

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Zusammensetzung der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“	IX
Abschnitt A	
Klimaänderung und Ozon	1
1. Anthropogene Klimabeeinflussung — Die Rolle der Landwirtschaft und der Wälder	1
1.1 Charakteristika unseres Klimasystems	1
1.2 Eingriffe des Menschen in das Klimasystem durch Nutzung der Landoberflächen	4
1.3 Klimarelevante Spurengase — Der anthropogene Treibhauseffekt	6
1.3.1 Volumenanteile und Treibhauspotentiale	7
1.3.2 Ursachen und Verursacher — klimarelevante Emissionen im Landwirtschafts- und Waldbereich ...	10
1.3.3 Der CO ₂ -Kreislauf	12
1.4 Klimavorhersage	15
1.5 Erkennbare Klimaänderungstendenzen	16
1.6 Quintessenz	21
2. Veränderung des Ozongehaltes durch den Menschen	22
2.1 Grundlagen: Ozonbildung, -transporte und mittlere Trends	22
2.2 Auswirkungen der anthropogen bedingten Änderung des Ozongehaltes	25
2.3 Stratosphärischer Ozonabbau	27
2.4 Troposphärische Ozonzunahme	32
2.5 Ozonrelevante Emissionen im Landwirtschafts- und Waldbereich	35
3. Literaturverzeichnis zu Abschnitt A	36

Abschnitt B

Klimaänderung und Landwirtschaft	39
Zusammenfassung und zentrale Empfehlungen	39
1. Bedeutung der Landwirtschaft	45
1.1 Ökonomische Bedeutung der Landwirtschaft	48
1.1.1 Landwirtschaftliche Flächennutzung in der Bundesrepublik Deutschland	48
1.1.2 Formen und Intensitätsstufen der landwirtschaftlichen Produktion	49
1.1.3 Strukturwandel in der Landwirtschaft	57
1.1.4 Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik im Jahr 1992 .	78
1.1.4.1 Maßnahmen der Agrarreform	78
1.1.4.2 Auswirkungen der Agrarreform	83
1.1.5 Blick auf die internationale Landwirtschaft	87
1.2 Ökologische Bedeutung der Landwirtschaft	89
1.2.1 Negative Wirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt	89
1.2.2 Positive Wirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt	91
2. Beitrag der Landwirtschaft zur Emission klimawirksamer Spurengase	92
2.1 Methan (CH ₄)	93
2.1.1 Methankreislauf	95
2.1.2 Methanemissionen bei der Tierhaltung	98
2.1.3 Methanemissionen aus tierischen Exkrementen	104
2.1.4 Naßreisanbau	109
2.1.5 Biomasseverbrennung	117
2.1.6 Indirekte Einflüsse der Landwirtschaft auf die Methanemission aus anderen Ökosystemen	119
2.2 Distickstoffoxid (N ₂ O)	120
2.2.1 Stickstoffkreislauf	122
2.2.2 Mikrobiologische Prozesse	125
2.2.2.1 Nitrifikation	125
2.2.2.2 Denitrifikation	127
2.2.3 Distickstoffoxidemissionen	129
2.2.3.1 Düngung	129
2.2.3.2 Biomasseverbrennung	152

