

**Inhaltsverzeichnis**

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XXI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Aufbau der Arbeit .....	8
1.3 Entwicklung eines Bezugsrahmens .....	12
<b>2 Umweltschutz als strategischer Wettbewerbsfaktor</b> .....	<b>15</b>
2.1 Entwicklungsstufen des Umweltschutzmanagements .....	15
2.2 Wirkungskräfte für zunehmende Bedeutung von Umweltschutzmaßnahmen .....	19
2.2.1 Systematisierung der Wirkungskräfte .....	19
2.2.2 Staatliche Eingriffe .....	22
2.2.3 Umweltbewußtes Konsumentenverhalten .....	30
2.3 Ökologieorientierte Positionierung der eigenen Unternehmung mit Hilfe des <u>Stakeholder-Konzepts</u> .....	32
2.3.1 Ökologische Betroffenheit von Unternehmen .....	32
2.3.2 Erwartungen der Stakeholder .....	35
2.3.2.1 Unternehmensexterne Anspruchsgruppen .....	36
2.3.2.2 Unternehmensinterne Anspruchsgruppen .....	39
2.3.3 Positionierung der Stakeholder .....	40
2.4 Betriebliche Anpassungsstrategien an neue umweltschutzspezifische Anforderungen ...	42
2.4.1 Grundlegende Anpassungsstrategien .....	42
2.4.2 Differenziertere Unternehmensstrategien auf ökologische Anforderungen .....	45
2.5 Konzept eines ganzheitlichen Umweltschutzmanagements .....	48
2.5.1 Orientierung am dreidimensionalen Öko-Würfel .....	48
2.5.2 Leistungserstellungsdimension .....	51
2.5.3 Leistungsunterstützungsdimension .....	53
2.5.4 Umweltschutzdimension .....	56
2.5.5 Empirische Überprüfung der Ökologieorientierung einzelner Funktionsbereiche ...	56
2.6 Einordnung des entwickelten Bewertungsmodells in das ganzheitliche Umweltschutzmanagement .....	58

<b>3 Umweltschutzinvestitionen</b> .....	61
<b>3.1 Klassifizierung und Definition von Investition und Umweltschutzinvestition</b> .....	61
3.1.1 Definition und Arten von Investitionen.....	61
3.1.2 Abgrenzung von Investition und Umweltschutzinvestition.....	63
3.1.3 Definition und Charakterisierung einer Umweltschutzinvestition.....	66
3.1.4 Mögliche Umweltschutzinvestitionstypen in der Praxis.....	69
3.1.5 Ökonomische Besonderheiten von Umweltschutzinvestitionen.....	71
<b>3.2 Mängel der klassischen Investitionsrechenverfahren zur Bewertung von Umweltschutzinvestitionen</b> .....	72
3.2.1 Theoretische Grundlagen.....	72
3.2.2 Statische Verfahren.....	75
3.2.2.1 Kostenvergleichsrechnung.....	75
3.2.2.2 Gewinnvergleichsrechnung.....	77
3.2.2.3 Rentabilitätsrechnung.....	78
3.2.2.4 Statische Amortisationsrechnung.....	79
3.2.2.5 Überprüfung der Eignung für die Beurteilung von Umweltschutzinvestitionen.....	80
3.2.3 Dynamische Verfahren.....	81
3.2.3.1 Kapitalwertmethode.....	83
3.2.3.2 Annuitätenmethode.....	86
3.2.3.3 Methode des internen Zinsfußes.....	87
3.2.3.4 Dynamische Amortisationsrechnung.....	90
3.2.3.5 Bewertung der Eignung für die Beurteilung von Umweltschutzinvestitionen.....	91
3.2.4 Mängel der Kapitalwertmethode bei der Bewertung von Umweltschutzinvestitionen.....	93
<b>3.3 Verbesserungsmöglichkeiten der Kapitalwertmethode</b> .....	95
<b>3.3.1 Verfahrensimmanente Verbesserungen</b> .....	95
3.3.1.1 Aufspaltung des Kalkulationszinsfußes.....	96
3.3.1.2 Berücksichtigung von Steuern.....	100
3.3.1.3 Inflationsbewertung.....	104
3.3.1.4 Bildung von Differenzinvestitionen.....	106

