89	
		12,98	4,55	3,81	15,85	
		23,38	10,10	23,28	25,30	
		15,17	10,51	6,26	17,45	
		8,26	7,30	3,42	9,27	
		8,74	32,67	4,86	6,01	
		4,17	20,70	6,65	1,36	
		Summe	100,00	100,00	100,00	

Abbildung 5-2: Merkmalsklassenanalyse des Feinanteils

Produkt	Masse [%]	Kornklasse [mm]	Massenausbringen [%]		Gehalt [%] - Ne-Material		Gehalt [%] - Fe-Material		Gehalt [%] - KS-Material	
			TS	MKA	TS	HK	TS	HK	TS	HK
Durchlauf	100	>40	2,03	2,03	20,08	20,67	4,05	4,05	75,87	75,27
		40 31,5	2,25	2,25	13,50	14,58	13,45	13,45	73,05	71,98
		31,5 20	32,35	32,35	13,75	13,93	6,17	6,17	80,08	79,89
		20 16	12,97	12,97	6,42	8,00	6,44	6,44	87,14	85,56
		16 10	25,75	25,75	7,04	7,84	6,86	6,86	86,10	85,31
		10 6,3	13,12	13,12	6,58	11,01	8,53	8,53	84,90	80,46
		6,3 0	11,53	11,53	2,56	11,76	8,12	8,12	89,32	80,12
Aufgabe gerechnet			100,00	100,00	8,96	11,11	7,04	7,04	84,00	81,85
			Inhaltsausbringen [%] - Ne-Material		Inhaltsausbringen [%] - Fe-Material		Inhaltsausbringen [%] - KS-Material			
			TS	HK	TS	HK	TS	HK		
			4,54	3,77	1,17	1,17	1,83	1,87		
			3,40	2,96	4,31	4,31	1,96	1,98		
			49,63	40,57	28,38	28,38	30,84	31,58		
			9,29	9,34	11,86	11,86	13,45	13,55		
			20,22	18,16	25,09	25,09	26,39	26,84		
			9,63	13,00	15,89	15,89	13,26	12,90		
			3,30	12,20	13,30	13,30	12,26	11,29		
			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		

Abbildung 5-3: Vergleich von technischer Sortierung und händischer Klaubung des Durchlaufs

Die bei den systematischen Untersuchungen an der Restfraktion „Durchlauf“ gewonnenen Erkenntnisse resultierten in drei Vorschlägen von erweiterten Aufbereitungsstammbäumen für eine optimierte Wertstoffentfrachtung. Dabei werden folgende Vorschläge zur Betriebsweise/Erweiterung unterbreitet:

- Der Wirbelstromsortierung soll zur Entfrachtung von ferromagnetischem Gut eine Magnetscheidung vorgeschaltet sein.
- Die Aufgabe der NIR-Sortierung sollte zur Erzielung höherer Sortierquoten der Kunststoffe von Metallen und Nichtmetallen entfrachtet werden.
- Zur Entlastung einer etwaig eingesetzten Zerkleinerung der Aufgabe sollte eine Ausschleusung der Grobteile erfolgen.
- Die Korngrößenspanne zur Verarbeitung des Durchlaufs sollten zwischen 10 und 80 mm liegen.

Die Optimierung und Erweiterung von Anlagen zur Aufbereitung von Elektro- und Elektronikaltgeräten unterliegen einem Spannungsfeld aus ökonomischen Betrachtungen (Preisentwicklung von Sekundärrohstoffen, Kosten für Um- und Ausbau), den erzeugten Produkten und ihrer Sortenreinheit. Die vorliegende Arbeit zeigt, welche Produkte aus den vorgegebenen Restfraktionen¹ erzeugt werden können, mit welcher Sortenreinheit und Qualität zu rechnen ist und listet überdies Preise und deren Entwicklungen für die erzeugten Produkte auf.

5.2 Ausblick

Aufgrund der im Laufe der Arbeit betriebenen Analysen zeigten sich weitere verfolgenswerte Forschungspotentiale bzw. Ansätze.

Im Bereich der NIR-Sortierung konnte keine Validierung der ermittelten „Counts“ betrieben werden. Mögliche Methoden zur schnellen und kostengünstigen Analyse der Kunststoffe ABS, PP und PS aus Elektro- und Elektronikschrott könnten aus den einschlägigen Normen zur Materialprüfung von Kunststoffen adaptiert werden. Hierbei seien folgende Methoden genannt:

- Bestimmung der relativen Dielektrizitätszahl nach Herspin.
- Messen des Durchgangswiderstandes und Gewichtung auf die jeweilige Dicke des Analysestückes.
- Beobachtung des Quellverhaltens beim Lösen in Aceton oder Xylol.

Das Schnittverhalten der in den Zerkleinerer eingebrachten Aufgabe zeigt Tendenzen, welche auf eine mögliche Beeinflussung der Korngrößenverteilung des Zerkleinerungsproduktes von Elektro- und Elektronikaltgeräten hindeuten.

¹ „Durchlauf“ und „Feinanteil“

6 Verzeichnisse

6.1 Literaturverzeichnis

- [1] H. Martens, Recyclingtechnik - Fachbuch für Lehre und Praxis, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2011.
- [2] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011 - BAND 1+2,“ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2011.
- [3] A. Janz, R. Prella und P. Chancerel, „Elektrogeräte auf Abwegen,“ *Umweltmagazin*, Bd. 3, S. 46-48, 2009.
- [4] A. Bojanowski, „Gold-Berge auf Müllhalden,“ *Spiegel*, Bd. 1, S. 5-8, 2010.
- [5] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, „Eur-Lex - Ihr Zugang zum Eu-Recht,“ [Online]. Abrufbar unter: http://eur-lex.europa.eu/RECH_legislation.do?ihmlang=de. [Zugriff am 7.3.2012].
- [6] H. Antrekowitsch, *Metallrecycling*, Leoben: Lehrstuhl für Nichteisenmetallurgie, 2010.
- [7] „Internetpräsenz der Statistik Austria,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.statistik.at/>. [Zugriff am 11.3.2012].
- [8] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, „Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006,“ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2006.
- [9] Verein Deutscher Ingenieure, *Entwurf der VDI-Richtlinie 2343, Blatt 4 Aufbereitung*, VDI, 2008.
- [10] Montanuniversität Leoben - Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik, Modellversuch zur Sammlung, Demontage und Verwertung von Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) im Bezirk Weiz, Graz: Amt der Stiermärkischen Landesregierung - Fachabteilung 1c - Abfallwirtschaft, 1996.
- [11] P. Chancerel und V. S. Rotter, „Individuelle Verwertungswege für Elektrogeräte,“ *UmweltMagazin*, Bd. 3, S. 11-13, 2008.

- [12] M. Schlögl, Recycling von Elektro- und Elektronikschrott, Würzburg : Vogel Buchverlag, 1995.
- [13] S. Grieger, „Schließen von Materialkreisläufen beim Elektronikrecycling aus Sicht eines Herstellers,“ in *Recycling und Rohstoffe*, Nietwerder, TK-Vlg , 2011, S. 609-623.
- [14] „Internetpräsenz der Fa. METRAN,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.mueller-guttenbrunn.at>. [Zugriff am 12.2.2012].
- [15] „Internetpräsenz der Fa. Elektrocycling GmbH,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.electrocycling.de/>. [Zugriff am 21.9.2011].
- [16] RECYCLING magazin, Der Schrottplatz - Planung, Errichtung und Betrieb. Richtlinie VDI 4085, München: ATEC Business Information GmbH, 2011.
- [17] „Internetpräsenz der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV),“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.bdsv.org>. [Zugriff am 10.4.2012].
- [18] E. Roos und K. Maile, Werkstoffkunde für Ingenieure, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- [19] „Internetpräsenz der Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (BVSE),“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.bvse.de/>. [Zugriff am 24.1.2012].
- [20] A. Böhm, *Abfallaufbereitung*, Leoben: Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredelung, 2007.
- [21] DKI, „Internetpräsenz,“ 2005. [Online]. Abrufbar unter: <http://www.dki.de>. [Zugriff am 28.11.2011].
- [22] H. Nielsen, W. Hufnagel und G. Ganoulis, Aluminium Taschenbuch, Düsseldorf : Aluminium-Verlag GmbH, 2002.
- [23] W. Nickel, Recycling-Handbuch, Düsseldorf: VDI, 1996.
- [24] H. Schubert, Handbuch der mechanischen Verfahrenstechnik, Weinheim: Wiley-VCH, 2003.
- [25] „Internetpräsenz der EUROFER - The European Steel Association,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.eurofer.eu/>. [Zugriff am 11.2.2012].

- [26] J. Zachmann, R. Armbruster, P. Hugo, S. Lang, C. Schmidt und T. Wilfer, „Märkte,“ *EUWID Nachrichten - Recycling und Entsorgung*, 2006-2012.
- [27] „Internetpräsenz der Deutsche Bundesbank,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.bundesbank.de/>. [Zugriff am 21.9.2011].
- [28] „Internetpräsenz der London Metal Exchange Limite,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.lme.com/>. [Zugriff am 21.9.2011].
- [29] „Internetpräsenz der Fa. MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH,“ [Online]. Abrufbar unter: <http://www.mewa-recycling.de>. [Zugriff am 05.1.2012].
- [30] P. Schmidt, R. Körber und M. Coppers, Sieben und Siebmaschinen - Grundlagen und Anwendung, Weinheim: WILEY-VCH, 2003.
- [31] IFE Aufbereitungstechnik GmbH, *Betriebsanleitung - Trommelmagnetscheider*, Waidhofen/Ybbs: IFE Aufbereitungstechnik GmbH, 2011.
- [32] H. Flachberger, A. Schmid und F. Duspiva, „Entwicklung eines Zerkleinerungsaggregates für metallische Reststoffe als vorbereitender Schritt einer wertstofflichen Verwertung in metallurgischen Prozessen,“ in *Recycling und Rohstoffe*, Neuruppin, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2012, S. 577-593.
- [33] H. Martens, „Recycling,“ in *Handbuch Konstruktionswerkstoffe*, München, Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG, 2008, S. 879-913.
- [34] T. Schwab, Das Sortierhanbuch, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2004.

6.2 Abkürzungsverzeichnis

AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
ω	Gewichtsprozent
a	Annum
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
Ag	Argentum - Silber
Al	Aluminium
Au	Aurum - Gold
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BRD	Bundesrepublik Deutschland
Ca	Cadmium
Co	Cobalt

Cu	Cuprum - Kupfer
EAG-VO	Verordnung über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen- und elektronischen Altgeräten
EAV	Elektroaltgeräteverordnung
ECSR	Elektrochemischen Spannungsreihe
EDM	Elektronisches Datenmanagement des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
Fe	Ferrum - Eisen
GfK	Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe
GJ	Giga-Joule
IFE	Institut für Forschung und Entwicklung - Aufbereitungstechnik GmbH
IT	Informationstechnik
KS	Kunststoffe
KSF	Kunststoffe mit Flammschutzmittel
LME	London Metal Exchange - Die Londoner Metallbörse
MeWa	MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH
Mg	Magnesium
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
MP	Magnetisches Produkt
NIR	Nahinfrarot
Pa	Palladium
Pb	Plumbum – Blei
PBB	Polybromierte Biphenyle
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PUR	Polyurethan
Qz	Querstromzerspaner
Si	Silicium
SDAG	Saubermacher Dienstleistungs AG
Sn	Stannum - Zinn
SS	Störstoffe
t	Tonnen
MS	Magnetscheidung
UMP	Unmagnetisches Produkt
Va	Vanadium
VDM	Verband Deutscher Metallhändler e.V.
VDS	Vereinigung Deutscher Schmelzhütten e.V.

VM	Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V.
W	Wolfram
WS	Wirbelstromscheidung
NIR	Nahinfrarot
kg	Kilogramm
T	Tesla
l	Liter
h	Stunden
Fa	Feinanteil
χ	Suszeptibilität
ATM	ATM Recyclingsystems GmbH
MKA	Merkmalsklassenanalyse
TS	Technische Sortierung
BDSV	Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen
DL	Durchlauf
FA	Feinanteil
TBBPA	Tetrabrombisphenol A
ÖNORM S 2123-1	Probenahmepläne für Abfälle - Teil 1: Beprobung von Haufen

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der Verwertungsquoten für Elektroaltgeräte [5] [2]	7
Tabelle 2-2: Sammelmengen von Elektro(nik)-Altgeräten in Österreich 2004-2009 [2] [7] [8]	11
Tabelle 2-3: In Verkehr gesetzte Elektro(nik)-Geräte in Österreich 2009 [2]	12
Tabelle 2-4: Wert- und Schadstoffe in ausgewählten EAG-Gerätetypen [11]	13
Tabelle 2-5: Genehmigte Sammel- und Verwertungssysteme für Elektroaltgeräte in Österreich [2]	16
Tabelle 2-6: Klassifizierung der Metalle nach dem Verwendungsbereich [16]	20
Tabelle 2-7: Auszug aus der Deutschen Stahlschrottsortenliste [16] [17]	23
Tabelle 2-8: Auszug aus „Klassifizierungen des Metallhandels“ - Bereich Kupfer [16]	25
Tabelle 2-9: Klassifizierungen des Metallhandels - Bereich Aluminium [16]	26
Tabelle 2-10: Kennzeichnung innerhalb der Sortengruppen [19]	28
Tabelle 2-11: Auszug aus „Qualitätenverzeichnis für Altkunststoffe“ [19]	28
Tabelle 2-12: Physikalische Eigenschaften der Metalle Kupfer und Aluminium [1] [20] [21] [22]	29
Tabelle 2-13: Aufladungsreihe von Kunststoffen für triboelektrische Aufladung [23] [24] .	29
Tabelle 3-1: Sortierreihenfolgen für Kunststoffentfrachtung	58
Tabelle 4-1: Inhaltsbeschreibung Feinanteil	63
Tabelle 4-2: Inhaltsbeschreibung Durchlauf	72
Tabelle 4-3: Sortiererergebnisse für die Kunststoffentfrachtung	74
Tabelle 4-4: Tabellarische Darstellung des prozentualen Anteils an ABS mit Flammhemmern in den unterschiedlichen Aufgaben	74
Tabelle 7-1: Zahlentafel zu den Graphen in den Abbildungen auf Seite 30, 31, 32 und 33	108

6.4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vereinfachtes Fließbild der bestehenden Anlage	3
Abbildung 2-1: Dichtespektrum von Kunststoffen mit Flammhemmern [13]	15
Abbildung 2-2: Verschaltung für die Aufbereitung von Elektrokleingeräte nach Fa. METRAN - Rohstoff-Aufbereitungs-GmbH [14]	18

Abbildung 2-3: Verschaltung für die Aufbereitung von Elektrokleingeräten nach Fa. Electrocyling GmbH [15]	19
Abbildung 2-4: Stahlproduktion der BRD in Tonnen [17]	21
Abbildung 2-5: Stahlproduktion der BRD in Zahlen [17]	22
Abbildung 2-6: Preisentwicklung von Stahlschrott der Sorte 4 in der BRD [17] [26]	30
Abbildung 2-7: Preisentwicklung von Kupfer und Kupferschrotten in der BRD [17] [27] [28]	31
Abbildung 2-8: Preisentwicklung von Aluminium und Aluminiumschrotten in der BRD [17] [19] [28]	32
Abbildung 2-9: Preisentwicklung von ausgewählten Kunststoffen [26]	33
Abbildung 2-10: Zusammenfassung der Preisverläufe der untersuchten Wertstoffe inklusive Wechselkurs von € in \$	34
Abbildung 2-11: Übersicht der bestehenden Anlage	35
Abbildung 2-12: Produkte der Klaubung I.....	36
Abbildung 2-13: Bodensortierung.....	36
Abbildung 2-14: Funktionsprinzip - Querstromzerspaner der Fa. MEWA [29]	37
Abbildung 2-15: Feinanteil	38
Abbildung 2-16: Funktionsprinzip - Überband-Aushebemagnet [1].....	38
Abbildung 2-17: Produkte Klaubung II - magnetisches Produkt.....	39
Abbildung 2-18: Produkte Klaubung II - unmagnetisches Produkt.....	39
Abbildung 2-19: Übersicht der Sortierboxen (Einwurfboxen) am Gelände der SDAG.....	40
Abbildung 3-1: Schematischer Versuchsablauf	41
Abbildung 3-2: Keil als geometrische Grundform zur Probenahme	43
Abbildung 3-3: „Vierteln und Diagonalisieren“ des Feinanteils	44
Abbildung 3-4: Gesammelter Feinanteil im Bunker	44
Abbildung 3-5: Vorgang des Siebens [30].....	45
Abbildung 3-6: Verwendete Siebe für die Siebanalyse des Feinanteils	46
Abbildung 3-7: Trommel- und Überbandmagnetscheider [1]	47
Abbildung 3-8: Handmagnet am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung	48
Abbildung 3-9: Trommelmagnetscheider der Firma IFE	49
Abbildung 3-10: Sortierprinzip des Trommelmagnetscheiders der Firma IFE	49
Abbildung 3-11: Spänezerkleinerer - „Arno Shred“ mit dem aufzugebenden Gut	51
Abbildung 3-12: Zerkleinerung der Überlauffraktion	51

Abbildung 3-13: Sammelbox unter dem Spänezerkleinerer	52
Abbildung 3-14: Schneidgeometrie des Spänezerkleinerers.....	52
Abbildung 3-15: Kasten als geometrische Grundform zur Probenahme.....	53
Abbildung 3-16: Probenteilung durch "Schaufelmethode" des Feinanteils	54
Abbildung 3-17: aufgeschütteter, zerkleinerter Durchlauf	54
Abbildung 3-18: Anlage zur Magnet- und Wirbelstromsortierung	55
Abbildung 3-19: Prinzip der Wirbelstromscheidung [33].....	56
Abbildung 3-20: Wirbelstromsortierung.....	56
Abbildung 3-21: NIR-Sortierapparat mit Spiegelsystem am Detektor [34]	57
Abbildung 3-22: Auswurfboxen des NIR-Sortierapparates „Redwave“	58
Abbildung 3-23: NIR-Sortierapparat „Redwave“ der Firma BTW-Binder	59
Abbildung 3-24: Verwendete Siebe für die Siebanalyse des Durchlaufs.....	59
Abbildung 3-25: Prozentuale Verteilung der Stoffe bezogen auf die Aufgabe - Durchlauf	60
Abbildung 3-26: Prozentuale Verteilung der Stoffe bezogen auf die Aufgabe - Feinanteil	60
Abbildung 4-1: Siebanalyse des Feinanteils	62
Abbildung 4-2: Übersicht der zweidimensionalen Analyse des Feinanteils	63
Abbildung 4-3: Balkendiagramm des Feinanteiles über die einzelnen Siebschnitte	64
Abbildung 4-4: Balkendiagramm des Feinanteiles über die Aufgabe	65
Abbildung 4-5: Bilanzierung der Untersuchungen am Feinanteil.....	66
Abbildung 4-6: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung	68
Abbildung 4-7: Geometrie der Schneide	70
Abbildung 4-8: Übersicht über das Schnittverhalten	70
Abbildung 4-9: Übersicht der zweidimensionalen Analyse des Durchlaufs	71
Abbildung 4-10: Balkendiagramm des Durchlaufs über die einzelnen Siebschnitte	72
Abbildung 4-11: Balkendiagramm des Durchlaufs über die Aufgabe	73
Abbildung 4-12: Balkendiagramm der Kunststofffraktionen über die einzelnen Siebschnitte	75
Abbildung 4-13: Balkendiagramm der Kunststofffraktionen über die Aufgabe.....	75
Abbildung 4-14: Siebanalyse - ABS.....	76
Abbildung 4-15: Siebanalyse - PP	76
Abbildung 4-16: Siebanalyse - PS	77
Abbildung 4-17: Prozentuale Verteilung von KS-Material-Rest	78

Abbildung 4-18: Bilanztafel zur technischen Sortierung des Durchlaufs	79
Abbildung 4-19: Bilanztafel zur technischen Sortierung des Durchlaufs - Kunststoffanteil	80
Abbildung 4-20: Bilanztafel zur händischen Klaubung des Durchlaufs	81
Abbildung 4-21: Bilanztafel zur händischen Klaubung des Durchlaufs - Kunststoffanteil ..	82
Abbildung 4-22: Vorschlag für Aufbereitung I	86
Abbildung 4-23: Vorschlag für Aufbereitung II	87
Abbildung 4-24: Vorschlag für Aufbereitung III	88
Abbildung 5-1: Vereinfachtes Fließbild der bestehenden Anlage	89
Abbildung 5-2: Merkmalsklassenanalyse des Feinanteils	90
Abbildung 5-3: Vergleich von technischer Sortierung und händischer Klaubung des Durchlaufs	90
Abbildung 7-1: Flussdiagramm der bestehenden Anlage	109
Abbildung 7-2: Siebschnitt - größer 10 mm	117
Abbildung 7-3: Siebschnitt - 10 6,3 mm.....	117
Abbildung 7-4: Siebschnitt - 6,3 5 mm.....	117
Abbildung 7-5: Siebschnitt - 5 3,15 mm.....	118
Abbildung 7-6: Siebschnitt - 3,15 2 mm.....	118
Abbildung 7-7: Siebschnitt - 2 1,25 mm.....	118
Abbildung 7-8: Siebschnitt - 1,25 0,315 mm.....	118
Abbildung 7-9: Siebschnitt - 0,315 0 mm.....	118
Abbildung 7-10: Siebanalyse des Feinanteils.....	119
Abbildung 7-11: Siebanalyse des Feinanteils - stark magnetisch.....	120
Abbildung 7-12: Siebanalyse des Feinanteils - schwach magnetisch.....	121
Abbildung 7-13: Siebanalyse des Feinanteils - nicht magnetisch	122
Abbildung 7-14: Zahlentafel - Feinanteil.....	123
Abbildung 7-15: Siebschnitt - größer 40 mm	124
Abbildung 7-16: Siebschnitt - 40 31,5 mm.....	124
Abbildung 7-17: Siebschnitt - 31,5 20 mm.....	125
Abbildung 7-18: Siebschnitt - 20 16 mm.....	125
Abbildung 7-19: Siebschnitt - 16 10 mm.....	125
Abbildung 7-20: Siebschnitt - 10 6,3 mm.....	125
Abbildung 7-21: Siebschnitt - 6,3 0 mm.....	125