2.2.3.3	Indirekte Einflüsse der Landwirtschaft auf die Distickstoffoxidemissionen aus anderen Ökosystemen	152
2.3	Kohlendioxid (CO ₂)	153
2.3.1	Kohlendioxidkreislauf	153
2.3.2	Landnutzungsänderungen	154
2.3.2.1	Ausmaß der Landnutzungsänderungen	154
2.3.2.2	Kohlendioxidemissionen	161
2.3.3	Degradation der Böden	163
2.3.3.1	Humusabbau, Bodenerosion und Bodendegradation ..	164
2.3.3.2	Kohlendioxidemissionen	173
2.3.4	Verbrauch fossiler Energieträger	173
2.3.4.1	Energieeinsatz	174
2.3.4.2	Kohlendioxidemissionen	186
2.4	Indirekt klimawirksame Spurengase	186
2.4.1	Ammoniak (NH ₃)	187
2.4.2	Kohlenmonoxid (CO)	193
2.4.3	Stickstoffoxide (NO _x)	193
2.4.4	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMHC)	194
2.4.5	Gasförmige Schwefelverbindungen	195
3.	Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Landwirtschaft	197
3.1	Auswirkungen auf den Pflanzenanbau	198
3.1.1	Wirkungen von klimatischen Faktoren auf Pflanzen ..	198
3.1.1.1	Strahlung	198
3.1.1.2	Temperatur	199
3.1.1.3	Niederschlag	204
3.1.1.4	Wind	204
3.1.2	Wirkungen der Zunahme atmosphärischer Spurengase auf Pflanzen	205
3.1.2.1	Kohlendioxid (CO ₂)	205
3.1.2.2	Troposphärisches Ozon	213
3.1.3	Wirkungen der UV-B-Strahlung auf Pflanzen	218
3.1.4	Wirkungen von klimatischen Faktoren auf Böden	222
3.1.5	Wirkungen auf die Produktqualität	224
3.1.6	Auswirkungen auf die Produktionstechnik	225
3.2	Auswirkungen auf die Tierhaltung	232
3.3	Auswirkungen auf die Welternährung	233
3.3.1	Quantitative Abschätzung von Ertragsveränderungen	233
3.3.2	Derzeitiger Stand und weitere Entwicklung der Welternährung	237

4.	Handlungsoptionen und Potentiale zur Verringerung des Beitrages der Landwirtschaft zur Emission klimawirksamer Spurengase	247
4.1	Derzeitige Situation der Weltlandwirtschaft	249
4.1.1	Intensivlandwirtschaft in Europa	249
4.1.2	Landwirtschaft in den Entwicklungsländern	248
4.1.3	Globale Umweltprobleme durch nicht nachhaltige Landbewirtschaftung	248
4.1.4	Drohende Gefahren durch die Klimaänderung	249
4.1.5	Konsequenzen für die Ernährung der Weltbevölkerung	250
4.1.6	Zielsetzung für die künftige globale Landbewirtschaftung	251
4.1.7	Politische Grundlagen zur globalen Umsetzung einer nachhaltigen Landbewirtschaftung	252
4.1.8	Definition einer nachhaltigen Landbewirtschaftung ..	255
4.2	Handlungsoptionen auf nationaler und europäischer Ebene	256
4.2.1	Maßnahmen zur Reduzierung von Methanemissionen (CH_4)	259
4.2.1.1	Reduzierung der Tierbestände	260
4.2.1.2	Bindung der Tierhaltung an die Fläche	261
4.2.1.3	Reduzierung der Methanemission je Produkteinheit ..	262
4.2.1.4	Verringerung der Methanemissionen aus den Exkrementen	264
4.2.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Distickstoffoxidemissionen (N_2O)	266
4.2.2.1	Flächenbezogene Stickstoffbilanzierung	267
4.2.2.2	Verteuerung und Begrenzung des mineralischen Stickstoffdüngers	268
4.2.2.3	Bindung der Tierhaltung an die Fläche	273
4.2.2.4	Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Beeinflussung der Distickstoffoxidemissionen	276
4.2.3	Maßnahmen zur Reduzierung von Ammoniakemissionen (NH_3)	279
4.2.3.1	Reduzierung der Tierbestände/Bindung der Tierhaltung an die Fläche	280
4.2.3.2	Reduzierung der Ammoniakemissionen je Produkteinheit	281
4.2.3.3	Gewinnung, Lagerung, Aufbereitung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern	282

