

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                       |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Geleitwort.....</b>                                                                                                | <b>VII</b>   |
| <b>Vorwort .....</b>                                                                                                  | <b>IX</b>    |
| <b>Inhaltsübersicht .....</b>                                                                                         | <b>XI</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>                                                                                        | <b>XIII</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>                                                                                    | <b>XVII</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>                                                                                      | <b>XXI</b>   |
| <b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>                                                                                     | <b>XXIII</b> |
| <b>Einheitenverzeichnis .....</b>                                                                                     | <b>XXV</b>   |
| <b>Symbolverzeichnis.....</b>                                                                                         | <b>XXVII</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                                                                             | <b>1</b>     |
| 1.1 Ausgangslage und Problemstellung .....                                                                            | 1            |
| 1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise .....                                                                              | 4            |
| <b>2 Rahmenbedingungen aus ökologischer, technischer, gesetzlicher und sozio-<br/>    ökonomischer Sicht .....</b>    | <b>7</b>     |
| 2.1 Wirkung und Entstehung von CO <sub>2</sub> -Emissionen.....                                                       | 7            |
| 2.1.1 Umweltwirkung von CO <sub>2</sub> -Emissionen.....                                                              | 7            |
| 2.1.2 Bedeutung des Straßenverkehrs für die Entstehung von CO <sub>2</sub> -Emissionen.....                           | 8            |
| 2.1.3 Möglichkeiten zur Minderung von CO <sub>2</sub> -Emissionen im Straßenverkehr .....                             | 9            |
| 2.2 Automobilantriebe als Quelle von CO <sub>2</sub> -Emissionen.....                                                 | 10           |
| 2.2.1 Energieverbrauch und -intensität im Automobil.....                                                              | 10           |
| 2.2.2 Verbrennungsmotorische Automobilantriebe .....                                                                  | 14           |
| 2.2.3 Alternative Antriebe für Automobile .....                                                                       | 16           |
| 2.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen hinsichtlich der CO <sub>2</sub> -Emissionen von Pkw .....                          | 19           |
| 2.3.1 Anforderungen an Automobilhersteller in der Europäischen Union .....                                            | 19           |
| 2.3.2 Anforderungen an Automobilhersteller in den USA.....                                                            | 21           |
| 2.3.3 Anforderungen an Automobilhersteller im U.S.-Bundesstaat Kalifornien .....                                      | 22           |
| 2.4 Sozio-ökonomische Rahmenbedingungen des Automobilmarktes.....                                                     | 27           |
| 2.4.1 Wettbewerbssituation im Automobilmarkt .....                                                                    | 28           |
| 2.4.2 Käuferverhalten.....                                                                                            | 29           |
| 2.4.3 Marktentwicklung von Produktinnovationen.....                                                                   | 29           |
| 2.4.4 Infrastrukturabhängigkeit von Kraftfahrzeugen.....                                                              | 30           |
| <b>3 Strategien der Automobilindustrie zur Einhaltung der gesetzlichen<br/>    Anforderungen in Kalifornien .....</b> | <b>33</b>    |
| 3.1 Strategische Planung der Automobilindustrie.....                                                                  | 33           |
| 3.1.1 Strategie im unternehmerischen Kontext .....                                                                    | 33           |

