

Inhaltsübersicht

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung und Lösungsweg	4
2	Charakteristika und Aufgaben nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	9
2.1	Grundlagen und Rahmenbedingungen eines nachhaltigen Wirtschaftens.....	10
2.2	Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke	20
2.3	Fallbeispiel: Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke in der Elektronikindustrie	28
2.4	Fazit	37
3	Stoffstrombasierte Modellierung und Bewertung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	41
3.1	Modellierung vernetzter Produktionssysteme	41
3.2	Bewertung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	50
3.3	Multikriterielle Bewertung zur Integration der Nachhaltigkeitsindikatoren	64
3.4	Fallbeispiel: Modellierung und Bewertung von Recyclingnetzwerken.....	77
3.5	Fazit	91
4	Lenkungssystem (Umwelt-)Politik.....	93
4.1	Folgenabschätzung für Politikoptionen	93
4.2	Dynamisch komplexe Systeme.....	98
4.3	Fallbeispiel: Folgenabschätzung im Automobilsektor	107
4.4	Fazit	127
5	Produktentwicklung.....	129
5.1	Produktlebenszyklus	129
5.2	Life Cycle Costing	135
5.3	Fallbeispiel: Lebenszykluskosten komplexer Elektronikgeräte	141
5.4	Life Cycle Assessment	146
5.5	Fallbeispiel: Umweltwirkungen komplexer Elektronikgeräte.....	149
5.6	Fazit	154

6	Produktion	157
6.1	Planung von Produktionssystemen	157
6.2	Modellierung von Produktionssystemen am Beispiel synthetischer Biokraftstoffe	164
6.3	Fallbeispiel: Planung eines Produktionssystems zur Herstellung von BTL- Kraftstoffen	182
6.4	Fazit	186
7	Nutzung	189
7.1	Nutzungsdauerverlängerung durch Aufarbeitung	189
7.2	Planung der Aufarbeitung	195
7.3	Integrierte Planung von Neuproduktion und Aufarbeitung	196
7.4	Fallbeispiel: Kreislaufoptionen eines Automatenherstellers	204
7.5	Fazit	209
8	Entsorgung	211
8.1	Begriffe und Grundlagen	211
8.2	Charakterisierung von Behandlungsprozessen	215
8.3	Modellierung von Behandlungsprozessen	218
8.4	Modellierung integrierter Recyclingunternehmen	227
8.5	Fallbeispiel: Feinplanung eines integrierten Recyclingunternehmens	231
8.6	Fazit	236
9	Koordination nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	239
9.1	Anforderungen an die Koordination nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	239
9.2	Koordination in Netzwerken	242
9.3	Fallbeispiel: Koordination von Recyclingnetzwerken	250
9.4	Fazit	263
10	Schlussfolgerungen	265
11	Zusammenfassung	273
12	Literatur	277

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Lösungsweg	4
2	Charakteristika und Aufgaben nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	9
2.1	Grundlagen und Rahmenbedingungen eines nachhaltigen Wirtschaftens	10
2.1.1	Konzept Nachhaltigkeit	10
2.1.2	Lenkungssystem (Umwelt-)Politik	11
2.1.2.1	<i>Abfall- und schadstofforientierte Richtlinien</i>	<i>14</i>
2.1.2.2	<i>Medienübergreifender Umweltschutz</i>	<i>14</i>
2.1.2.3	<i>Freiwillige Instrumente</i>	<i>15</i>
2.1.2.4	<i>Integrierte Produktpolitik</i>	<i>16</i>
2.1.3	Stoffstrommanagement zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung	17
2.2	Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke	20
2.2.1	Wertschöpfungsnetzwerke	20
2.2.2	Charakteristika nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	22
2.2.3	Planung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	24
2.2.3.1	<i>Planungsrahmen</i>	<i>25</i>
2.2.3.2	<i>Planungsaufgaben entlang des Produktlebenszyklus</i>	<i>26</i>
2.3	Fallbeispiel: Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke in der Elektronikindustrie	28
2.3.1	Umweltwirkungen von Elektro(nik)geräten	28
2.3.2	Umweltrechtliche Rahmenbedingungen	29
2.3.3	Stoffstrommanagement entlang des Produktlebenszyklus	32
2.3.4	Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerken	33
2.4	Fazit	37
3	Stoffstrombasierte Modellierung und Bewertung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	41
3.1	Modellierung vernetzter Produktionssysteme	41
3.1.1	Ermittlung der Input-Output-Relationen	43
3.1.1.1	<i>Betriebswirtschaftliche Produktionsfunktionen</i>	<i>43</i>
3.1.1.2	<i>Aktivitätsanalyse</i>	<i>44</i>
3.1.1.3	<i>Approximation einer Technik durch Prozesssimulation</i>	<i>45</i>