4.2.3.4	Herstellung und Ausbringung von stickstoffhaltigen Mineraldüngern	286
4.2.4	Maßnahmen zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen (CO ₂)	286
4.2.4.1	Bodenschutz und Humuswirtschaft	287
4.2.4.2	Senkung des Energieverbrauchs in der Landwirtschaft	290
4.2.4.3	Anbau nachwachsender Rohstoffe und Energieträger	292
4.2.5	Rahmenbedingungen zur Gestaltung einer nachhaltigen Landwirtschaft	300
4.3	Handlungsoptionen auf internationaler Ebene	305
4.3.1	Veränderungen der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen des Welthandels und der wirtschaftlichen Zusammenarbeit	307
4.3.1.1	Welthandel	307
4.3.1.2	Wirtschaftliche Zusammenarbeit	311
4.3.2	Verringerung des Bevölkerungswachstums	313
4.3.3	Technische Entwicklungszusammenarbeit	314
4.3.3.1	Agroforstwirtschaft	315
4.3.3.2	Methan-Reduktion im Reisanbau	316
4.4	Handlungsempfehlungen der Enquete-Kommission ..	317
4.4.1	Handlungsempfehlungen auf nationaler und europäischer Ebene	318
4.4.1.1	Veränderung der agrarpolitischen Rahmenbedingungen im Hinblick auf die Umsetzung einer nachhaltigen umweltverträglichen Landwirtschaft	318
4.4.1.2	Maßnahmen zur Reduzierung von Methanemissionen (CH ₄)	319
4.4.1.3	Maßnahmen zur Reduzierung von Distickstoffoxidemissionen (N ₂ O)	321
4.4.1.4	Maßnahmen zur Reduzierung der Ammoniakemissionen (NH ₃)	322
4.4.1.5	Maßnahmen zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen (CO ₂)	323
4.4.2	Handlungsempfehlungen auf internationaler Ebene ..	325
4.4.2.1	Veränderungen der politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen des Welthandels und der wirtschaftlichen Zusammenarbeit	325
4.4.2.2	Maßnahmen zur Verringerung des Bevölkerungswachstums	326
4.4.2.3	Technische Entwicklungszusammenarbeit im Agrarsektor	326

4.5	Möglichkeiten der Anpassung der Landwirtschaft an die Klimaänderung	327
4.6	Forschungsbedarf	329
5.	Literaturverzeichnis zu Abschnitt B	332

Abschnitt C – Klimaänderung und Wälder

	Zusammenfassung und zentrale Empfehlungen	345
1.	Die Wälder der Erde	354
1.1	Verbreitung und Gliederung	354
1.2	Das Ökosystem Wald	356
1.3	Bedeutung der Wälder für den Menschen	357
1.4	Historische Entwicklung und aktuelle Gefährdung der Wälder	361
1.5	Die Zukunft der Wälder in einem veränderten Klima	363
1.6	Zeit zu Handeln	364
1.6.1	Maßnahmen außerhalb der Wald- und Holzwirtschaft	364
1.6.2	Herausforderung für die Wald- und Holzwirtschaft ..	366
2.	Die Wälder der borealen Zone	368
2.1	Geographische Verbreitung	368
2.2	Vegetationsgeographische Gliederung	372
2.3	Evolution, Struktur und Entwicklungsdynamik borealer Waldökosysteme	376
2.4	Die Bedeutung der borealen Wälder	379
2.4.1	Der Einfluß der borealen Wälder auf das regionale und globale Klima	380
2.4.2	Biodiversität	383
2.4.3	Lebensraum für die heutige Bevölkerung, speziell für indigene Völker	385
2.4.4	Wirtschaftliche Bedeutung	386
2.4.5	Schutz- und Erholungsfunktion	388
2.5	Die Beeinflussung der borealen Wälder durch den Menschen	391
2.5.1	Holzeinschlag	393
2.5.2	Feuer und Schädlingsbefall	398
2.5.3	Erschließung und industrielle Entwicklung	399
2.6	Waldnutzung und -gefährdung in der ehemaligen Sowjetunion	401

