

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung der Arbeit.....	2
1.2 Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2 Strategische Planung, Zukunftskonzepte und Prognosen</b> .....	<b>7</b>
2.1 Strategische Planung und langfristige Vorhersagen .....	7
2.1.1 Grundlagen der strategischen Planung .....	8
2.1.2 Prognosebedarf der strategischen Planung.....	12
2.2 Zukunftskonzepte .....	16
2.2.1 Determination und Unsicherheit .....	18
2.2.2 Kausalität.....	21
2.2.3 Zufall .....	23
2.2.4 Freier Wille .....	25
2.2.5 Komplementarität der Varianten der Determination .....	27
2.2.6 Synthese von Kausalität und Zufall am Beispiel der Evolutionstheorie .....	28
2.2.6.1 Mutation und Selektion als Grundprinzipien der Evolution.....	29
2.2.6.2 Bedeutung der Evolutionstheorie für die Determination der Zukunft.....	31
2.3 Prognosen .....	34
2.3.1 Motivation und Ziele von Prognosen.....	36
2.3.1.1 Motivation.....	36
2.3.1.2 Ziele .....	40
2.3.2 Typisierung der Prognosekonzepte .....	43
2.3.3 Prognoseschemata der Prognosekonzepte.....	45
2.3.3.1 Prognoseschemata traditioneller Prognosen .....	48
2.3.3.2 Prognoseschemata von "intelligenten" Prognosen und Hybridsystemen .....	52
2.3.3.3 Prognoseschema der Szenarioanalyse .....	53

2.3.4	Bewertung der Güte von Prognosemodellen .....	54
2.3.5	Konstitutive Fehlerquellen bei der Verwendung von Prognoseverfahren .....	57
2.3.5.1	Akkumulation von Approximationsfehlern .....	57
2.3.5.2	Generalisierung lokaler Informationen .....	59
2.3.5.3	Problematik der Zeitstabilität .....	60
2.3.5.4	Nachträgliche Korrekturen .....	61
2.3.6	Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens .....	62
2.3.6.1	Auswahl mittels direkter Kriterien .....	62
2.3.6.2	Zeitliche Komplementarität der Prognoseverfahren .....	67
2.3.7	Organisation des Prognoseprozesses .....	70
2.4	Bewertung des Einsatzes traditioneller Prognosen in der strategischen Planung .....	73
<b>3</b>	<b>Methoden der Szenarioanalyse .....</b>	<b>79</b>
3.1	Szenario, Szenarioanalyse und Szenariotechnik .....	80
3.2	Aufgaben und Ziele der Szenarioanalyse .....	81
3.3	Phasen der Szenarioanalyse .....	84
3.4	Bewertungskriterien für Szenariotechniken .....	87
3.4.1	Szenarioanalyse als Prognose im weiteren Sinne .....	87
3.4.2	Bewertungskriterien für das Ergebnis der Szenarioanalyse .....	89
3.4.2.1	Vorhersagefunktion .....	90
3.4.2.2	Lernfunktion .....	93
3.4.3	Bewertungskriterien für den Aufwand der Szenarioanalyse .....	97
3.5	Darstellung der Prognosephase ausgewählter Szenariotechniken .....	98
3.5.1	Statische Konstruktionsverfahren .....	99
3.5.1.1	Logischer Ansatz .....	99
3.5.1.2	Statistischer Ansatz .....	101
3.5.1.3	Wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansatz .....	102
3.5.2	Dynamische Konstruktionsverfahren .....	108
3.5.2.1	Deterministisch-dynamische Generierung von Rohszenarien .....	108
3.5.2.2	Stochastische Verfahren zur dynamischen Konstruktion von Rohszenarien .....	111
3.6	Bewertung der Verfahren für die Prognosephase .....	112

