

# Inhaltsverzeichnis

Problemstellung und Motivation	1
<b>I. Produktions- und kostentheoretische Betrachtungen</b>	<b>15</b>
1. Die Bedeutung der Produktions- und Kostentheorie für umweltwirtschaftliche Problemstellungen	15
2. Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt im Rahmen aggregierter Modelle	20
2.1 Historischer Abriss	20
2.1.1 Vorklassik und Klassik	21
2.1.2 Physiokratie	25
2.1.3 Neoklassik	26
2.1.4 Umwelt- und Ressourcenökonomie	29
2.2 Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt über externe Effekte	39
2.2.1 Definition und Wirkungsweise externer Effekte	39
2.2.1.1 Ökonomische Aspekte	40
2.2.1.2 Ökologische Aspekte	50
2.2.2 Formale Darstellung externer Effekte und ihrer Wirkungen	54
2.2.2.1 Outputinduzierte externe Effekte	54
2.2.2.2 Faktorinduzierte externe Effekte	58
2.3 Die Umwelt als Produktionsfaktor	66
2.3.1 Der Faktor Umwelt in aggregierten Modellen	66
2.3.2 Erweiterung aggregierter Produktionsfunktionen um den Faktor Umwelt	72
2.3.2.1 Produktionsfunktionen vom Cobb-Douglas-Typ	72
2.3.2.2 Produktionsfunktion vom Cobb-Douglas-Typ unter Einbeziehung des Faktors Umwelt	79
2.3.3 Auswirkungen der Einbeziehung des Faktors Umwelt	85
2.3.3.1 Produktionsbeitrag und Substitutionsbeziehungen des Faktors Umwelt	85
2.3.3.2 Auswirkungen auf den Faktor Kapital	89
2.3.3.3 Ermittlung der Minimalkostenkombination unter Berücksichtigung des Faktors Umwelt	96

2.3.4	Substitutionsmöglichkeiten in bezug auf den Faktor Umwelt bei weiteren aggregierten Produktionsfunktionen	102
2.3.4.1	Art der Substitutionsbeziehung und 'Doomsday'-Hypothese	102
2.3.4.2	Erweiterte CES-Funktion	104
2.3.4.3	VES-Funktion vom Sato/Hoffmann-Typ	106
2.3.4.4	Sato-Funktion	109
2.3.4.5	Weitere, problemadäquate Isoquantenverläufe	112
2.4	Zusammenfassung	114
3.	Die Berücksichtigung der natürlichen Umwelt in betriebswirtschaftlichen Modellen der Produktions- und Kostentheorie	121
3.1	Zur Bedeutung des Faktors Umwelt in betriebswirtschaftlichen Modellen der Produktions- und Kostentheorie	121
3.2	Der Produktionsprozeß als Input/Output-Modell	130
3.3	Berücksichtigung der natürlichen Umwelt über Verbrauchsfunktionen	140
3.3.1	Das Konzept der Verbrauchsfunktionen nach GUTENBERG	140
3.3.2	Die Abbildung von Umweltnutzung über bewertete Verbrauchsfunktionen	144
3.3.3	Auswirkungen der Abbildung von Umweltnutzung in bewerteten Verbrauchsfunktionen	148
3.3.4	Auswirkungen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf die Niedrigstkostenkurve	154
3.3.5	Konsequenzen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf quantitative Anpassungsprozesse	161
3.4	Kurzfristige Anpassung an Emissionsbeschränkungen	168
3.4.1	Unterschiedliche Ausprägungen von Emissionsbeschränkungen	168
3.4.2	Anpassung an Beschränkungen der Momentanemissionen	171
3.4.2.1	Fixe Beschränkung der Momentanemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	171
3.4.2.2	Variable Beschränkung der Momentanemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	178
3.4.2.3	Variable Beschränkung der Momentanemissionen mit Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	181
3.4.2.4	Betriebszeiterhöhungen als Anpassungsmaßnahme an Beschränkungen der Momentanemissionen	183

3.4.3	Anpassung an Beschränkungen der Gesamtemissionen	191
3.4.3.1	Fixe Beschränkung der Gesamtemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	191
3.4.3.2	Variable Beschränkung der Gesamtemissionen ohne Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	208
3.4.3.3	Variable Beschränkung der Gesamtemissionen mit Möglichkeit der Grenzwertüberschreitung	212
3.4.4	Kurzfristige qualitative Anpassungen	216
3.5	Zusammenfassung	227