|          |                                                                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.2    | Grundlagen der strategischen Planung .....                                                                                        | 35        |
| 3.1.3    | Bezugsrahmen für die strategische Planung zur Einhaltung der Anforderungen<br>der GHG- und ZEV-Gesetzgebung in Kalifornien .....  | 38        |
| 3.2      | Einzelmaßnahmen zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben in Kalifornien .....                                                      | 39        |
| 3.2.1    | Maßnahmen zur Reduktion der CO <sub>2</sub> -Flottenemissionen .....                                                              | 39        |
| 3.2.2    | Maßnahmen zur Generierung von ZEV-Credits .....                                                                                   | 44        |
| 3.2.3    | Umgang mit zusätzlichen Stückkosten .....                                                                                         | 47        |
| 3.3      | Strategien zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben in Kalifornien .....                                                           | 48        |
| 3.3.1    | Notwendigkeit der Strategieentwicklung .....                                                                                      | 48        |
| 3.3.2    | Strategien zur Reduktion der CO <sub>2</sub> -Flottenemissionen auf Basis konventioneller<br>Antriebe .....                       | 49        |
| 3.3.3    | Strategien zur Markteinführung elektrischer Antriebe .....                                                                        | 50        |
| 3.4      | Bewertung von Reduktionsstrategien .....                                                                                          | 52        |
| 3.5      | Klassifizierung des Planungsproblems und resultierende Anforderungen an den<br>methodischen Ansatz für die Strategieanalyse ..... | 53        |
| 3.5.1    | Eigenschaften des Planungsproblems .....                                                                                          | 53        |
| 3.5.2    | Resultierende Anforderungen .....                                                                                                 | 55        |
| 3.5.3    | Vorgehen zur Erfüllung der Anforderungen .....                                                                                    | 57        |
| <b>4</b> | <b>Methodenwahl und relevante Vorarbeiten .....</b>                                                                               | <b>59</b> |
| 4.1      | Simulationsbasierte Entscheidungsunterstützung .....                                                                              | 59        |
| 4.2      | System Dynamics als systemische Strukturtheorie .....                                                                             | 60        |
| 4.3      | Anforderungen an das zu entwickelnde Modell .....                                                                                 | 62        |
| 4.4      | Analyse bestehender Modellierungsansätze .....                                                                                    | 65        |
| 4.4.1    | Kaufverhalten .....                                                                                                               | 65        |
| 4.4.2    | Strategieanalyse .....                                                                                                            | 70        |
| 4.4.3    | Marktentwicklung alternativer Antriebe .....                                                                                      | 72        |
| 4.4.4    | Gesetzesfolgenabschätzung .....                                                                                                   | 74        |
| 4.5      | Entwicklungsbedarf .....                                                                                                          | 75        |
| <b>5</b> | <b>Konzeption und Entwicklung eines Modells für die Strategieanalyse .....</b>                                                    | <b>79</b> |
| 5.1      | Methodisches Vorgehen .....                                                                                                       | 79        |
| 5.1.1    | Modellierung .....                                                                                                                | 79        |
| 5.1.2    | Validierung formaler Modelle .....                                                                                                | 81        |
| 5.2      | Konzeptentwicklung .....                                                                                                          | 84        |
| 5.2.1    | Dynamische Hypothese .....                                                                                                        | 84        |
| 5.2.2    | Modellgrenzen .....                                                                                                               | 86        |
| 5.3      | Modellentwicklung .....                                                                                                           | 89        |
| 5.3.1    | Modul „Kunde/Fahrer“ .....                                                                                                        | 89        |
| 5.3.2    | Modul „Hersteller“ .....                                                                                                          | 99        |
| 5.3.2.1  | Übersicht .....                                                                                                                   | 99        |
| 5.3.2.2  | Produktion und Lagerbestände von Neufahrzeugen .....                                                                              | 101       |
| 5.3.2.3  | Technische Produktmerkmale .....                                                                                                  | 105       |
| 5.3.2.4  | Produktionsstückkosten angebotener Fahrzeuge .....                                                                                | 108       |
| 5.3.2.5  | Garantieleistungen für Traktionsbatterien .....                                                                                   | 111       |

