

Organisationsformen von Recyclingproduktionsprozessen

**Analyse der Zusammenhänge zwischen
ausgewählten Abfallarten und Recyclingkreislaufarten
sowie deren Einflüsse auf die organisatorische Gestaltung von
Recyclingproduktionsprozessen**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum politicarum (Dr. rer. pol.)

der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von
Margret Anders, geb. am 13.09.1965 in Wismar
aus Barnekow

Rostock, März 2008

Schriftenreihe des Institutes für Produktionswirtschaft der
Universität Rostock

Margret Anders

**Organisationsformen von
Recyclingproduktionsprozessen**

Analyse der Zusammenhänge zwischen ausgewählten Abfallarten
und Recyclingkreislaufarten sowie deren Einflüsse auf die
organisatorische Gestaltung von Recyclingproduktionsprozessen

Shaker Verlag
Aachen 2008

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Rostock, Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2008

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7780-2

ISSN 1619-1939

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die Analyse und Gestaltung der Produktionsorganisation ist ein Hauptforschungsfeld des Instituts für Produktionswirtschaft der Universität Rostock. Dabei geht's darum, differenzierten Anforderungsprofilen von Produktionsprogrammen durch theoretisch relevante und praktikable Fähigkeitsprofile der Produktionsorganisation bestmöglich zu entsprechen. Dies setzt einerseits die Untersuchung der theoretisch möglichen Vielzahl von Organisationsformen und andererseits die Gestaltung des Auswahl- und Umsetzungsprozesses zur Lösung von Organisationsproblemen der Unternehmenspraxis voraus.

In der Vergangenheit wurde in dieser Schriftenreihe eine Vielzahl von Forschungsergebnissen publiziert, die sowohl die Organisation der Fertigungshauptprozesse Teilefertigung und Montage, als auch der fertigungsnahen industriellen Dienstleistungsprozesse Lagerung, Transport, Logistik und Instandhaltung behandelten. Dabei wurde deutlich, dass jede Organisationsform durch die Kombination räumlicher, zeitlicher und technischer Organisationsprinzipien gebildet wird.

Mit der vorliegenden Schrift wird der Forschungskomplex Produktionsorganisation von Recyclingprozessen erweitert. Recyclingprozesse besitzen die Merkmale von Produktionsprozessen. Auch für sie gilt, dass eine hohe Ergiebigkeit nur erreichbar ist, wenn für diese Produktionsprozesse die Organisationsprinzipien und Organisationsformen eingesetzt werden, die eine bestmögliche Faktorkombination ermöglichen. Dazu ist es notwendig, in Abhängigkeit von dem zu recycelnden Gut und der dafür einzusetzenden Technik, genau die Organisationsform für den durchzuführenden Recyclingprozess zu finden, die beste Ergiebigkeitspotenziale realisiert. Diesem Problemfeld widmet sich die Autorin mit der vorgelegten Dissertation. Sie eröffnet damit ein neues Forschungsfeld, das sich im Spannungsdreieck zwischen Technikwissenschaften, Ökologie und Ökonomie befindet.

Das Verdienst der Verfasserin besteht dabei insbesondere in der Charakterisierung von Anforderungsprofilen, die von Abfallarten an Recyclingprozesse gestellt werden, der Weiterentwicklung der Organisationstheorie durch Ableitung von Or-

ganisationsprinzipien und Organisationsformen von Recyclingprozessen sowie der Erweiterung der Kenntnisse über Recyclingkreislaufarten.

Rostock, 10.10.2008

Prof. Dr. Dr. Theodor Nebl

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Dr. Theodor Nebl, sehr, sehr herzlich bedanken. Und zwar danke ich ihm dafür, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat, an seinem Institut zu promovieren. Ich möchte mich für die Unterstützung während der gesamten Zeit der Bearbeitung bedanken, für die kritischen Hinweise, Anregungen und Diskussionen. Er hat mich stets angespornt, mein Ziel zu verfolgen.