## **II. Produktionsmengenplanung** 235

1.	Zur Berücksichtigung der Umweltnutzung in der Produktionsmengenplanung	235
2.	Konsequenzen der Berücksichtigung von Umweltnutzung auf die optimale Ausbringungsmenge	239
2.1	Gewinn- und Rentabilitätsmaximierung bei einstufiger Einproduktartenfertigung	239
2.2	Auswirkungen des Erwerbs von Umweltnutzungsrechten bei Monoproduktion und Planungssicherheit	248
2.3	Gewinnmaximierung bei Mehrproduktartenfertigung	251
2.3.1	Unrestringierte Optimierung bei stetigen Gewinnfunktionen	251
2.3.2	Optimierung bei stetigen Gewinnfunktionen und Beschränkungen	253
2.3.3	Gewinnmaximierung beim Erwerb von Umweltnutzungsrechten	257
3.	Berücksichtigung von Umweltnutzung in der operativen Produktionsprogrammplanung bei mehrstufiger Mehrproduktartenfertigung und Unsicherheit	259
3.1	Problembezogene Besonderheiten bei der Formulierung eines Linearen Optimierungsmodells	259
3.2	Problemadäquate Abbildung aggregatleistungsabhängiger Kostenfunktionen in Modelle der linearen Optimierung	265

3.3	Abbildung von Emissionsbeschränkungen und Umweltkosten	274
3.3.1	Zeitraumbezogene Restriktionen	274
3.3.2	Zeitpunktbezogene Restriktionen	275
3.3.3	Restriktionen in bezug auf Umweltnutzungsklassen	277
3.3.4	Abbildung von Umweltnutzungskosten	279
3.4	Problemadäquate Abbildung der Unsicherheit und der Unschärfe	281
3.4.1	Zur Problemadäquanz unterschiedlicher Ansätze zur Abbildung von Unsicherheit	281
3.4.2	Problemrelevante Grundlagen der Fuzzy Set-Theorie	286
3.4.2.1	Begriffe der unscharfen Mengenlehre	287
3.4.2.2	Problemadäquate Verknüpfungsoperatoren	292
3.4.2.3	Das Erweiterungsprinzip	295
3.4.2.4	Problemadäquate Zugehörigkeitsfunktionen	298
3.4.2.5	Symmetrischer und nicht-symmetrischer Optimierungsansatz	299
3.5	Formulierung eines unscharfen Produktionsprogrammplanungsmodells	302
3.5.1.	Zum Einsatz von fuzzy Optimierungsmodellen in der Programmplanung	302
3.5.2	Unschärfeursachen unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte	304
3.5.2.1	Unschärfebereiche betrieblicher Beschränkungen	304
3.5.2.2	Unschärfe in der Zielfunktion	310
3.5.3	Zur Relevanz mehrfacher Zielsetzungen bei der Verfolgung umweltbezogener Ziele	312
3.5.4	Formale Abbildung der Unschärfe und ihre Problematik	314
3.5.4.1	Unscharfe Restriktionsgrenzen	314
3.5.4.2	Unscharfe Restriktionskoeffizienten und -grenzen	320
3.5.4.3	Unscharfe Zielfunktionskoeffizienten	325
3.5.5	Probleme und Vorgehensweise bei der Modellformulierung	326
3.5.5.1	Formulierung des Optimierungsproblems bei unscharfen Restriktionsgrenzen	326
3.5.5.2	Vorgehensweise bei unscharfen Restriktionskoeffizienten und Restriktionsgrenzen	328
3.5.5.3	Vorgehensweise bei unscharfen Zielfunktionskoeffizienten	332
3.5.5.4	Rückschlüsse für die vorzunehmende Modellformulierung	335
3.5.6	Produktionsprogrammplanungsmodell mit unscharfen Restriktionsgrenzen	336
3.5.7	Produktionsprogrammplanungsmodell mit vollständiger Unschärfe	341

3.6 Simulationen auf der Basis des konstruierten Modells	347
3.6.1 Gegenstand der Simulationsuntersuchungen	347
3.6.2 Auswirkungen von Emissionsbeschränkungen	348
3.6.3 Einbeziehung mehrerer umweltbezogener Ziele in die Optimierung	354
3.6.4 Einbeziehung von Umweltnutzungszertifikaten	357
3.6.4.1 Ermittlung der gewinnmaximalen Anzahl Umweltnutzungszertifikate	357
3.6.4.2 Ermittlung von Zertifikatsgrenzpreisen	363
3.6.4.3 Eingeschränkte Umweltnutzung als Unternehmensziel und Zertifikate	364
4. Zusammenfassung	367
Schlußbemerkung	373
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>375</b>