

Carsten Nathani

# Modellierung des Strukturwandels beim Übergang zu einer materialeffizienten Kreislaufwirtschaft

Kopplung eines Input-Output-Modells  
mit einem Stoffstrommodell  
am Beispiel der Wertschöpfungskette „Papier“

Mit 42 Abbildungen und 71 Tabellen



Physica- Verlag

Ein Unternehmen des Springer-Verlags

# Inhaltsübersicht

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>1</b>
<b>Teil I: Entwicklung eines methodischen Ansatzes zur Modellierung des Strukturwandels in einer materialeffizienten Kreislaufwirtschaft.....</b>		
<b>2</b>	<b>Kreislaufwirtschaft, Materialeffizienz und Strukturwandel.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Der technische und intrasektorale Wandel in Input-Output-Modellen.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Ein Ansatz zur Kopplung eines IO-Modells mit einem Stoffstrommodell.....</b>	<b>47</b>
<b>Teil II: Empirische Anwendung des Kopplungsansatzes.....</b>		
<b>5</b>	<b>Kopplung des IO-Modells MIS mit einem Stoffstrommodell der Wertschöpfungskette „Papier“.....</b>	<b>93</b>
<b>6</b>	<b>Modellrechnungen mit dem gekoppelten Modell.....</b>	<b>127</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>201</b>
<b>Anhang.....</b>		<b>211</b>
<b>Verzeichnisse.....</b>		<b>243</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>Teil I: Entwicklung eines methodischen Ansatzes zur Modellierung des Strukturwandels in einer materialeffizienten Kreislaufwirtschaft</b> .....		
<b>2</b>	<b>Kreislaufwirtschaft, Materialeffizienz und Strukturwandel</b> .....	<b>9</b>
2.1	Typisierung von Materialeffizienz- und Kreislaufwirtschaftsstrategien.....	9
2.2	Zur Relevanz für die Verringerung des Energieverbrauchs.....	15
2.3	Die Stoffstromanalyse als partialanalytischer Untersuchungsansatz.....	17
2.4	Auswirkungen auf die sektorale Wirtschaftsstruktur.....	21
<b>3</b>	<b>Der technische und intrasektorale Wandel in Input-Output-Modellen</b> .....	<b>23</b>
3.1	Grundlagen der Input-Output-Analyse.....	23
3.1.1	Input-Output-Tabellen.....	23
3.1.2	Input-Output-Modelle.....	25
3.2	Determinanten der Veränderung von Inputkoeffizienten in einem Input-Output-Modell.....	31
3.3	Bestehende Ansätze zur Abbildung und Projektion des technischen und strukturellen Wandels in Input-Output-Modellen.....	34
3.3.1	Formale und pragmatische Ansätze.....	34
3.3.2	Analyse bestehender pragmatischer Ansätze.....	37
3.4	Technischer und struktureller Wandel im Input-Output-Modell MIS.....	44

<b>4</b>	<b>Ein Ansatz zur Kopplung eines IO-Modells mit einem Stoffstrommodell.....</b>	<b>47</b>
4.1	Grundidee der Modellkopplung.....	47
4.2	Kopplungsrelevante Aspekte eines Stoffstrommodells.....	50
4.2.1	Kopplungsorientierte Darstellung eines Stoffstromsystems.....	50
4.2.2	Zur Kompatibilität von Stoffstrommodell und IO-Modell.....	60
4.2.2.1	Unterschiedliche Aktivitätskonzepte und die Folgen für die Modellkopplung.....	60
4.2.2.2	Die Monetarisierung der physischen Stoffströme.....	64
4.3	Die Kopplung der Modelle.....	72
4.3.1	Festlegung der Modellschnittstellen.....	72
4.3.2	Der Abgleich der Modelle für das Basisjahr.....	74
4.4	Ablauf der Modellierung mit dem gekoppelten Modell.....	79
4.4.1	Basislauf mit dem ungekoppelten IO-Modell.....	79
4.4.2	Ermittlung der modellexogenen Nachfrage.....	81
4.4.3	Simulation von Materialeffizienz- und Kreislaufwirtschaftsstrategien mit dem Stoffstrommodell.....	82
4.4.4	Übertragung der Simulationsergebnisse in das IO-Modell.....	82
4.4.5	Weitere Anpassungserfordernisse im IO-Modell.....	85
4.4.6	Modellrechnung.....	88
4.5	Diskussion des gewählten Modellansatzes.....	88
<b>Teil II:</b>	<b>Empirische Anwendung des Kopplungsansatzes.....</b>	<b>91</b>
<b>5</b>	<b>Kopplung des IO-Modells MIS mit einem Stoffstrommodell der Wertschöpfungskette „Papier“.....</b>	<b>93</b>
5.1	Aufbau eines Stoffstrommodells der Wertschöpfungskette „Papier“.....	93
5.1.1	Überlegungen zum Zuschnitt des Stoffstrommodells.....	93
5.1.2	Die Prozesse der Papierkette im Stoffstrommodell.....	97
5.1.2.1	Übersicht.....	97
5.1.2.2	Bereitstellung des Rohstoffs Holz.....	97

