

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... V  
Tabellenverzeichnis ..... XI  
Abkürzungsverzeichnis ..... XIII

**1 Einleitung .....1**

**2 Grundlagen des Klimawandels .....5**

2.1 Naturwissenschaftliche Grundlagen..... 5

2.1.1 Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt... 6

2.1.2 Anthropogene Treibhausgasemissionen .....7

2.1.3 Strahlungsantrieb und Klimasensitivität ..... 12

2.1.4 Folgen des Klimawandels ..... 16

2.1.4.1 Gegenwärtig bereits beobachtbare  
Folgen ..... 16

2.1.4.2 Für die Zukunft prognostizierte Folgen ... 19

2.2 Ökonomische Grundlagen.....23

2.2.1 Ökonomische Charakteristika des  
Klimawandels .....23

2.2.1.1 Globalität von Ursache und Wirkung .....24

2.2.1.2 Zeithorizont und Diskontierung .....26

2.2.1.3 Unsicherheiten und mögliche  
Klimakatastrophen .....27

2.2.2 Quantifizierung von Klimaschäden .....31

|          |                                                                              |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3</b> | <b>Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy.....</b>              | <b>35</b> |
| 3.1      | Modellannahmen .....                                                         | 36        |
| 3.1.1    | Ökonomisches Modul.....                                                      | 38        |
| 3.1.2    | Klimamodul .....                                                             | 43        |
| 3.2      | Modellergebnisse .....                                                       | 45        |
| 3.3      | Kritik am DICE-Modell .....                                                  | 54        |
| 3.3.1    | Nutzen- und Wohlfahrtsfunktion.....                                          | 55        |
| 3.3.2    | Schadensfunktion.....                                                        | 57        |
| 3.3.3    | Landwirtschaftliche Emissionen .....                                         | 59        |
| 3.3.4    | Technologischer Fortschritt .....                                            | 60        |
| 3.3.5    | Diskontierung .....                                                          | 62        |
| 3.3.6    | Vermeidungskosten.....                                                       | 66        |
| <b>4</b> | <b>DICE-AC01: Integration von Vermeidungskapital in das DICE-Modell.....</b> | <b>68</b> |
| 4.1      | Modellannahmen .....                                                         | 69        |
| 4.2      | Festlegung der Modellparameter .....                                         | 71        |
| 4.2.1    | Exogener technologischer Fortschritt .....                                   | 72        |
| 4.2.2    | Startwert des Produktivitätskoeffizienten .....                              | 77        |
| 4.3      | Modellergebnisse .....                                                       | 83        |
| 4.3.1    | Basisszenario .....                                                          | 83        |
| 4.3.2    | Sensitivitätsanalyse.....                                                    | 92        |
| 4.3.2.1  | Startwert des Produktivitätskoeffizienten ...                                | 92        |
| 4.3.2.2  | Exogener technologischer Fortschritt ...                                     | 101       |
| 4.3.2.3  | Soziale Zeitpräferenzrate.....                                               | 107       |
| 4.3.3    | Zusammenfassung.....                                                         | 114       |

|          |                                                                               |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>DICE-AC02: Integration von endogenem technologischem Fortschritt.....</b>  | <b>119</b> |
| 5.1      | Endogener technologischer Fortschritt in Integrated Assessment Modellen ..... | 121        |
| 5.1.1    | Nordhaus (2002): R&DICE .....                                                 | 123        |
| 5.1.2    | Buonanno et al. (2003): ETC-RICE .....                                        | 128        |
| 5.1.3    | Popp (2004): ENTICE .....                                                     | 132        |
| 5.1.4    | Ciesielski (2019): CI-DICE .....                                              | 136        |
| 5.2      | R&D-Investitionen und die Produktivität des grünen Kapitalstocks .....        | 140        |
| 5.2.1    | Modellerweiterung .....                                                       | 140        |
| 5.2.2    | Modellergebnisse .....                                                        | 144        |
| 5.2.3    | Sensitivitätsanalyse.....                                                     | 151        |
| 5.2.4    | Zusammenfassung.....                                                          | 160        |
| <b>6</b> | <b>DICE-AC03: Integration von negativen Emissionen ..</b>                     | <b>164</b> |
| 6.1      | Technologien zur Erzeugung negativer Emissionen .....                         | 165        |
| 6.1.1    | Aufforstung .....                                                             | 166        |
| 6.1.2    | Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS).....                        | 170        |
| 6.1.3    | Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS) .....                           | 174        |
| 6.1.4    | Sonstige NE-Technologien.....                                                 | 177        |
| 6.2      | Modellerweiterung .....                                                       | 180        |
| 6.3      | Modellergebnisse .....                                                        | 185        |
| 6.3.1    | Basisszenario .....                                                           | 186        |
| 6.3.2    | Sensitivitätsanalyse.....                                                     | 192        |
| 6.3.2.1  | Kosten der NE-Technologien .....                                              | 193        |
| 6.3.2.2  | Kapazitätsfaktor der NE-Technologien...                                       | 199        |
| 6.3.2.3  | Lagerkapazität für abgeschiedenes CO <sub>2</sub> ..                          | 202        |
| 6.3.3    | Zusammenfassung.....                                                          | 207        |

|          |                                                                   |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7</b> | <b>Exogen fixierte Temperaturziele in DICE-AC03.....</b>          | <b>212</b> |
| 7.1      | Das 2-Grad-Ziel .....                                             | 214        |
| 7.1.1    | Basisszenario .....                                               | 215        |
| 7.1.2    | Sensitivitätsanalyse.....                                         | 225        |
| 7.2      | Das 1,5-Grad-Ziel .....                                           | 230        |
| 7.3      | Zusammenfassung .....                                             | 235        |
| <b>8</b> | <b>DICE-AC04: Integration von Solar Radiation Management.....</b> | <b>238</b> |
| 8.1      | Technologien zur Beeinflussung des Strahlungsantriebs ...         | 240        |
| 8.1.1    | Reflektoren im Weltraum.....                                      | 240        |
| 8.1.2    | Modifikation der Albedo von Wolken .....                          | 241        |
| 8.1.3    | Modifikation der Albedo der Erdoberfläche .....                   | 243        |
|          | 8.1.3.1 Landgestützte Maßnahmen .....                             | 243        |
|          | 8.1.3.2 Marine Maßnahmen .....                                    | 245        |
| 8.1.4    | Stratosphärische Aerosol-Injektion .....                          | 246        |
| 8.2      | SAI im DICE-Modell: Literaturüberblick.....                       | 249        |
| 8.3      | Modellerweiterung .....                                           | 255        |
| 8.4      | Modellergebnisse .....                                            | 257        |
| 8.4.1    | Unbegrenzter SAI-Einsatz.....                                     | 257        |
| 8.4.2    | SAI als begrenzte Brückentechnologie .....                        | 265        |
|          | 8.4.2.1 Basisszenarien.....                                       | 266        |
|          | 8.4.2.2 Sensitivitätsanalyse .....                                | 276        |
| 8.4.3    | Zusammenfassung.....                                              | 279        |
| <b>9</b> | <b>Zusammenfassung und Diskussion .....</b>                       | <b>282</b> |
|          | Literaturverzeichnis.....                                         | 296        |
| Anhang   | GAMS-Code zu DICE-2016R2.....                                     | 320        |