Abbildung 7-22: Grobteile aus der Zerkleinerung - Nichteisenmetalle.....	126
Abbildung 7-23: Grobteile aus der Zerkleinerung - Elektro- und Elektronikkomponenten	126
Abbildung 7-24: Grobteile aus der Zerkleinerung - Eisen.....	127
Abbildung 7-25: Grobteile aus der Zerkleinerung - Keramik / Beton / Kupfer	127
Abbildung 7-26: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung	128
Abbildung 7-27: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Eisenanteil.....	129
Abbildung 7-28: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Nichteisenanteil	130
Abbildung 7-29: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil	131
Abbildung 7-30: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Acrylnitril-Butadien-Styrol	132
Abbildung 7-31: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Polystyrol	133
Abbildung 7-32: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Polypropylen	134
Abbildung 7-33: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest.....	135
Abbildung 7-34: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Diverses Material	136
Abbildung 7-35: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Eisen.....	137
Abbildung 7-36: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Kupfer	138
Abbildung 7-37: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Nichteisen.....	139
Abbildung 7-38: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Restkunststoff	140
Abbildung 7-39: Zahlentafel - Durchlauf	141
Abbildung 7-40: Zahlentafel - Durchlauf - KS-Anteil.....	142
Abbildung 7-41: Zahlentafel - Durchlauf - KS-Anteil - händische Auszählung	143

7 Anhang

7.1 Probenahmeberichte

7.1.1 Feinanteil

Protokoll zur Probenahme von Abfällen

Prot. Nr.: PNP-16-11-2011	Projektbezeichnung: Feinfraktion – EAG-Aufbereitung-SMAG- Unterpremstätten
-------------------------------------	--

Informationen über Art und Herkunft des Abfalls

Abfallart:	Abfallcode/Schlüsselnummer: 1602 Bezeichnung: Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten Zusatzbemerkung:	
Ort der Probenahme (zB Adresse, Fahrzeug)	EAG-Aufbereitung; SMAG; Unterpremstätten	
Geschichte des Abfalls- Herkunft bzw. kurze Beschreibung des Produktionsprozesses, bei dem der Abfall anfällt, kurze Angaben zu den vermuteten Verunreinigungen: EAG-Schrott der nach dem Einsatz in einen Querstromzerspaners über ein Sieb mit der Maschenweite 12mm läuft. Der Durchgang wird als Feinfraktion bezeichne.		
Homogenität	<input checked="" type="checkbox"/> Ja Begründung gemäß Abschnitt 5.2 <input type="checkbox"/> nein	
Gibt es Hinweise auf das Vorhandensein relevanter Mengen von Stoffen der Liste gefährlicher Inhaltsstoffe (gemäß Anhang II zur Richtlinie 91/689/EWG, zB aufgrund von in der Produktion verwendeten Stoffen) oder das Zutreffen von gefahrenrelevanten Eigenschaften (Anhang 111 zur Richtlinie 91/689/EWG)?	<input type="checkbox"/> Ja welche? <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Abschätzung der Menge	23,998 Volumen in [m ³] 21,487 Gewicht in [t] 0,895 Dichte in [$\frac{kg}{l}$]	<input type="checkbox"/> Schätzwert aus Tabelle <input checked="" type="checkbox"/> Messwert
qualifizierte Stichproben gemäß Abschnitt 5	Anzahl: 4 Mindestmenge: 4	
Anfall erfolgt	<input checked="" type="checkbox"/> in einem definiertem Prozess in gleichbleibender Qualität mit nur geringen Schwankungen <input type="checkbox"/> in wechselnder Qualität <input type="checkbox"/> in unbekannter Qualität	
Lagerungsdauer des Abfalls am Probenahmeort	Anhäufung seit Jänner 2011	

Probenahme

Probenehmer: Institution, Tel., E-Mail, ...	Schwarz, Hubert Alexander, BSc Institut für Aufbereitung und Veredlung, hubert.schwarz@alumni.unileoben.ac.at
Datum der Probenahme:	16.11.2011
Anwesende Personen:	Herr Schwarz, Hubert Alexander, BSc Frau Lukas, Sonja, BSc
Wurden Vergleichsproben entnommen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja wenn ja, durch wen? Frau Lukas, Sonja, BSc <input type="checkbox"/> nein
Art der Probenahme:	<input checked="" type="checkbox"/> Handschaufel <input type="checkbox"/> Probenstecher <input type="checkbox"/> Spatel <input type="checkbox"/> Schöpfer <input type="checkbox"/> Probenbohrer <input type="checkbox"/> Baggerschaufel <input type="checkbox"/> Sonstiges:
Art des Probengefäßes:	Gebindeart: Fass Gebindematerial: PE-HD Gebindevolumen: ~25 Liter Art des Verschlusses: Deckel mit Spannring Sonstiges:
Angaben zum Probentransport	<input type="checkbox"/> gekühlt <input checked="" type="checkbox"/> ungekühlt

Beschreibung und Charakteristik der qualifizierten Stichproben

(je qualifizierter Stichprobe ist eine Spalte auszufüllen)

1. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: I	2. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: II	3. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: III	4. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: IV
Tiefenstufe: 0-20cm	Tiefenstufe: 50-100cm	Tiefenstufe: 0-20cm	Tiefenstufe: 0-20cm
qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben	qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben	qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben	qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben
Menge[kg]: 6,812	Menge[kg]: 6,833	Menge[kg]: 6,856	Menge[kg]: 6,371
Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:
Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose
homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm	Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm	Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm	Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm

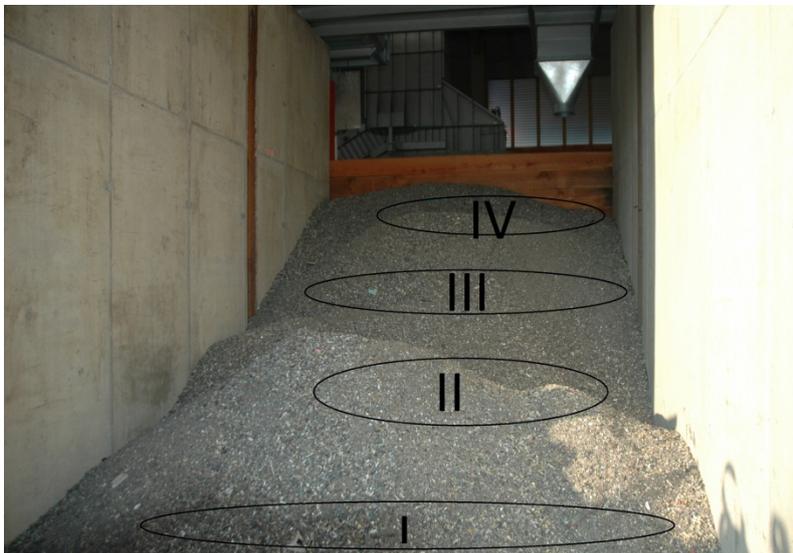
Voruntersuchungen und Beobachtungen

<input type="checkbox"/> Gasentwicklung	<input type="checkbox"/> Gasentwicklung	<input type="checkbox"/> Gasentwicklung	<input type="checkbox"/> Gasentwicklung
<input type="checkbox"/> Reaktionen	<input type="checkbox"/> Reaktionen	<input type="checkbox"/> Reaktionen	<input type="checkbox"/> Reaktionen
<input type="checkbox"/> Sonstiges:	<input type="checkbox"/> Sonstiges:	<input type="checkbox"/> Sonstiges:	<input type="checkbox"/> Sonstiges:
Bemerkungen (zB Feststellung von vermuteten Kontaminationen):			
keine			

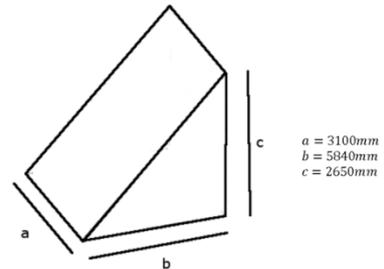
Beschreibung der Herstellung der Sammelprobe bzw. der Feldprobe

Angabe aus welchen qualifizierten Stichproben in welcher Art die Sammelprobe(n) bzw. Feldprobe(n) hergestellt wurden;
Probenbezeichnung der Sammelprobe bzw. der Feldprobe

Die Feldprobe wurde nach Aufschüttung zum Keil (Probe befand sich in einem -Bunker) an 4 Stellen beprobt. Die Feldprobe wurde dabei aus 4 qualifizierten Stichproben (Probenahmeorte: I, II, III, IV) zu je 6 Stichproben erstellt. Die Probenbezeichnung lautet: SMAG-FA-16-11-2011



Probenahmeorte



geometrische Form des Keiles mit Längenangaben

Datum und Unterschrift des Probenehmers:

16.11.2011

7.1.2 Durchlauf

Protokoll zur Probenahme von Abfällen

Prot. Nr.:

Projektbezeichnung:

PNP-16-11-2011	Überlauf – zerkleinert – EAG-Aufbereitung-SMAG-Unterpremstätten
----------------	---

Informationen über Art und Herkunft des Abfalls

Abfallart:	Abfallcode/Schlüsselnummer: 1602 Bezeichnung: Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten Zusatzbemerkung:	
Ort der Probenahme (zB Adresse, Fahrzeug)	ATM-Recyclingsystems, Fohnsdorf	
Geschichte des Abfalls- Herkunft bzw. kurze Beschreibung des Produktionsprozesses, bei dem der Abfall anfällt, kurze Angaben zu den vermuteten Verunreinigungen: EAG-Schrott der nach dem Einsatz in einen Querstromzerspaners über ein Sieb mit der Maschenweite 12mm läuft, danach mittels Überbandmagnet in ein UMP sowie ein MP getrennt wird, um anschließend handsortiert zu werden. Der Überlauf ist jene Fraktion, die nicht händisch aus dem UMP aussortiert wird		
Homogenität	<input checked="" type="checkbox"/> Ja Begründung gemäß Abschnitt 5.2 <input type="checkbox"/> nein	
Gibt es Hinweise auf das Vorhandensein relevanter Mengen von Stoffen der Liste gefährlicher Inhaltsstoffe (gemäß Anhang II zur Richtlinie 91/689/EWG, zB aufgrund von in der Produktion verwendeten Stoffen) oder das Zutreffen von gefahrenrelevanten Eigenschaften (Anhang 111 zur Richtlinie 91/689/EWG)?	<input type="checkbox"/> Ja welche? <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Abschätzung der Menge	4,660 Volumen in [m^3] 1,963 Gewicht in [t] 0,421 Dichte in [$\frac{kg}{l}$]	<input type="checkbox"/> Schätzwert aus Tabelle <input checked="" type="checkbox"/> Messwert
qualifizierte Stichproben gemäß Abschnitt 5	Anzahl: 8 Mindestmenge: 1	
Anfall erfolgt	<input checked="" type="checkbox"/> in einem definiertem Prozess in gleichbleibender Qualität mit nur geringen Schwankungen <input type="checkbox"/> in wechselnder Qualität <input type="checkbox"/> in unbekannter Qualität	
Lagerungsdauer des Abfalls am Probenahmeort	1 Woche	

Probenahme

Probenehmer: Institution, Tel., E-Mail, ...	Schwarz, Hubert Alexander, BSc Institut für Aufbereitung und Veredlung, hubert.schwarz@alumni.unileoben.ac.at
Datum der Probenahme:	16.11.2011
Anwesende Personen:	Herr Andreas Schmid, Dipl.Ing. Schwarz, Hubert Alexander, BSc
Wurden Vergleichsproben entnommen?	<input type="checkbox"/> Ja wenn ja, durch wen? <input checked="" type="checkbox"/> nein
Art der Probenahme:	<input checked="" type="checkbox"/> Handschaufel <input type="checkbox"/> Probenstecher <input type="checkbox"/> Spatel <input type="checkbox"/> Schöpfer <input type="checkbox"/> Probenbohrer <input type="checkbox"/> Baggerschaufel <input type="checkbox"/> Sonstiges:
Art des Probengefäßes:	Gebindeart: Box Gebindematerial: PE-HD Gebindevolumen: Art des Verschlusses: Deckel Sonstiges:
Angaben zum Probentransport	<input type="checkbox"/> gekühlt <input checked="" type="checkbox"/> ungekühlt

Beschreibung und Charakteristik der qualifizierten Stichproben

(je qualifizierter Stichprobe ist eine Spalte auszufüllen)

1. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 1	2. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 2	3. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 3	4. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 4
Tiefenstufe: 0-60cm	Tiefenstufe:0-60cm	Tiefenstufe:0-60cm	Tiefenstufe:0-60cm
qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben			
Menge[kg]:78,5	Menge[kg]: 78,0	Menge[kg]:81	Menge[kg]: 81,5
Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:
Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose
homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm			

5. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 5	6. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 6	7. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 7	8. Probenbezeichnung: räumliche Zuordnung zur Entnahmestelle oder zu einem Einzelgebäude gemäß Probenahmeskizze: 8
Tiefenstufe: 0-60cm	Tiefenstufe:0-60cm	Tiefenstufe:0-80cm	Tiefenstufe:0-80cm
qualifizierte Stichprobe aus 6 Stichproben			
Menge[kg]:79,5	Menge[kg]: 75,9	Menge[kg]: 91,5	Menge[kg]: 81,5
Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:	Geruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein nach:
Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose	Konsistenz: trocken, lose
homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	homogen: <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Korngröße: von 4,0cm bis 0,0cm			

Voruntersuchungen und Beobachtungen

<input type="checkbox"/> Gasentwicklung <input type="checkbox"/> Reaktionen <input type="checkbox"/> Sonstiges:			
Bemerkungen (zB Feststellung von vermuteten Kontaminationen):			
keine			

<input type="checkbox"/> Gasentwicklung <input type="checkbox"/> Reaktionen <input type="checkbox"/> Sonstiges:			
Bemerkungen (zB Feststellung von vermuteten Kontaminationen):			
keine			

Beschreibung der Herstellung der Sammelprobe bzw. der Feldprobe

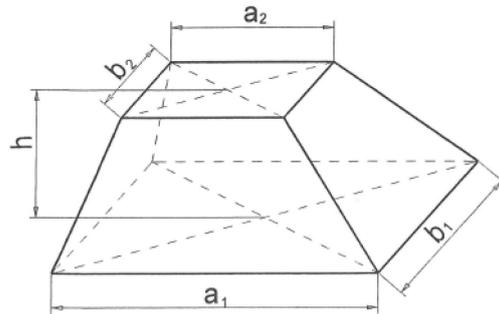
Angabe aus welchen qualifizierten Stichproben in welcher Art die Sammelprobe(n) bzw. Feldprobe(n) hergestellt wurden;
Probenbezeichnung der Sammelprobe bzw. der Feldprobe

Die Feldprobe wurde nach Aufschüttung zum Kasten an 8 Stellen beprobt. Die Feldprobe wurde dabei aus 8 qualifizierten Stichproben (Probenahmeorte: 1-8) zu je 6 Stichproben erstellt.

Probenahmeorte



geometrische Form des Kastens mit Längenangaben



$$a_1 = 5.500 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4.000 \text{ mm}$$

$$b_1 = 1.700 \text{ mm}$$

$$b_2 = 700 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Datum und Unterschrift des Probenehmers:

08.11.2011

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Hilke Jahn".

7.2 Allgemeines

Monat / Jahr	Stahlschrott - Sorte 4	Kupfer - LME	Aluminium - LME	Kupferschrott - Kabul / 25	Kupferschrott - Klima / 33	Aluminiumschrott - Aster / 16	Aluminiumschrott - Atlas / 18	PS - bunt	PS - weiß	PP - bunt (K 59)	PP - natur (K 50)
	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]	Preis [€/t]
Januar 06	166,00	3911,70	1964,69	3625	3025	725	875	450	520	125	380
Februar 06	179,00	4173,56	2056,73	3965	3325	905	580	450	520	127,5	377,5
März 06	175,00	4245,30	2020,91	4215	3575	1025	1095	450	520	130	375
April 06	206,00	5205,59	2136,40	4415	3725	1025	1075	450	520	130	370
Mai 06	206,00	6300,60	2240,78	5515	4625	1075	1175	450	520	150	380
Juni 06	223,50	5689,81	1958,37	5215	4225	1025	1075	450	520	150	380
Juli 06	167,50	6080,18	1981,01	5615	4525	1025	1025	450	520	150	380
August 06	212,50	6007,07	1920,17	5865	4575	1025	1025	450	520	150	380
September 06	197,50	5973,41	1943,02	5665	4325	875	875	450	520	150	380
Oktober 06	185,00	5947,50	2104,98	5715	4175	875	875	451	520	150	380
November 06	207,50	5457,01	2098,28	5015	4425	875	975	452	520	150	380
Dezember 06	207,50	5051,93	2129,44	4565	3475	875	995	453	520	150	380
Januar 07	207,50	4361,61	2161,20	4215	3065	875	975	453	520	150	380
Februar 07	230,00	4341,79	2166,28	4315	3525	845	825	450	530	157,5	380
März 07	242,50	4872,74	2085,58	4815	4025	845	1005	480	540	165	380
April 07	233,50	5746,13	2082,56	5015	4225	845	1005	480	540	150	380
Mai 07	227,50	5685,86	2068,46	5715	4875	845	825	480	545	165	380
Juni 07	233,00	5571,12	1995,27	5485	4625	835	775	510	560	165	380
Juli 07	212,50	5813,58	1992,50	5255	4375	825	725	520	567,5	172,5	380
August 07	210,00	5515,71	1842,14	5255	4375	825	725	530	575	180	380
September 07	197,50	5504,45	1720,82	4965	4025	775	725	530	575	180	380
Oktober 07	207,50	5629,04	1716,71	5175	4225	775	825	520	565	180	380
November 07	202,50	4744,42	1703,98	4700	4050	775	725	510	555	180	380
Dezember 07	207,50	4521,39	1635,92	4225	3875	775	787,5	510	555	180	395
Januar 08	255,00	4797,54	1661,58	4475	3775	775	875	510	555	180	395
Februar 08	240,00	5348,31	1882,92	4975	4175	775	875	510	555	180	395
März 08	262,50	5435,24	1935,53	5050	4250	850	875	510	555	180	395
April 08	350,00	5513,89	1878,78	5125	4325	925	875	510	555	180	395
Mai 08	440,00	5388,41	1865,98	5025	4225	925	850	510	555	180	395
Juni 08	440,00	5311,26	1901,79	5125	4275	925	825	514,5	550	180	395
Juli 08	415,00	5335,47	1947,52	4950	4075	750	650	530	540	190	420
August 08	327,50	5098,30	1846,00	4775	3875	575	475	530	565	190	420
September 08	230,00	4864,90	1757,70	4825	4025	925	775	530	590	190	420
Oktober 08	190,00	3697,42	1592,41	3850	3125	750	625	530	590	190	407,5
November 08	107,50	2919,42	1454,94	2875	2225	575	475	530	590	225	395
Dezember 08	205,00	2284,17	1108,21	2575	1875	475	425	450	475	50	205
Januar 09	204,30	2432,73	1067,39	2325	1375	525	275	350	450	50	175
Februar 09	152,60	2592,67	1040,44	2325	1825	450	275	350	450	50	175
März 09	125,30	2873,37	1023,63	2725	2175	525	275	350	450	50	175
April 09	139,00	3340,83	1077,22	3425	2875	575	375	350	450	50	175
Mai 09	161,70	3346,98	1069,93	3175	2575	575	425	350	450	50	175
Juni 09	136,70	3577,30	1122,81	3275	2725	575	425	350	450	45	175
Juli 09	153,60	3702,12	1183,96	3525	2975	575	425	350	450	45	175
August 09	187,20	4321,07	1355,31	3525	2975	575	425	350	450	45	175
September 09	191,30	4255,21	1259,52	4275	3775	725	575	350	450	50	185
Oktober 09	151,30	4244,05	1267,93	3825	3225	675	525	350	450	45	185
November 09	139,50	4476,06	1307,02	4025	3425	630	525	330	430	45	185
Dezember 09	177,90	4777,41	1491,79	4325	3725	775	575	330	430	45	185
Januar 10	201,70	5175,34	1566,11	4925	4225	875	675	350	430	65	270
Februar 10	206,80	5003,78	1497,10	4375	3725	675	675	350	430	65	250
März 10	243,00	5499,91	1625,49	5175	4525	975	775	415	470	65	290
April 10	320,80	5777,32	1728,13	5575	4925	1025	925	440	470	80	305
Mai 10	285,90	5441,85	1623,98	5175	4575	925	825	440	485	90	310
Juni 10	236,90	5323,37	1581,94	4975	4325	825	775	440	500	90	325
Juli 10	223,90	5274,28	1556,99	5025	4425	825	775	440	500	90	325
August 10	251,80	5649,10	1642,73	5325	4725	975	875	440	500	110	335
September 10	271,90	5899,82	1654,81	5675	5025	975	875	440	500	115	335
Oktober 10	231,20	5966,61	1688,42	5725	5025	975	875	445	520	125	335
November 10	253,60	6200,05	1707,83	5675	4875	875	775	445	520	150	345
Dezember 10	293,40	6919,26	1778,12	6275	5425	925	825	445	520	150	345
Januar 11	355,70	7152,47	1826,00	6875	6025	1075	975	490	560	185	375
Februar 11	306,80	7229,54	1837,63	7125	6225	1025	925	575	615	215	375
März 11	314,60	6808,09	1823,42	6325	5425	1025	875	600	725	240	425
April 11	301,30	6566,44	1843,70	6075	5225	975	875	600	710	265	455
Mai 11	305,40	6221,37	1806,52	5775	5025	925	825	600	710	275	455
Juni 11	317,80	6286,79	1776,07	5825	5025	925	775	600	710	275	455
Juli 11	305,40	6743,72	1761,08	6575	5675	925	825	600	710	275	455
August 11	304,70	6303,63	1668,17	5825	5025	925	775	600	710	275	455
September 11	301,80	6038,37	1667,89	6075	5175	875	800	600	710	275	455
Oktober 11	285,40	5360,79	1584,86	5075	4325	875	725	600	710	275	440
November 11	272,10	5570,80	1529,62	5175	4525	875	775	590	700	255	415
Dezember 11	288,80	5742,13	1534,09	5475	4825	875	725	580	700	225	385
Januar 12	311,70	6232,82	1661,48	6025	5475	925	825	580	700	225	385
Februar 12	301,00	6369,25	1666,58	6125	5375	925	775	580	700	225	440
März 12	304,00	6420,01	1687,71	6150	5525	990	815	580	700	250	460