5.1.2.3	Herstellung von Primärfasern.....	98
5.1.2.4	Aufbereitung von Altpapier.....	101
5.1.2.5	Herstellung von Papier.....	101
5.1.2.6	Papier- und Pappeprodukte.....	104
5.1.2.7	Distribution und Nutzung der Papierprodukte.....	107
5.1.2.8	Altpapiererfassung.....	107
5.1.2.9	Energiebedarf und Energieversorgung in der Papierkette.....	110
5.1.2.10	Der Stoffstrom „Papier“ 1995 als Stoffstrommatrix.....	111
5.2	Die Kopplung der Modelle.....	114
5.2.1	Methodische Vorarbeiten.....	114
5.2.1.1	Die Abbildungstreu der Papierkette in den amtlichen IO-Tabellen zwischen 1978 und 1990.....	114
5.2.1.2	Anpassung des Modells MIS.....	118
5.2.2	Durchführung der Modellkopplung.....	118
5.2.2.1	Definition der Modellschnittstellen.....	118
5.2.2.2	Abgleich der Modelle für das Basisjahr.....	121
<b>6</b>	<b>Modellrechnungen mit dem gekoppelten Modell.....</b>	<b>127</b>
6.1	Generierung von Szenarien zur Entwicklung der Wertschöpfungskette „Papier“.....	127
6.1.1	Exkurs: Szenariotechnik.....	127
6.1.2	Wahl der Szenarien.....	129
6.1.3	Szenarienannahmen.....	132
6.1.3.1	Annahmen zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.....	132
6.1.3.2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	133
6.1.3.3	Papiernachfrage und Papierproduktion.....	135
6.1.3.4	Auswirkungen auf Papierabnehmer und nachgelagerte Sektoren.....	146
6.1.3.5	Entwicklung des Faserstoffeinsatzes zur Papierherstellung.....	147
6.1.3.6	Entwicklung von Energiebedarf und Energiebereitstellung.....	149

6.2	Ergebnisse der Modellrechnungen: Auswirkungen auf Wirtschaftsstruktur und Energieverbrauch.....	153
6.2.1	Ergebnisse des Stoffstrommodells.....	154
6.2.2	Anpassung der IO-Modellgrößen.....	161
6.2.3	Ergebnisse der IO-Modellrechnungen - Sektorale Auswirkungen von Kreislaufwirtschafts- und Materialeffizienzstrategien in der Papierkette.....	172
6.2.3.1	Vorbemerkungen.....	172
6.2.3.2	Referenzszenario.....	176
6.2.3.3	Öko-Effizienzzenario.....	183
6.2.3.4	Nachhaltigkeitsszenario.....	188
6.3	Zusammenfassung und Diskussion der Modellrechnungen.....	195
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick.....</b>	<b>201</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>.....</b>	<b>211</b>
A.1	Zum Aufbau des Input-Output-Modells MIS.....	213
A.2	Zum Aufbau des Stoffstrommodells.....	215
A.3	Daten zur Modellkopplung.....	227
A.4	Szenarienannahmen.....	233
A.5	Ergebnisse der Simulationsrechnungen mit dem Stoffstrommodell.....	235
A.6	Ergebnisse der IO-Modellrechnungen.....	236
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>.....</b>	<b>243</b>
<b>Symbolverzeichnis</b> .....	<b>.....</b>	<b>245</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>.....</b>	<b>249</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>.....</b>	<b>253</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>.....</b>	<b>259</b>