3.3.2 Detailliertere Informationsversorgung durch ein betriebliches Umweltinformationssystem .....	108
3.3.3 Erweiterung zu einem umfassenden Wirtschaftlichkeitsanalysemmodell für Umweltschutzinvestitionen .....	115
<b>4 Berücksichtigung der Unsicherheit im Rahmen von     Umweltschutzinvestitionen .....</b>	<b>119</b>
4.1 Problembeschreibung .....	119
4.2 Spezielle Risiken im Umweltschutzbereich .....	122
4.3 Methoden der Risikoberücksichtigung bei der Bewertung von Umweltschutzinvestitionen .....	126
4.3.1 Überblick .....	126
4.3.2 Korrekturverfahren .....	128
4.3.3 Sensitivitätsanalysen .....	130
4.3.4 Risikoanalysen .....	135
4.3.4.1 Einführung .....	135
4.3.4.2 Analytische Verfahren der Risikoanalyse .....	137
4.3.4.3 Simulative Verfahren der Risikoanalyse .....	141
4.3.4.4 Fallbeispiel einer Monte-Carlo-Simulation für eine Umweltschutzinvestition .....	149
4.3.4.5 Entscheidungstheorie .....	155
4.3.4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse .....	158
4.4 Einbeziehung der Unschärfe in die Investitionsvorbereitung mittels Fuzzy-Logik .....	159
4.4.1 Fuzzy-Logik im Umweltschutzmanagement .....	159
4.4.2 Grundlagen und Grenzen der Fuzzy-Logik .....	164
4.4.3 Operationen mit unscharfen Mengen: Unschärfe Logik .....	168
4.4.4 Anwendungsbeispiele unscharfer Methoden und Modelle im Umweltschutzmanagement .....	172
4.4.5 Fuzzy-Control als innovatives Prognoseinstrument .....	181
4.4.6 Anwendungsbeispiel: Fuzzy Control als Prognoseinstrument im Umweltschutzmanagement .....	183
4.4.7 Kritische Würdigung der Fuzzy-Logik als Prognoseinstrument im Umweltschutzmanagement .....	198

<b>5 Finanzierungsaspekte bei Umweltschutzprojekten</b> .....	201
5.1 Bedeutung der Finanzierungsaspekte bei Umweltschutzinvestitionen .....	201
5.2 Allgemeine Finanzierungsquellen .....	202
5.2.1 Grundlagen der Finanzierung .....	202
5.2.2 Außenfinanzierung .....	204
5.2.3 Innenfinanzierung .....	208
5.3 Spezielle Finanzierungsformen für Umweltschutzprojekte .....	212
5.3.1 Überblick der vorhandenen Umweltschutzförderungen .....	212
5.3.2 Spezielle Kreditformen .....	215
5.3.3 Steuervergünstigungen .....	217
5.3.4 Subventionen im Umweltschutzbereich .....	222
5.3.5 Umweltzertifikate als innovative Finanzierungsform .....	223
5.3.6 Überprüfung der Effizienz ökologieorientierter staatlicher Finanzierungsinstrumente .....	225
5.3.7 Vergleich der Fördermaßnahmen in alten und neuen Bundesländern .....	226
5.4 Monetäre Auswirkungen der staatlichen Förderhilfen auf den Kapitalwert einer Umweltschutzinvestition .....	227
5.4.1 Auswirkungen durch spezielle Kreditformen .....	227
5.4.2 Auswirkungen durch Steuervergünstigungen .....	228
5.4.3 Auswirkungen durch Subventionen .....	229
5.4.4 Zusammenfassendes Zahlenbeispiel .....	230
5.4.5 Finanzierungs-Mix .....	231
5.5 Simultane Investitions- und Finanzierungsmodelle .....	233
5.5.1 Klassische Modelle ohne Umweltschutzaspekte .....	235
5.5.1.1 Deansches Modell .....	235
5.5.1.2 Modell nach Albach .....	236
5.5.1.3 Modell von Hax/Weingartner .....	237
5.5.2 Erweiterung simultaner Planungsmodelle um den Ökologieaspekt .....	241
5.5.2.1 Monetarisierung ökologischen Handelns .....	241
5.5.2.2 Kapitalwertmodell mit Umweltschutz als Nebenbedingung .....	242
5.5.2.3 Simultane Planung mit Fuzzy-Logik .....	245