Tabelle 7-1: Zahlentafel zu den Graphen in den Abbildungen auf Seite 30, 31, 32 und 33

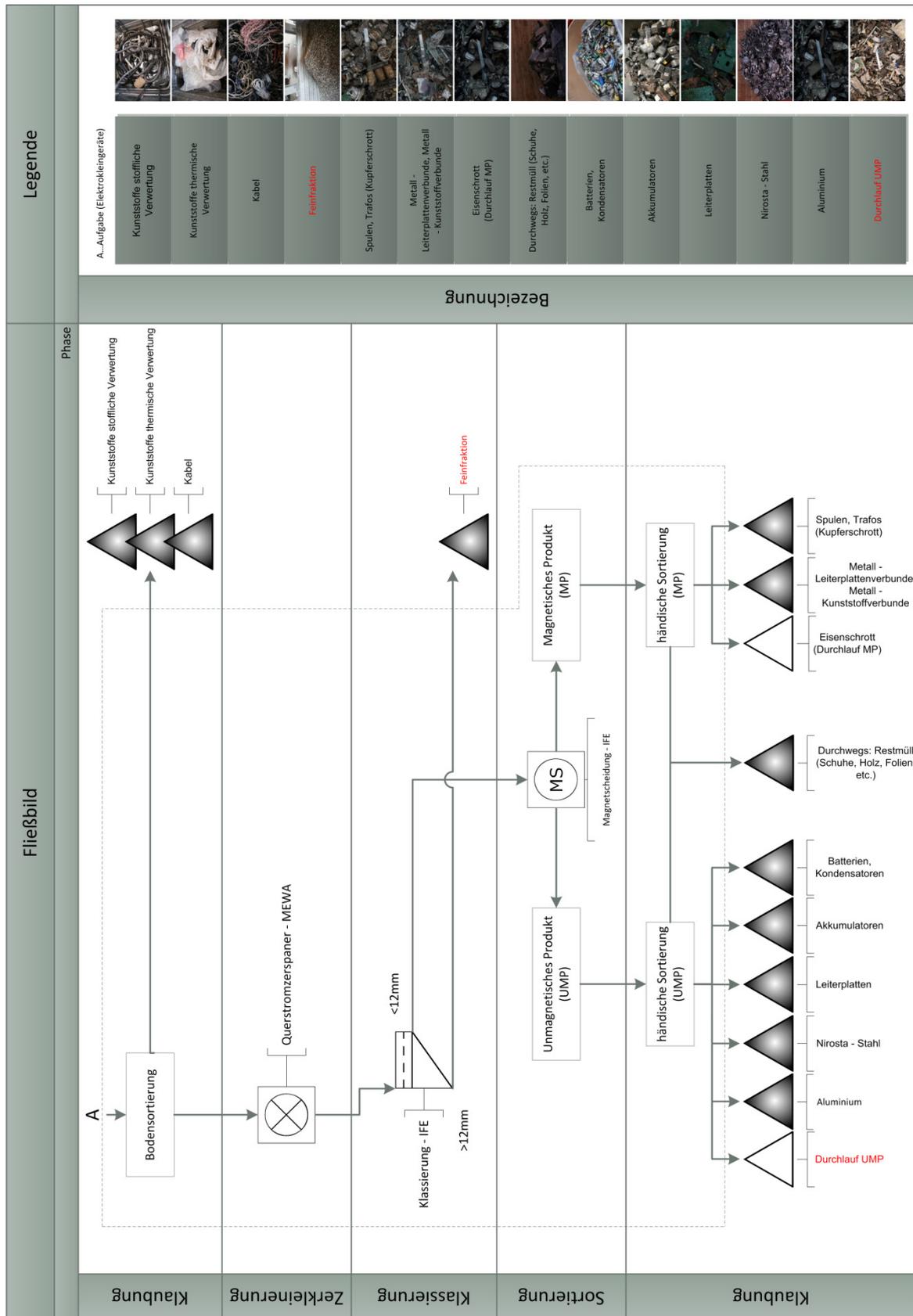


Abbildung 7-1: Flussdiagramm der bestehenden Anlage

KUNDENANGABEN

Aufgabegut geschreddeter E-Schrott
 abzuscheidendes Material _____
 Gehalt des abzuscheidenden Materials [%] _____
 Nennaufgaberate [m³/h] _____ [t/h] _____
 max. Korngröße [mm] _____
 Schüttgewicht [t/m³] _____
 Materialtemperatur [°C] _____
 Feuchtigkeit [%] _____

EIGENSCHAFTEN DES AUFGABEGUTES

Beurteilung durch IFE		Korngrößenverteilung		
		Korn	g	%
Trennbarkeit	gut	<input type="checkbox"/>		
	mittel			
	schlecht			
Feinanteil < 80µm	gering	<input type="checkbox"/>		
	hoch			
Abrassiv	ja	<input type="checkbox"/>		
	nein			
Trocken		<input type="checkbox"/>		
Schüttgewicht <u>~0,4</u> t/m ³ Feucht <u>/</u> % H ₂ O				

MAGNETSCHEIDERDATEN

Type	Bemerkung
<u>HPG 500 x 300 / 13</u>	<u>2 Mitnehmer h = 10 mm</u>
<u>INP 400 x 500 / 18</u>	

BEMERKUNG

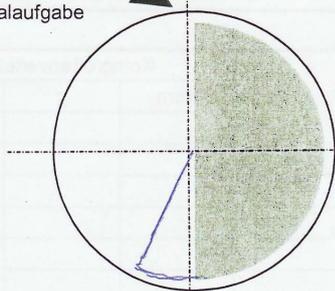
I/O SMAG Überlauf 3 Sp 0,4 t/m³
II/O SMAG Ablauf 3 Sp 0,4 t/m³

IFE Paternal 20 3340 Waidhofen - AUSTRIA	Datum	Name	Benennung	Seite 1/2
	Bearb.	<u>9.11.11</u>	<u>Saubermacher</u>	
	Gepr.		Auftrags Nr. <u>46.1006</u>	

T03
T01

Proben Nr. Versuchs Nr.	Aufgabemenge [kg]	Förderzeit [sec]	Trommel-drehzahl [min ⁻¹]	Splitterpos. X [°]	Aufgaberate [t/h]	spez. Aufgaberate [t/mh]
I/1HPG1	165,2	420	48	+10	~1,4	2,8
II/1HPG1	156,2	420	48	+10	~1,31	2,68

Materialaufgabe



Fraktion 1 unmagnetisches Material

Proben Nr. Versuchs Nr.	Fraktion 1	Fraktion 1	magnet. Material in Fraktion 1	
	[kg]	[%] 1)	[g]	[%]
I/1HPG1	150,8			
II/1HPG1	141,4			

Fraktion 3 magnetisches Material

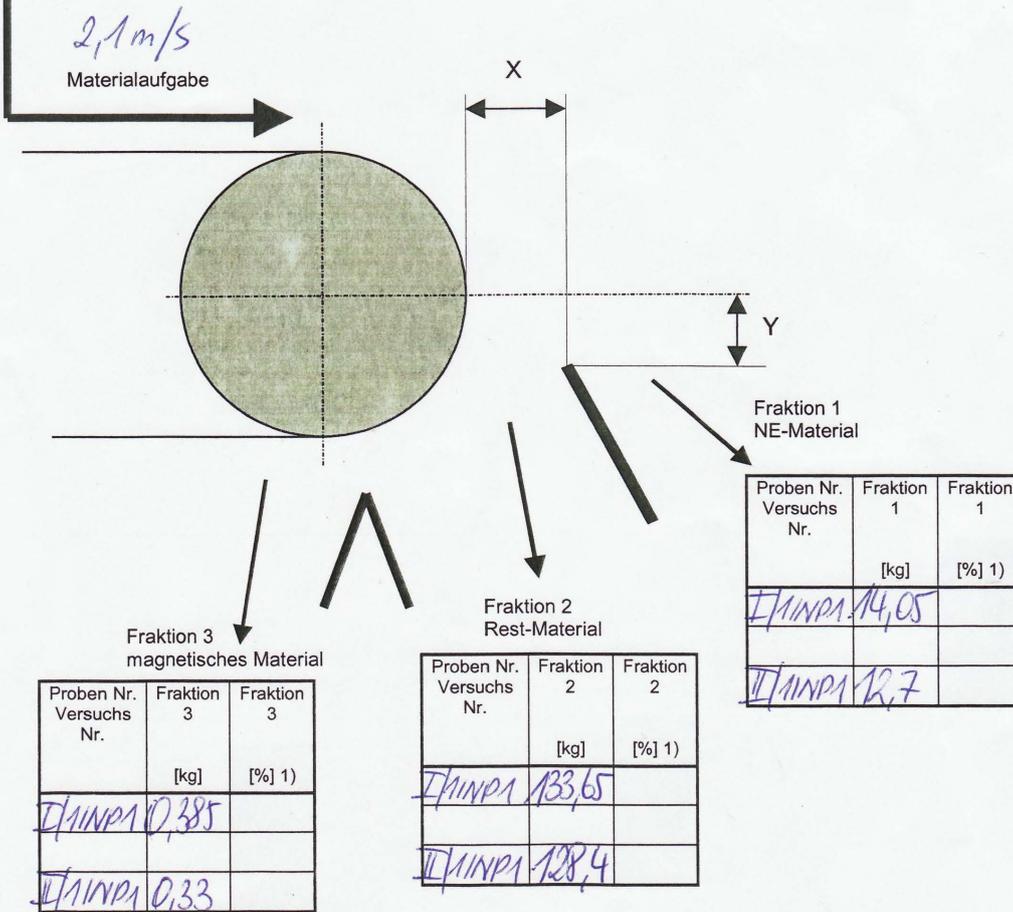
Proben Nr. Versuchs Nr.	Fraktion 3	Fraktion 3	unmagnet. Material in Fraktion 3	
	[kg]	[%] 1)	[g]	[%]
I/1HPG1	11,2			
II/1HPG1	11,3			

Fraktion 2 Zwischenprodukt

Proben Nr. Versuchs Nr.	Fraktion 2	Fraktion 2	magnet. Material in Fraktion 2	
	[kg]	[%] 1)	[g]	[%]
I/1HPG1	4,0			
II/1HPG1	3,45			

Legende: 1) bezieht sich auf Aufgabemenge

Proben Nr. Versuchs Nr.	Aufgabemenge [kg]	Förderzeit [sec]	Trommeldrehzahl [min ⁻¹]	Splitterpos. X [mm]	Splitterpos. Y [mm]	Splitterwinkel [°]	Aufgaberate [t/h]	spez. Aufgaberate [t/mh]
I/INP1	150	420	2300	300	30		1,285	~2,6
II/INP1	141,4	420	2300	300	30		1,200	~2,4



Legende: 1) bezieht sich auf Aufgabemenge

Einstufung und Qualitätskriterien für Altkunststoffe

1. Kennzeichnung der Sortengruppen

Buchstaben:	A-D: Untere Sorten	Gruppe 1
	E-J: Mittlere Sorten	Gruppe 2
	K-U: Bessere Sorten	Gruppe 3
	V-X: Sondersorten	Gruppe 4

2. Kennzeichnung innerhalb der Sortengruppen

Anfangsziffer:	0 - Verbunde
	1 - PET
	2 - PE-HD
	3 - PVC
	4 - PE-LD
	5 - PP
	6 - PS
	7 - Andere Kunststoffe

Endziffer:	Gruppen I + IV: Wertfreies Unterscheidungsmerkmal der Einzelsorten
	Gruppen II + III: 0 = natur
	1 = einfarbig unbedruckt
	2 = natur bedruckt
	3 = einfarbig bedruckt
	8 = bunt unbedruckt
	9 = bunt bedruckt

3. Grundsätzliche Qualitätsmerkmale

Verschmutzungen aus dem bestimmungsgemäßen Gebrauch sind zugelassen, wobei Verpackungen restentleert sein müssen. Produktionsschädliche Störstoffe wie z. B. Papier, Metalle, Fremdkunststoffe etc. sind weitestgehend zu vermeiden; für die einzelnen Gruppen gelten folgende Merkmale:

Gruppe I:	Untere Sorten	< 5 %
Gruppe II:	Mittlere Sorten	< 1 %
Gruppe III:	Bessere Sorten	nicht erlaubt
Gruppe IV:	Sondersorten	nicht erlaubt

Gruppe I: Untere Sorten:	Produktionsschädliche Störstoffe (Papier, Metalle, Fremdkunststoffe) < 5 %	Beispiele, Herkunft
A 40 LDPE-Mischfolie natur	Mischung aus transparenten LDPE-Folien (meistens Verpackungsfolien) mit Stretchanteil, leicht verschmutzt	Transportverpackung
A 42 LDPE-Mischfolie 80/20	Mischung aus LDPE-Folien, 80 % natur und 20 % bunt, Stretchanteil maximal 15 %, Verschmutzung möglich	diverse
A 44 LDPE-Mischfolie 60/40	Mischung aus LDPE-Folien, 60 % natur und 40 % bunt, Stretchanteil maximal 15 %, Verschmutzung möglich	diverse
A 49 PE-Mischfolie	ohne besondere Anforderungen, Verschmutzung möglich	diverse
B 40 LDPE-Agrarfolie	stark verschmutzt, natur, sehr dünn, Stärke < 70 my, meistens gelocht	Landwirtschaft
B 41 LDPE-Agrarfolie	besenrein, schwarz oder weiß, Stärke > 70 my	Landwirtschaft
B 49 LDPE-Agrarfolie	verschmutzt, bunt, sehr dünn, Stärke < 70 my	Heuballenfolie
C 10 PET-Flaschen, natur	restentleert	Getränkerverpackung
C 11 PET-Flaschen, uni	einfarbig, restentleert	Getränkerverpackung
C 19 PET-Flaschen, bunt	restentleert	Getränkerverpackung
C 29 HDPE-Hohlkörper	bunt, restentleert oder gespült	Verpackung
C 51 PP Big-Bags	restentleert, meist weiß, mit PE/PP-Nähten, evtl. Aufkleber	Transportverpackung
C 59 PP Eimer	bunt, restentleert oder gespült, mit oder ohne Henkel	
C 69 EPS	Expandiertes Polystyrol, bunt, weitestgehend sauber	Blumentrays, Fischboxen
C 79 Umreifungsbänder	bunt, sortiert und unsortiert (nach Kunststoffarten) möglich	Transportverpackung
D 28 HDPE-Müllbehälter	frei von Achsen und Rädern	Kommunen, Entsorgungsunternehmen
D 58 PP-Stoßfänger	metallfrei, lackiert oder unlackiert möglich	Automobilrückbau
Gruppe II: Mittlere Sorten (Post-User)	Produktionsschädliche Störstoffe < 1 %	Beispiele, Herkunft
E 40 LDPE-Schrumpfhauben natur	unbedruckt, weitestgehend sauber und frei von Aufklebern oder Klebstreifen, Stärke > 70 my	Transportverpackung
E 48 LDPE-Schrumpfhauben transluzid	unbedruckt, weitestgehend sauber und frei von Aufklebern oder Klebstreifen, Stärke > 70 my	Transportverpackung
E 49 LDPE-Schrumpfhauben bunt	evtl. bedruckt, weitestgehend sauber und frei von Aufklebern oder Klebstreifen, Stärke > 70 my	Transportverpackung
E 70 LDPE-Stretchfolien	natur, unbedruckt, weitestgehend sauber und frei von Aufklebern oder Klebstreifen	Transportverpackung
F 49 LDPE-Granulatsäcke	Ex-Inhalt Kunststoffgranulate, restentleert, bunt, bedruckt, wenig Aufkleber und Klebstreifen	Verkaufsverpackung von Kunststoffgranulaten
F 59 PP-Granulatsäcke	Ex-Inhalt Kunststoffgranulate, restentleert, bunt, bedruckt, evtl. Aufkleber + Klebstreifen	Verkaufsverpackung von Kunststoffgranulaten
F 68 PS-Tiefziehfolie	Formteile, eingefärbt, unbedruckt, weitestgehend frei von Verunreinigungen	Gartenbau, Obstverpackung
G 49 LDPE-Rohstoffsäcke	Ex-Inhalt z. B. Torf, Düngemittel, Futter etc., restentleert, bunt, bedruckt, evtl. Aufkleber + Klebstreifen	Verkaufsverpackung von Düngemitteln, Torf, Viehfutter
H 41 LDPE-Mittläuferfolie (Reifenfolie)	einfarbig, manchmal geprägt, mit leichten Gummianhaftungen	Gummiverarbeitende Industrie
H 48 LDPE-Mittläuferfolie (Reifenfolie)	bunt, manchmal geprägt, mit leichten Gummianhaftungen	Gummiverarbeitende Industrie
I 29 HDPE-Transportkisten	weitestgehend sauber	Flaschenkisten, Abfüllbetriebe
I 59 PP-Transportkisten	weitestgehend sauber	Bäckereien
I 61 EPS	Expandiertes Polystyrol, weiß, weitestgehend sauber, frei von Aufklebern und Klebstoffen	
Gruppe III: Bessere Sorten (Produktionsreste)	Produktionsschädliche Störstoffe nicht erlaubt	Beispiele, Herkunft
K 20 HDPE-Folien natur	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 21 HDPE-Folien uni	einfarbig, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 29 HDPE-Folien bunt	bunt, evtl. bedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 40 LDPE-Folien natur	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 41 LDPE-Folien uni	einfarbig, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 49 LDPE-Folien bunt	bunt, evtl. bedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 50 PP-Folien natur	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 51 PP-Folien uni	einfarbig, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
K 59 PP-Folien bunt	bunt, evtl. bedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion, Konfektionierung
L 30 PVC-Hartfolie natur	transparent, unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen, sauber, trocken	Folienproduktion
L 38 PVC-Weichfolie bunt	bunt, meist unbedruckt, frei von Aufklebern und Klebstreifen	PVC-Konfektionierer (Büroartikel, Kfz-Innenausstattung)
L 51 PP-Vlies weiß	unbedruckt, sauber, trocken	Windelproduktion
L 58 PP-Vlies bunt	unbedruckt, sauber, trocken	Windelproduktion
M 29 HDPE-Stanzgitter	Konfektionsreste, sauber + trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Konfektionierung
M 39 PVC-Stanzgitter	Konfektionsreste, sauber + trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Konfektionierung
M 59 PP-Stanzgitter	Konfektionsreste, sauber + trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Konfektionierung
M 69 PS-Stanzgitter	Konfektionsreste, sauber + trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Konfektionierung
N 28 HDPE-Rohre, -Platten, -Profile	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
N 38 PVC-Rohre, -Platten, -Profile	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
N 48 LDPE-Rohre, -Platten, -Profile	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
N 58 PP-Rohre, -Platten, -Profile	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
O 28 HDPE-Spritzgussreste	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
O 38 PVC-Spritzgussreste	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
O 48 LDPE-Spritzgussreste	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
O 58 PP-Spritzgussreste	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
O 68 PS-Spritzgussreste	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
P 18 PET-Hohlkörper	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
P 28 HDPE-Hohlkörper	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
P 38 PVC-Hohlkörper	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
P 48 LDPE-Hohlkörper	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
P 58 PP-Hohlkörper	Produktions- oder Konfektionsreste, sauber	Produktion, Konfektion, Fehlchargen
Gruppe IV: Sondersorten (Verbunde)	Produktionsschädliche Störstoffe nicht erlaubt	Beispiele, Herkunft
V 01 PE/PP-Windelfolie weiß	LDPE-Folien verbunden mit PP-Vlies, sauber, trocken	Windelproduktion
V 02 PE/PP-Windelfolie bunt	LDPE-Folien verbunden mit PP-Vlies, sauber, trocken	Windelproduktion
V 03 PE/PA-Folie	Verbundfolie, natur, sauber und trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Folienproduktion, Konfektionierung
V 79 PE/PA-Stanzgitter-Reststoffe	Konfektionsreststoffe, sauber + trocken, frei von Aufklebern und Klebstreifen	Konfektionierung

**SDAG**

Elektronikschrott

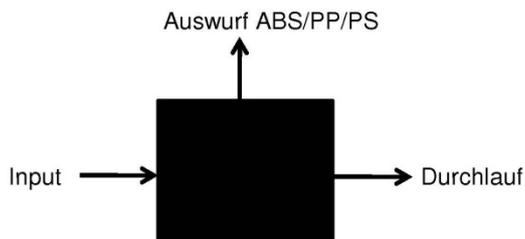
13.12.2011

Material ungeschreddert**Ziel: Auswurffraktion ABS, PP, PS**

Material:	Menge [kg]:	Prozentanteil [%]:
Durchlauf	28,5	81,4%
Auswurf	6,5	18,6%

Materialstatistik Maschine:

Material	Input		Auswurf	
	Counts	Prozent	Counts	Prozent
ABS	1203	15,5%	1086	24,4%
ABS+TBBPA	410	5,3%	156	3,5%
ABS+TBBPAep	181	2,3%	78	1,7%
PA	232	3,0%	13	0,3%
Paper	31	0,4%	1	0,0%
PBT	161	2,1%	8	0,2%
PC	270	3,5%	3	0,1%
PC+ABS	939	12,1%	65	1,5%
PE	63	0,8%	8	0,2%
PET	222	2,9%	8	0,2%
PMMA	124	1,6%	22	0,5%
POM	161	2,1%	22	0,5%
PP	1442	18,6%	1186	26,6%
PPE+SB	135	1,7%	11	0,2%
PS	1865	24,1%	1760	39,5%
PUR	27	0,3%	4	0,1%
PVC	201	2,6%	14	0,3%
PVC+ABS	87	1,1%	14	0,3%



**SDAG**

13.12.2011

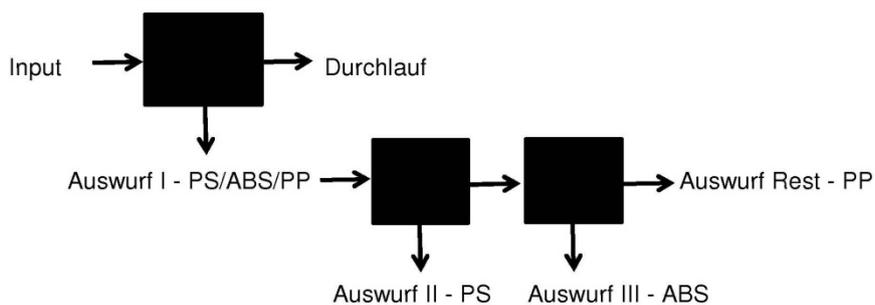
Elektronikschrott

Material geshreddert, nicht entfrachtet**Ziel: Auswurffraktion ABS, PP, PS sortenrein**