3.1.2	Ansätze zur dynamischen Modellierung.....	47
3.1.2.1	Dynamisches Grundmodell	47
3.1.2.2	Dynamische Input-Output-Grafen und Petri-Netze	48
3.2	Bewertung nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke	50
3.2.1	Ziele und Zielhierarchien.....	50
3.2.2	Ökonomische Bewertung.....	52
3.2.2.1	Verfahren der Umweltkostenrechnung.....	53
3.2.2.2	Ansatz der stoffflussbasierten Umweltkostenrechnung.....	55
3.2.3	Ökologische Bewertung.....	59
3.2.3.1	Kumulierter Primärenergieaufwand – KEA	59
3.2.3.2	Bewertungsverfahren nach UBA	60
3.2.4	Soziale Bewertung	63
3.3	Multikriterielle Bewertung zur Integration der Nachhaltigkeitsindikatoren	64
3.3.1	Indikatorensysteme zur Bewertung der Nachhaltigkeit.....	64
3.3.2	Klassifikation multikriterieller Entscheidungsverfahren	66
3.3.3	Multi Objective Decision Making	67
3.3.3.1	MODM-Verfahren.....	67
3.3.3.2	Bestimmung aller effizienten Lösungen.....	69
3.3.3.3	Zielprogrammierung	71
3.3.4	Multi Attribute Decision Making.....	72
3.3.4.1	MADM-Verfahren	73
3.3.4.2	Outrankingverfahren PROMETHEE	75
3.4	Fallbeispiel: Modellierung und Bewertung von Recyclingnetzwerken.....	77
3.4.1	Stoffstrommodell des Recyclingnetzwerks.....	78
3.4.2	Stoffflussbasierte Umweltkostenrechnung zur Bewertung von Recyclingnetzwerken.....	79
3.4.3	MODM-Verfahren zur Bewertung von Recyclingnetzwerken.....	81
3.4.3.1	Zielfunktionen.....	81
3.4.3.2	Effiziente Lösungen.....	83
3.4.3.3	Zielprogrammierung	85
3.4.4	MADM-Verfahren zur Bewertung von Recyclingnetzwerken.....	87
3.4.4.1	Zielsystem und Attribute.....	88
3.4.4.2	Anwendung von PROMETHEE.....	89
3.5	Fazit	91
4	Lenkungssystem (Umwelt-)Politik.....	93
4.1	Folgenabschätzung für Politikoptionen	93

4.1.1	Vorgehen im Rahmen der Folgenabschätzung	94
4.1.2	Anforderungen an die Wirkungsanalyse	97
4.2	Dynamisch komplexe Systeme	98
4.2.1	Verhaltensmuster dynamisch komplexer Systeme	98
4.2.2	Systemdynamische Modellierung dynamisch komplexer Systeme	100
4.2.2.1	Problemdefinition	100
4.2.2.2	Erstellung einer dynamischen Hypothese	101
4.2.2.3	Formulierung eines Simulationsmodells	102
4.2.2.4	Modellanalyse	105
4.2.2.5	Entwicklung und Bewertung von Politikoptionen	106
4.3	Fallbeispiel: Folgenabschätzung im Automobilsektor	107
4.3.1	Planungsproblem	107
4.3.2	Modell	109
4.3.3	Daten und Szenarien	120
4.3.4	Ergebnisse und Handlungsempfehlungen	122
4.4	Fazit	127
5	Produktentwicklung	129
5.1	Produktlebenszyklus	129
5.1.1	Bedeutung der Produktentwicklung	129
5.1.2	Modellierung des Produktlebenszyklus	131
5.2	Life Cycle Costing	135
5.2.1	Mengengerüst	135
5.2.2	Wertgerüst	138
5.2.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	139
5.3	Fallbeispiel: Lebenszykluskosten komplexer Elektronikgeräte	141
5.3.1	Entscheidungsalternativen	141
5.3.2	Stoffströme	142
5.3.3	Zahlungsströme	143
5.3.4	Ergebnisse und Handlungsempfehlungen	143
5.4	Life Cycle Assessment	146
5.4.1	Vorgehensweise	146
5.4.2	Vereinfachtes Life Cycle Assessment	148
5.5	Fallbeispiel: Umweltwirkungen komplexer Elektronikgeräte	149
5.5.1	Life Cycle Assessment eines Personal Computers	149
5.5.2	Lebenszyklusweite Umweltwirkungen weiterer Elektronikgeräte	152
5.6	Fazit	154

