

# **Industrielles Stoffstrommanagement**

**Betriebswirtschaftliche Planung und Steuerung  
von Stoff- und Energieströmen in Produktionsunternehmen**

Von

Privatdozent Dr. rer. pol. Thomas Spengler

ERICH SCHMIDT VERLAG

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg.....	3
<b>2 Determinanten und Aufgaben eines industriellen Stoffstrommanagements</b> .....	8
2.1 Umweltrechtliche Anforderungen.....	8
2.1.1 Grundzüge der Umweltgesetzgebung in Deutschland.....	9
2.1.2 Internationale Regelungen zur freiwilligen Zertifizierung von Umweltmanagementsystemen.....	14
2.1.3 Kreislaufwirtschaftskonzepte in der Eisen- und Stahlindustrie.....	18
2.2 Umwelt-Controlling als Managementinstrument.....	23
2.2.1 Aufgaben und Funktionen des Umwelt-Controllings.....	24
2.2.2 Instrumente und Methoden des Umwelt-Controllings.....	27
2.2.2.1 Festlegung von Zielen und Arbeitsschwerpunkten.....	27
2.2.2.2 Erstellung von Stoff- und Energiebilanzen.....	27
2.2.2.3 Ökobilanzielle Bewertungsverfahren für Stoff- und Energiebilanzen....	30
2.2.2.4 Planung und Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen.....	35
2.2.3 Umweltkosten-Controlling.....	36
2.2.4 Organisatorische Einbindung des Umwelt-Controllings.....	37
2.2.5 Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) als Grundlage eines EDV-gesützten Umwelt-Controllings.....	39
2.3 Planungsaufgaben des industriellen Stoffstrommanagements.....	41
<b>3 Planung zukünftiger Demontage- und Recyclingkosten im Rahmen einer erweiterten Produktverantwortung</b> .....	50
3.1 Modellierung des Produktlebenszyklus'.....	51
3.2 Prognose des zukünftigen Altproduktaufkommens mittels stochastischer Lebensdauervertelungen.....	53
3.3 Standortplanung für Demontage- und Recyclingzentren.....	57
3.4 Demontage- und Recyclingplanung.....	61

3.5	Bestimmung optimaler Demontagetiefen mit Hilfe der Fuzzy Linearen Optimierung	65
3.5.1	Modellierung des unscharfen Demontageplanungsproblems.....	65
3.5.2	Modellvalidierung am Beispiel eines Mikrowellenherdes.....	75
3.5.3	Schlußfolgerungen.....	80
<b>4</b>	<b>Techno-Ökonomische Bewertung strategischer Kreislaufwirtschaftskonzepte in Produktionsunternehmen.....</b>	<b>81</b>
4.1	Betriebliche Umweltkostenrechnungen.....	82
4.1.1	Begriffsdefinitionen.....	82
4.1.2	Abgrenzungsprobleme bei der Ermittlung von Umweltschutzkosten.....	84
4.1.3	Berücksichtigung von Umweltschutzkosten in betrieblichen Kostenrechnungssystemen.....	87
4.1.3.1	Einbeziehung von Umweltschutzkosten in die Plankostenrechnung ...	87
4.1.3.2	Einbeziehung von Umweltschutzkosten in die Prozeßkostenrechnung..	90
4.2	Konzeption einer entscheidungsorientierten Umweltkostenrechnung als strategische Sonderrechnung.....	93
4.2.1	Ermittlung der investitionsabhängigen Kosten.....	95
4.2.2	Ermittlung der Stoffflußkosten.....	97
4.2.3	Ermittlung der Prozeßkosten der beteiligten Produktions- und Aufbereitungs- aggregate sowie der sonstigen Gemeinkosten.....	99
4.3	Stoffflußmodelle komplexer Produktionssysteme.....	100
4.3.1	Betriebswirtschaftliche Input-Output-Modelle.....	100
4.3.2	Aktivitätsanalytische Stoffflußmodelle.....	107
4.3.3	Flowsheeting-Systeme zur stationären Prozeßsimulation.....	112
4.3.3.1	Grundprinzipien kommerzieller Flowsheeting-Systeme.....	112
4.3.3.2	Stoffflußmodellierung mit dem Flowsheeting-System ASPEN PLUS	113
4.4	Fallstudie: Bewertung von Kreislaufwirtschaftskonzepten in der Eisen- und Stahlindustrie.....	117
4.4.1	Modellbildung und Analyse der Ausgangssituation.....	117
4.4.2	Prozeßsimulation alternativer Kreislaufwirtschaftskonzepte.....	124
4.4.3	ökonomische Bewertung der strategischen Kreislaufwirtschaftskonzepte mittels entscheidungsorientierter Umweltkostenrechnung.....	131
4.5	Schlußfolgerungen zur entwickelten Bewertungsmethodik.....	135