Material:	Menge [kg]:	Prozentanteil [%]:
Durchlauf	117,0	81,6%
(Auswurf I)	26,5	
Auswurf II	6,4	4,5%
Auswurf III	4,8	3,3%
Auswurf Rest	15,3	10,7%

Materialstatistik Maschine:

Material	Input		Auswurf I		Auswurf II		Auswurf III		Auswurf Rest	
	Counts	Prozent	Counts	Prozent	Counts	Prozent	Counts	Prozent	Counts	Prozent
ABS	15819	17,4%	7229	24,8%	557	7,2%	3435	68,0%	3144	20,2%
ABS+TBBPA	5140	5,6%	1257	4,3%	131	1,7%	468	9,3%	664	4,3%
ABS+TBBPAep	1715	1,9%	416	1,4%	45	0,6%	152	3,0%	231	1,5%
PA	2016	2,2%	115	0,4%	13	0,2%	19	0,4%	67	0,4%
Paper	920	1,0%	65	0,2%	6	0,1%	5	0,1%	52	0,3%
PBT	2042	2,2%	155	0,5%	13	0,2%	15	0,3%	121	0,8%
PC	3784	4,2%	188	0,6%	21	0,3%	11	0,2%	119	0,8%
PC+ABS	9177	10,1%	624	2,1%	88	1,1%	33	0,7%	178	1,1%
PE	1589	1,7%	227	0,8%	27	0,4%	22	0,4%	190	1,2%
PET	3154	3,5%	248	0,9%	42	0,5%	13	0,3%	188	1,2%
PMMA	1602	1,8%	158	0,5%	29	0,4%	25	0,5%	96	0,6%
POM	1933	2,1%	168	0,6%	21	0,3%	23	0,5%	109	0,7%
PP	14627	16,1%	7029	24,2%	463	6,0%	417	8,3%	5986	38,4%
PPE+SB	1754	1,9%	134	0,5%	11	0,1%	12	0,2%	109	0,7%
PS	21607	23,7%	10605	36,4%	6154	80,0%	364	7,2%	3981	25,5%
PUR	1184	1,3%	93	0,3%	16	0,2%	4	0,1%	68	0,4%
PVC	1992	2,2%	138	0,5%	15	0,2%	6	0,1%	117	0,8%
PVC+ABS	945	1,0%	249	0,9%	39	0,5%	29	0,6%	166	1,1%



**SDAG**

Elektronikschrott

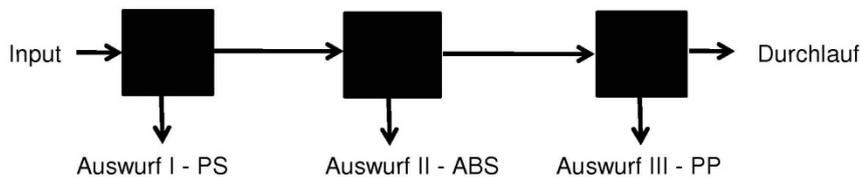
13.12.2011

Material geshreddert, entfrachtet**Ziel: Auswurffraktion ABS, PP, PS sortenrein**

Material:	Menge [kg]:	Prozentanteil [%]:
Durchlauf	90,0	78,3%
Auswurf I	10,3	9,0%
Auswurf II	9,1	7,9%
Auswurf III	5,5	4,8%

Materialstatistik Maschine:

Material	Input		Auswurf I		Auswurf II		Auswurf III	
	Counts	Prozent	Counts	Prozent	Counts	Prozent	Counts	Prozent
ABS	14808	18,4%	609	5,5%	6379	71,2%	201	3,0%
ABS+TBBPA	3680	4,6%	187	1,7%	670	7,5%	65	1,0%
ABS+TBBPAep	1784	2,2%	86	0,8%	341	3,8%	24	0,4%
PA	1871	2,3%	49	0,4%	64	0,7%	62	0,9%
Paper	992	1,2%	58	0,5%	39	0,4%	20	0,3%
PBT	1680	2,1%	49	0,4%	42	0,5%	82	1,2%
PC	3300	4,1%	100	0,9%	75	0,8%	81	1,2%
PC+ABS	8160	10,2%	320	2,9%	220	2,5%	195	2,9%
PE	1441	1,8%	101	0,9%	45	0,5%	71	1,0%
PET	2530	3,1%	117	1,1%	119	1,3%	68	1,0%
PMMA	1298	1,6%	78	0,7%	49	0,5%	29	0,4%
POM	1583	2,0%	77	0,7%	67	0,7%	43	0,6%
PP	13266	16,5%	408	3,7%	289	3,2%	5445	80,3%
PPE+SB	1354	1,7%	66	0,6%	65	0,7%	34	0,5%
PS	18643	23,2%	8513	77,3%	335	3,7%	244	3,6%
PUR	1177	1,5%	65	0,6%	45	0,5%	51	0,8%
PVC	1778	2,2%	46	0,4%	47	0,5%	55	0,8%
PVC+ABS	980	1,2%	85	0,8%	64	0,7%	14	0,2%



7.3 Feinanteil

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die graphische Aufarbeitung sowie sämtliche Abbildungen der Siebanalysen des Feianteils. Es finden sich:

- Die pro Siebschnitt gruppierten Bilder aus ferro-, para- und diamagnetischen Fraktion
- Die graphische Aufbereitung der Siebanalyse mit
 - Siebanalyse der gesamten Probe
 - Siebanalyse des stark magnetischen Anteile
 - Siebanalyse des schwach magnetischen Anteils
 - Siebanalyse des nicht magnetischen Anteils
- Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse

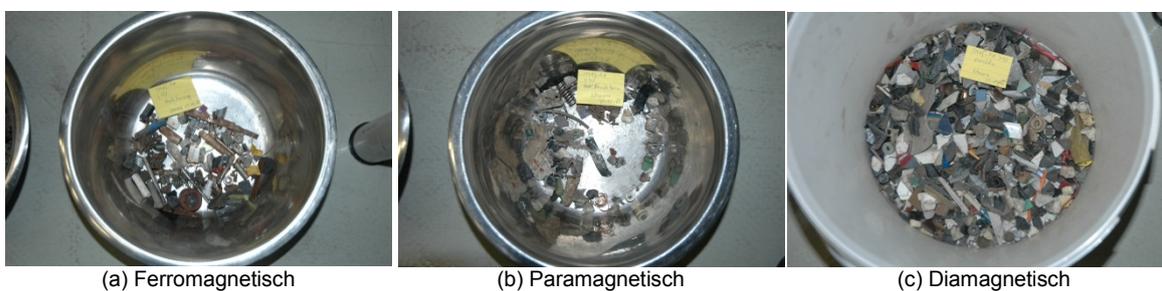


Abbildung 7-2: Siebschnitt - größer 10 mm

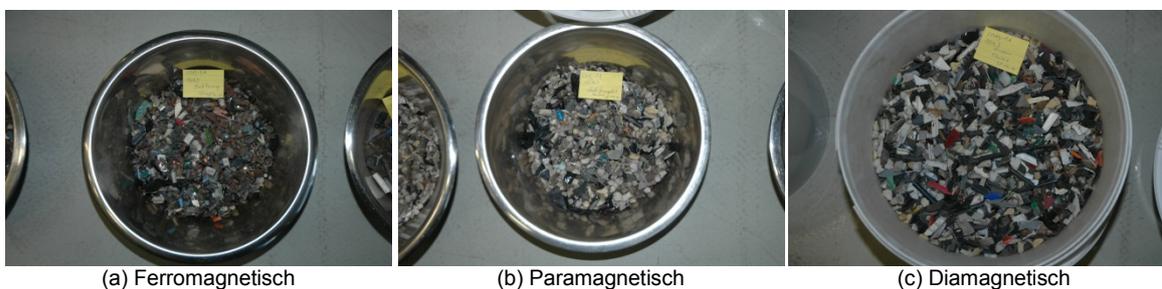


Abbildung 7-3: Siebschnitt - 10|6,3 mm

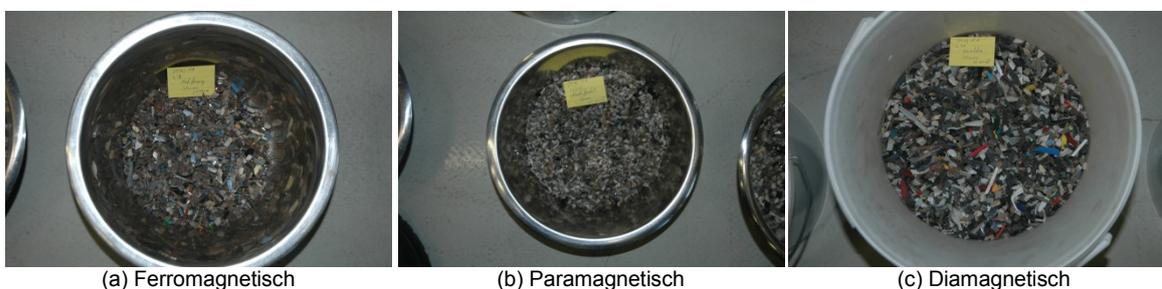


Abbildung 7-4: Siebschnitt - 6,3|5 mm

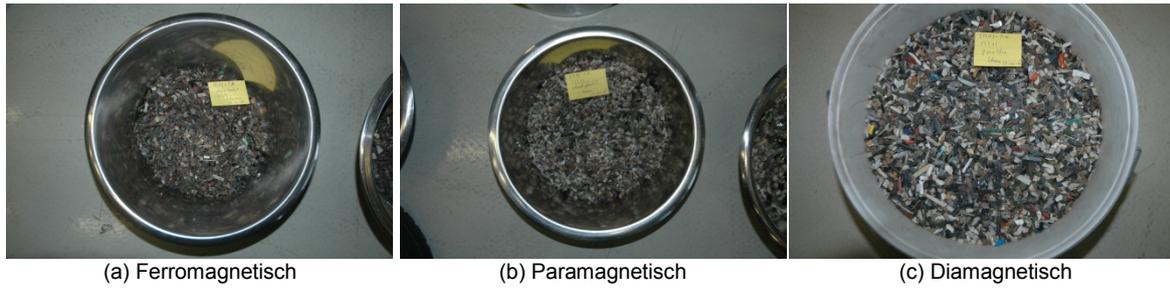


Abbildung 7-5: Siebschnitt - 5|3,15 mm



Abbildung 7-6: Siebschnitt - 3,15|2 mm

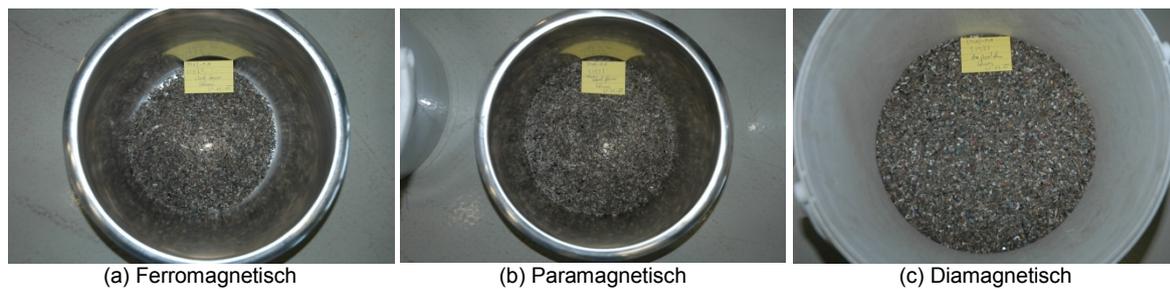


Abbildung 7-7: Siebschnitt - 2|1,25 mm



Abbildung 7-8: Siebschnitt - 1,25|0,315 mm



Abbildung 7-9: Siebschnitt - 0,315|0 mm

Siebanalyse - SDAG - UPS - Feinfraktion

Maschenweite [mm]	Masse [g]				Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Oberer	Untere	Brutto	Netto			
>10	10	6,3	1224	918	3,44%	3,44%	96,56%
10	6,3	6664	6366	298	23,86%	27,30%	72,70%
6,3	5	3764	3464	300	12,98%	40,28%	59,72%
5	3,15	6576	6238	338	23,38%	63,66%	36,34%
3,15	2	4360	4048	312	15,17%	78,83%	21,17%
2	1,25	2490	2204	286	8,26%	87,09%	12,91%
1,25	0,315	2652	2332	320	8,74%	95,83%	4,17%
0,315	0	1424	1114	310	4,17%	100,00%	0,00%
Summe			26684		100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	26872	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	26872	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,70%	Gerätenummer: F/591-0/1/01
		Genauigkeit d [g]: 2
Datum:	17.11.2011	max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung

Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-16-11-2011.docx) wurde nach Norm aus einer über einen Zeitraum von 11 Monaten (ä inner 2011 - November 2011) in einem Bunker gesammelten, Fraktion entnommen.

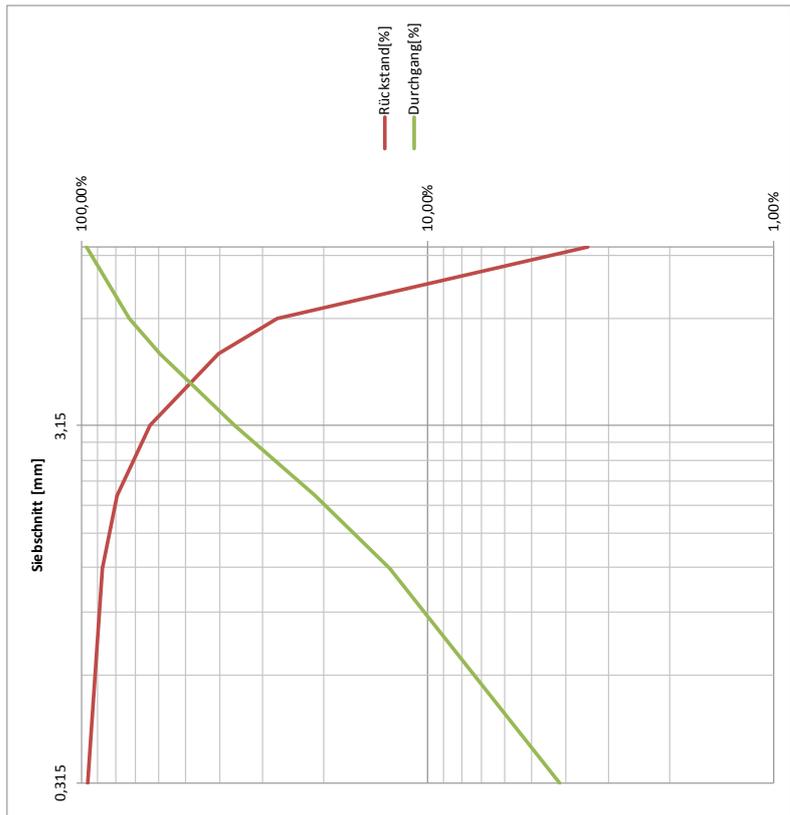
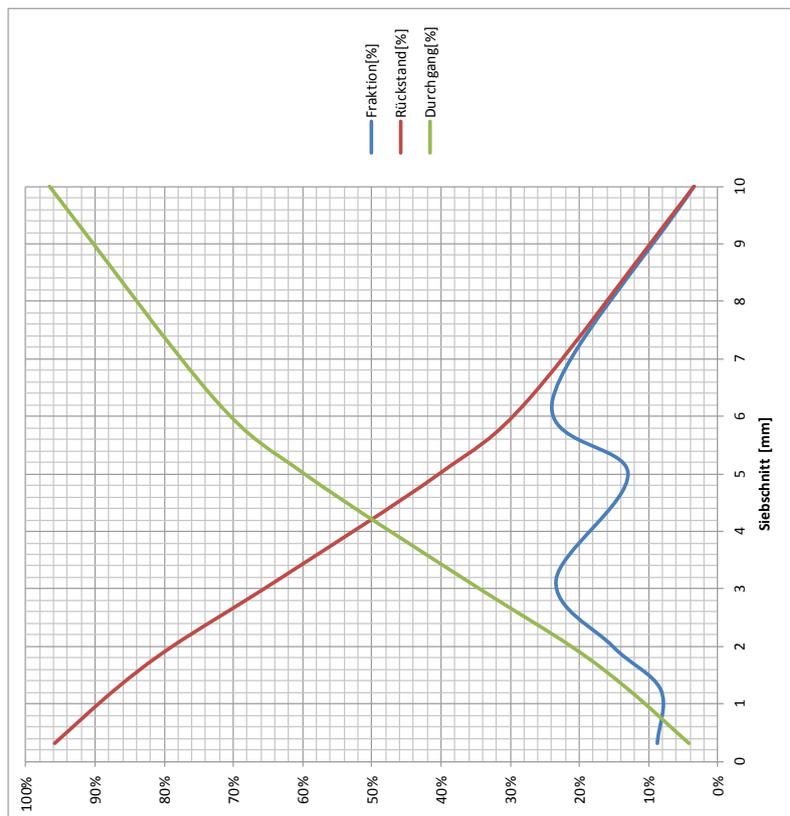


Abbildung 7-10: Siebanalyse des Feinanteils

Siebanalyse - SDAG - UPS - Feinfraktion - stark magnetisch

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	3536	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	3536	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,14%	Gerätenummer:	F/591-0/1/01
Genauigkeit d[μ g]		2	
Datum:		max. Bel. [g]: 60000	
17.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-16-11-2011.docx) wurde nach Norm aus einer, über einen Zeitraum von 11 Monaten (Jänner 2011 – November 2011) in einem Bunker gesammelten, Fraktion entnommen.			

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto		
Oberer					
>10	270	0	270	7,65%	92,35%
10	1590	0	1590	45,03%	47,32%
6,3	110	0	110	3,12%	44,21%
5	838	0	838	23,73%	20,48%
3,15	224	0	224	6,34%	14,13%
2	122	0	122	3,46%	10,68%
1,25	167	0	167	4,73%	5,95%
0,315	210	0	210	5,95%	0,00%
Summe			3531	100%	

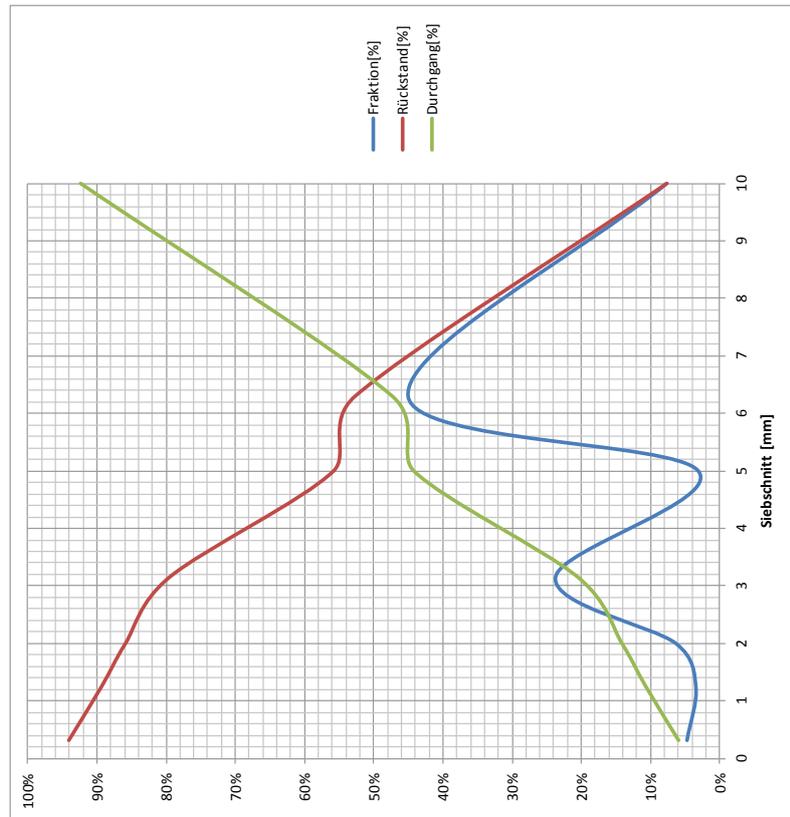
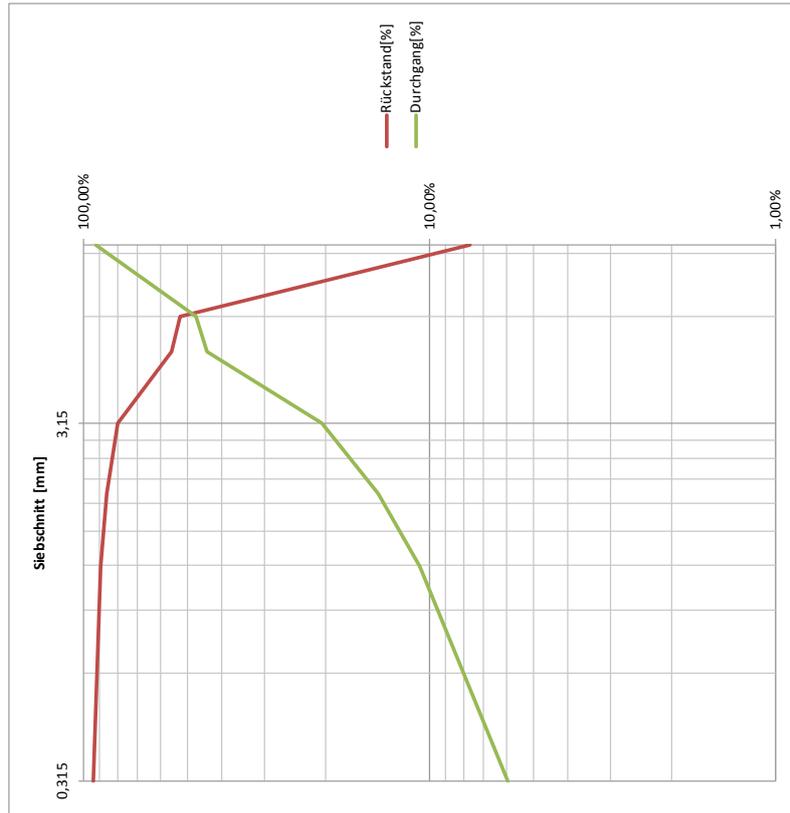


Abbildung 7-11: Siebanalyse des Feinanteils - stark magnetisch

Siebanalyse - SDAG - UPS - Feinfraktion - schwach magnetisch

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	2710	MWS / TP1/UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	2710	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
-0,11%		Genauigkeit d[g]	2
Datum:		max. Bel. [g]:	60000
17.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-16-11-2011.docx) wurde nach Norm aus einer über einen Zeitraum von 11 Monaten (Jänner 2011 - November 2011) in einem Bunker gesammelten, Fraktion entnommen.			