|           |                                                                                                |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.2.6   | Anpassung des Kaufpreises.....                                                                 | 112        |
| 5.3.3     | Modul „Infrastruktur“ .....                                                                    | 115        |
| 5.3.4     | Modul „Gesetzgeber“ .....                                                                      | 121        |
| 5.3.4.1   | Übersicht .....                                                                                | 121        |
| 5.3.4.2   | Kontrolle der Anforderungen der GHG-Gesetzgebung .....                                         | 122        |
| 5.3.4.3   | Kontrolle der Anforderungen der ZEV-Gesetzgebung .....                                         | 126        |
| 5.4       | Struktur- und Parametervalidierung .....                                                       | 130        |
| <b>6</b>  | <b>Exemplarische Anwendung auf das Fallbeispiel Kalifornien .....</b>                          | <b>135</b> |
| 6.1       | Ausgangslage in Kalifornien .....                                                              | 135        |
| 6.2       | Datenbasis .....                                                                               | 136        |
| 6.2.1     | Vorgehensweise .....                                                                           | 136        |
| 6.2.2     | Auswahl einer fiktiven Fahrzeugflotte .....                                                    | 137        |
| 6.2.3     | Parametrierung anhand empirischer Daten .....                                                  | 144        |
| 6.2.3.1   | Fahrzeugbestand und Infrastruktur.....                                                         | 144        |
| 6.2.3.2   | Gesetzgeber .....                                                                              | 145        |
| 6.2.3.3   | Automobilkäufer .....                                                                          | 145        |
| 6.2.3.4   | Fahrzeughersteller .....                                                                       | 148        |
| 6.2.4     | Initialisieren des Modells im Gleichgewicht.....                                               | 149        |
| 6.3       | Verhaltensvalidierung .....                                                                    | 151        |
| 6.4       | Konzeption der Strategieanalyse .....                                                          | 155        |
| 6.4.1     | Im Modell darstellbare Strategien und Szenarien der Marktumwelt .....                          | 155        |
| 6.4.2     | Implementierte Strategien .....                                                                | 158        |
| 6.4.3     | Implementierte Szenarien der Marktumwelt.....                                                  | 160        |
| 6.4.4     | Vorgehen bei der Analyse .....                                                                 | 162        |
| 6.4.5     | Untersuchungszeitraum der Simulation .....                                                     | 163        |
| 6.5       | Analyse der Simulationsergebnisse.....                                                         | 163        |
| 6.5.1     | Einhaltung der GHG-Anforderungen bei konstanten Randbedingungen .....                          | 164        |
| 6.5.2     | Einhaltung der ZEV-Anforderungen bei konstanten Randbedingungen .....                          | 166        |
| 6.5.3     | Gleichzeitige Einhaltung von GHG- und ZEV-Anforderungen bei konstanten<br>Randbedingungen..... | 168        |
| 6.5.4     | Marktentwicklung von Elektrofahrzeugen bei variierten Randbedingungen ....                     | 174        |
| 6.6       | Handlungsempfehlungen aus der Simulationsanalyse .....                                         | 178        |
| <b>7</b>  | <b>Würdigung und Ausblick .....</b>                                                            | <b>181</b> |
| 7.1       | Kritische Würdigung .....                                                                      | 181        |
| 7.2       | Implikationen für unternehmerische und politische Entscheidungsträger .....                    | 184        |
| 7.2.1     | Implikationen für unternehmerische Entscheidungsträger.....                                    | 184        |
| 7.2.2     | Implikationen für politische Entscheidungsträger.....                                          | 186        |
| 7.3       | Forschungsbedarf .....                                                                         | 186        |
| <b>8</b>  | <b>Zusammenfassung.....</b>                                                                    | <b>189</b> |
| <b>9</b>  | <b>Literatur .....</b>                                                                         | <b>193</b> |
| <b>10</b> | <b>Anhang .....</b>                                                                            | <b>211</b> |
| 10.1      | Erläuterung der Funktion „FORECAST“ .....                                                      | 211        |

---

|      |                                                                    |     |
|------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.2 | Berechnung der Zusammensetzung der Auswahlmenge .....              | 211 |
| 10.3 | Herleitung des Logit-Modells diskreter Auswahlentscheidungen ..... | 213 |

Analyse von Strategien der Automobilindustrie zur  
Reduktion von CO<sub>2</sub>-Flottenemissionen und zur  
Markteinführung alternativer Antriebe  
Ein systemdynamischer Ansatz am Beispiel der  
kalifornischen Gesetzgebung

Wansart, J.

2012, XXXIV, 214 S. 54 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8349-4498-6