<b>6 Integration qualitativer Einflußgrößen in die Bewertung von Umweltschutzinvestitionen - Entwicklung der Fünfstufigen Erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse (FEWA) .....</b>	<b>249</b>
6.1 Status Quo der Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	249
6.1.1 Überblick existierender Verfahren .....	249
6.1.2 Traditionelle Wirtschaftlichkeitsrechnung .....	253
6.1.3 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	254
6.1.3.1 Einschichtige Verfahren .....	255
6.1.3.2 Zweischichtige Verfahren .....	256
6.1.3.3 Dreischichtige Verfahren .....	258
6.2 Mängel der herkömmlichen Ansätze zur Bewertung von Umweltschutzinvestitionen und Verbesserungsmöglichkeiten .....	263
6.3 Fünfstufige erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (FEWA) zur Bewertung von Umweltschutzinvestitionen .....	265
6.3.1 Ablaufschema der FEWA .....	265
6.3.2 Investitionsspezifische Grundrechnung (Stufe 1) .....	267
6.3.3 Finanzanalytische Ergänzungsrechnung (Stufe 2) .....	268
6.3.4 Prozeßorientierte Erweiterungsrechnung (Stufe 3) .....	272
6.3.5 Potentielle Erweiterungsrechnung durch computergestützte Fuzzy-Sets (Stufe 4) .....	273
6.3.6 Nutzwertanalytische Ergänzungsrechnung (Stufe 5) .....	278
6.3.7 Integrationsproblematik und Entscheidungsvorbereitung .....	283
6.4 Begleitende Maßnahmen zur Realisierung der FEWA .....	289
<b>7 Differenzierter Einsatz des Fünf-Stufenmodells .....</b>	<b>291</b>
7.1 Anwendungsgebiete .....	291
7.2 Fallstudie Stufe 1: Wirtschaftlichkeitsnachweis für eine Abwasserreinigungsanlage bei der Niederrheinische Getränkeindustrie GmbH .....	295
7.2.1 Kostenfaktor Abwasserabgabe .....	295
7.2.2 Ausgangssituation der Fallstudie .....	296
7.2.3 Wirtschaftlichkeitsanalysen zur Bewertung der Risikostruktur .....	297
7.2.4 Interpretation der Ergebnisse .....	302

7.3 Fallstudie Stufe 1 + 2: Finanzierungskonzept für Umweltschutzinvestitionen in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bank AG.....	302
7.3.1 Anwendungsbereich.....	302
7.3.2 Investitionsbeschreibung und Finanzierungskonzepte.....	304
7.3.3 Umfassende Analyse des Datenmaterials.....	310
7.3.4 Sensitivitätsanalysen zur Absicherung der Ergebnisse.....	316
7.4 Fallstudie Stufe 1 + 3: Bewertung von Lackieranlagen mit „Prozeßorientierter Investitionsrechnung“ am Beispiel der Adam Opel AG.....	327
7.4.1 Darstellung des Prozeßgedankens.....	327
7.4.2 Prozeßübergreifende Investitionsrechnung.....	328
7.4.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich von clean- und end-of-the-pipe-Technologien.....	331
7.4.4 Bewertung der Ergebnisse.....	337
7.5 Fallstudie Stufe 1 + 4: Anwendungsprogramm VIPER.....	338
7.5.1 Fuzzy-Logik zur Abbildung des Wirkungsgefüges „Produktimage“.....	338
7.5.2 Darstellung von VIPER.....	340
7.5.3 Bewertung der Fuzzy-Logik.....	344
7.6 Fallstudie Stufe 1 + 5: Nutzwertanalyse zur Fallstudie über Lackieranlagen bei der Adam Opel AG.....	345
7.6.1 Dynamisierte Nutzwertanalyse.....	345
7.6.2 Punktbewertung für Lackieranlagen.....	345
7.6.3 Integrationsproblematik.....	348
7.7 Zusammenfassende Würdigung der Fallstudien.....	350
<b>8. Schlußbetrachtung und Ausblick.....</b>	<b>351</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>353</b>

**Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Histogramm der Ökologieorientierung.....	2
Abb. 2: Entwicklung der Umweltschutzinvestitionen.....	4
Abb. 3: Umweltschutzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe von 1986 - 1992.....	4
Abb. 4: Berücksichtigung ökologischer Aspekte bei Investitionsentscheidungen.....	6
Abb. 5: Berücksichtigung ökologischer Risiken.....	7
Abb. 6: Umfang der Umweltschutzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe.....	16
Abb. 7: Entwicklungsstufen im Umweltschutzmanagement.....	19
Abb. 8: Umweltschutzrelevante Wirkungskräfte auf das Unternehmen.....	22
Abb. 9: Monetäre Konsequenzen der umweltpolitischen Instrumente aus Unternehmens- und Staatssicht.....	23
Abb. 10: Gesetzgebung im Umweltschutz.....	25
Abb. 11: Abfallwirtschaftliche Technologien.....	27
Abb. 12: Trendszenarien für die Harmonisierung des Umweltschutzrechts im EU- Binnenmarkt.....	29
Abb. 13: Entwicklung des Umweltbewußtseins in Westdeutschland.....	31
Abb. 14: Ökologischer Betroffenheitsgrad von Unternehmen differenziert nach Branchen.....	32
Abb. 15: Investitionen für Umweltschutz nach Wirtschaftsbereichen im Jahr 1992.....	33
Abb. 16: Positionierung der Stakeholder hinsichtlich ihrer Umweltschutzanforderungen.....	41
Abb. 17: Erweitertes Ökologie-Portfolio.....	42
Abb. 18: Strategischer Ökologie-Würfel.....	44
Abb. 19: Drei-Achsen-Portfolio: Reaktionsformen von Unternehmen auf Anforderungen im Umweltschutzbereich.....	47
Abb. 20: Ganzheitliches Umweltschutzmanagement.....	49
Abb. 21: Beziehungen zwischen Investitions-, Finanz- und Öko-Controlling.....	60
Abb. 22: Abgrenzung von Investition und Umweltschutzinvestition.....	68
Abb. 23: Einteilung von Umweltschutzinvestitionen nach praxisrelevanten Umsetzungen.....	70
Abb. 24: Umweltschutzinvestitionen nach Umweltbereichen.....	71
Abb. 25: Investitionsrechenverfahren.....	74
Abb. 26: Mögliche Verläufe von Kapitalwertfunktionen.....	89
Abb. 27: Modifizierte Kapitalwertmethode.....	95
Abb. 28: Interpretation des Kalkulationszinsfußes.....	97
Abb. 29: Betriebliche Umweltinformationssysteme.....	109
Abb. 30: Entscheidungssituationen.....	121
Abb. 31: Spezielle Risiken im Umweltschutzbereich.....	123
Abb. 32: Methoden zur Risikoberücksichtigung.....	128
Abb. 33: Kapitalwert in Abhängigkeit vom steuermodifizierten Kalkulationszinssatz.....	133
Abb. 34: Risikoanalyse mit beispielhaften Eingangsgrößen.....	136