2.6.1	Forst- und Holzwirtschaft in der ehemaligen Sowjetunion	401
2.6.2	Gefährdung durch Feuer	408
2.6.3	Gefährdung durch die fortschreitende Erschließung Sibiriens und die Emissionen aus der Industrie	409
2.7	Nutzung und Gefährdung der Wälder in Kanada	412
2.7.1	Die kanadische Forst- und Holzwirtschaft	412
2.7.2	Gefährdung durch Feuer und Insekten	421
2.7.3.	Industrielle Erschließung	424
2.8	Waldnutzung und -gefährdung in Fennoskandien ...	428
2.8.1	Der Einfluß der Forst- und Holzwirtschaft	428
2.8.2	Schadstoffeintrag in die Wälder	432
3.	Die Wälder der gemäßigten Zone	433
3.1	Abgrenzung und geographische Verbreitung	433
3.2	Die Waldtypen in der gemäßigten Zone	438
3.3	Die Entwicklung der Wälder der gemäßigten Zone ..	440
3.4	Die Bedeutung der Wälder der gemäßigten Zone	442
3.4.1	Bedeutung für das globale Klima	444
3.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung	445
3.5	Die neuartigen Waldschäden	450
3.5.1	Inventurmethode und beobachtetes Ausmaß	450
3.5.1.1	Bundesrepublik Deutschland	450
3.5.1.2	Europa	456
3.5.2	Ursachen der Waldschäden	459
3.5.3	Die Rolle des Eintrags von Luftverunreinigungen in die Wälder	459
3.5.3.1	Direkte Wirkung von Schadgasen auf die oberirdischen Pflanzenteile	467
3.5.3.2	Wirkungen langfristiger Stoffzufuhr und -anreicherung im Boden	468
3.5.4	Fazit	475
3.6	Sonstige Waldgefährdungen	476
3.6.1	Waldbrände	478
3.6.2	Wildschäden	479
4.	Bestand und Gefährdung der tropischen Wälder ...	482
4.1	Geographische Verbreitung, Gliederung und Ökologie der tropischen Waldökosysteme	482
4.1.1	Immergrüne tropische Feuchtwälder	484
4.1.2	Regengrüne tropische Feuchtwälder	489
4.1.3	Regengrüne Trockenwälder	489

6.3	Möglichkeiten zur zusätzlichen Kohlenstoffeinbindung im Bereich der Forst- und Holzwirtschaft	561
6.3.1	Potentiale zur Kohlenstoffeinbindung durch Aufforstung nichtbewaldeter Flächen	563
6.3.2	Erhöhung der Biomassendichte in bestehenden Wäldern	569
6.3.3.	Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten und Ersatz energieintensiver Materialien durch Holz	572
6.3.4	Ersatz fossiler Energieträger durch Holz aus nachhaltiger Bewirtschaftung	574
6.3.5	Fazit	575
7.	Bisherige Maßnahmen, Handlungsmöglichkeiten und Empfehlungen zum Schutz der Wälder	578
7.1	Situationsanalyse	579
7.2	Allgemeine Zielsetzungen und Handlungsfelder	581
7.3	Handlungsoptionen, Instrumente und Empfehlungen zum Schutz der temperierten Wälder	584
7.3.1	Instrumente zur Veränderung waldschädigender Emissionen	585
7.3.2	Schutz und nachhaltige Bewirtschaftung	590
7.3.3	Empfehlungen der Enquete-Kommission zum Schutz der temperierten Wälder	591
7.3.3.1	Empfehlungen für die internationale Ebene	591
7.3.3.2	Empfehlungen für die nationale und die EU-Ebene ..	595
7.4	Handlungsoptionen, Instrumente und Empfehlungen zum Schutz der borealen Wälder	600
7.4.1	Handlungsoptionen und Instrumente	601
7.4.2	Empfehlungen der Enquete-Kommission zum Schutz der borealen Wälder	602
7.4.2.1	Verstärkung der internationalen Kooperation mit den Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion	602
7.4.2.2	Entwicklung und Umsetzung von Schutz- und nachhaltigen Nutzungskonzepten in den borealen Wäldern Nordamerikas	603
7.5	Handlungsoptionen, Instrumente und Empfehlungen zum Schutz der Tropenwälder	604
7.5.1	Handlungsoptionen und Instrumente	604
7.5.1.1	Tropenforst-Aktionsprogramm (TFAP)	604
7.5.1.2	Pilotprogramm zum Schutz der brasilianischen Regenwälder	605