6	Produktion	157
6.1	Planung von Produktionssystemen	157
6.1.1	Techno-ökonomisches Planungskonzept	158
6.1.2	Strategische Produktionsplanung	159
6.1.2.1	<i>Betriebswirtschaftliche Systemgestaltung</i>	<i>161</i>
6.1.2.2	<i>Schnittstelle zur technischen Systemgestaltung</i>	<i>162</i>
6.1.3	Berücksichtigung von Unsicherheiten	162
6.2	Modellierung von Produktionssystemen am Beispiel synthetischer Biokraftstoffe	164
6.2.1	Synthetische Biokraftstoffe als Technologieinnovation	164
6.2.2	Charakterisierung des Produktionssystems	166
6.2.3	Informationen aus der technischen Systemgestaltung	167
6.2.4	Integrierte Standort-, Kapazitäts- und Technologieplanung	171
6.2.4.1	<i>Systembeschreibung</i>	<i>171</i>
6.2.4.2	<i>Stoffströme</i>	<i>173</i>
6.2.4.3	<i>Zielfunktion</i>	<i>175</i>
6.2.4.4	<i>Robuste Erweiterung</i>	<i>178</i>
6.3	Fallbeispiel: Planung eines Produktionssystems zur Herstellung von BTL- Kraftstoffen	182
6.3.1	Daten	182
6.3.2	Szenarien	183
6.3.3	Ergebnisse und Handlungsempfehlungen	183
6.4	Fazit	186
7	Nutzung	189
7.1	Nutzungsdauerverlängerung durch Aufarbeitung	189
7.1.1	Aufarbeitungsoptionen	190
7.1.2	Integration in den Produktlebenszyklus	191
7.1.3	Umsetzung in Closed Loop Supply Chains	192
7.2	Planung der Aufarbeitung	195
7.2.1	Strategische Planung	195
7.2.2	Taktische Planung	195
7.2.3	Operative Planung	196
7.3	Integrierte Planung von Neuproduktion und Aufarbeitung	196
7.3.1	Planungssituation	197
7.3.2	Modell zur integrierten Produktions- und Aufarbeitungsplanung	199
7.4	Fallbeispiel: Kreislaufoptionen eines Automatenherstellers	204

7.4.1	Planungsumfeld und -aufgabe.....	204
7.4.2	Aufarbeitungsoptionen des Automatenherstellers	206
7.4.3	Ergebnisse und Handlungsempfehlungen.....	208
7.5	Fazit	209
8	Entsorgung.....	211
8.1	Begriffe und Grundlagen	211
8.1.1	Systemstufen und Aktivitäten	212
8.1.2	Akteure.....	214
8.2	Charakterisierung von Behandlungsprozessen	215
8.2.1	Charakteristika der Demontage und mechanischen Aufbereitung.....	215
8.2.2	Demontage und Aufbereitung als Kuppelproduktionsprozesse.....	217
8.3	Modellierung von Behandlungsprozessen.....	218
8.3.1	Modellierung der Demontage	219
8.3.2	Modellierung der mechanischen Aufbereitung.....	223
8.4	Modellierung integrierter Recyclingunternehmen.....	227
8.4.1	Allgemeines Stoffstrommodell	227
8.4.2	Hierarchisches Planungskonzept für integrierte Recyclingunternehmen ..	230
8.5	Fallbeispiel: Feinplanung eines integrierten Recyclingunternehmens	231
8.5.1	Daten.....	232
8.5.2	Ergebnisse.....	234
8.6	Fazit	236
9	Koordination nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke.....	239
9.1	Anforderungen an die Koordination nachhaltiger Wertschöpfungsnetzwerke.....	239
9.1.1	Kooperationen entlang des Produktlebenszyklus	239
9.1.2	Anforderungen an die Koordination	241
9.2	Koordination in Netzwerken.....	242
9.2.1	Überbetrieblicher Leistungsaustausch	242
9.2.2	Koordination in Wertschöpfungsnetzwerken	244
9.2.3	Koordinationsmechanismen.....	246
	9.2.3.1 Koordination durch Kontrakte.....	247
	9.2.3.2 Koordination von mathematischen Optimierungsmodellen	248
9.3	Fallbeispiel: Koordination von Recyclingnetzwerken.....	250
9.3.1	Charakterisierung der Koordinationssituation	251
	9.3.1.1 Aktivitäten und Stoffströme	251
	9.3.1.2 Akteure, Zielsetzungen und Informationen.....	252

9.3.1.3 Weitere Präzisierung der Koordinationssituation	253
9.3.2 Koordinationsansatz	254
9.3.2.1 Zentrales Modell	254
9.3.2.2 Dezentrales Modell	254
9.3.2.3 Koordinationsmechanismus	256
9.3.2.4 Prototypische Umsetzung als Multi-Agentensystem	258
9.3.3 Ergebnisse	259
9.4 Fazit	263
10 Schlussfolgerungen.....	265
11 Zusammenfassung.....	273
12 Literatur.....	277