Abb. 35: Unterschiedliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	137
Abb. 36: Stichprobenziehung anhand einer (0,1)-gleichverteilten Zufallszahl z.....	144
Abb. 37: Ablaufdiagramm einer Risikosimulation.....	146
Abb. 38: Unabhängige und abhängige Zufallsvariablen.....	148
Abb. 39: Verteilungsfunktionen der unsicheren Inputgrößen.....	153
Abb. 40: Risikoprofil.....	155
Abb. 41: Nutzenfunktionen zur Erklärung von Risikoverhalten.....	156
Abb. 42: Anwendungsmöglichkeiten der Fuzzy-Logik.....	164
Abb. 43: Scharfe Menge „Vertretbare SO <sub>2</sub> -Konzentrationen“.....	172
Abb. 44: Unschärfe Menge „Vertretbare SO <sub>2</sub> -Konzentrationen“.....	173
Abb. 45: Unschärfe Entscheidung „Brenntemperatur“.....	176
Abb. 46: Fuzzy Control.....	184
Abb. 47: Linguistische Variable „Brenntemperatur“.....	186
Abb. 48: Linguistische Variable „Windgeschwindigkeit“.....	186
Abb. 49: Linguistische Variable „NO-Immissionskonzentration“.....	187
Abb. 50: Auswirkungen der Regel 9 auf die NO-Immissionskonzentration.....	189
Abb. 51: Auswirkungen der Regel 9 und 10 auf die NO-Immissionskonzentration.....	190
Abb. 52: Auswirkungen der Regel 9,10 und 14 auf die NO-Immissionskonzentration.....	190
Abb. 53: Auswirkungen der Regel 9, 10, 14 und 15 auf die NO-Immissionskonzentration...	191
Abb. 54: Unschärfes Ergebnis der Max-Prod- und COG-Methode.....	191
Abb. 55: Dreidimensionales Kennfeld zum Beispiel.....	193
Abb. 56: Linguistische Variable „Umweltschutzinvestition“.....	197
Abb. 57: Allgemeine Finanzierungsquellen.....	203
Abb. 58: Verschiedene Umweltschutzprogramme.....	214
Abb. 59: Umweltschutzförderprogramme und deren Konditionen.....	218
Abb. 60: Finanzierungs-Mix.....	232
Abb. 61: Simultane Investitions- und Finanzierungsmodelle.....	234
Abb. 62: Entwicklung der Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	251
Abb. 63: Systematik von Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	252
Abb. 64: Nutzwert-Portfolio.....	261
Abb. 65: Ablaufdiagramm der „dreischichtigen Wirtschaftlichkeitsanalyse“ nach Zangemeister.....	265
Abb. 66: Ablaufschema der „Fünfstufigen erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse“.....	266
Abb. 67: Zielbeziehungen zum Umweltschutz.....	275
Abb. 68: Umsatzzielsystem unter besonderer Berücksichtigung des Wirkungsgefüges „Gesamtimage“.....	277
Abb. 69: Vorgehensweise der Nutzwertanalyse.....	279
Abb. 70: Darstellung der Risikobereiche für die monetären Aspekte.....	284
Abb. 71: Portfolio-Darstellung.....	285