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto			
>10	66	0	66	2,44%	2,44%	97,56%
10	338	0	338	12,49%	14,92%	85,08%
6,3	104	0	104	3,84%	18,77%	81,23%
5	288	0	288	10,64%	29,41%	70,59%
3,15	298	0	298	11,01%	40,41%	59,59%
2	206	0	206	7,61%	48,02%	51,98%
1,25	889	0	889	32,84%	80,86%	19,14%
0,315	518	0	518	19,14%	100,00%	0,00%
Summe	2707	0	2707	100%		

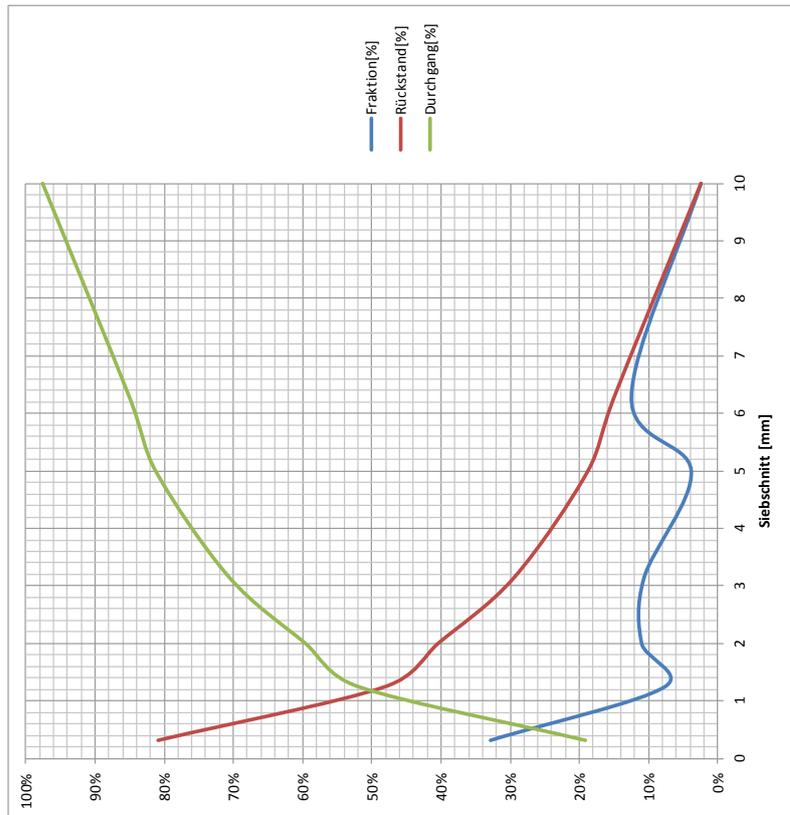
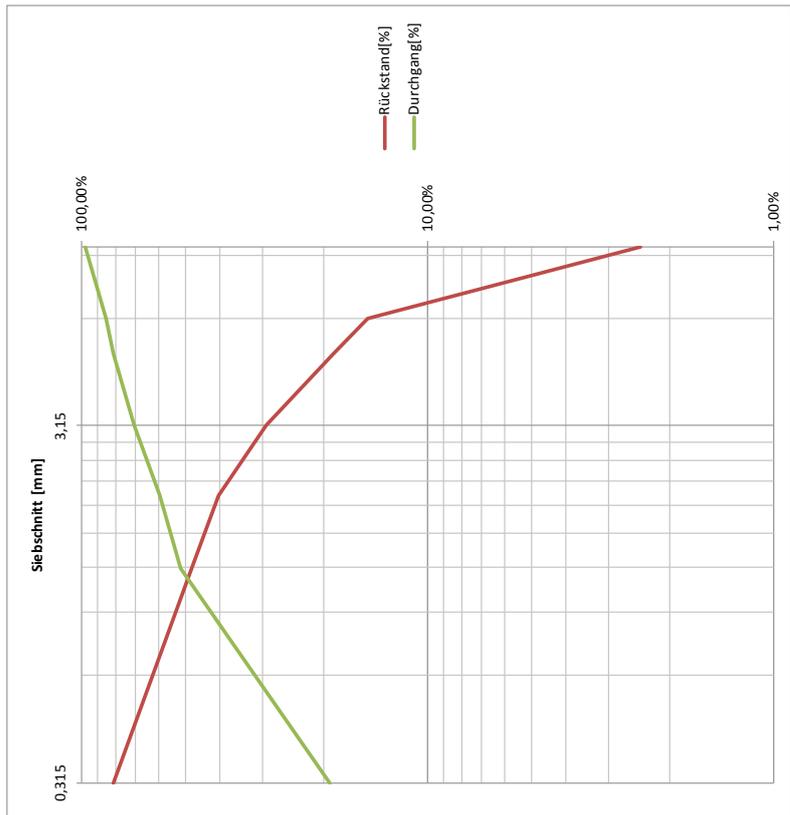


Abbildung 7-12: Siebanalyse des Feinanteils - schwach magnetisch

Siebanalyse - SDAG - UPS - Feinfraktion - nicht magnetisch

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	191,74	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	191,74	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,06%	Gerätenummer:	F/591-0/1/01
Genauigkeit d[μ g]		2	
Datum:		max. Bel. [g]: 60000	
17.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-16-11-2011.docx) wurde nach Norm aus einer, über einen Zeitraum von 11 Monaten (Jänner 2011 – November 2011) in einem Bunker gesammelten, Fraktion entnommen.			

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto		
Oberer					
>10	576	0	576	3,01%	96,99%
10	4354	0	4354	25,73%	74,27%
6,3	2530	0	2530	38,93%	61,07%
5	5040	0	5040	65,23%	34,77%
3,15	3454	0	3454	83,25%	16,75%
2	1828	0	1828	92,79%	7,21%
1,25	1143	0	1143	98,76%	1,24%
0,315	238	0	238	100,00%	0,00%
Summe			191,63	100%	

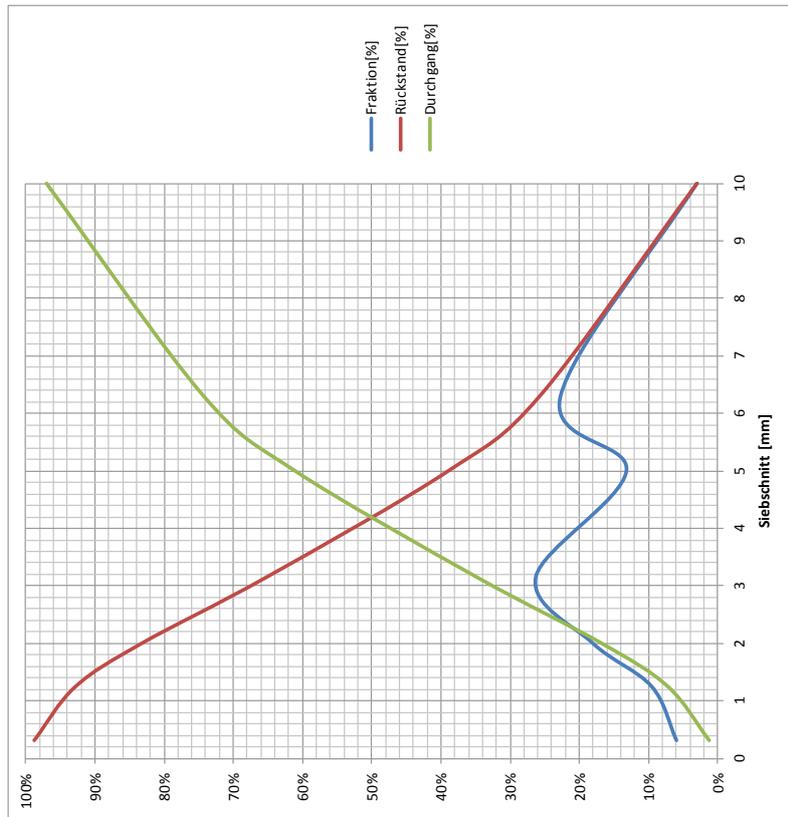
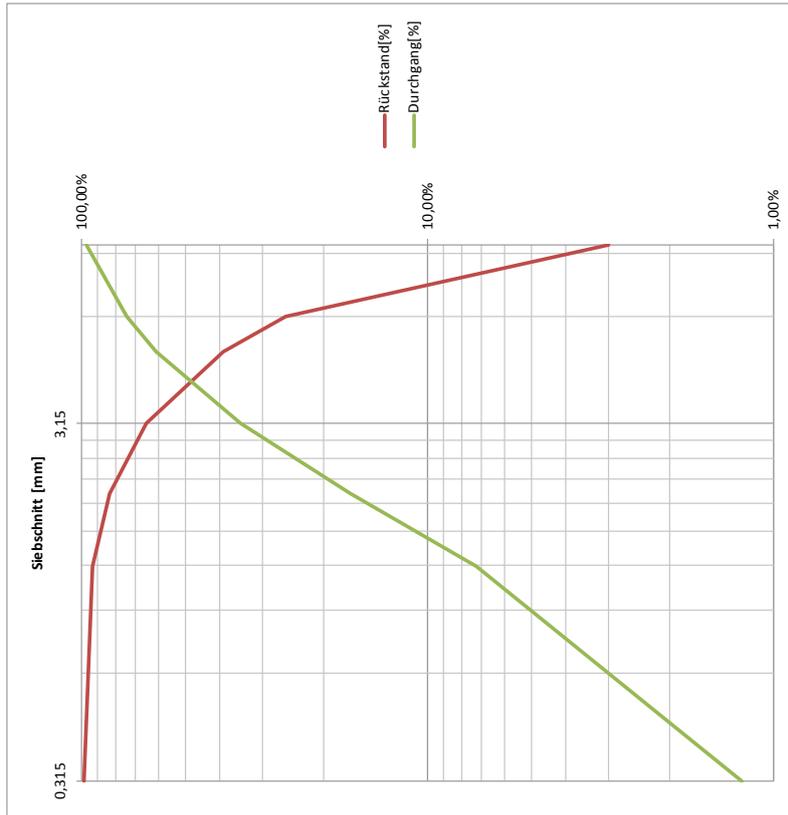


Abbildung 7-13: Siebanalyse des Feinanteils - nicht magnetisch

7.4 Durchlauf

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die graphische Aufarbeitung sowie sämtliche Abbildungen der Siebanalysen des Durchlaufs. Es finden sich:

- Die pro Siebschnitt gruppierten Bilder aus Eisenanteil, Nichteisenanteil und Kunststoff
- Bilder der Grobteile des Durchlaufs
- Die graphische Aufbereitung der Siebanalyse mit
 - Siebanalyse der gesamten Probe
 - Siebanalyse des Eisenanteils
 - Siebanalyse des Nichteisenanteils
 - Siebanalyse des Kunststoffanteils aufgeteilt in die Punkte
- Siebanalyse des Acrylnitril-Butadien-Styrol
- Siebanalyse des Polystyrol
- Siebanalyse des Polypropylen
- Siebanalyse des Restkunststoffes mit den Punkten
 - Siebanalyse von diversem Material (Holz/Kabel..)
 - Siebanalyse von Eisen
 - Siebanalyse von Kupfer
 - Siebanalyse von Nichteisen
 - Siebanalyse von Restkunststoff
- Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse



Abbildung 7-15: Siebschnitt - größer 40 mm

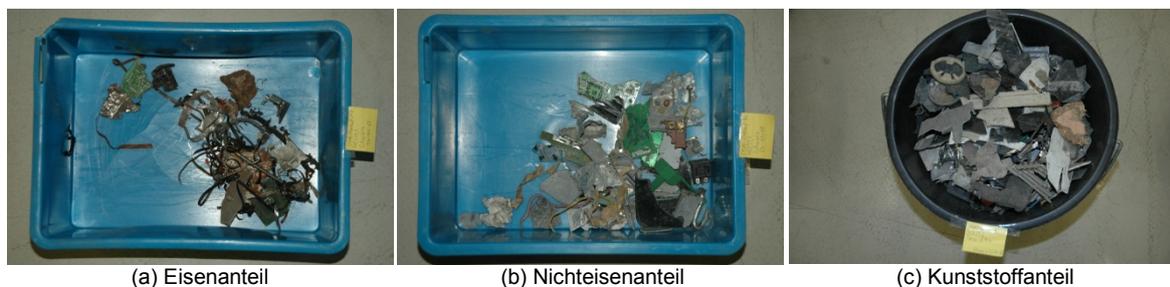


Abbildung 7-16: Siebschnitt - 40|31,5 mm



Abbildung 7-17: Siebschnitt - 31,5|20 mm



Abbildung 7-18: Siebschnitt - 20|16 mm



Abbildung 7-19: Siebschnitt - 16|10 mm



Abbildung 7-20: Siebschnitt - 10|6,3 mm



Abbildung 7-21: Siebschnitt - 6,3|0 mm



Abbildung 7-22: Grobteile aus der Zerkleinerung - Nichteisenmetalle



Abbildung 7-23: Grobteile aus der Zerkleinerung - Elektro- und Elektronikkomponenten

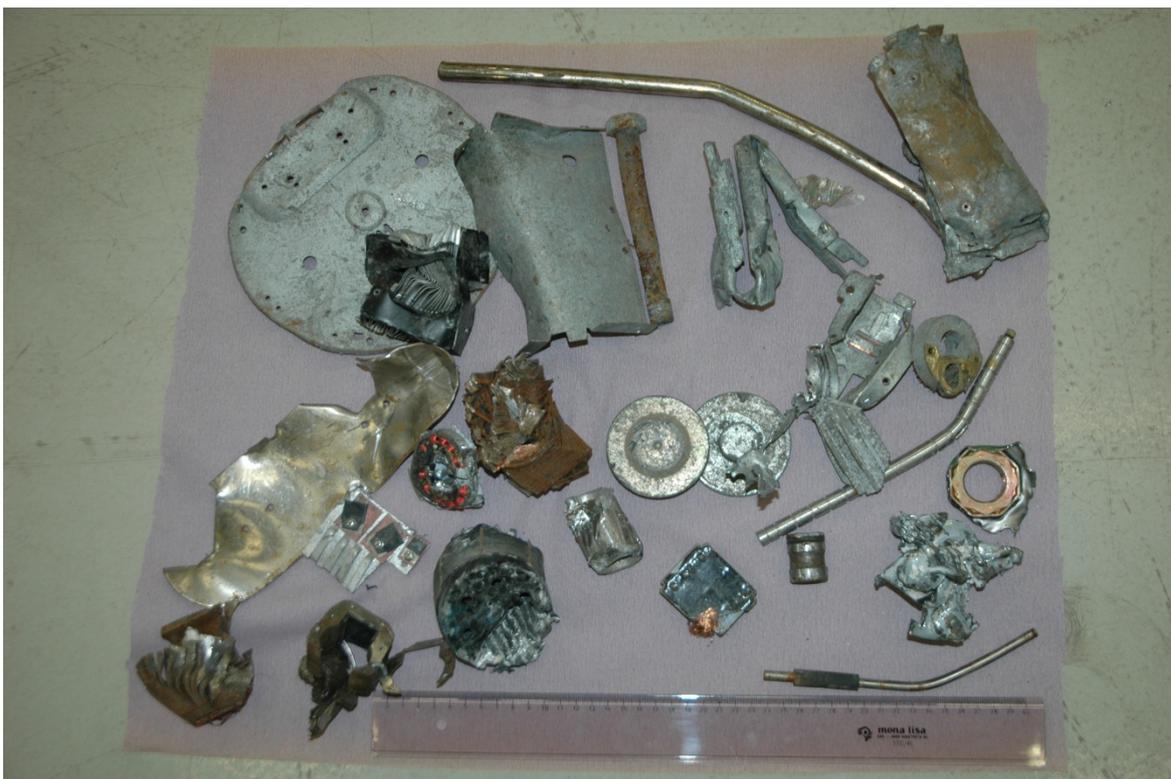


Abbildung 7-24: Grobteile aus der Zerkleinerung - Eisen



Abbildung 7-25: Grobteile aus der Zerkleinerung - Keramik / Beton / Kupfer

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf

Maschenweite [mm]		Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
Oberer	Untere	Brutto	Tara	Netto			
>40	40	3158	0	3158	2,03%	2,03%	97,97%
40	31,5	3510	0	3510	2,25%	4,28%	95,72%
31,5	20	50378	0	50378	32,35%	36,63%	63,37%
20	16	20190	0	20190	12,97%	49,60%	50,40%
16	10	40096	0	40096	25,75%	75,35%	24,65%
10	6,3	20432	0	20432	13,12%	88,47%	11,53%
6,3	0	17954	0	17954	11,53%	100,00%	0,00%
Summe				155718	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	154952	MVS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	154952	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	0,49%	Gerätenummer:	F/591-0/1/01
Genauigkeit d[μ g]		2	
Datum:		max. Bel. [g]: 60000	
24.11.2011		Bemerkung	
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-03-11-2011.docx) wurde nach Norm entnommen.			

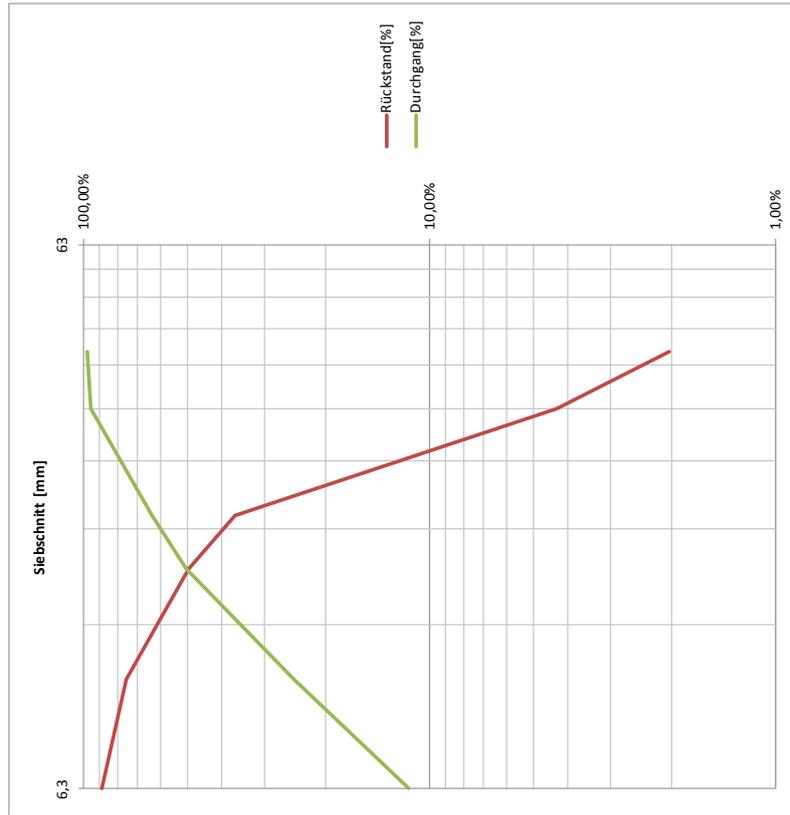
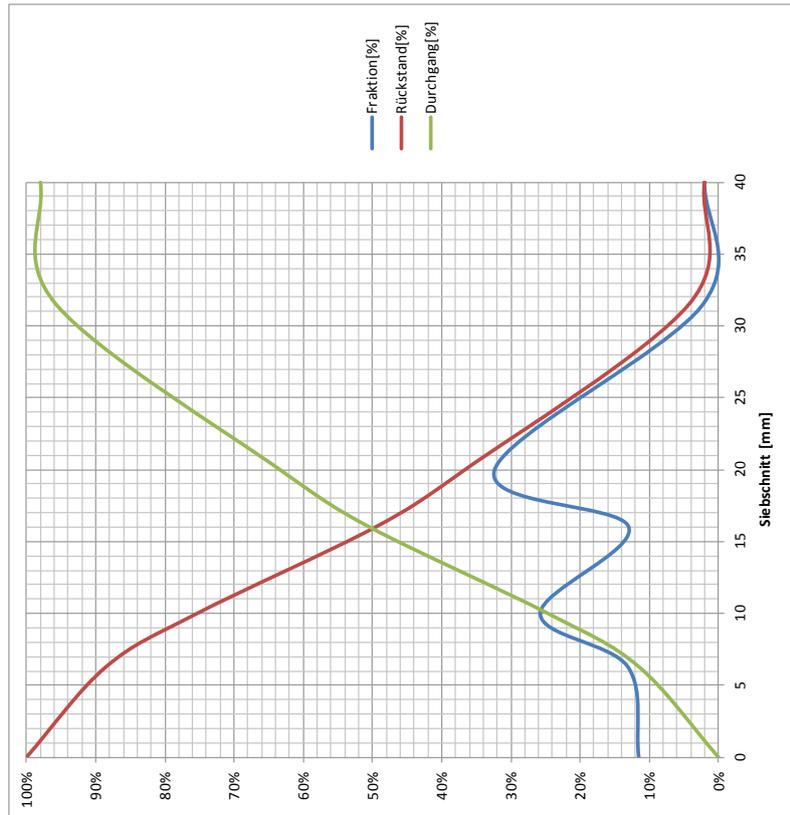


Abbildung 7-26: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - Fe-Material

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Obere	Untere	Netto			
>40	40	852	128	1,17%	1,17%	98,83%
40	31,5	852	472	4,31%	5,47%	94,53%
31,5	20	852	3110	28,38%	33,85%	66,15%
20	16	852	1300	11,86%	45,71%	54,29%
16	10	852	2750	25,09%	70,80%	29,20%
10	6,3	628	1742	15,85%	86,70%	13,30%
6,3	0	852	1458	13,30%	100,00%	0,00%
Summe			10960	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	11200	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	11200	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-2,14%	Gerätenummer: F/591-0/1/01
		Genauigkeit d [g]: 2
Datum:	24.11.2011	max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung
		Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe P-Nr-03-11-2011.docx) wurde nach Norm entnommen.

