



III 83

DK 551.583

Deutscher Bundestag
11. Wahlperiode

Drucksache 11/8030

24. 05. 1990

Sachgebiet 2129

Dritter Bericht
der ENQUETE-KOMMISSION
Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre

zum Thema
Schutz der Erde

gemäß Beschluß des Deutschen Bundestages vom 16. Oktober und vom
27. November 1987 sowie vom 7. Dezember 1988
— Drucksachen 11/533, 11/787, 11/971, 11/1351 und 11/3479 —

320/3957 INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE
UNIVERSITÄT HANNOVER
HERRENHAUSER STR. 2 - 30419 HANNOVER

Inhaltsübersicht

	Seite
ABSCHNITT A	
Zusammenfassung —	
Problemdarstellung, Arbeit der Kommission und Handlungsempfehlungen im Überblick	27
1. Kapitel Problemdarstellung im Überblick	27
2. Kapitel Bisherige Arbeit der Enquete-Kommission im Überblick	43
3. Kapitel Internationale und EG-weite Handlungsempfehlungen zur Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffektes und zum Schutz der Erdatmosphäre	46
4. Kapitel Nationale Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Emissionen energiebedingter klimarelevanter Spurengase	59
5. Kapitel Empfehlungen zur Fortführung der Arbeit der Enquete-Kommission in der nächsten Wahlperiode	76
ABSCHNITT B	
Aufgabenstellung und bisherige Arbeit der Kommission	78
1. Kapitel Einführung, Problembeschreibung, Entstehung und bisherige Arbeit der Kommission	78
2. Kapitel Zusammensetzung der Kommission	81
3. Kapitel Bisherige Arbeit der Kommission	82
ABSCHNITT C	
Treibhauseffekt und Klimaänderungen	88
1. Kapitel Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes	89
2. Kapitel Klimamodelle und Gütetest	145
3. Kapitel Mögliche Auswirkungen des berechneten Temperaturanstiegs	155
4. Kapitel Die Wirksamkeit der von der Enquete-Kommission empfohlenen Maßnahmen	199
5. Kapitel Klimaforschung und Forschungsbedarf	251
ABSCHNITT D	
Ozonabbau in der Stratosphäre	255
1. Kapitel Aktueller naturwissenschaftlicher Kenntnisstand	255

	Seite
2. Kapitel Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone, Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) und Ersatzstoffe	284
3. Kapitel Modellabschätzungen zum Ausmaß zukünftiger Veränderungen	317
4. Kapitel Ozonzerstörung, Veränderungen der UV-B-Strahlung und deren Auswirkun- gen	335
5. Kapitel Maßnahmen zur FCKW- und Halonreduzierung	361
6. Kapitel Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme und Forschungsbedarf	385
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Knabe, Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Kübler, Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt D, 5. Kapitel: „Maßnahmen zur FCKW- und Halonreduzierung“</i> .	391
 ABSCHNITT E	
Nationales Vorgehen zur Reduktion der Emissionen energiebedingter kli- marelevanter Spurengase	392
1. Kapitel Ergebnisse, Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf	392
2. Kapitel Energie und Klima — Einführung, Studienprogramm der Enquete-Kommis- sion sowie energiewirtschaftliche Begriffe, Energieeinheiten und Umrech- nungsfaktoren	444
3. Kapitel Die Rolle der Energieversorgung an den Emissionen klimarelevanter Schad- stoffe	458
4. Kapitel Potentiale einzelner Emissionsminderungsmaßnahmen bis zum Jahr 2005 und Ausblick auf 2050	464
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Lippold (Offenbach), Fellner, Seesing, Frau Dr. Segall, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emissionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Heinloth“</i>	555
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Kübler zu Abschnitt E, 4. Ka- pitel, Nr. 5: Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse des Studien- komplexes „Nutzung der Kernenergie“</i>	557
<i>Zusatzvotum des Kommissionsmitgliedes Dr. Knabe zu Abschnitt E, 4. Kapi- tel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emis- sionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Hein- loth“</i>	560
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Bach und Prof. Dr. Hen- nicke zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emissionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Heinloth“</i>	563
5. Kapitel Wege zu einer klimaverträglichen Energieversorgung — Strategien zu einer Vermeidung energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen	584
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Lippold (Offenbach), Fellner, Frau Dr. Segall, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Heinloth, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski zu Abschnitt E, 5. Kapitel, Nr. 1.3.4.2: „Ausführungen des Öko-Instituts Freiburg zum Kernenergieausstieg 1995“</i>	620