Herrn Prof. Dr. Karl-Heinz Brillowski danke ich für die kurzfristige Übernahme des Zweitgutachtens.

Allen weiteren Mitarbeitern und ehemaligen Mitarbeitern des Instituts - den Herren Dr. Hans-Joachim Schreiber, Dr. Gerhard Rimane, Dr. Sven Pöneck, und Frau Dr. Anne-Katrin Schröder, Frau Dipl.-Kffr. Ines Wegner, Frau Maja Luthe und Frau Drusche – danke ich. Mit ihrem Fachwissen, ihrer konstruktiven Kritik und ihren vielen Ideen und Unterstützung haben sie zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken. Ohne sie wäre dieser Berufs- und Lebensweg niemals möglich geworden.

Auch möchte ich mich bei meinem Mann bedanken, der mich nicht nur tatkräftig unterstützt hat, sondern mich stets aufgebaut hat, wenn ich an mir gezweifelt habe.

Allen anderen, die namentlich nicht genannt wurden, danke ich für ihre Unterstützung.

Rostock, Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis.....	XV
Abbildungsverzeichnis.....	XVII
1 EINLEITUNG UND ZIELSTELLUNG	25
1.1 Bedeutung des Recycling	25
1.2 Konzeption der Arbeit	28
2 ANALYSE UND SYSTEMATISIERUNG VON ABFALLARTEN.....	33
2.1 Auswahl der zu untersuchenden Wirtschaftszweige	33
2.1.1 Klassifikation der Wirtschaftszweige	33
2.1.2 Festlegung und Begründung von Auswahlkriterien und Auswahl der Wirtschaftszweige.....	38
2.2 Auswahl der zu untersuchenden Abfallarten.....	44
2.2.1 Abfälle, Definition und Einteilung	44
2.2.2 Abfallvorkommen, Mengen und Zusammensetzung in Mecklenburg-Vorpommern.....	49
2.2.3 Abfallentsorgungsanlagen in Mecklenburg-Vorpommern.....	57
2.2.4 Festlegung und Begründung von Auswahlkriterien und Auswahl der zu untersuchenden Abfallarten.....	58
2.3 Charakterisierung der ausgewählten Abfallarten	64
2.3.1 Charakterisierung der Abfallart Verpackungen	65
2.3.2 Charakterisierung der Abfallart Reifen	71
2.3.3 Charakterisierung der Abfallart Kabel	73
2.4 Zusammenfassung	77

3	RECYCLINGPRODUKTIONSPROZESSE FÜR AUSGEWÄHLTE ABFALLARTEN	82
3.1	Recycling und Recyclingkreisläufe.....	82
3.1.1	Begriffsbestimmung	82
3.1.2	Recyclingkreisläufe	89
3.1.3	Einflussfaktoren auf den Recyclingproduktionsprozess	92
3.1.4	Abgrenzung zwischen Recycling und Instandhaltung	93
3.1.5	Sammlung, Umschlag und Transport von Abfällen	98
3.1.6	Zusammenfassung.....	102
3.2	Recycling von Verpackungen.....	107
3.2.1	Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	107
3.2.1.1	<i>Recycling von gemischten Produktionsabfällen</i>	<i>108</i>
3.2.1.2	<i>Recycling von sortenreinen Produktionsabfällen</i>	<i>127</i>
3.2.2	Recycling nach dem Produktgebrauch.....	138
3.2.2.1	<i>Recycling bei Produktweiterverwendung</i>	<i>139</i>
3.2.2.2	<i>Reststoffrecycling.....</i>	<i>143</i>
3.2.3	Deponierung	147
3.2.4	Praxisbeispiel 1: Aufbereitung und Verwertung von Siedlungsabfällen und Abfällen aus anderen Herkunftsbereichen	148
3.2.5	Zusammenfassung zum Komplex Recycling von Verpackungen.....	156
3.3	Recycling von Altreifen	159
3.3.1	Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	159
3.3.1.1	<i>Recycling von gemischten Produktionsabfällen</i>	<i>160</i>
3.3.1.2	<i>Recycling von sortenreinen Produktionsabfällen</i>	<i>169</i>
3.3.2	Recycling nach dem Produktgebrauch.....	175
3.3.2.1	<i>Recycling bei Produktweiterverwendung (Runderneuerung)</i>	<i>176</i>
3.3.2.2	<i>Reststoffrecycling.....</i>	<i>178</i>
3.3.3	Deponierung	181
3.3.4	Praxisbeispiel 2: Recycling von Altreifen.....	181
3.3.5	Zusammenfassung zum Komplex Recycling von Reifen	185

