

---

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzübersicht.....	I
Inhaltsverzeichnis .....	II
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	IX
Vorwort .....	X
Inhalt der Studienarbeit.....	XI
Danksagung.....	XII
Abkürzungsverzeichnis.....	XIII
1 Der Leitgedanke dieser Arbeit .....	1
2 Grundvoraussetzungen dieser Arbeit.....	4
3 Die inhaltlichen Eckpunkte und das Ziel dieser Studie.....	20
4 Patente .....	22
5 Verfahren zur stofflichen Verwertung des Getränkekartons.....	27
6 Vorhandene Verbundstoffmengen .....	30
7 Pelletiersversuche Getränkekarton.....	32
8 Bestimmung der Brenn- und Heizwerte .....	37
9 Theoretischer Aufbau einer Pelletieranlage .....	44
10 Kostenkalkulation der Verbundmaterial-Pellets .....	58
11 Wirtschaftlichkeitsvergleich.....	83
12 Schlussfolgerung .....	88
13 Literaturverzeichnis.....	91
14 Stichwortverzeichnis .....	94
Anhang .....	95

---

# Inhaltsverzeichnis

Seite

## Vorbemerkungen

Inhaltsverzeichnis .....	II
Vorbemerkungen .....	II
Hauptteil .....	II
Anhang .....	V
Anhang .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	IX
Vorwort .....	X
Inhalt der Studienarbeit .....	XI
Danksagung .....	XII
Abkürzungsverzeichnis .....	XIII

## Hauptteil

1 Der Leitgedanke dieser Arbeit .....	1
1.1 Ziel meiner Überlegung .....	3
2 Grundvoraussetzungen dieser Arbeit .....	4
2.1 Verbundstoffe .....	4
2.1.1 Verbundverpackungen .....	4
2.1.2 Getränkekarton .....	5
2.1.3 Fazit .....	5
2.2 Das Duale System Deutschland (DSD) .....	5
2.2.1 Verwertungsmengen beim DSD .....	6
2.2.2 Sammelbilanz .....	7
2.2.3 Kosten des Recyclings im Rahmen des Dualen Systems .....	8
2.3 Die gesetzlichen Rahmenbedingungen .....	9
2.3.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) .....	10
2.3.2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) .....	11
2.3.3 Verpackungsverordnung .....	12
2.4 Die Ökobilanz .....	13
2.4.1 Was ist eine Ökobilanz .....	13
2.4.2 Der Standard ISO 14040 .....	14
2.4.3 Die Struktur .....	14
2.4.4 Der Produktlebensweg .....	16
2.4.5 Mögliche Probleme .....	17
2.4.6 Die Vor- und Nachteile .....	18
2.4.7 Möglichkeiten und Grenzen .....	18
3 Die inhaltlichen Eckpunkte und das Ziel dieser Studie .....	20
3.1 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen .....	20
3.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	20

	Seite
3.3 Politische Rahmenbedingungen .....	20
3.4 Technische Rahmenbedingungen .....	21
3.5 Zielsetzung .....	21
<b>4 Patente .....</b>	<b>22</b>
4.1 Theoretischer Hintergrund.....	22
4.2 Bestehende Patente .....	23
4.2.1 Patentschrift DE 28 17 304 C2 .....	23
4.2.2 PCT Patentschrift WO83/02779.....	24
4.2.3 Patentschrift DE 198 53 151 A1 .....	24
<b>5 Verfahren zur stofflichen Verwertung des Getränkekartons .....</b>	<b>27</b>
5.1 Trommelpulper-Verfahren .....	27
5.2 Pyrolyse.....	28
<b>6 Vorhandene Verbundstoffmengen.....</b>	<b>30</b>
<b>7 Pelletiersversuche Getränkekarton .....</b>	<b>32</b>
7.1 Material .....	32
7.2 Pelletierung .....	32
7.2.1 Amandus Kahl GmbH & Co.....	33
7.2.2 Falkner Maschinenbau GmbH.....	35
7.2.3 Strautmann Umwelttechnik GmbH & Co. KG .....	36
<b>8 Bestimmung der Brenn- und Heizwerte.....</b>	<b>37</b>
8.1 Versuchsablauf .....	37
8.1.1 Ermittlung des Wasserwertes $C_W$ .....	38
8.1.2 Ermittlung des Proben-Brennwertes $H_{OP}$ .....	39
8.1.3 Ermittlung des Proben-Heizwertes $H_{UP}$ .....	39
8.2 Weitere Formeln .....	40
8.3 Ergebnisse .....	41
<b>9 Theoretischer Aufbau einer Pelletieranlage .....</b>	<b>44</b>
9.1 Kriterien für die Pelletieranlage .....	44
9.1.1 Geplanter Stundendurchsatz .....	44
9.1.2 Geplanter Tagesdurchsatz .....	46
9.1.3 Verwertbare Jahresmenge .....	46
9.1.4 Kriterien für das Verbundmaterial .....	46
9.2 Das Anlagenkonzept.....	47
9.2.1 Die Grobstruktur.....	47
9.2.2 Erläuterung zu den einzelnen Maschinenpositionen .....	50
9.3 Pelletpresse.....	53
9.4 Materialstrom.....	54
9.4.1 Outputströme .....	55
9.4.2 Materialpositionen.....	56
<b>10 Kostenkalkulation der Verbundmaterial-Pellets .....</b>	<b>58</b>
10.1 Gliederung der Kostenarten .....	58
10.1.1 Personalkosten .....	59
10.1.2 Maschinenkosten .....	61
10.1.3 Verschleißkosten.....	62
10.1.4 Materialkosten.....	62
10.1.5 Logistik- und Verwaltungskosten .....	63
10.2 Berechnung der Kostenarten.....	64