<b>5 Investitionsplanung als Instrument eines taktischen Stoffstrommanagements</b> .....	137
5.1 Erweiterungen dynamischer Investitionskalküle.....	139
5.1.1 Kapitalwertmethode zur Beurteilung von Investitionsalternativen.....	139
5.1.2 Auswirkungen umweltpolitischer Steuerungsinstrumente auf die Zahlungsreihen von Produktions- und Recyclinganlagen.....	142
5.2 Investitionskalküle für Einzelentscheidungen bei Sicherheit.....	145
5.2.1 Einmalige Entscheidung bei vorgegebener Anlagennutzungsdauer.....	146
5.2.2 Bestimmung optimaler Anlagenersatzzeitpunkte.....	148
5.2.2.1 Einmalige Ersatzentscheidung zu Beginn der Planungsperiode.....	149
5.2.2.2 Ersatzentscheidungen bei einer Kette nicht-identischer Investitionen... ..	150
5.3 Programmplanung integrierter Umweltschutzmaßnahmen.....	154
5.3.1 Abbildung von Investitionsprogrammen in Stoffflußmodellen.....	156
5.3.2 Investitionskalküle für Programmentscheidungen bei Sicherheit.....	161
5.3.3 Ausblick auf Investitionskalküle bei Unsicherheit.....	165
5.4 Multikriterielle Entscheidungsmodelle zur Vorauswahl von Investitionsalternativen.....	170
5.4.1 Formulierung und Klassifikation multikriterieller Entscheidungsmodelle.....	170
5.4.2 Klassische MADM-Verfahren zur ganzheitlichen Investitionsplanung.....	174
5.4.3 Outranking-Verfahren zur multikriteriellen Investitionsplanung.....	176
5.4.4 Fallstudie zum Einsatz des Outranking-Verfahrens PROMETHEE.....	179
5.4.5 Schlußfolgerungen.....	185
<b>6 Operatives Stoffstrommanagement</b> .....	187
<b>6.1</b> Produktionstheoretische Ansätze zur Vermeidung und Verminderung von Emissionen und Abfällen.....	188
6.1.1 Leontief-Technologien.....	188
6.1.2 Gutenberg-Technologien.....	190
6.1.3 Operative Anpassungsmaßnahmen zur Emissions- und Abfallvermeidung... ..	194
6.2 Operatives Stoffstrommanagement in der Prozeßindustrie.....	197
6.2.1 Defizite Gutenberg'scher Verbrauchsfunktionen im Hinblick auf die praktische Anwendung.....	197
6.2.2 Empirische Ermittlung Gutenberg'scher Verbrauchsfunktionen am Beispiel der Ammoniaksynthese.....	199

## Inhaltsverzeichnis

6.3	Operative Recyclingplanung und -Steuerung (RPS).....	207
6.3.1	Stoffflußmodelle zur innerbetrieblichen Recyclingplanung und -Steuerung....	208
6.3.1.1	Modellierung der Produktdemontage mit Petri-Netzen.....	208
6.3.1.2	Modellierung kontinuierlicher Recyclingsysteme mit Signalflußgraphen.....	213
6.3.2	Planung und Steuerung betriebsübergreifender Recyclingnetze.....	220
6.3.2.1	Aufgaben und Struktur von Recyclingnetzen.....	220
6.3.2.2	Modellierung dynamischer Restoffanfall- und -nachfrageverläufe . . . .	224
6.4	Integrierte Produktions-, Demontage- und Recyclingplanung.....	229
6.4.1	Struktur eines sukzessiven Planungskonzepts.....	230
6.4.2	Produktionsprogrammplanung zur Ermittlung des Bruttobedarfs.....	233
6.4.3	Recyclingprogrammplanung zur Ermittlung des Bruttoangebots.....	236
6.4.4	Losgrößenplanung zur Abstimmung des Recyclingprogramms mit den vorgegebenen Nettobedarfmengen auf Monatsebene.....	238
6.4.5	Schlußfolgerungen zum integrierten Planungskonzept.....	242
7	Zusammenfassung.....	244
8	Literatur.....	248
	Stichwortverzeichnis.....	260