<b>4 Grundlagen der linguistisch-regelbasierten Konstruktion alternativer Zukunftsbilder</b> .....	<b>119</b>
4.1 Alternative Formulierungen der Interdependenzen .....	119
4.2 Technische Grundlagen der regelbasierten Approximation .....	126
4.2.1 Regelbasierte Approximation von Funktionen .....	126
4.2.2 Vor- und Nachteile einer regelbasierten Approximation .....	133
4.3 Anwendung der regelbasierten Approximation bei der dynamischen Konstruktion von Rohszenarien.....	137
4.4 Kritische Einwände: Variationsarmut, Realitätsferne und Unmöglichkeit der Prognose .....	141
<b>5 Widerlegung der Einwände durch Erkenntnisse der Chaostheorie ...</b>	<b>147</b>
5.1 Grundlagen der Chaostheorie .....	148
5.2 Variationsreichtum und Realitätsnähe chaotischer, regelbasierter Prozesse.....	150
5.2.1 Charakteristika chaotischer Prozesse.....	151
5.2.1.1 Sensitivität vom Ausgangszustand .....	151
5.2.1.2 Abrupte Verhaltensänderungen .....	153
5.2.2 Charakteristika regelbasierter Approximationen von chaotischen Prozessen .....	154
5.2.2.1 Variationsreichtum durch die Sensitivität regelbasierter Approximationen .....	157
5.2.2.2 Realitätsnähe durch die abrupte Verhaltensänderungen regelbasierter Approximationen .....	158
5.3 Prognostizierbarkeit und Kontrollierbarkeit chaotischer Prozesse .....	159
5.3.1 Ordnungsstrukturen im deterministischen Chaos .....	160
5.3.1.1 Attraktoren .....	163
5.3.1.2 Ausschluß von Regionen des Zustandsraumes.....	167
5.3.2 Kontrolle des Chaos .....	170
5.3.2.1 Resonante Stimulation .....	171
5.3.2.2 Kontrolle mit Feedback .....	172
5.3.2.3 Steuerung mit Hilfe von Trajektorien.....	173
5.3.2.4 Einsatzvoraussetzungen für die Kontrolle.....	175
5.3.3 Vereinbarkeit von chaotischen Prozessen und langfristigen Prognosen .....	176
5.4 Praktische Relevanz der Chaostheorie .....	177
5.4.1 Identifizierung und Quantifizierung von chaotischen Prozessen.....	177
5.4.1.1 Hilfsmittel zur Identifizierung und Quantifizierung von chaotischen Prozessen.....	178
5.4.1.2 Bewertung der Hilfsmittel .....	187

5.4.2 Anwendung der Chaostheorie in ausgewählten Bereichen der Wissenschaft .....	188
5.4.2.1 Soziologie und Politologie .....	190
5.4.2.2 Ökonomie .....	191
5.5 Chaostheorie als methodischer Ansatz für die langfristige Prognose ökonomischer Prozesse mit linguistischen Regeln .....	195
<b>6 Regelbasierte Szenarioanalyse zur Konstruktion evolutionärer Szenarien .....</b>	<b>199</b>
6.1 Phasen der regelbasierten Szenarioanalyse .....	199
6.2 Erweiterte kognitive Karten .....	202
6.2.1 Einsatz graphischer Hilfsmittel zur Darstellung mentaler Modelle .....	203
6.2.2 Traditionelle graphische Hilfsmittel .....	206
6.2.3 Erweiterte kognitive Karte .....	208
6.2.4 Informationsgrundlagen für erweiterte kognitive Karten .....	211
6.3 Validierung des Simulationsmodells und der Rohszenarien .....	212
6.3.1 Allgemeine Grundlagen der Validierung .....	213
6.3.1.1 Gegenstand der Validierung .....	213
6.3.1.2 Mögliche Referenzpunkte .....	214
6.3.1.3 Instrumente zur Validierung .....	216
6.3.2 Validitätstests für die regelbasierte Konstruktion von Rohszenarien .....	219