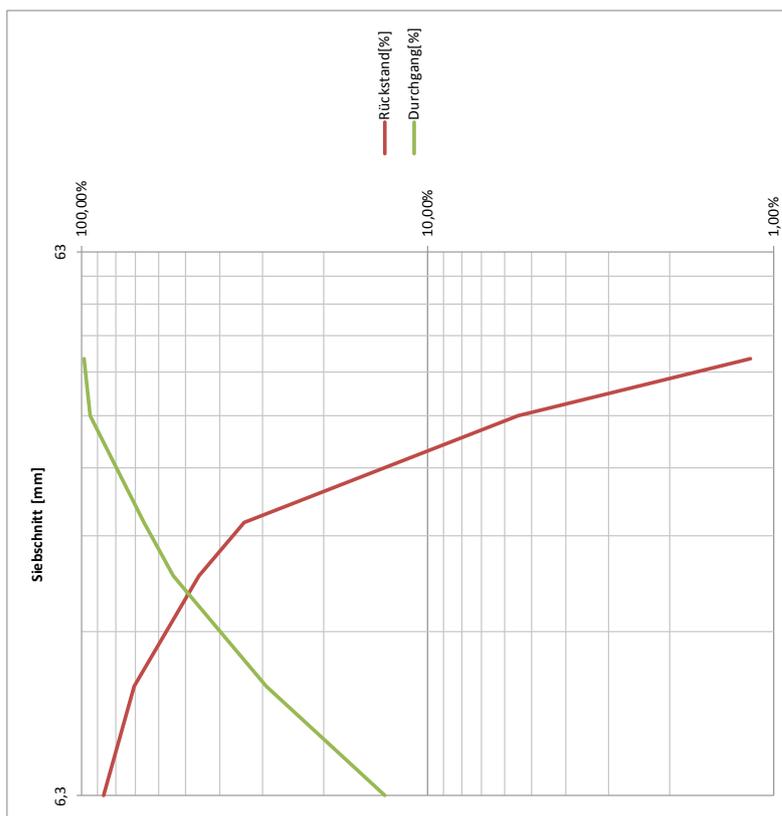
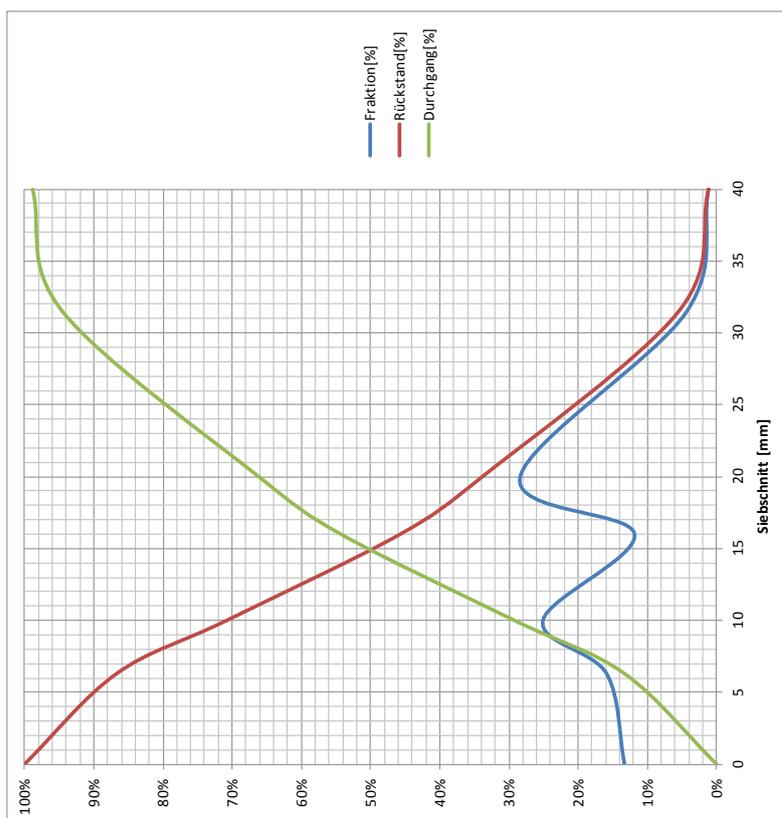


Abbildung 7-27: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Eisenanteil

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - Ne-Material

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Oberer	Untere	Summe			
>40	1486	852	634	4,54%	4,54%	95,46%
40	1326	852	474	3,40%	7,94%	92,06%
31,5	8406	1480	6926	49,63%	57,57%	42,43%
20	2148	852	1296	9,29%	66,85%	33,15%
16	3674	852	2822	20,22%	87,07%	12,93%
10	2196	852	1344	9,63%	96,70%	3,30%
6,3	0	852	460	3,30%	100,00%	0,00%
Summe			13956	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	14050	MVS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	14050	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,67%	Gerätenummer:	F/591-0/1/01
		Genauigkeit d[μ g]	2
Datum:	24.11.2011	max. Bel. [g]:	60000
Bemerkung			
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe PNP-03-11-2011.docx) wurde nach Norm entnommen.			

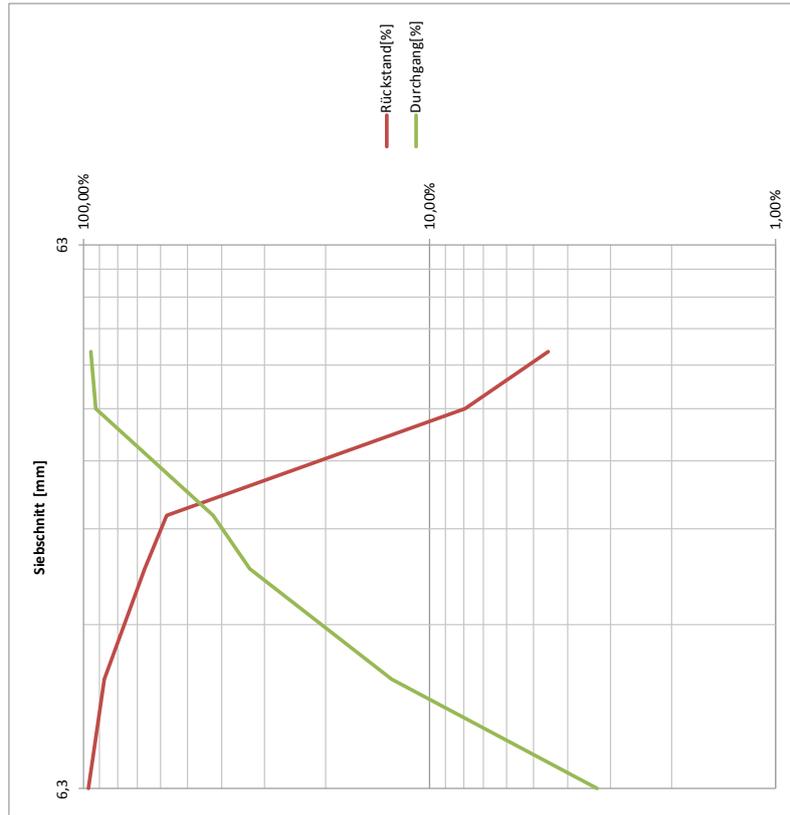
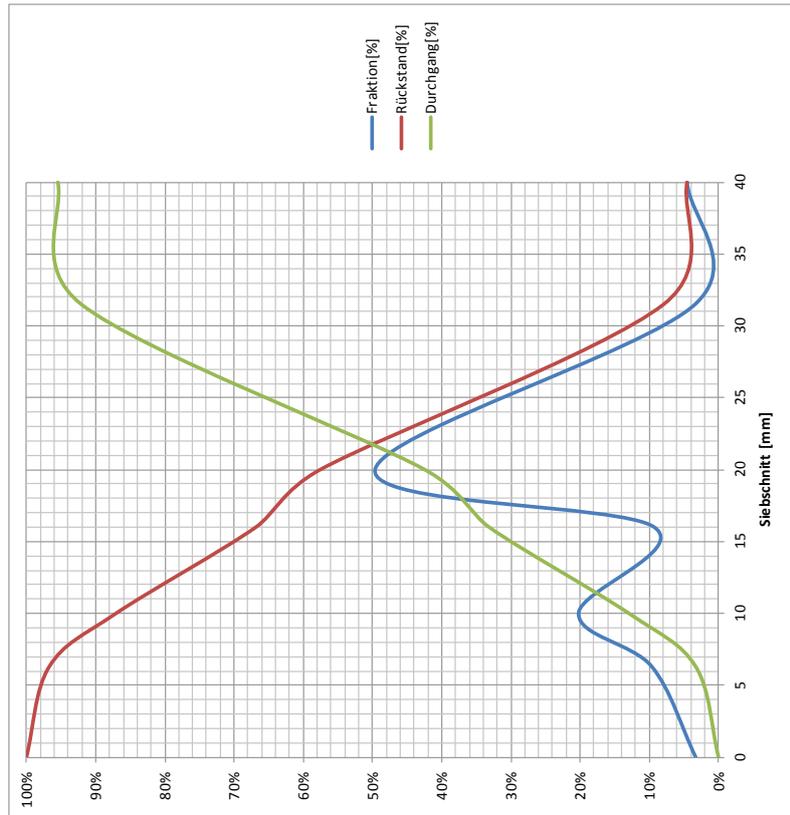


Abbildung 7-28: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Nichteisenanteil

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Untere	Brutto	Tara			
>40	40	3268	872	1,83%	1,83%	98,17%
40	31,5	3438	874	1,96%	3,79%	96,21%
31,5	20	47070	6728	30,84%	34,63%	65,37%
20	16	20054	2460	13,45%	48,08%	51,92%
16	10	38268	3744	26,39%	74,48%	25,52%
10	6,3	19680	2334	13,26%	87,74%	12,26%
6,3	0	17852	1816	12,26%	100,00%	0,00%
Summe			130802	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	129702	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	129702	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]	0,85%	Gerätenummer: F/591-0/1/01
Datum:	24.11.2011	Genauigkeit d [g]: 2
		max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung
Anmerkungen: Die Probe für diese Siebanalyse (siehe P-Nr-03-11-2011.docx) wurde nach Norm entnommen.		

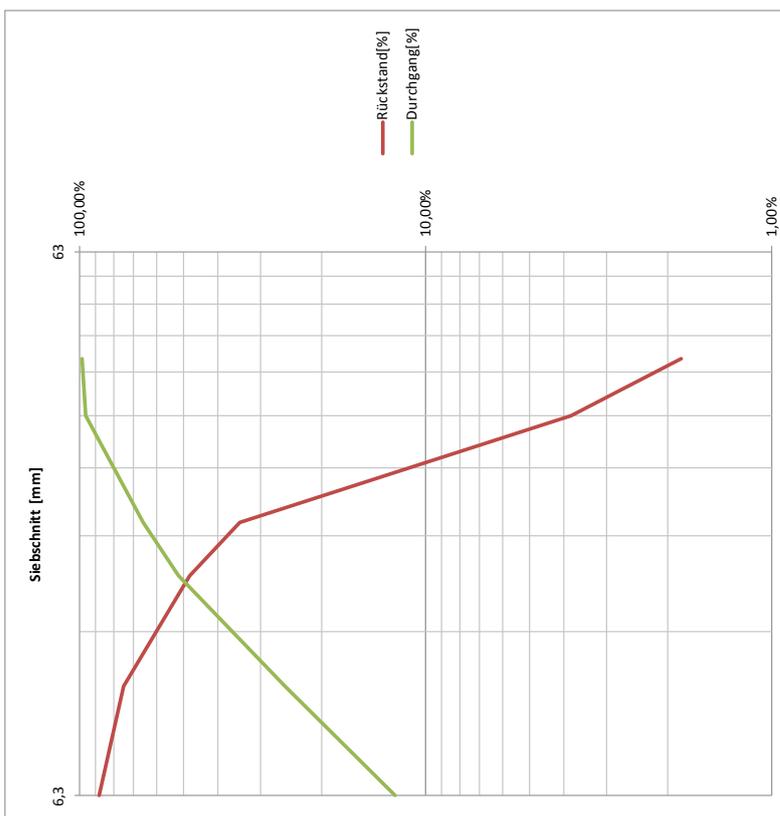
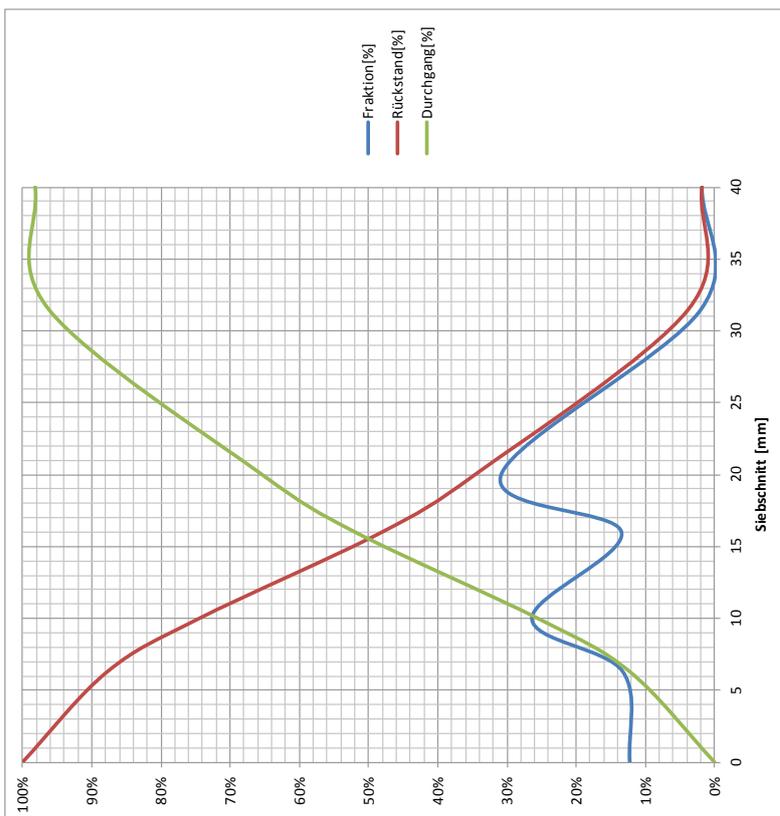


Abbildung 7-29: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Acrylnitril-Butadien-Styrol

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	10196	MVS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	10196	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,04%	Gerätenummer:	F/591-0/1/01
Datum:		Genauigkeit d[μ g]	2
16.12.2011		max. Bel. [g]:	60000
Bemerkung			
Entfrachtung des Kunststoffes - BTW-Binder			

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto			
Oberer						
>40	150	0	150	1,47%	1,47%	98,53%
40	312	0	312	3,06%	4,53%	95,47%
31,5	4384	0	4384	43,01%	47,54%	52,46%
20	1599	0	1599	15,69%	63,24%	36,76%
16	2500	0	2500	24,53%	87,77%	12,23%
10	871	0	871	8,55%	96,32%	3,68%
6,3	375	0	375	3,68%	100,00%	0,00%
Summe			10192	100%		

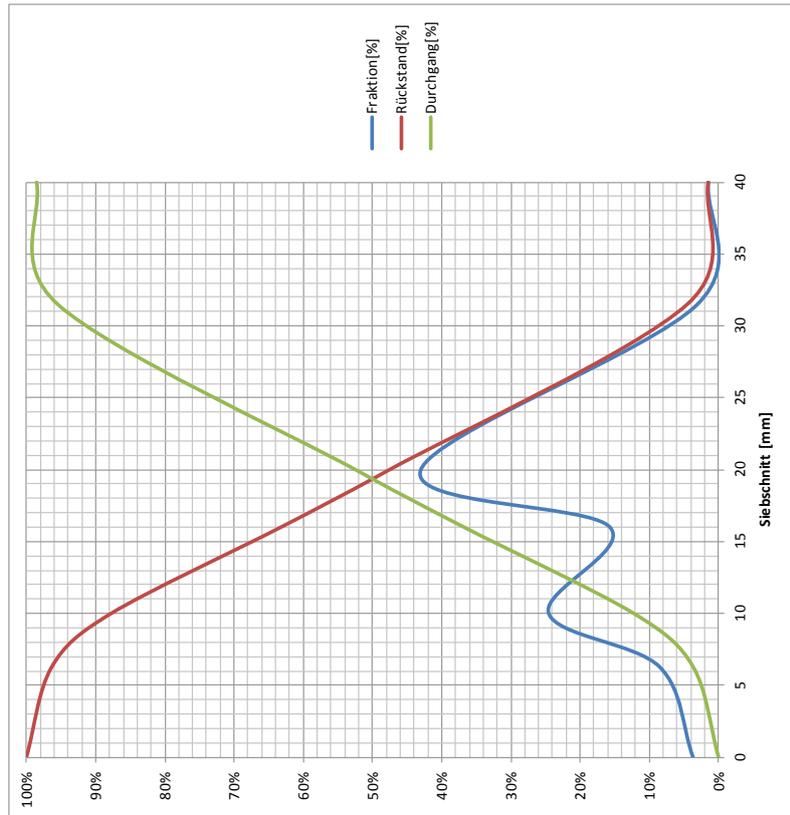
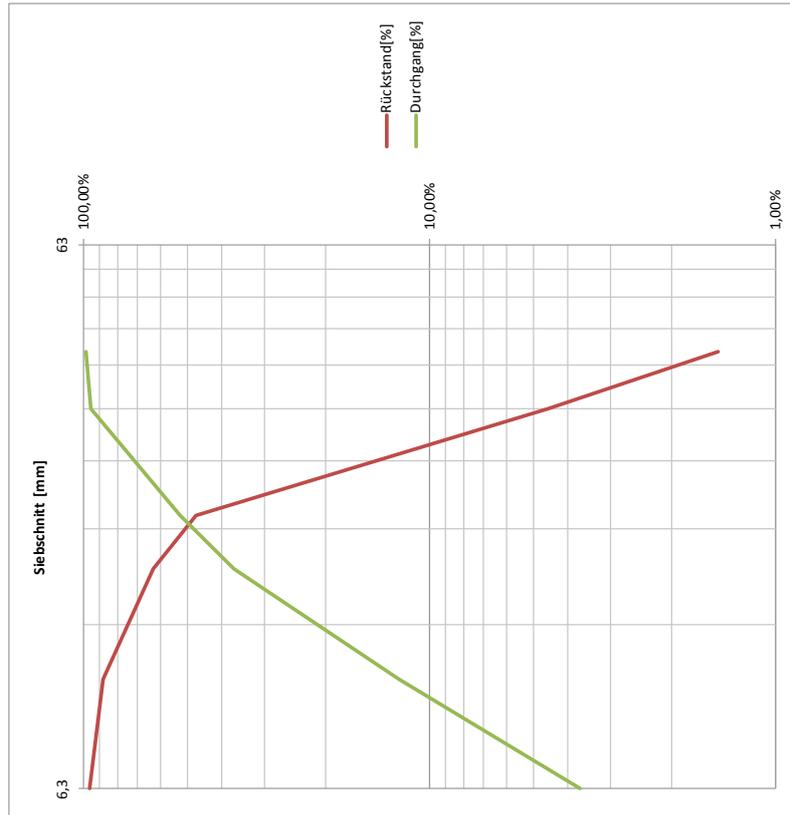


Abbildung 7-30: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Acrylnitril-Butadien-Styrol

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Polystyrol

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Obere	Untere	Summe			
>40	40	303	303	2,61%	2,61%	97,39%
40	31,5	264	264	2,28%	4,89%	95,11%
31,5	20	5801	5801	50,07%	54,96%	45,04%
20	16	1008	1008	8,70%	63,66%	36,34%
16	10	2473	2473	21,34%	85,00%	15,00%
10	6,3	1076	1076	9,29%	94,29%	5,71%
6,3	0	662	662	5,71%	100,00%	0,00%
Summe			11586	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	11561	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	11561	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]	0,22%	Gerätenummer: F/591-0/1/01
		Genauigkeit d [g]: 2
Datum:	16.12.2011	max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung
		Entfrachtung des Kunststoffes - BTW-Binder