	Seite
6. Kapitel	
Überblick über das Studienprogramm der Enquete-Kommission	642
<i>Erklärung des Kommissionsvorsitzenden zu den Stellungnahmen und Voten zu Abschnitt E</i>	658
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Schmidbauer, Dr. Lippold (Offenbach), Frau Schmidt (Spiesen), Frau Dr. Segall, Fellner, Seesing, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Heinloth, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski, Prof. Dr. Seiler, Prof. Dr. Zellner zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	658
<i>Energie- und umweltpolitisches Programm einer Vorsorge gegen Klimaschäden in einem vereinten Deutschland</i>	660
1. Zusammenfassung der Erkenntnisse und Ergebnisse	660
2. Kritische Analyse der Ergebnisse des Studienprogramms	663
3. Ausdehnung auf das Gebiet der DDR — Politik zum Schutz der Erdatmosphäre in einem vereinten Deutschland	678
4. Rahmenbedingungen und grundlegende Optionen	696
5. Handlungsempfehlungen	714
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Müller (Düsseldorf) sowie Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Ganseforth, Prof. Dr. Graßl, Prof. Dr. Meyer-Abich, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Knabe, Dr. Kübler zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	728
I. Einleitung/Gesamtwürdigung	728
II. Ausgewählte Kritikpunkte	731
III. Klimaschutz und Verkehrspolitik	748
<i>Zusatzvotum des Kommissionsmitgliedes Dr. Knabe zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	750
I. Schaffung förderlicher rechtlicher Rahmenbedingungen	751
II. Verringerung der Emission klimawirksamer Schadstoffe durch energiepolitische Maßnahmen	752
III. Verringerung der Emission klimawirksamer Schadstoffe durch verkehrspolitische Maßnahmen	753
IV. Verbot von Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen, anderen ozonschädigenden Substanzen und Fluorkohlenwasserstoffen	754
V. Klimaschutz durch Maßnahmen in Land- und Forstwirtschaft	755
VI. Schutz der tropischen Wälder und ihrer Klimafunktionen	756
VII. Internationale Zusammenarbeit und Koordinierung der Maßnahmen zum Schutz von Klima und Erdatmosphäre	756
VIII. Abrüstung und Schutz der Erdatmosphäre	757
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Prof. Dr. Bach zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	757
<i>Weitergehende Maßnahmen im Bereich Energie und FCKW</i>	757
I. Der ökologische „Umbau“ des Energiesektors	757
II. Zielstruktur einer sozial-, umwelt und klimaverträglichen Neuordnung der Energiewirtschaft	759
III. Kriterien und inhaltliche Eckpunkte eines „Energiespargesetzes“	759
<i>Stellungnahme der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein und Dr. Kübler zu den Zusatzvoten des Kommissionsmitgliedes Dr. Knabe und der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Bach und Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	765