---

	Seite
10.2.1 Personalkosten .....	64
10.2.2 Maschinenkosten .....	68
10.2.3 Materialkosten .....	70
10.2.4 Logistik- und Verwaltungskosten .....	71
10.2.5 Verschleißkosten .....	73
10.3 Berechnung der Gesamtkosten .....	74
10.3.1 Basisdaten .....	74
10.3.2 Kalkulationsübersicht .....	74
10.3.3 Zuschlagsfaktoren .....	75
10.3.4 Gesamtkostenverlauf .....	76
10.4 Berechnung der Stückkosten .....	77
10.4.1 Produzierte Menge Verbundmaterial-Pellets pro Stunde .....	77
10.4.2 Mindestpreis pro Tonne Verbundmaterial-Pellets .....	78
10.4.3 Verwertbare Jahresmenge .....	80
10.5 Auswertung .....	80
10.5.1 Grenzkosten .....	80
10.5.2 Berechnung des Anlagenoptimums .....	81
10.6 Ergebnis .....	82
11 Wirtschaftlichkeitsvergleich .....	83
11.1 Vorhandene Brennstoffe .....	83
11.2 Umrechnungen .....	84
11.3 Preisermittlung .....	85
11.4 Ergebnis .....	86
12 Schlussfolgerung .....	88
12.1 Zusammenfassung .....	88
12.2 Optionen .....	89
12.3 Aussichten .....	89
13 Literaturverzeichnis .....	91
13.1 Informative Literatur .....	93
14 Stichwortverzeichnis .....	94

---

## Anhang

	Seite
Anhang A - Glossar .....	A-1
Anhang B - Internetrecherche .....	B-1
Anhang C - Liste der geführten Gespräche .....	C-1
Anhang D - Adressen und Ansprechpartner .....	D-1
Anhang E - Auszüge aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz .....	E-1
E.1 Erster Teil: Allgemeine Vorschriften .....	E-1
E.2 Zweiter Teil: Grundsätze und Pflichten der Erzeuger und Besitzer von Abfällen sowie der Entsorgungsträger .....	E-2
E.3 Dritter Teil: Produktverantwortung .....	E-10
Anhang F - Die Verpackungsverordnung (VerpackV) .....	F-1
F.1 Abschnitt I: Abfallwirtschaftliche Ziele, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen .....	F-1
F.2 Abschnitt II: Rücknahme-, Pfanderhebungs- und Verwertungspflichten .....	F-3
F.3 Anhang I (zu § 6) .....	F-8
Anhang G - Kurzfassung Ökobilanz Getränkeverpackungen II .....	G-1
G.1 Allgemeine Informationen zu Ökobilanzen .....	G-1
G.2 Ergebnisse der Ökobilanz Getränkeverpackungen für Bier und Frischmilch (1995) .....	G-3
G.3 Ergebnisse der Ökobilanz Getränkeverpackungen für alkoholfreie Getränke und Wein .....	G-3
Anhang H - Versuchsdurchführung .....	H-1
H.1 Versuchsprotokoll der Firma Amandus Kahl GmbH & Co. KG .....	H-1
H.2 Versuchsprotokoll der Firma Strautmann Umwelttechnik GmbH & Co. KG .....	H-4
H.3 Brennwertversuch – Ergebnisübersicht .....	H-5
H.4 Brennwertversuch – Ermittelte Werte .....	H-7
H.5 Datenblätter aus einer fremden Brenn- und Heizwertanalyse .....	H-9
H.6 Versuchsbeschreibung Brennwert- und Heizwertbestimmung .....	H-13
Anhang I - Patentschriften .....	I-1
I.1 Patentschrift DE 28 17 304 C2 .....	I-2
I.2 PCT Patentschrift WO83/02779 .....	I-??
I.3 Patentschrift DE 198 53 151 A1 .....	I-??
Anhang J - Kalkulation .....	J-1
J.1 Allgemeine Basisdaten .....	J-2
J.2 Verschleißkosten - Basisdaten .....	J-3
J.3 Maschinenkosten - Basisdaten .....	J-3
J.4 Personalkosten - Basisdaten .....	J-5
J.5 Materialkosten - Basisdaten .....	J-6
J.6 Logistik- und Verwaltungskosten - Basisdaten .....	J-6
J.7 Personalkosten - Kalkulationsdaten .....	J-7
J.8 Maschinenkosten - Kalkulationsdaten .....	J-7
J.9 Verschleißkosten - Kalkulationsdaten .....	J-10
J.10 Materialkosten - Kalkulationsdaten .....	J-10
J.11 Logistik- und Verwaltungskosten - Kalkulationsdaten .....	J-10
J.12 Kalkulationsübersicht 3-Tonnen-Anlage .....	J-12
J.13 Kalkulationsübersicht 6-Tonnen-Anlage .....	J-13
J.14 Kalkulationsübersicht 9-Tonnen-Anlage .....	J-14

J.15 Gesamtkosten - Übersicht.....	J-15
J.16 Kostenarten - Übersicht .....	J-17
J.17 Grenzkosten - Übersicht.....	J-19
J.18 Stückkosten - Übersicht .....	J-20
J.19 Entwicklung der Strompreise.....	J-22
J.20 Tarifinformationen .....	J-23
Anhang K - Angebot einer 3-Tonnen-Pelletpresse .....	K-1