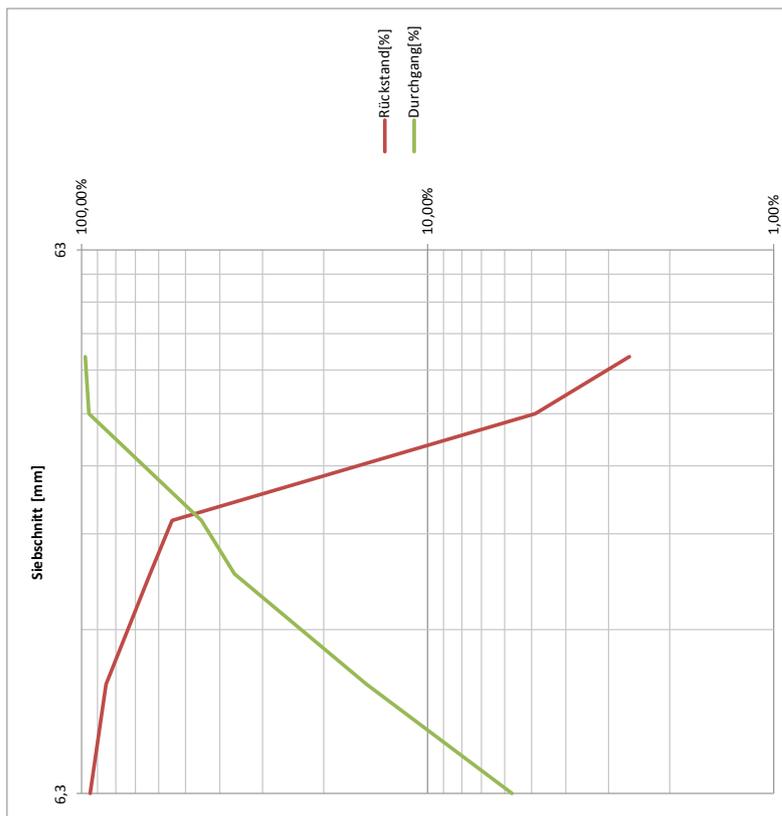
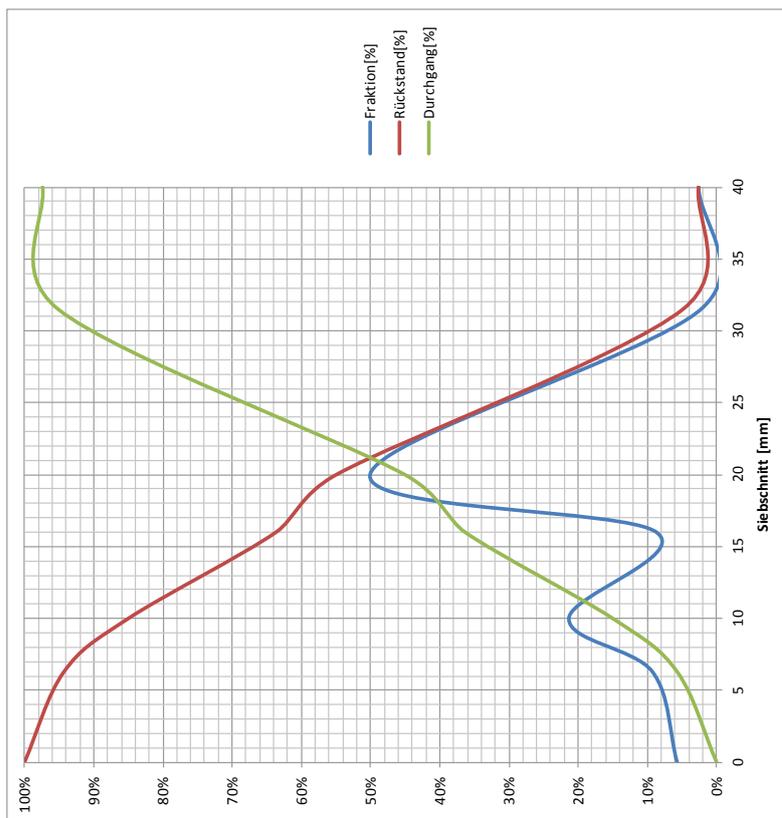


Abbildung 7-31: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Polystyrol

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Polypropylen

Maschenweite [mm]		Masse [g]		Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
Obere	Untere	Brutto	Netto			
>40	40	130	130	2,19%	2,19%	97,81%
40	31,5	121	121	2,03%	4,22%	95,78%
31,5	20	2093	2093	35,29%	39,51%	60,49%
20	16	885	885	14,92%	54,43%	45,57%
16	10	1606	1606	27,08%	81,51%	18,49%
10	6,3	739	739	12,47%	93,98%	6,02%
6,3	0	357	357	6,02%	100,00%	0,00%
Summe			5931	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	5950	MWS / TP1 / UPz / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	5950	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]	-0,32%	Gerätenummer:	F / 591-0 / 1 / 01
		Genauigkeit [dg]	2
Datum:	16.12.2011	max. Bel. [g]:	60000
		Bemerkung	
		Entfrachtung des Kunststoffes - BTW-Binder	

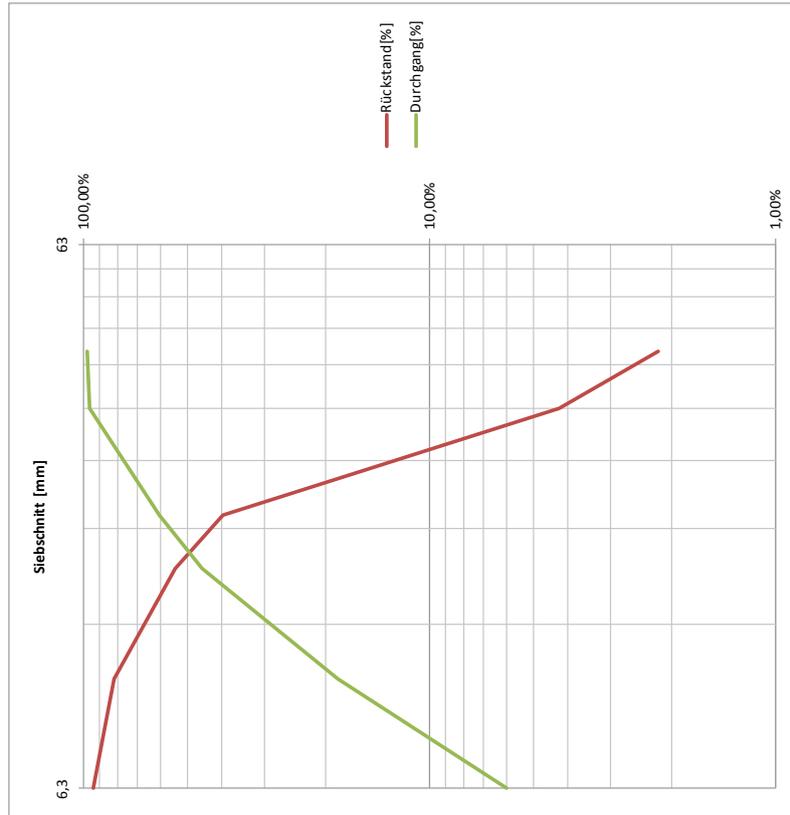
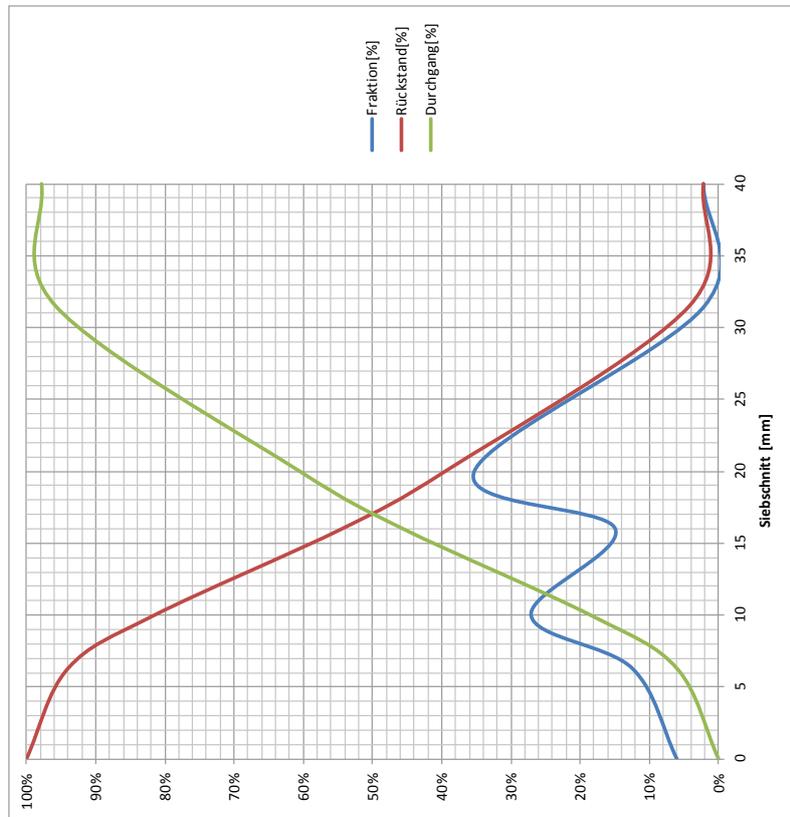


Abbildung 7-32: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Polypropylen

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Untere	Brutto	Tara			
>40	40	19	0	0,02%	0,02%	99,98%
40	31,5	1976	0	1,92%	1,94%	98,06%
31,5	20	24849	0	24,10%	26,04%	73,96%
20	16	17300	0	16,78%	42,82%	57,18%
16	10	31720	0	30,77%	73,59%	26,41%
10	6,3	15267	0	14,81%	88,40%	11,60%
6,3	0	11963	0	11,60%	100,00%	0,00%
Summe				100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	103096	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	103096	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer: F/591-0/1/01
0,00%		Genauigkeit d [g]
		2
Datum: 23.11.2011		max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung

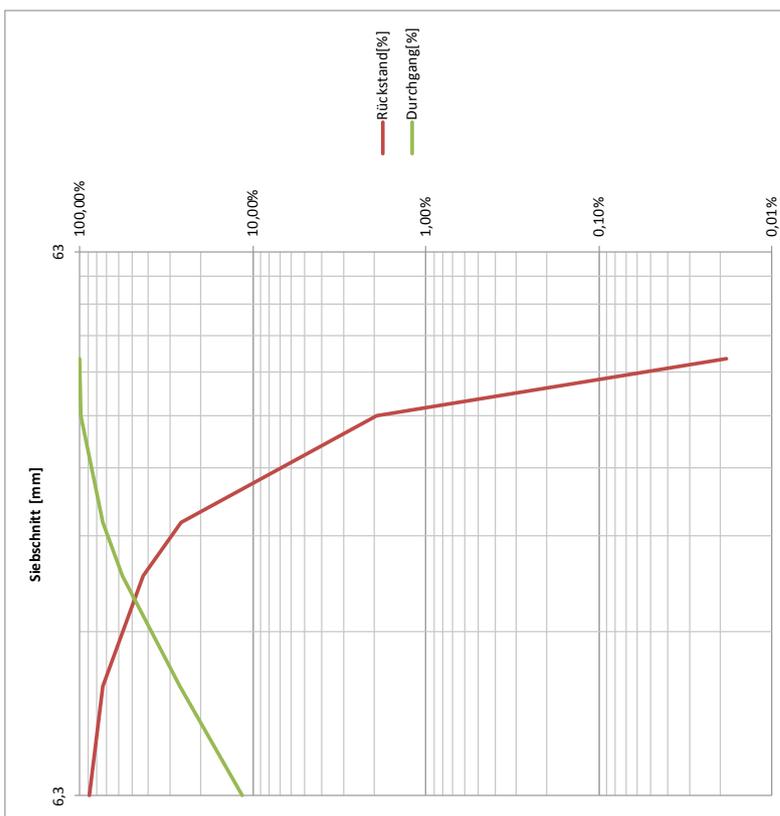
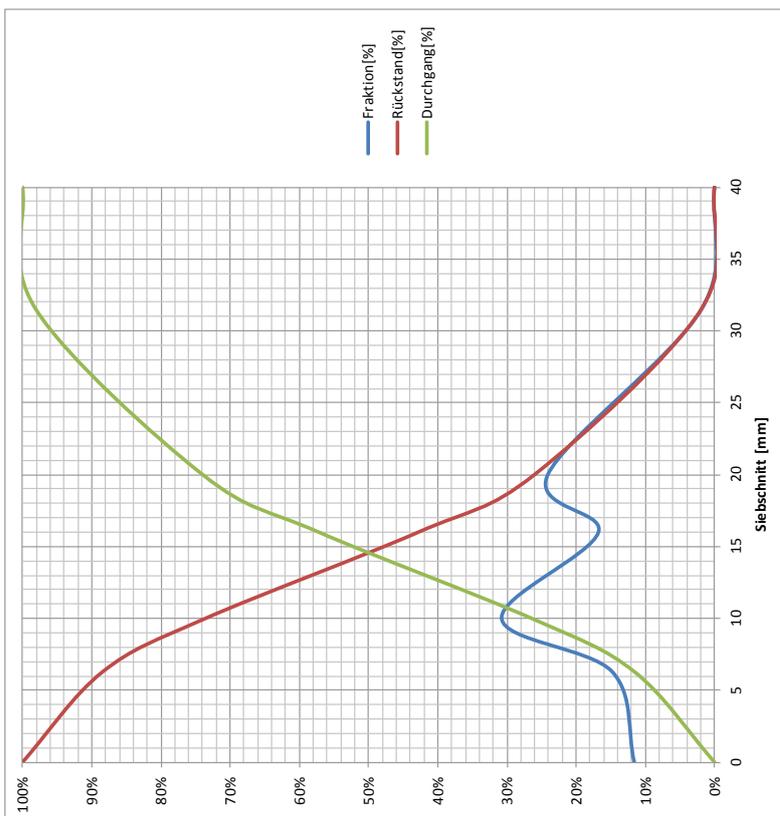


Abbildung 7-33: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest - Diverses Material (Holz/Kabel..)

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	8382	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	8382	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
	13,75%	Genauigkeit d[μ g]	2
Datum:	29.01.2012	max. Bel. [g]:	60000
		Bemerkung	
		Handklaubung	

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto			
Oberer >40	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
40	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
31,5	1355	0	1355	14,22%	14,22%	85,78%
20	1318	0	1318	13,82%	28,04%	71,96%
16	2598	0	2598	27,25%	55,28%	44,72%
10	1017	0	1017	10,66%	65,94%	34,06%
6,3	3247	0	3247	34,06%	100,00%	0,00%
Summe			9534	100%		

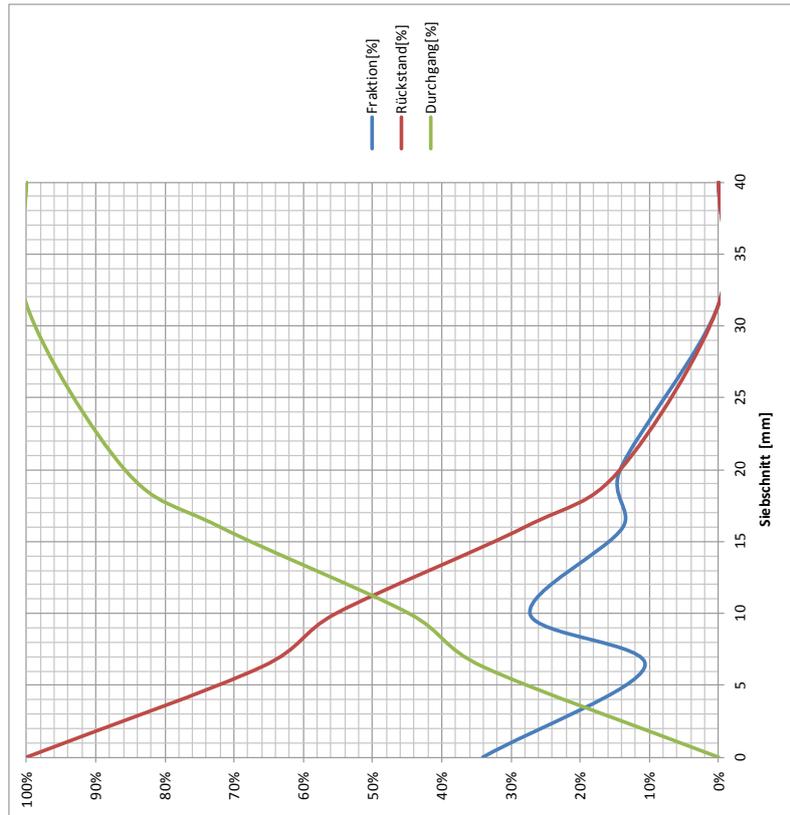
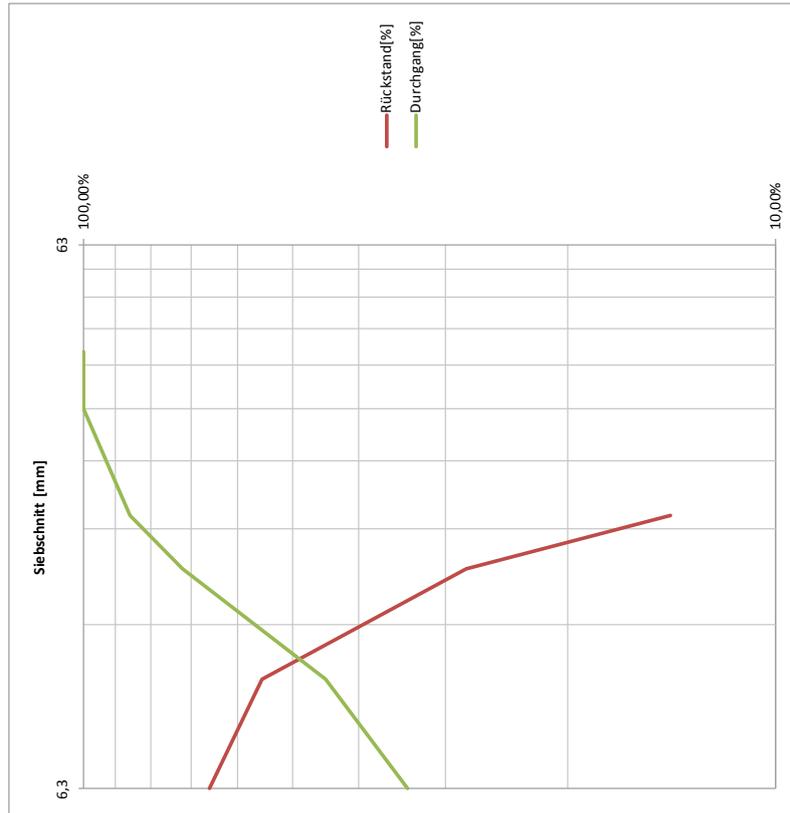


Abbildung 7-34: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Diverses Material

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest - Eisen

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	732	MVS / TP1/UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	732	Messeinheit: Kern - KB	
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer: F/591-0/1/01	
-100,00%		Genauigkeit d[gl]	
Datum: 29.01.2012		max. Bel. [g]: 60000	
		Bemerkung	
		Handklaubung	

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Rückstand [%]	Fraktion [%]	Durchgang [%]
	Obere	Untere	Netto			
>40	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
40	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
31,5	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
20	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
16	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
10	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
6,3	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Summe	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

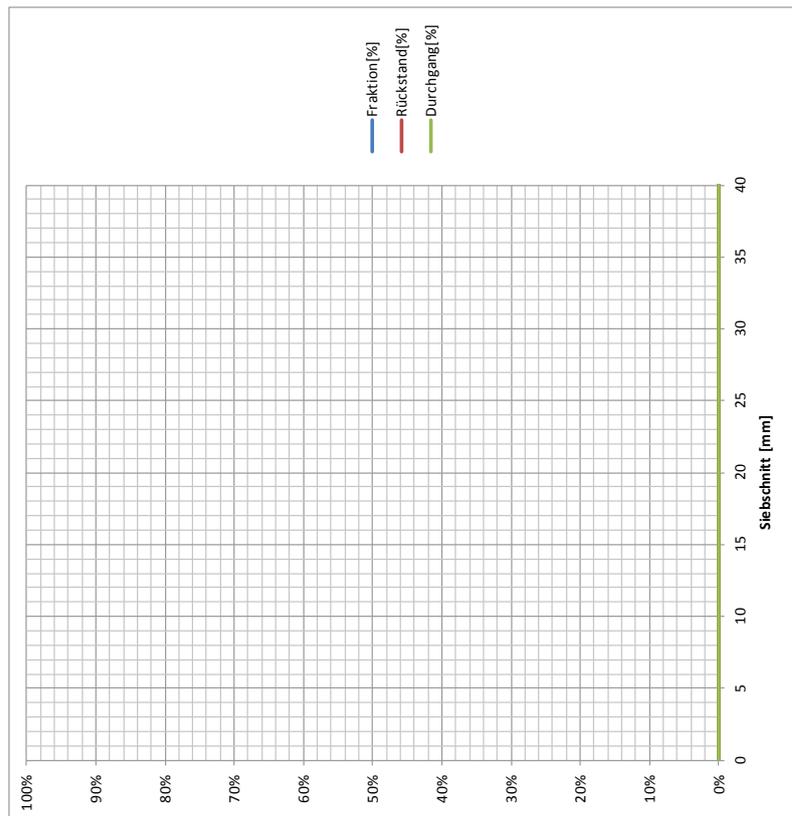
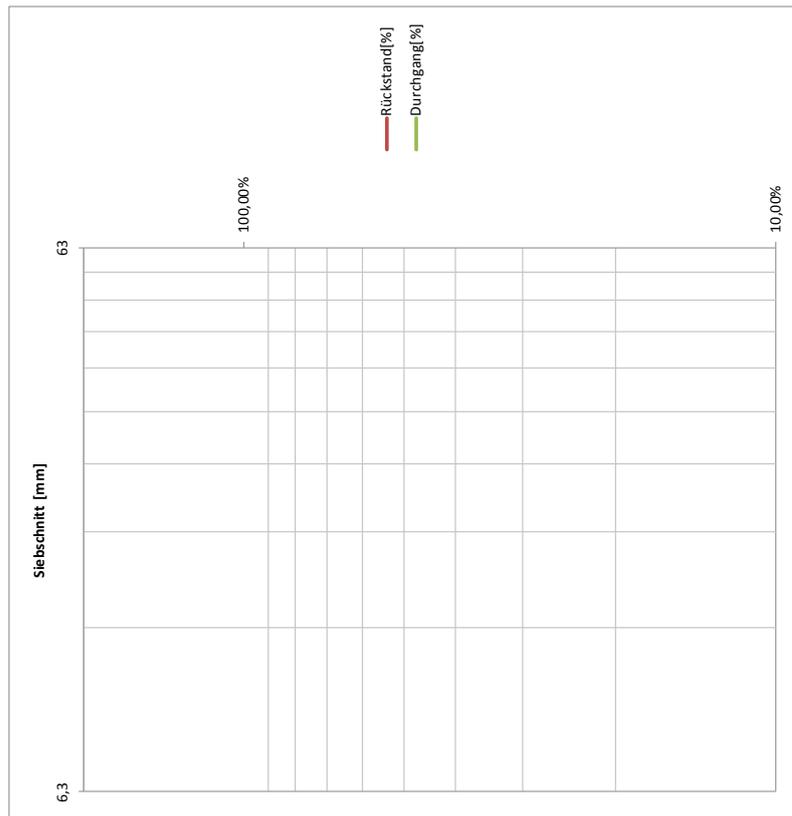


Abbildung 7-35: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Eisen

Siebanalyse- SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest - Kupfer

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	1110	MWS / TP1 / UP2 / MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	1110	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
125,97%		Genauigkeit d[lg]	2
Datum:		max. Bel. [g]: 60000	
29.01.2012		Bemerkung	
Handklaubung			

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto			
Oberer >40	19	0	19	0,75%	0,75%	99,25%
40	38	0	38	1,50%	2,25%	97,75%
31,5	19	0	19	0,75%	3,00%	97,00%
20	245	0	245	9,76%	12,76%	87,24%
16	132	0	132	5,25%	18,01%	81,99%
10	812	0	812	32,36%	50,38%	49,62%
6,3	1245	0	1245	49,62%	100,00%	0,00%
Summe			2508	100%		

