

# Inhalt

<b>Vorwort</b> . . . . .	11
<b>1. Einleitung</b> . . . . .	15
<b>2. Der natürliche Treibhauseffekt</b> . . . . .	18
2.1. Physikalische Grundlagen des Treibhauseffektes . . . . .	18
2.2. Energiequelle Sonne . . . . .	22
2.3. Energiebilanz zwischen dem System Erde-Atmosphäre und dem Weltraum . . . . .	23
2.4. Energiebilanz zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre . . . . .	26
<b>3. Die atmosphärischen Spurengase, ihre physikalischen Eigenschaften, natürlichen Quellen und Senken</b> . . . . .	29
3.1. Wasserdampf ( $H_2O$ ) . . . . .	29
3.2. Kohlendioxid ( $CO_2$ ) . . . . .	32
3.3. Methan ( $CH_4$ ) . . . . .	33
3.4. Troposphärisches Ozon ( $O_3$ ) . . . . .	33
3.5. Distickstoffoxid ( $N_2O$ ) . . . . .	34
3.6. Indirekt klimawirksame Spurengase . . . . .	35
<b>4. Der anthropogene Treibhauseffekt: Durch den Menschen verursachte Zunahme der klimawirksamen Spurengase</b> . . . . .	36
4.1. Spurengase aus der Landwirtschaft . . . . .	39
4.1.1. Waldvernichtung . . . . .	39
4.1.1.1. Historische Waldrodungen . . . . .	40
4.1.1.2. Rodung und Brandrodung in den Tropen . . . . .	44
4.1.1.3. Spurengase aus der Biomasse- verbrennung in den Tropen . . . . .	47
4.1.1.4. Regionale Klimaänderungen durch die Biomasseverbrennung in den Tropen . . . . .	50
4.1.1.5. Landwirtschaft in den Tropen . . . . .	50
4.1.1.6. Rodung borealer Wälder . . . . .	54

4.1.1.7. Arten- und Biotopverluste . . . . .	57
4.1.1.8. Waldsterben in Mitteleuropa . . . . .	58
4.1.2. Bodendegradierung . . . . .	62
4.1.2.1. Humusbildung und Humusabbau . . . . .	68
4.1.2.2. Bodenerosion . . . . .	74
4.1.2.3. Desertifikation und Versalzung . . . . .	78
4.1.3. Düngung . . . . .	84
4.1.3.1. Natürlicher Stickstoffkreislauf . . . . .	84
4.1.3.2. Mineralische Stickstoffdüngung . . . . .	89
4.1.3.3. Organische Stickstoffdüngung . . . . .	93
4.1.3.4. Freisetzung stickstoffhaltiger Spurengase . . . . .	97
4.1.4. Tierhaltung . . . . .	101
4.1.4.1. Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung . . . . .	103
4.1.4.2. Methanemissionen aus der Tierhaltung . . . . .	109
4.1.5. Reisanbau . . . . .	114
4.1.6. Energieverbrauch . . . . .	115
4.1.7. Pflanzenschutz . . . . .	118
4.2. Spurengase aus dem Energie- und Verkehrsbereich . . . . .	120
4.3. Fluorchlorkohlenwasserstoffe und andere synthetische Spurengase . . . . .	135

## 5. Einflüsse auf die Klimaänderung durch

<b>Rückkopplungseffekte . . . . .</b>	<b>139</b>
5.1. Rückkopplungseffekte im Zusammenhang mit dem globalen Wasserkreislauf . . . . .	140
5.1.1. Wasserdampf . . . . .	140
5.1.2. Wolken . . . . .	144
5.2. Rückkopplungseffekte im Zusammenhang mit dem globalen Kohlenstoffkreislauf . . . . .	149
5.2.1. Austausch mit der terrestrischen Biosphäre . . . . .	150
5.2.1.1. CO <sub>2</sub> -Düngeeffekt . . . . .	156
5.2.2. Austausch von Kohlenstoff zwischen der Atmosphäre und den Ozeanen . . . . .	171
5.2.3. Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem globalen Kohlenstoffkreislauf . . . . .	175

5.3.	Rückkopplungseffekte im Zusammenhang mit der Chemie der Atmosphäre . . . . .	180
5.3.1.	Spurengaswirkungen auf die Chemie der Troposphäre . . . . .	180
5.3.2.	Spurengaswirkungen auf die Chemie der Stratosphäre . . . . .	186
5.4.	Rückkopplungseffekte im Zusammenhang mit der terrestrischen Albedo . . . . .	194
<b>6.</b>	<b>Ausmaß der Klimaänderungen</b> . . . . .	<b>196</b>
6.1.	Natürliche Veränderungen des Klimas in der Vergangenheit . . . . .	196
6.1.1.	Informationsquellen und Untersuchungsmethoden . . . . .	196
6.1.2.	Ursachen der natürlichen Klimaänderungen . . . . .	198
6.1.3.	Natürliche Klimaänderungen während des letzten Eiszeit-Warmzeit-Zyklus . . . . .	202
6.1.4.	Kurzzeitige Klimaschwankungen . . . . .	204
6.2.	Veränderungen des Klimas seit Beginn der Industrialisierung . . . . .	206
6.2.1.	Temperatur . . . . .	207
6.2.2.	Atmosphärische Zirkulation . . . . .	209
6.2.3.	Niederschlag . . . . .	209
6.2.4.	Eisbedeckung . . . . .	210
6.2.5.	Meeresspiegel . . . . .	210
6.2.6.	Extreme Wetterereignisse . . . . .	210
<b>7.</b>	<b>Prognostizierte globale Klimaänderungen</b> . . . . .	<b>213</b>
7.1.	Klimamodelle . . . . .	213
7.2.	Grenzen der Klimamodelle . . . . .	215
7.3.	Prognosen der Klimamodelle . . . . .	217
<b>8.</b>	<b>Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Landwirtschaft</b> . . . . .	<b>221</b>
8.1.	Auswirkungen auf die Physiologie der Pflanzen . . . . .	221
8.1.1.	Wirkungen der Klimafaktoren . . . . .	222
8.1.1.1.	Strahlung . . . . .	222
8.1.1.2.	Temperatur . . . . .	224