<b>Abb. 72: Differenz-Portfolio-Darstellung</b> .....	<b>287</b>
<b>Abb. 73: Ergänzende Bausteine der FEWA</b> .....	<b>290</b>
<b>Abb. 74: Einsatzfelder von Wirtschaftlichkeitsanalysen</b> .....	<b>292</b>
<b>Abb. 75: Anwendungsfelder der einzelnen Ablaufstufen</b> .....	<b>294</b>
<b>Abb. 76: Sensitivitätsanalysen</b> .....	<b>298</b>
<b>Abb. 77: Mehrdimensionale Sensitivitätsanalyse</b> .....	<b>299</b>
<b>Abb. 78: Fallspezifische Vorgehensweise einer Risikoanalyse</b> .....	<b>300</b>
<b>Abb. 79: Fallspezifisches Risikoprofil</b> .....	<b>301</b>
<b>Abb. 80: Graphische Darstellung der Sensitivitätsanalyse I</b> .....	<b>319</b>
<b>Abb. 81: Graphische Darstellung der Sensitivitätsanalyse II</b> .....	<b>321</b>
<b>Abb. 82: Graphische Darstellung der Sensitivitätsanalyse III</b> .....	<b>323</b>
<b>Abb. 83: Lösemittel Einsatz bei der Karosserielackierung in Abhängigkeit von der Lackierart</b> .....	<b>332</b>
<b>Abb. 84: Produktionsprozeß einer Lackieranlage</b> .....	<b>334</b>
<b>Abb. 85: Darstellung der betrachteten Prozesse</b> .....	<b>335</b>
<b>Abb. 86: Wirkungsgefüge „Produktimage“</b> .....	<b>339</b>
<b>Abb. 87: Linguistische Variablen, Zugehörigkeitsfunktionen und Ergebnisfläche des Fallbeispiels</b> .....	<b>341</b>
<b>Abb. 88: Hauptfenster mit dem Ausschnitt des Umsatzzielsystems</b> .....	<b>342</b>
<b>Abb. 89: Maske von VIPER im Simulationsmodus</b> .....	<b>343</b>
<b>Abb. 90: Fallspezifische Portfolio-Darstellung</b> .....	<b>348</b>
<b>Abb. 91: Fallspezifische Differenz-Portfolio-Darstellung</b> .....	<b>349</b>

**Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Ökologieorientierung in den einzelnen Funktionsbereichen.....	57
Tab. 2: Beispieldaten für die Methode der kritischen Werte.....	131
Tab. 3: Unschärfe Bewertung der Emissionskonzentration.....	166
Tab. 4: Zugehörigkeitsfunktion in Matrixform.....	175
Tab. 5: Berechnung alternativer UND bzw. ODER-Operatoren.....	177
Tab. 6: Berechnung alternativer Gamma-Operatoren.....	178
Tab. 7: Gewichteter Gamma-Operator mit $\gamma = 0$ .....	179
Tab. 8: Gewichteter Gamma-Operator mit $\gamma = 0,5$ .....	180
Tab. 9: Gewichteter Gamma-Operator mit $\gamma = 1$ .....	180
Tab. 10: Aufgestellte Regeln des Fuzzy-Systems.....	188
Tab. 11: Alternative Prognosewerte bei Max-Prod und COG-Methode.....	192
Tab. 12: Alternative Prognosewerte bei Max-Min und MOM-Methode.....	194
Tab. 13: Alternative Prognosewerte bei Max-Prod und MOM-Methode.....	195
Tab. 14: Alternative Prognosewerte bei Max-Min und COG-Methode.....	195
Tab. 15: Alternative Prognosewerte bei drei Eingangsgrößen und Anwendung von Max-Prod- und COG- Methode.....	198
Tab. 16: Beurteilung der alternativen existierenden Finanzierungshilfen.....	225
Tab. 17: Fünfstufige erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse (FEWA).....	267
Tab. 18: Einflußgrößen des Fallbeispiels.....	297
Tab. 19: Zeitpunktgenaue Zahlungen des ERP-Kredits.....	312
Tab. 20: Zusammenfassung der Ergebnisse der Fallstudie.....	316
Tab. 21: Sensitivitätsanalyse bei Variation des Kalkulationszinsfußes.....	318
Tab. 22: Sensitivitätsanalyse bei Variation des Grenzsteuersatzes.....	320
Tab. 23: Erweiterte Sensitivitätsanalyse bei zwei Variablen.....	322

Tab. 24: Verdoppelung der Investitionssumme.....	324
Tab. 25: Ausschöpfung der Kredithöchstgrenzen .....	325
Tab. 26: Zinssätze in den neuen Bundesländern.....	326
Tab. 27: Kosten in den einzelnen Prozessen .....	336
Tab. 28: Punktwerte für Lackieranlage mit konventionellen Lacken .....	346
Tab. 29: Bewertung der Lackieranlage auf wasserlöslicher Basis mit Hilfe der dynamisierten Nutzwertanalyse .....	347