	Seite
<i>Ergänzendes Votum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Knabe, Dr. Kübler zur Energiewirtschaft in der DDR</i>	766
I. <i>Vorbemerkung</i>	766
II. <i>Zur Situation der Energieversorgung und Umweltbelastung in der DDR</i>	768
III. <i>Einschätzung und Beurteilung der geplanten energiewirtschaftlichen Projekte und Kooperation</i>	791
IV. <i>Ausgangspunkte für eine Kooperation zur Umsetzung der Energiewende</i>	792
V. <i>Nachbemerkung</i>	814
 ABSCHNITT F	
Internationale Strategie zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen	815
1. Kapitel	
Bisherige internationale und EG-weite Aktivitäten zur Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffektes	821
2. Kapitel	
Empfehlungen zur Ausgestaltung einer Internationalen Konvention über Klima und Energie und möglicher Zusatzvereinbarungen	842
3. Kapitel	
Empfehlungen zur Implementation des Übereinkommens und der Protokolle	864
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Prof. Dr. Dr. Crutzen, Frau Prof. Ganseforth, Prof. Dr. Graßl, Frau Dr. Hartenstein, Prof. Dr. Hennicke, Dr. Kübler, Prof. Dr. Meyer-Abich, Dr. Knabe zu Abschnitt F: „Internationale Strategie zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen“</i>	866
 ABSCHNITT G	
Gesamtstrategie zum Schutz der Erdatmosphäre	869
1. Kapitel	
Politische Maßnahmen	870
2. Kapitel	
Forschungsempfehlungen	879
 ANHANG	 883
1. <i>Gesamtliteraturverzeichnis</i>	883
2. <i>Begriffserläuterungen</i>	904
3. <i>Abkürzungsverzeichnis</i>	922
4. <i>Chemische Formeln</i>	925
5. <i>Vorsätze- und Vorsatzzeichen-Erklärungen</i>	925
6. <i>Verzeichnis der Kommissionsdrucksachen</i>	926

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
ABSCHNITT A			
Zusammenfassung – Problem- darstellung, bisherige Arbeit der Kommission und Hand- lungsempfehlungen im Überblick	27	3. Empfehlungen zum Schutz der tropi- schen Wälder	57
1. Kapitel			
Problemdarstellung im Überblick	27	4. Handlungsbedarf im Bereich Landwirt- schaft und Welternährung	59
1. Zusätzlicher Treibhauseffekt und welt- weite Klimaänderungen	27	5. Integration der bereits bestehenden und noch zu schaffenden sektoralen in- ternationalen Vereinbarungen zu ei- nem Gesamtkonzept zum Schutz der Erdatmosphäre im Jahr 1998	59
2. Klima und Energie – Emissionen ener- giebedingter klimarelevanter Spurengase	33	6. Schaffung eines Umweltrates	59
3. FCKW und andere Verbindungen, die sowohl den Ozonabbau in der Strato- sphäre bewirken als auch zum zusätzli- chen Treibhauseffekt beitragen	39	4. Kapitel	
4. Vernichtung der tropischen Wälder ..	43	Nationale Handlungsempfehlungen zur Re- duktion der Emissionen energiebedingter kli- marelevanter Spurengase	
2. Kapitel			
Bisherige Arbeit der Enquete-Kommission im Überblick	43	1. Reduktionsziele für die energiebeding- ten klimarelevanten Spurengasemis- sionen	60
1. Erster Bericht	45	2. Zentrale Ergebnisse des Studienpro- gramms der Kommission zur Errei- chung der Reduktionsziele	62
2. Zweiter Bericht	45	3. Strategie zur Erfüllung der Reduktions- ziele	66
3. Dritter Bericht	45	4. Grundsätze und Prioritäten bei den Maßnahmen bezüglich der Energieträ- gerstruktur	67
3. Kapitel			
Internationale und EG-weite Handlungsemp- fehlungen zur Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffektes und zum Schutz der Erdat- mosphäre	46	4.1 Energieeinsparung, verbesserte Ener- gieeffizienz, rationellere Energiever- wendung	67
1. Empfehlungen zur Reduktion der FCKW und anderer Verbindungen, die sowohl den Abbau der Ozonschicht der Stratosphäre bewirken als auch zum zusätzlichen Treibhauseffekt beitra- gen	46	4.2 Erneuerbare Energien	69
1.1 Internationale Maßnahmen	46	4.3 Fossile Energieträger	70
1.2 Maßnahmen innerhalb der Europäi- schen Gemeinschaften	47	4.4 Kernenergie	70
2. Empfehlungen zur Reduktion der Emissionen klimarelevanter Spurengase aus dem Energiebereich ein- schließlich dem Verkehrsbereich, ins- besondere des Kohlendioxids, des Me- thans, der Stickoxide, des Kohlenmon- oxids und der flüchtigen organischen Verbindungen (ohne Methan)	50	5. Sektorspezifische Maßnahmen und Programme	72
2.1 Internationale Maßnahmen – Reduk- tionsziele und Internationale Konven- tion über Klima und Energie	50	5.1 Heizwärmebereich in allen Sektoren ..	72
2.1.1 Reduktionsziele	50	5.2 Verkehrssektor	73
2.1.2 Internationale Konvention über Klima und Energie und dazugehörige Proto- kolle	53	5.3 Industrie und Kleinverbrauch	75
2.2 Maßnahmen im Rahmen der Europäi- schen Gemeinschaften	55	5.4 Energieumwandlungssektor	75
5. Kapitel			
Empfehlungen zur Fortführung der Arbeit der Enquete-Kommission in der nächsten Wahlpe- riode			
6. Tabellenverzeichnis			
7. Abbildungsverzeichnis			
ABSCHNITT B			
Aufgabenstellung und bisherige Arbeit der Kommission			
1. Kapitel			
Einführung, Problembeschreibung, Entste- hung und bisherige Arbeit der Kommission ..			