3.4	Recycling von Kabeln	188
3.4.1	Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	188
3.4.1.1	<i>Recycling von gemischten Produktionsabfällen</i>	188
3.4.1.2	<i>Recycling von sortenreinen Produktionsabfällen</i>	195
3.4.2	Recycling nach dem Produktgebrauch.....	199
3.4.2.1	<i>Recycling bei Produktweiterverwendung</i>	199
3.4.2.2	<i>Reststoffrecycling</i>	199
3.4.3	Deponierung	202
3.4.4	Praxisbeispiel 3: Recycling von Kabeln.....	202
3.4.5	Zusammenfassung zum Komplex Recycling von Kabeln.....	205
3.5	Zusammenhänge zwischen theoretischen Recyclingkreislaufarten und den Recyclingproduktionsprozessen der ausgewählten Abfallarten	208
3.6	Bestimmung von Anforderungsprofilen an Recyclingproduktionsprozesse	209
3.6.1	Anforderungsprofil der Abfallart Verpackungen	211
3.6.2	Anforderungsprofil der Abfallart Altreifen	215
3.6.3	Anforderungsprofil der Abfallart Kabel	219
3.6.4	Zusammenfassung zum Komplex Anforderungsprofile für die Abfallarten	222
4	ORGANISATION VON RECYCLINGPRODUKTIONSPROZESSEN FÜR AUSGEWÄHLTE ABFALLARTEN.....	229
4.1	Bedeutung und Definition der Organisation von Recyclingproduktionsprozessen in der Literatur.....	229
4.2	Räumliche und zeitliche Komponenten der Produktionsorganisation	232
4.2.1	Räumliche Organisationsprinzipien der Teilefertigung	233
4.2.2	Technologische Bearbeitungsfolge	237
4.2.3	Zeitliche Organisationsprinzipien der Teilefertigung	238
4.3	Die Organisationsformen der Teilefertigung	243

4.4	Bildung von Organisationsprinzipien von Recycling- produktionsprozessen	247
4.4.1	Räumliche Organisationsprinzipien von Recycling- produktionsprozessen	247
4.4.2	Zeitliche Organisationsprinzipien von Recycling- produktionsprozessen	252
4.4.3	Die Organisationsformen von Recyclingproduktions- prozessen	256
4.5	Fähigkeitsprofile von Recyclingproduktionsprozessen	261
5	SCHLUSSBETRACHTUNGEN	266
	Literaturverzeichnis	271
	Anhang	283

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

A

a. n. g.	anderweitig nicht genannt
Abb.	Abbildung
AG	Aktiengesellschaft
AGR	Abfallgruppenrecyclingreihe
AK	Arbeitskräfte
ARR	Abfallartspezialisierte Recyclingreihe
Art.	Artikel
Aufl.	Auflage

B

Bd.	Band
BImSch	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BM	Betriebsmittel
ber.	berichtigt(e)
bzw.	beziehungsweise

C

ca.	circa
CaCl ₂	Calciumchlorid
CaSO ₄	Calciumsulfat
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CEN	Europäische Komitee für Normung
CPB	Chemisch-physikalische/biologische Behandlung

D

DIN	Deutsches Institut für Normung
DSD	Duales System Deutschland

E

EAK	Europäischer Abfallkatalog
EAKV	Verordnung zur Einführung des Europäischen Abfallkataloges
kg/E*a	Kilogramm je Einwohner im Jahr
erw.	erweitert(e)
EPF	Einzelplatzfertigung
EPP	Einzelplatzprinzip
EPR	Einzelplatzrecycling
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft

F

FF	Fließfertigung
FR	Fließrecycling

G

Gesell.	Gesellschaft
Gew.-%	Gewichtsprozent
GFA	Gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt
GFR	Gegenstandsspezialisierte Fertigungsreihe
ggf.	gegebenenfalls
GMBI.	Gemeinsames Ministerialblatt
GP	Gruppenprinzip
gtBF	gleiche technologische Bearbeitungsfolge
gtBFmÜ	gleiche technologische Bearbeitungsfolge [bei Beibehaltung derselben Fertigungsverfahren] mit Überspringen [von einzelnen Bearbeitungsstationen]
gtBFoÜ	gleiche technologische Bearbeitungsfolge [bei Beibehaltung derselben Fertigungsverfahren] ohne Überspringen [von einzelnen Bearbeitungsstationen]
GVOBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt

H

H ₂ SO ₄	Schwefelsäure
HCl	Chlorwasserstoff
HF	Fluorwasserstoff
Hrsg.	Herausgeber
HZVA	Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung

I

i. d. R.	in der Regel
i. e. S.	im eigentlichen Sinn
IHK	Industrie- und Handelskammer
i. V. m.	in Verbindung mit

K

k. A.	keine Angabe(n)
K-LWL	Kunststoff- Lichtwellenleiter
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KV	Kombinierter Verlauf

L

LWL	Lichtwellenleiter
-----	-------------------

M

mOV	mit Ortsveränderung
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
mW	mit Teileweitergabe

N

N ₂	Stickstoff
Na ₂ SO ₄	Natriumsulfat
NACE	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige der Europäischen Gemeinschaft
NaCl	Natriumchlorid
NE- Metall	Nichteisenmetall
neubearb.	neubearbeitet(e)
n _L	Losgröße

O

oBF	organisatorische Bearbeitungsfolge
OF	Organisationsform
oOV	ohne Ortsveränderung
oW	ohne Teileweitergabe

P

PA	Polyamid
PC	Polycarbonat
PCF-LWL	Polymer Cladded Fibres-Lichtwellenleiter
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PF	Potentialfaktoren
PMMA	Polymethylmethacrylat
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PV	Parallelverlauf
PVC	Polyvinylchlorid
PVC-H	Polyvinylchlorid hart

R

R	Recyclingkreislauf
RG	Recyclinggegenstand
ROP	räumliches Organisationsprinzip
RP	Reihenprinzip
RPP	Recyclingproduktionsprozess
RV	Reihenverlauf

S

s.	siehe
s. a.	siehe auch
SO ₂	Schwefeloxid
sog.	so genannt

T

t_{Ag}	Zeitdauer des Arbeitsganges
tBF	technologische Bearbeitungsfolge
TM	Trockenmasse
TOP	technisches Organisationsprinzip
TUL	Transport/Umschlag/Lagerung

U

u. a.	und andere
u. Ä.	und Ähnliches
überarb.	überarbeitet(e)
usw.	und so weiter

V

VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vtBF	variierende technologische Bearbeitungsfolge
vollst.	vollständig

W

WF	Werkstattfertigung
WP	Werkstattprinzip
WR	Werkstattrecycling
WZ	Wirtschaftszweig

Z

z. B.	zum Beispiel
ZOP	zeitliches Organisationsprinzip

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Erzeugte bzw. entsorgte Sonderabfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2006 nach Abfallarten absteigend nach der Summe der entsorgten Abfälle (> 500 t).....	56
---------	---	----