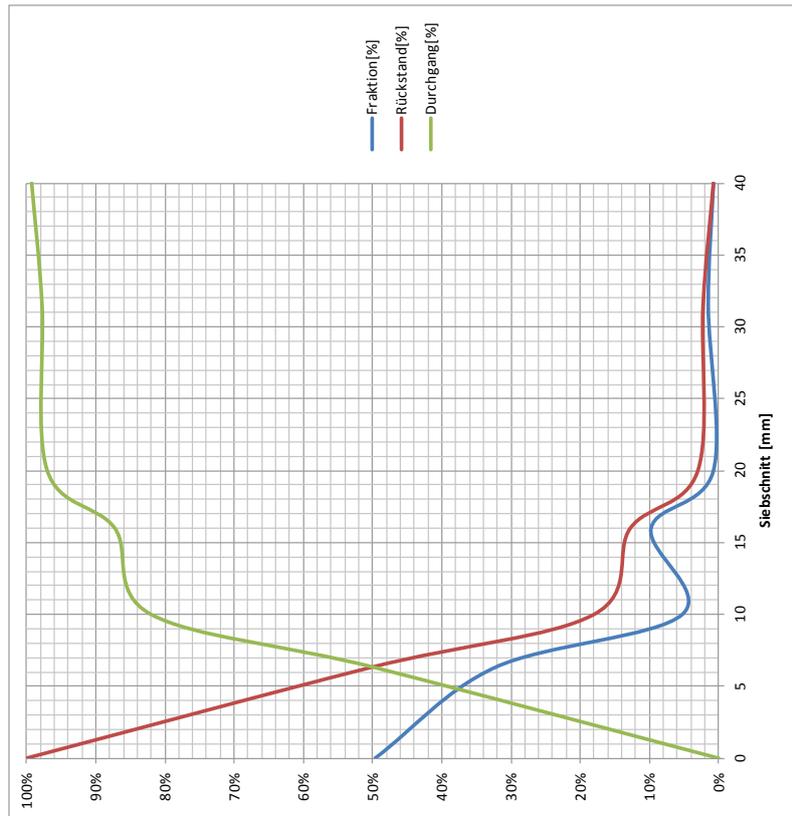
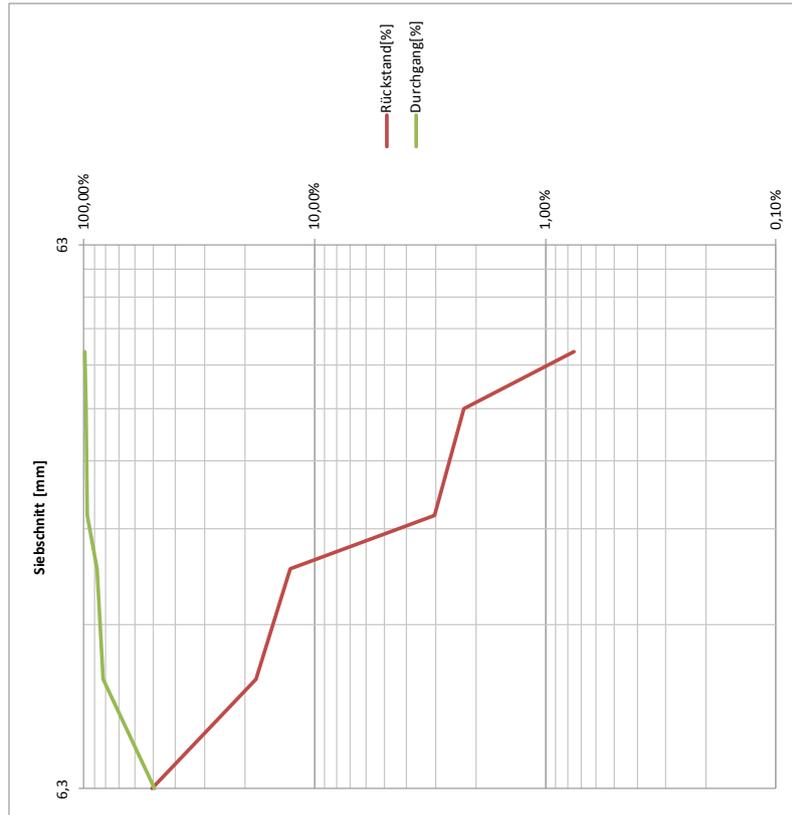


Abbildung 7-36: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Kupfer

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest - Nichtmetalle

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Obere	Untere	Netto			
>40	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
40	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
31,5	75	0	75	8,98%	8,98%	91,02%
20	75	0	75	8,98%	17,95%	82,05%
16	188	0	188	22,44%	40,39%	59,61%
10	94	0	94	11,22%	51,61%	48,39%
6,3	0	0	406	48,39%	100,00%	0,00%
Summe			839	100%		

Summe [g]		Probenbezeichnung
Brutto	732	MVS / TP1/UP2 / MIX 1
Tara	0	Allgemeines
Netto	732	Messeinheit: Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer: F/591-0/1/01
	14,60%	Genauigkeit d[gl]
Datum:	29.01.2012	max. Bel. [g]: 60000
		Bemerkung
		Handklaubung

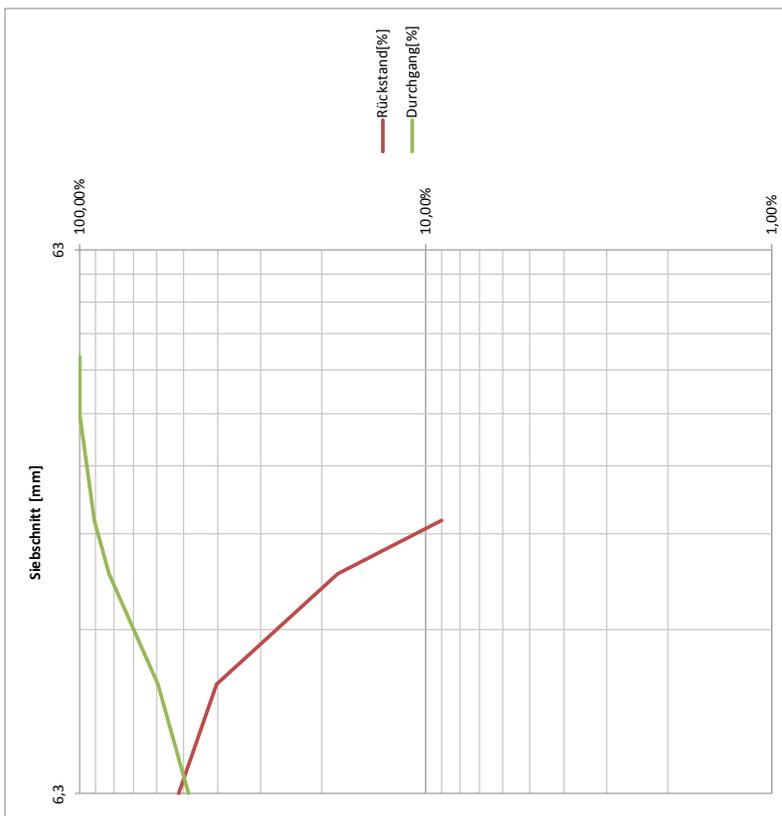
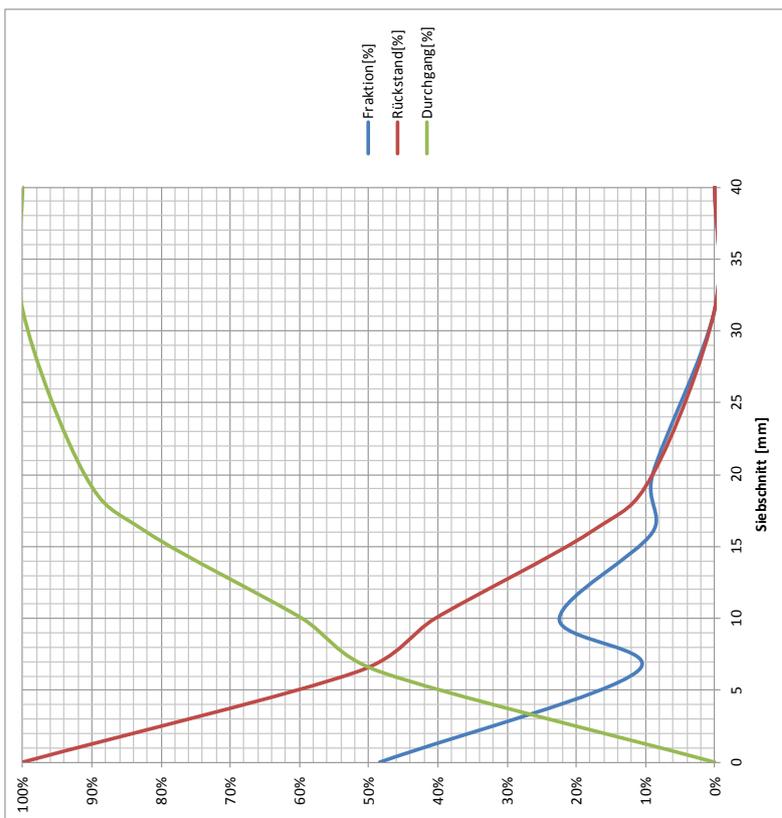


Abbildung 7-37: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Nichtmetalle

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Rest - KS-Diverses

Summe [g]		Probenbezeichnung	
Brutto	90000	MWS/TP1/UP2/MIX 1	
Tara	0	Allgemeines	
Netto	90000	Messeinheit:	Kern - KB
Fehler der Summe [%]		Gerätenummer:	F/591-0/1/01
	0,24%	Genauigkeit d[μ g]	2
Datum:	29.01.2012	max. Bel. [g]:	60000
		Bemerkung	
		Handkläubung	

Maschenweite [mm]	Masse [g]			Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
	Brutto	Tara	Netto			
Oberer >40	0	0	0	0,00%	0,00%	100,00%
40	1939	0	1939	2,15%	2,15%	97,85%
31,5	23399	0	23399	25,94%	28,09%	71,91%
20	15662	0	15662	17,36%	45,45%	54,55%
16	28802	0	28802	31,95%	77,38%	22,62%
10	13344	0	13344	14,79%	92,17%	7,83%
6,3	7065	0	7065	7,83%	100,00%	0,00%
Summe			90212	100%		

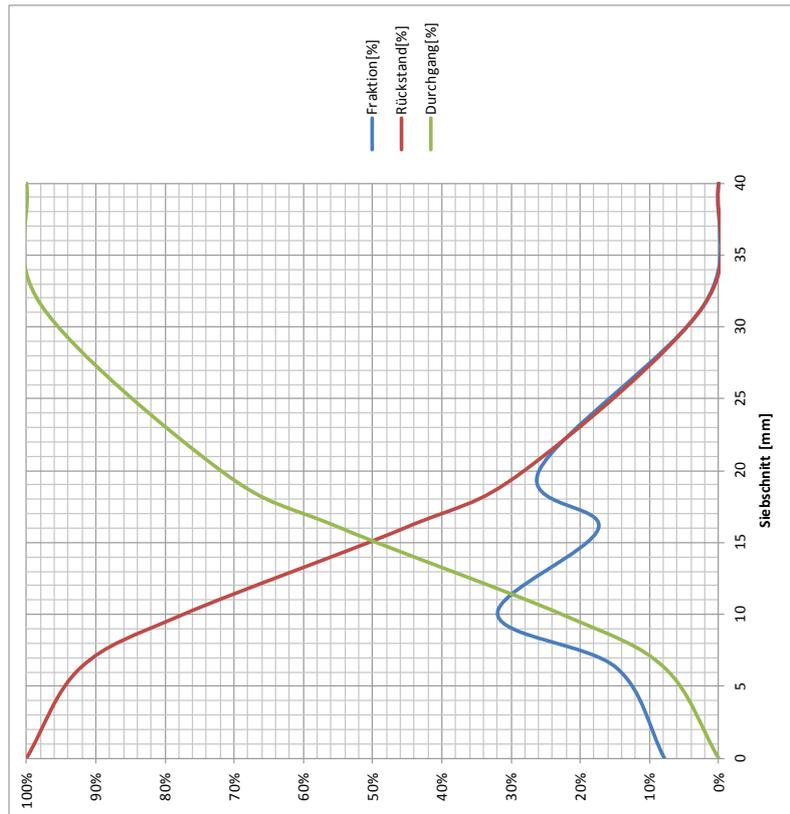
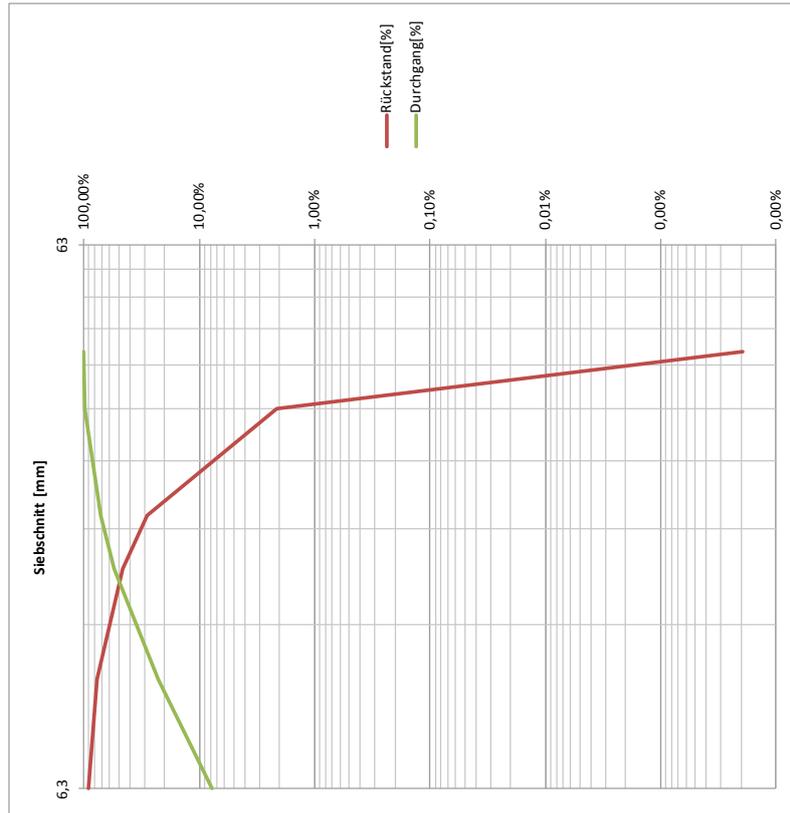


Abbildung 7-38: Siebanalyse des Durchlaufs nach der Zerkleinerung - Kunststoffanteil - Rest - Restkunststoff

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - Zusammenfassung

Material Siebschnitt[mm]	KS-Material			Fe-Material			Ne-Material			% auf Überlauf			% pro SS			Summe je SS Masse[g]			
	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]	KS	Fe	Ne		KS	Fe	Ne
>40	2396	1,83%	1,83%	98,17%	128	1,17%	1,17%	98,83%	634	4,54%	4,54%	95,46%	1,54%	0,08%	0,41%	75,87%	4,05%	20,08%	3158
40 31,5	2564	1,96%	3,79%	96,21%	472	4,31%	5,47%	94,53%	474	3,40%	7,94%	92,06%	1,65%	0,30%	0,30%	73,05%	13,45%	13,50%	3510
31,5 20	40342	30,84%	34,63%	65,37%	3110	28,38%	33,85%	66,15%	6926	49,63%	57,57%	42,43%	25,91%	2,00%	4,45%	80,08%	6,17%	13,75%	50378
20 16	17594	13,45%	48,08%	51,92%	1300	11,86%	45,71%	54,29%	1296	9,29%	66,85%	33,15%	11,30%	0,83%	0,83%	87,14%	6,44%	6,42%	20190
16 10	34524	26,39%	74,48%	25,52%	2750	25,09%	70,80%	29,20%	2822	20,22%	87,07%	12,93%	22,17%	1,77%	1,81%	86,10%	6,86%	7,04%	40096
10 6,3	17346	13,26%	87,74%	12,26%	1742	15,89%	86,70%	13,30%	1344	9,63%	96,70%	3,30%	11,14%	1,12%	0,86%	84,90%	8,53%	6,58%	20432
6,3 0	16036	12,26%	100,00%	0,00%	1458	13,30%	100,00%	0,00%	460	3,30%	100,00%	0,00%	10,30%	0,94%	0,30%	89,32%	8,12%	2,56%	17954

Summe der Massen	155718
Summe der %	100,00%

Fe	Ne	KS	Fe	Ne	KS	Fe	Ne	KS
[g]	[g]	[g]	[%] Fr	[%] Fr	[%] Fr	[%] Ges	[%] Ges	[%] Ges
128	634	2396	1,17%	4,54%	1,83%	0,08%	0,41%	1,54%
472	474	2564	4,31%	3,40%	1,96%	0,30%	0,30%	1,65%
3110	6926	40342	28,38%	49,63%	30,84%	2,00%	4,45%	25,91%
1300	1296	17594	11,86%	9,29%	13,45%	0,83%	0,83%	11,30%
2750	2822	34524	25,09%	20,22%	26,39%	1,77%	1,81%	22,17%
1742	1344	17346	15,89%	9,63%	13,26%	1,12%	0,86%	11,14%
1458	460	16036	13,30%	3,30%	12,26%	0,94%	0,30%	10,30%
10960	13956	130602	100%	100%	100%	7,04%	8,96%	84,00%
Summe	1458	460	13,30%	3,30%	12,26%	0,94%	0,30%	10,30%
Summe	155718	13956	100%	100%	100%	7,04%	8,96%	84,00%

Abbildung 7-39: Zahlentafel - Durchlauf

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - Zusammenfassung

Material Siebschnitt[mm]	KS-Material - Polystyrol			KS-Material - Polypropylen			KS-Material - Acrylnitril-Butadien-Styrol			KS-Material - Rest			
	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Masse[g]	Fraktion[%]	Rückstand[%]	Durchgang[%]
>40	303	2,61%	97,39%	130	2,19%	97,81%	150	1,47%	98,53%	19	0,02%	0,02%	99,98%
40 31,5	264	2,28%	95,11%	121	2,03%	95,78%	312	3,06%	95,47%	1976	1,92%	1,94%	98,06%
31,5 20	5801	50,07%	45,04%	2093	35,29%	60,49%	4384	43,01%	47,54%	24849	24,10%	26,04%	73,96%
20 16	1008	8,70%	36,34%	885	14,92%	45,57%	1599	15,69%	36,76%	17300	16,78%	42,82%	57,18%
16 10	2473	21,34%	15,00%	1606	27,08%	18,49%	2500	24,53%	87,77%	31720	30,77%	73,59%	26,41%
10 6,3	1076	9,29%	94,29%	739	12,47%	93,98%	871	8,55%	96,32%	15267	14,81%	88,40%	11,60%
6,3 0	662	5,71%	100,00%	357	6,02%	100,00%	375	3,68%	100,00%	11963	11,60%	100,00%	0,00%
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%	2673				
31,5 20	4,44%	1,60%	3,35%	19,00%	15,63%	5,64%	11,81%	66,93%	37126				
20 16	0,77%	0,68%	1,22%	13,23%	4,85%	4,26%	7,69%	83,20%	20792				
16 10	1,89%	1,23%	1,91%	24,25%	6,46%	4,19%	6,53%	82,82%	38299				
10 6,3	0,82%	0,57%	0,67%	11,67%	5,99%	4,12%	4,85%	85,04%	17954				
6,3 0	0,51%	0,27%	0,29%	9,15%	4,96%	2,67%	2,81%	89,56%	13358				
Material	Summe je SS												
Siebschnitt[mm]	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	PS	PP	ABS	Rest	Summe
>40	0,23%	0,10%	0,11%	0,01%	50,31%	2,156%	24,97%	3,16%	601				
40 31,5	0,20%	0,09%	0,24%	1,51%	9,87%	4,51%	11,66%	73,95%					

Siebanalyse - SDAG - UPS - Durchlauf - KS-Material - händische Auszählung - Zusammenfassung

Material	Kupfer			NE			Diverses			Kunststoff - Diverses		
	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]	Masse [g]	Fraktion [%]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
>40	19	0,75%	0,75%	99,25%	0	0,00%	0,00%	100,00%	0	0,00%	0,00%	100,00%
40 31,5	38	1,50%	2,25%	97,75%	0	0,00%	0,00%	100,00%	1939	2,15%	2,15%	97,85%
31,5 20	19	0,75%	3,00%	97,00%	75	8,98%	8,98%	91,02%	23399	25,94%	28,09%	71,91%
20 16	245	9,76%	12,76%	87,24%	75	8,98%	17,95%	82,05%	15662	17,36%	45,45%	54,55%
16 10	132	5,25%	18,01%	81,99%	188	22,44%	40,39%	59,61%	28802	31,93%	77,38%	22,62%
10 6,3	812	32,36%	50,38%	49,62%	94	11,22%	51,61%	48,39%	13344	14,79%	92,17%	7,83%
6,3 0	1245	49,62%	100,00%	0,00%	406	48,39%	100,00%	0,00%	7065	7,83%	100,00%	0,00%
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	NE	Diverses	KS Div	Kupfer	NE	Diverses	KS Div	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	NE	Diverses	KS Div	Kupfer	NE	Diverses	KS Div	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	NE	Diverses	KS Div	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			
16 10	0,13%	0,18%	2,52%	27,94%	0,42%	0,59%	8,19%	90,80%	31720			
10 6,3	0,79%	0,09%	0,99%	12,94%	5,32%	0,62%	6,66%	87,41%	15267			
6,3 0	1,21%	0,39%	3,15%	6,85%	10,40%	3,39%	27,14%	59,06%	11963			
Material	% auf KS-Material			% pro SS			Summe je SS					
	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Kupfer	Ne	Diverses	KS-Diverses	Masse [g]			
>40	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	99,08%	0,00%	0,00%	0,92%	19			
40 31,5	0,04%	0,00%	0,00%	1,88%	1,90%	0,00%	0,00%	98,10%	1976			
31,5 20	0,02%	0,07%	1,31%	22,70%	0,08%	0,30%	5,45%	94,17%	24849			
20 16	0,24%	0,07%	1,28%	15,19%	1,41%	0,44%	7,62%	90,53%	17300			