6.3.2.1 Wahl des Validierungsgegenstandes .....	220
6.3.2.2 Wahl einer geeigneten Referenz .....	221
6.3.2.3 Validierung der regelbasierten Szenarioanalyse .....	223
6.4 Verfahren zur Synthese der Rohszenarien .....	224
6.4.1 Grundlagen der Clusterverfahren .....	225
6.4.2 Einsatz der Clusterverfahren in der Szenarioanalyse .....	227
6.4.2.1 Funktionaler Fuzzy-C-Means .....	229
6.4.2.2 Bestimmung der Klassenzahl .....	231
6.5 Programmtechnische Umsetzung der regelbasierten Szenarioanalyse .....	234
6.5.1 Aspekte der programmtechnischen Umsetzung .....	234
6.5.2 Einsatz bestehender Softwareprodukte .....	236
6.6 Bewertung der regelbasierten Szenarioanalyse .....	239
6.6.1 Gegenüberstellung mit traditionellen Szenarioverfahren .....	239
6.6.2 Einsatzgebiete .....	244

<b>7 Szenarien für den Ölpreis im Jahr 2020.....</b>	<b>247</b>
7.1 Ziel und Auswahl des Beispiels .....	247
7.2 Historischer Überblick.....	250
7.3 Auswahl der Einflussfaktoren.....	255
7.4 Analyse der Interdependenzen.....	256
7.4.1 Angebotsseite .....	258
7.4.2 Nachfrageseite.....	261
7.5 Das Simulationsmodell für die Prognose des Ölpreises.....	263
7.5.1 Festlegung der linguistischen Variablen .....	263
7.5.2 Konkretisierung der Regeln .....	265
7.5.3 Datenbasis.....	268
7.5.4 Validität .....	268
7.6 Ergebnisse der regelbasierten Konstruktion von Szenarien.....	269
7.6.1 Ergebnisse der Klassifikation.....	270
7.6.1.1 Ergänzende technische Gütemaße zur Bestimmung der optimalen Klassenzahl .....	271
7.6.1.2 Inhaltliche Überlegungen zur Bestimmung der optimalen Klassenzahl.....	275
7.6.2 Interpretation der Klassenzentren als Endszenarien .....	277
7.6.2.1 Szenario 1: Rezession .....	279
7.6.2.2 Szenario 2: Innovationsoffensive .....	282
7.6.2.3 Szenario 3: OPEC-Krise .....	284
7.6.2.4 Szenario 4: Status Quo.....	286
7.7 Bewertung der Ergebnisse .....	288
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>289</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>293</b>
<b>Anhang A – Regelbasis als erweiterte kognitive Karte .....</b>	<b>325</b>
<b>Anhang B – Datenbasis.....</b>	<b>326</b>
<b>Anhang C – Statistische Kennzahlen der Ergebnisse.....</b>	<b>327</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Grundmodell der Entscheidungslogik.....	9
Abbildung 2-2: Zentrale Bedeutung der Umfeldanalyse .....	10
Abbildung 2-3: Teilaufgaben der Prognose in der strategischen Planung.....	15
Abbildung 2-4: Arten von Unsicherheit .....	18
Abbildung 2-5: Varianten der Determination.....	19
Abbildung 2-6: Hierarchisches Verhältnis der Prognoseinstrumente.....	35
Abbildung 2-7: Prognosemodell als indirektes Modell der Realität.....	35
Abbildung 2-8: Motivation und Bedeutung von Chancen und Risiken .....	39
Abbildung 2-9: Ziele von Prognosen.....	41
Abbildung 2-10: Einfluß von Prognosen und aktiver Gestaltung auf Effizienz und Flexibilität .....	42
Abbildung 2-11: Prognosehorizont und Zeitreihenlänge.....	47
Abbildung 2-12: Beispiel für die Vorlaufzeit einer Prognose.....	47
Abbildung 2-13: Prognoseschema für multivariate Kausalmodelle .....	49