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 1

Abb. 1-1:	Haupt- und Teilzielstellungen im Zusammenhang	31
-----------	---	----

Kapitel 2

Abb. 2-1:	Übersicht über den formalen Aufbau der Klassifikation der Wirtschaftszweige	34
Abb. 2-2:	Beispiel: DN 37.20.2 - Recycling von nichtmetallischen Altmaterialien und Reststoffen aus Papier, Karton und Pappe.....	35
Abb. 2-3:	Beispiel: DN 37.20.3 - Recycling von nichtmetallischen Altmaterialien und Reststoffen aus Glas	36
Abb. 2-4:	Algorithmus zur Auswahl der zu untersuchenden Wirtschaftszweige	39
Abb. 2-5:	Anzahl der Betriebe der drei am häufigsten in Mecklenburg-Vorpommern anzutreffenden Wirtschaftszweigungunterabschnitte in den Jahren 2000 bis 2006	42
Abb. 2-6:	Abfallgruppen nach Anhang I des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG)	45
Abb. 2-7:	Einteilung der Abfälle gemäß § 3 und § 41 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes - KrW-/AbfG	47
Abb. 2-8:	In Mecklenburg-Vorpommern getrennt erfasste Abfälle nach Fraktionen zur Verwertung 2006	50
Abb. 2-9:	Entwicklung der Jahresmengen an Haus- und Geschäftsmüll in Mecklenburg-Vorpommern von 1993 bis 2006.....	51
Abb. 2-10:	Mengenströme der Siedlungsabfälle und Beseitigungsabfälle aus anderen Herkunftsbereichen in Mecklenburg-Vorpommern 2006	52
Abb. 2-11:	Sonderabfallmengenströme in Mecklenburg-Vorpommern 2006 (besonders überwachungsbedürftige Abfälle).....	55
Abb. 2-12:	Algorithmus zur Auswahl der zu untersuchenden Abfallarten	59
Abb. 2-13:	Übersicht über die in den ausgewählten Wirtschaftszweigen DA, DJ und FA vorkommenden Abfallarten gleicher branchen- und prozessartspezifischer Kapitelüberschrift	61

Abb. 2-14:	Einteilung von Verpackungen.....	66
Abb. 2-15:	Einteilung der Verpackungen nach deren Funktionen.....	67
Abb. 2-16:	Verpackungen aus einer Komponente - verwendete Werkstoffe	70
Abb. 2-17:	Verpackungen aus mehreren Komponenten - Kombinations- möglichkeiten	70
Abb. 2-18:	Einteilung von Reifen	71
Abb. 2-19:	Aufbau eines schlauchlosen Pkw-Reifens.....	72
Abb. 2-20:	Anordnung von Karkasse und Gürtel im Reifen	72
Abb. 2-21:	Vor- und Nachteile von Lichtwellenleitern	75
Abb. 2-22:	Kabelmäntelarten nach Verlegungsort und Verlegungsart (nach MAIR)	76
Abb. 2-23:	Einteilung von Kabeln.....	77
Abb. 2-24:	Gruppen von Werkstoffen in den ausgewählten Abfallarten.....	78
Abb. 2-25:	Einsatz verschiedener Recyclingverfahren in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Werkstoffe.....	80

Kapitel 3

Abb. 3-1:	Einteilung des Recycling	84
Abb. 3-2:	Klassifizierung des Recycling nach den Kriterien Einsatzzweck und Notwendigkeit der Behandlung des Recyclinggegenstandes in Anlehnung an DYCKHOFF, CORSTEN und NEBL	87
Abb. 3-3:	Nutzungsarten nach Brandrup in Anlehnung an Normung bei CEN und DIN.....	89
Abb. 3-4:	Übersicht über die drei Recyclingkreislaufarten (nach NEBL)	90
Abb. 3-5:	Recyclingkreislauf I (nach NEBL)	90
Abb. 3-6:	Recyclingkreislauf II (nach NEBL)	91
Abb. 3-7:	Recyclingkreislauf III (nach NEBL)	91
Abb. 3-8:	Einflussfaktoren auf den Recyclingproduktionsprozess	93
Abb. 3-9:	Gemeinsamkeiten von Instandhaltung und Recycling in Anlehnung an WELP	96