8.1.1.3.	Bodenwassergehalt . . . . .	228
8.1.1.4.	Niederschlag . . . . .	232
8.1.1.5.	Luftbewegung . . . . .	233
8.1.1.6.	Kombinationswirkungen der Temperaturerhöhung und Boden- wasserabnahme auf die Ertrags- bildung am Beispiel des Winter- weizens . . . . .	234
8.1.2.	Wirkungen der Spurengase . . . . .	240
8.1.2.1.	CO <sub>2</sub> -Anstieg . . . . .	240
8.1.2.2.	Luftschadstoffe . . . . .	240
8.1.3.	Wirkungen der UV-B-Strahlung . . . . .	245
8.2.	Auswirkungen auf die Produktionstechnik im Pflanzenbau . . . . .	248
8.2.1.	Bodenbearbeitung und Bodenerosion . . . . .	249
8.2.2.	Nährstoffdynamik und Düngung . . . . .	251
8.2.3.	Fruchtfolge . . . . .	252
8.2.4.	Begleitvegetation und deren Regulation . . . . .	252
8.2.5.	Krankheitserreger und Schadursachen . . . . .	254
8.2.6.	Ernte und Lagerung . . . . .	256
8.2.7.	Grünlandwirtschaft . . . . .	257
8.3.	Auswirkungen auf die Tierhaltung . . . . .	258
8.4	Auswirkungen auf die Erträge im Pflanzenbau . . . . .	259
8.4.1.	Quantitative Abschätzung von Ertrags- veränderungen anhand von Ertrags- modellen . . . . .	259
8.4.1.1.	Ertragsmodelle . . . . .	259
8.4.1.2.	Ergebnisse der Ertragsmodelle . . . . .	263
8.4.1.3.	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	273
8.5.	Auswirkungen auf die Welternährung . . . . .	276
8.5.1.	Bisherige Entwicklung der Erträge . . . . .	276
8.5.2.	Derzeitiger Stand der Versorgung . . . . .	280
8.5.3.	Versorgungsprobleme durch politische und ökonomische Rahmenbedingungen . . . . .	280
8.5.4.	Prognose des Bevölkerungswachstums . . . . .	294
8.5.5.	Potentielle Ausdehnung der bewirtschafteten Flächen . . . . .	296

8.5.6. Potentielle Erträge der bewirtschafteten Flächen . . . . .	296
8.5.7. Tragfähigkeitsanalysen . . . . .	298
8.5.8. Auswirkungen der Klimaänderung auf Flächen und Erträge . . . . .	300
<b>9. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen . . . . .</b>	<b>304</b>
9.1. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen im Bereich der Landwirtschaft . . . . .	305
9.1.1. Entwicklung der europäischen Landwirtschaft bis zur Reform der EG-Agrarpolitik 1992 . . . . .	306
9.1.2. Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik . . . . .	313
9.1.3. Diskussion der Agrarreform . . . . .	318
9.1.4. Leitbild für die zukünftige Agrarpolitik . . . . .	326
9.1.5. Maßnahmen auf nationaler Ebene . . . . .	332
9.1.5.1. Förderung des ökologischen Landbaus . . . . .	332
9.1.5.2. Novelle des Bundesnaturschutzgesetzes . . . . .	338
9.1.5.3. Produktionsneutrale Vergütung für Landschaftspflege . . . . .	340
9.1.5.4. Begrenzung umweltbelastender Produktionsmittel . . . . .	342
9.1.5.5. Reduzierung stickstoffhaltiger Spurengase . . . . .	346
9.1.5.6. Reduzierung von Methan (CH <sub>4</sub> ) . . . . .	356
9.1.5.7. Reduzierung von Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	361
9.1.6. Maßnahmen auf der Ebene der EG . . . . .	370
9.1.7. Maßnahmen auf internationaler Ebene . . . . .	370
9.1.7.1. Internationale politische und ökonomische Rahmenbedingungen . . . . .	372
9.1.7.2. Finanzielle und technische Entwicklungszusammenarbeit im Agrarsektor . . . . .	377
9.2. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für den Waldbereich (Ralf Schmidt) . . . . .	382

9.3. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für den Energie- und Verkehrsbereich (Dr. Kora Kristof)	391
9.4. Maßnahmen und Handlungsempfehlungen zur Reduzierung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe und anderer synthetischer Spurengase	397
9.5. Anpassungsmöglichkeiten der Landwirtschaft an die Klimaänderung	402
9.6. Weiterer Forschungsbedarf	404
<b>10. Zusammenfassung</b>	407
10.1. Schlußwort	415
10.2. Danksagung	419
<b>11. Anhang</b>	420
11.1. Literaturverzeichnis	420