Abbildung 2-14: Prognoseschema für univariate Kausalmodelle .....	50
Abbildung 2-15: Prognoseschema für stochastische Prognosemodelle.....	51
Abbildung 2-16: Prognoseschema für voluntaristische Prognosemodelle.....	52
Abbildung 2-17: Prognoseschema der Szenarioanalyse .....	53
Abbildung 2-18: Rollierende Vorhersage.....	58
Abbildung 2-19: Akkumulation der Prognosefehler .....	59
Abbildung 2-20: Prognosefehler aufgrund lokal begrenzter Informationen .....	59
Abbildung 2-21: Veränderung des Zusammenhangs zwischen Ölpreis und Wachstum .....	61
Abbildung 2-22: Auswahlkriterien für Prognoseverfahren .....	63
Abbildung 2-23: Prognosephasen .....	71
Abbildung 3-1: Phasen der Szenarioanalyse.....	85
Abbildung 3-2: Bewertungskriterien für Informationen.....	90
Abbildung 3-3: Indikatoren für die Güte bezüglich der Vorhersagefunktion .....	93
Abbildung 3-4: Indikatoren für die Güte bezüglich der Lernfunktion .....	96
Abbildung 3-5: Indikatoren für den Aufwand .....	98
Abbildung 4-1: Verfahren zur Beschreibung von Zusammenhängen .....	122
Abbildung 4-2: Linguistische Variablen für Preis und Absatz .....	128

Abbildung 4-3: Auswertung der zweiten Regel .....	129
Abbildung 4-4: Auswertung der dritten Regel .....	130
Abbildung 4-5: Aggregation der Einzelresultate .....	130
Abbildung 4-6: Ergebnisse der verschiedenen Defuzzifizierungsverfahren .....	131
Abbildung 4-7: Preis-Absatz-Kurven für verschiedene Defuzzifizierungsverfahren .....	131
Abbildung 4-8: Approximatives Schließen (a) und algebraische Terme (b).....	133
Abbildung 5-1: Zusammenhang zwischen objektiver und subjektiver Ordnung.....	150
Abbildung 5-2: Zufall, Präzision und Ordnung .....	150
Abbildung 5-3: Sensitivität vom Ausgangszustand .....	152
Abbildung 5-4: Sensitivität vom Parameterwert .....	153
Abbildung 5-5: Abruptes Verhalten.....	154
Abbildung 5-6: Linguistische Variable für den Zustand $z(t)$ .....	155
Abbildung 5-7: Überdeckung der logistischen Abbildung .....	156
Abbildung 5-8: Vergleich der Approximationsverläufe mit der logistischen Abbildung .....	157
Abbildung 5-9: Sensitivität einer approximierten Funktion vom Ausgangswert .....	157
Abbildung 5-10: Abrupte Verhaltensänderungen einer approximierten Funktion ....	158
Abbildung 5-11: Ordnungsstrukturen im Chaos.....	163
Abbildung 5-12: Prozeß mit einwertigem Attraktor .....	164
Abbildung 5-13: Prozeß mit mehrwertigem Attraktor .....	165
Abbildung 5-14: Prozeß ohne Attraktor .....	165
Abbildung 5-15: Grenzyklen in Abhängigkeit vom Ausgangszustand .....	167
Abbildung 5-16: Bifurkationsdiagramm für die logistische Abbildung .....	169
Abbildung 5-17: Parameter-Trajektorie für die logistische Abbildung .....	169
Abbildung 5-18: Kontroll- und Steuerungsverfahren für unregelmäßige Prozesse .....	171
Abbildung 5-19: Resonante Stimulation und adaptive Kontrolle.....	172
Abbildung 5-20: OGY-Methode .....	173
Abbildung 5-21: Steuerung mit Hilfe von Trajektorien .....	174
Abbildung 5-22: Hilfsmittel zur Beurteilung der Regelmäßigkeit von Prozessen ....	178