Abb. 3-10:	Recycling- und Instandhaltungstätigkeiten und ihre Anforderungen an den Instandhaltungs- und Recyclinggegenstand.....	97
Abb. 3-11:	Sammelverfahren von Abfällen	99
Abb. 3-12:	Sammelsysteme von getrennt erfassten Fraktionen zur Verwertung.....	101
Abb. 3-13a:	Formen des Recycling nach Autoren (CORD-LANDWEHR, CORSTEN, DYCKHOFF, DINKELBACH, JÜNEMANN) und Systematisierungskriterien	103
Abb. 3-13b:	Formen des Recycling nach Autoren (JÜNEMANN, NEBL) und Systematisierungskriterien	104
Abb. 3-13c:	Formen des Recycling nach Autoren (SCHULTHEISS, STEVEN, STREBEL) und Systematisierungskriterien.....	105
Abb. 3-13d:	Formen des Recycling nach Autoren (STREBEL, E. SCHWARZ, M. SCHWARZ, VDI-RICHTLINIE) und Systematisierungskriterien	106
Abb. 3-14:	Verpackungen - Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	108
Abb. 3-15:	Verpackungen - Recycling von gemischten Produktionsabfällen ...	108
Abb. 3-16:	Verfahren für die Kunststofferkennung und -trennung für zerkleinerte und unzerkleinerte Kunststoffteile (nach AHLHAUS).....	111
Abb. 3-17:	Phasen des Verbrennungsvorganges bei der Rostfeuerung.....	114
Abb. 3-18:	Verfahrensablauf bei der energetischen Verwertung von Verpackungen mittels Rostfeuerung	115
Abb. 3-19:	Verfahrensablauf bei der energetischen Verwertung von Verpackungen mittels Rostfeuerung mit nachgeschaltetem Drehrohr	116
Abb. 3-20:	Verfahrensablauf bei der energetischen Verwertung von Verpackungen mittels Schwel-Brennverfahren	117
Abb. 3-21:	Verfahrensablauf bei der energetischen Verwertung von Verpackungen mittels Thermoselectverfahren	119
Abb. 3-22:	Verfahrensablauf bei der energetischen Verwertung von Verpackungen mittels Wirbelschichtfeuerung	120
Abb. 3-23:	Verbrennungsprodukte der Rost- bzw. Wirbelschichtfeuerung und deren Verwendung	123
Abb. 3-24:	Vor- und Nachteile von den verschiedenen angewendeten Verbrennungsverfahren von gemischten Verpackungsabfällen	124

Abb. 3-25:	Zusammenhang zwischen Eingangs- und Prozessgrößen und den Ausgangseigenschaften für die Wahl des Verbrennungsverfahrens	125
Abb. 3-26:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Verwertung von gemischten Produktionsabfällen (Leichtverpackungen)	126
Abb. 3-27:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung mittels Rostfeuerung von gemischten Produktionsabfällen (Leichtverpackungen)	127
Abb. 3-28:	Verpackungen - Recycling sortenreiner Produktionsabfälle	128
Abb. 3-29:	Übersicht der thermischen Verfahren zur rohstofflichen Verwertung (nach WOLTERS)	133
Abb. 3-30:	Einteilung der Verfahren für das Umschmelzen von Aluminiumschrott	135
Abb. 3-31:	Schematische Darstellung für das Recyceln von Aluminiumverpackungen	136
Abb. 3-32:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die rohstoffliche Verwertung von sortenreinen Produktionsabfällen (Kunststoffe)	137
Abb. 3-33:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von sortenreinen Produktionsabfällen (Kunststoffe)	138
Abb. 3-34:	Verpackungen - Recycling nach Produktgebrauch	139
Abb. 3-35:	Verpackungen - Recycling bei Produktweiterverwendung	140
Abb. 3-36:	Von der Annahme des Leergutes bis zur Wiederbefüllung von Mehrwegflaschen am Beispiel der Milchverarbeitung	141
Abb. 3-37:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Weiterverwendung von Verpackungen aus Glas oder PET	143
Abb. 3-38:	Verpackungen - Reststoffrecycling	144
Abb. 3-39:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Verwertung von gemischten Leichtverpackungsabfällen	145
Abb. 3-40:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von gemischten Leichtverpackungsabfällen	146