7.5.1.3	Schuldenerleichterungen und -erlaß	607
7.5.1.4	Globale Umweltfazilität (GEF)	609
7.5.1.5	Internationales Tropenholz-Übereinkommen (ITTA) und Internationale Tropenholzorganisation (ITTO) ...	610
7.5.1.6	Einführung eines Labels für Tropenholz aus nachhaltiger Bewirtschaftung	611
7.5.2	Empfehlungen der Enquete-Kommission zum Schutz der Tropenwälder	611
7.5.2.1	Bewertung der bisherigen Initiativen auf der Basis der Empfehlungen der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“	611
7.5.2.2	Globale Analyse und kritische Bewertung der bi- und multilateralen Bemühungen zum Tropenwaldschutz .	615
7.5.2.3	Entwicklung und Umsetzung einer sozial- und umweltverträglichen Landnutzungsplanung in den Tropenwaldländern	615
7.5.2.4	Entwicklung und Umsetzung tragfähiger Schutzkonzepte	615
7.5.2.5	Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger Bewirtschaftungsmethoden	617
7.5.2.6	Ausweitung von umweltverträglichen und von der Bevölkerung akzeptierten Aufforstungen	618
7.5.2.7	Festschreibung nachprüfbarer Kriterien für nachhaltig erzeugte Holzprodukte und Einführung eines Tropenholzlabels	619
7.6	Klima- und umweltverträgliche Holzverwendung ...	620
7.6.1	Handlungsoptionen und Rahmenbedingungen	621
7.6.1.1	Effiziente Nutzung des eingeschlagenen Holzes	622
7.6.1.2	Vermeidung und Wiederverwertung von Produkten aus Papier- und Pappe	624
7.6.1.3	Energetische Nutzung von Holz und Holzabfällen ...	625
7.6.2	Nationale Rahmenbedingungen und Handlungsfelder	630
7.6.3	Handlungsempfehlungen der Enquete-Kommission im Bereich klima- und umweltverträglicher Holzverwendung	632
7.6.3.1	Maßnahmen auf der internationalen Ebene	632
7.6.3.2	Maßnahmen auf der nationalen Ebene	633
7.7	Internationale Konvention zum Schutz der Wälder ..	636
7.7.1	Rechtliche Grundlagen und Möglichkeiten	637
7.7.2	Empfehlungen der Enquete-Kommission zur Aus- arbeitung und Verabschiedung einer Internationalen Konvention zum Schutz der Wälder	640

7.7.2.1	Struktur der Konvention	640
7.7.2.2	Inhaltliche Eckpunkte	641
7.7.2.3	Zeitplan für die Verabschiedung einer Internationalen Waldkonvention	649
7.8	Forschungsempfehlungen	650
7.8.1	Aktueller Waldbestand und globale Waldflächenentwicklung in den verschiedenen Klimazonen	650
7.8.2	Waldökologie und Stoffhaushalt der Wälder sowie Auswirkungen künftiger Klimaänderungen	651
7.8.3	Waldwirtschaftliche Möglichkeiten zur Eindämmung des anthropogenen Treibhauseffektes	651
7.8.4	Ökonomische Bewertung der vielfältigen Leistungen der Wälder	652
7.8.5	Effiziente und sparsame Holzverwendung	652
8.	Literaturverzeichnis zu Abschnitt C	653
Anhang		669