Abbildung 5-23: Chaotischer und zufälliger Prozeß .....	179
Abbildung 5-24: Diagramm mit Verschiebung um eine Periode .....	180

Abbildung 5-25: Zusammenhang zwischen dem Korrelationsintegral und der Regelmäßigkeit .....	181
Abbildung 5-26: Idealisierter Verlauf der Korrelationsdimension .....	182
Abbildung 5-27: Entwicklung des Vorhersagefehlers .....	186
Abbildung 6-1: Phasen der regelbasierten Szenarioanalyse .....	200
Abbildung 6-2: Kognitive Brücke .....	203
Abbildung 6-3: Kognitive Karte .....	206
Abbildung 6-4: Einflußdiagramm am Beispiel des Grundmodells der Entscheidungslogik .....	207
Abbildung 6-5: Beispiel für eine erweiterte kognitive Karte .....	209
Abbildung 6-6: Aspekte der Validierung .....	213
Abbildung 6-7: Modularer Programmaufbau der regelbasierten Szenarioanalyse ..	237
Abbildung 7-1: Entwicklung des nominalen Ölpreises von 1972 bis 1998 .....	252
Abbildung 7-2: Integrations- und Organisationsgrad auf dem Ölmarkt .....	254
Abbildung 7-3: Direkte Einflußfaktoren für den Ölpreis .....	258
Abbildung 7-4: Linguistische Variable für Faktoren mit beschränktem Wertebereich .....	264
Abbildung 7-5: Linguistische Variable für Faktoren mit unbeschränktem Wertebereich .....	264
Abbildung 7-6: Klassische Gütemaße zur Bestimmung der optimalen Klassenzahl .....	270
Abbildung 7-7: Approximierte divisive Klassifikation für $a = 0,5$ .....	273
Abbildung 7-8: Approximierte divisive Klassifikation für $a = 1,0$ .....	274
Abbildung 7-9: Approximierte divisive Baumstruktur der inneren Logiken ( $a = 0,5$ ) .....	276
Abbildung 7-10: Szenario einer Rezession .....	281
Abbildung 7-11: Szenario einer Innovationsoffensive .....	283
Abbildung 7-12: Szenario einer OPEC-Krise .....	285
Abbildung 7-13: Szenario einer Fortführung des Status Quo .....	287
Abbildung A-1: Erweiterte kognitive Karte für den Ölmarkt .....	325



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Varianten und Formen der Determination .....	20
Tabelle 2-2: Gegenüberstellung von Zukunfts-determination und Motivation der Prognose .....	38
Tabelle 2-3: Beispiele für Typen der Prognose .....	43
Tabelle 2-4: Arten der Formulierung von Prognosemodellen .....	46
Tabelle 2-5: Prognosefehler und statistische Maßzahlen der Prognosegüte .....	56
Tabelle 2-6: Vergleich der Prognoseschemata.....	74
Tabelle 3-1: Konsistenzmatrix .....	100
Tabelle 3-2: Korrelationsmatrix.....	102
Tabelle 3-3: Szenarioliste .....	103
Tabelle 3-4: Cross-Impact-Matrix .....	104
Tabelle 3-5: Vergleich der Szenariotechniken .....	113
Tabelle 5-1: Verfahren zum Ausschluß von Regionen .....	168
Tabelle 6-1: Instrumente zur Validierung.....	217
Tabelle 6-2: Vergleich der regelbasierten Szenarioanalyse mit traditionellen Szenariotechniken.....	240
Tabelle 7-1: Wichtige Einflußfaktoren für den Ölmarkt.....	256
Tabelle 7-2: Beispiel der gegenseitigen Einflüsse von Faktoren in den Regeln .....	266
Tabelle 7-3: Ergänzende technische Gütemaße .....	272
Tabelle 7-4: Zuteilung der Klassenzentren auf vier Klassen ( $\alpha = 0,5$ ) .....	277
Tabelle B-1: Startwerte für die Simulation .....	326