Abb. 3-41:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen.....	147
Abb. 3-42a:	Flussbild von Siedlungsabfällen und Abfällen aus anderen Herkunftsbereichen am Beispiel der GER Umweltschutz GmbH Grevesmühlen, Recyclingpark Neu-Degtow	151
Abb. 3-42b:	Flussbild von Leichtverpackungsabfällen Beispiel der Rohstoff-Recycling Rostock GmbH & Co. KG (RRR)	155
Abb. 3-43:	Übersicht über die drei Arten von Recyclingkreisläufen für die Abfallart Verpackungen	157
Abb. 3-44:	Gesamtübersicht über den In- und Output in den drei Recyclingkreisläufen für die Abfallart 15 01 06 Verpackungen	158
Abb. 3-45:	Reifen - Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	159
Abb. 3-46:	Reifen - Recycling von gemischten Produktionsabfällen.....	160
Abb. 3-47:	Werkstoffliche Verwertung	161
Abb. 3-48:	Werkstoffliche Verwertung der Einzelkomponenten Gummi, Stahl und Textilien.....	162
Abb. 3-49:	Technologischer Ablauf bei der Warmzerkleinerung von Reifen....	164
Abb. 3-50:	Technologischer Ablauf bei der Kaltzerkleinerung von Reifen	165
Abb. 3-51:	Energetische Verwertung von Reifen als Verbundstoff	167
Abb. 3-52:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Verwertung von gemischten Produktionsabfällen (Reifen).....	168
Abb. 3-53:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von gemischten Produktionsabfällen (Reifen).....	169
Abb. 3-54:	Reifen - Recycling von sortenreinen Produktionsabfälle	170
Abb. 3-55:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die rohstoffliche Verwertung von sortenreinen Produktionsabfällen (Gummi)	174
Abb. 3-56:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von sortenreinen Produktionsabfällen (Gummi).....	175
Abb. 3-57:	Reifen - Recycling nach Produktgebrauch	176

Abb. 3-58:	Reifen - Recycling bei Produktweiterverwendung	177
Abb. 3-59:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Weiterverwendung von Altreifen	178
Abb. 3-60:	Reifen - Reststoffrecycling	179
Abb. 3-61:	Reststoffrecycling von Altreifen - werkstoffliche Verwertung	180
Abb. 3-62:	Reststoffrecycling von Altreifen - energetische Verwertung	181
Abb. 3-63:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes der mechanischen Aufbereitung von Altreifen am Beispiel der LIG Miltzow	184
Abb. 3-64:	Übersicht über die drei Arten von Recyclingkreisläufen für die Abfallart Altreifen	186
Abb. 3-65:	Gesamtübersicht über In- und Output in den drei Recyclingkreisläufen für die Abfallart 16 01 03 Altreifen	187
Abb. 3-66:	Kabel - Produkt- (oder auch Produktions-)abfallrecycling	188
Abb. 3-67:	Kabel - Recycling von gemischten Produktionsabfällen	189
Abb. 3-68:	Werkstoffliche Verwertung von Kabeln mittels mechanischer Trennverfahren.....	190
Abb. 3-69:	Sichter verschiedener Bauarten	192
Abb. 3-70:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Verwertung von gemischten Produktionsabfällen.....	194
Abb. 3-71:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von gemischten Produktionsabfällen.....	195
Abb. 3-72:	Kabel - Recycling von sortenreinen Produktionsabfälle	196
Abb. 3-73:	Schematische Darstellung einer Extrusionsanlage in Anlehnung an WOLTERS	197
Abb. 3-74:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die rohstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen.....	198
Abb. 3-75:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von Kunststoffabfällen	199
Abb. 3-76:	Kabel - Recycling nach Produktgebrauch	200

Abb. 3-77:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die werkstoffliche Verwertung von gemischten Kabelabfällen.....	201
Abb. 3-78:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes für die energetische Verwertung von gemischten Kabelabfällen.....	202
Abb. 3-79:	Schematische Darstellung des technologischen Ablaufes des Kabel - Recycling am Beispiel der Zipkat und Speer GmbH & Co. KG Bad Kleinen.....	204
Abb. 3-80:	Übersicht über die drei Arten von Recyclingkreisläufen für die Abfallart Kabel.....	206
Abb. 3-81:	Gesamtübersicht über In- und Output in den drei Recyclingkreisläufen für die Abfallart 17 04 08 - Kabel.....	207
Abb. 3-82a:	Anforderungen der Abfallart Verpackungen an den Recyclingproduktionsprozess	213
Abb. 3-82b:	Anforderungen der Abfallart Verpackungen an den Recyclingproduktionsprozess	214
Abb. 3-83a:	Anforderungen der Abfallart Altreifen an den Recyclingproduktionsprozess	217
Abb. 3-83b:	Anforderungen der Abfallart Altreifen an den Recyclingproduktionsprozess	218
Abb. 3-84a:	Anforderungen der Abfallart Kabel an den Recyclingproduktionsprozess	220
Abb. 3-84b:	Anforderungen der Abfallart Kabel an den Recyclingproduktionsprozess	221
Abb. 3-85:	Anforderungsprofile für die werkstoffliche Verwertung der Abfallarten Verpackungen, Altreifen, Kabel gemischt oder im Verbund.....	225
Abb. 3-86:	Anforderungsprofile für die energetische Verwertung der Abfallarten Verpackungen, Altreifen, Kabel gemischt oder im Verbund.....	225
Abb. 3-87:	Anforderungsprofile für die energetische Verwertung von sortenreinen Komponenten der Abfallarten Verpackungen, Altreifen, Kabel.....	226
Abb. 3-88:	Anforderungsprofile für die rohstoffliche Verwertung von sortenreinen Komponenten der Abfallarten Verpackungen, Altreifen, Kabel.....	227

Abb. 3-89:	Anforderungsprofile für die werkstoffliche Weiterverwendung der Abfallarten Verpackungen und Altreifen	228
------------	--	-----

Kapitel 4

Abb. 4-1:	Makrostruktur des Produktionsprozesses mit seinen Teilprozessen Teilefertigung, Montage und Recycling	230
Abb. 4-2:	Möglichkeiten der räumlichen Anordnung von Arbeitsplätzen (ROP) und ihre wesentlichen Merkmale	235
Abb. 4-3:	Varianten der technologischen Bearbeitungsfolge (nach NEBL)	238
Abb. 4-4:	Überblick über die zeitlichen Organisationsprinzipien der Teilefertigung	242
Abb. 4-5:	Klassische Organisationsformen der Teilefertigung als Kombination von räumlichen und zeitlichen Organisationsprinzipien (nach NEBL)	246
Abb. 4-6:	Räumliche Organisationsprinzipien von Recyclingproduktionsprozessen	248
Abb. 4-7:	Charakteristika der räumlichen Organisationsprinzipien von Recyclingproduktionsprozessen	251
Abb. 4-8:	Zeitliche Organisationsprinzipien von Recyclingproduktionsprozessen	253
Abb. 4-9:	Charakteristika der zeitlichen Organisationsprinzipien von Recyclingproduktionsprozessen	255
Abb. 4-10:	Organisationsformen von Recyclingproduktionsprozessen	256
Abb. 4-11:	Charakteristika der Organisationsformen von Recyclingproduktionsprozessen	260
Abb. 4-12:	Praxisbeispiel: Reststoffrecycling von Leichtverpackungsabfällen - werkstoffliche Verwertung	262
Abb. 4-13:	Praxisbeispiel: Reststoffrecycling von Altreifen - werkstoffliche Verwertung	263
Abb. 4-14:	Praxisbeispiel: Reststoffrecycling von Kabelabfällen - werkstoffliche Verwertung	264
Abb. 4-15:	Vergleich der Anforderungen der Abfallart mit den Fähigkeiten der Organisationsform	265