	Seite		Seite
2. Kapitel		3.	
Zusammensetzung der Kommission	81	Strahlungshaushalt und seine Beeinflussung durch den Menschen	127
1. Mitglieder der Kommission	81	3.1 Der Strahlungshaushalt des Systems Erde-Atmosphäre	127
2. Mitglieder des Kommissionssekretariats	81	3.2 Der Treibhauseffekt	129
3. Kapitel		3.2.1 Strahlungs- und Energiebilanz	129
Bisherige Arbeit der Kommission	82	3.2.2 Absorption der Treibhausgase	131
4. Literaturverzeichnis	87	3.2.3 Anteil der einzelnen Gase am Treibhauseffekt	132
ABSCHNITT C		3.3 Ursachen für die Änderung des Strahlungshaushaltes	134
Treibhauseffekt und Klimaänderung	88	3.3.1 Treibhausgase und indirekt klimawirksame Gase	134
Einführung	88	3.3.2 Aerosolteilchen	134
1. Kapitel		3.3.3 Wolken	135
Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes ..	89	3.3.4 Andere Parameter	136
1. Allgemeine Angaben zur Erdatmosphäre	89	4. Literaturverzeichnis	136
1.1 Klima und Atmosphäre	89	5. Abbildungsverzeichnis	144
1.2 Dynamik und Struktur der Atmosphäre	90	6. Tabellenverzeichnis	144
1.3 Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre	91	2. Kapitel	
1.4 Kreisläufe klimarelevanter Spurengase in der Atmosphäre	93	Klimamodelle und Gütetest	145
1.4.1 Wasserdampf	93	1. Modelle des Kohlenstoffkreislaufes ..	145
1.4.2 Kohlendioxid	96	1.1 Kohlenstoff im Ozean	145
1.4.3 Methan	99	1.2 Kohlenstoff in der Land-Biosphäre ...	146
1.4.4 Distickstoffoxid	101	1.3 Simulation des Kohlenstoffkreislaufs mit gekoppelten Modellen	147
1.4.5 Halogenierte Kohlenwasserstoffe	103	2. Vereinfachte Klimamodelle	147
1.4.6 Ozon in der Troposphäre	104	2.1 Energiebilanzmodelle	147
1.4.7 Indirekt klimawirksame Gase	106	2.2 Strahlungs-Konvektionsmodelle	148
— Kohlenmonoxid	106	3. Gekoppelte Chemie-Klima-Modelle ..	149
— Stickoxide	107	4. Komplexe Klimamodelle	150
— Flüchtige organische Verbindungen	108	4.1 Modelle der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre	150
2. Änderung von Klimaparametern in der jüngsten Vergangenheit	110	4.2 Modelle der Zirkulation des Ozeans ..	150
2.1 Langzeittrends klimarelevanter Spurengase und ihre Ursachen	110	4.3 Gekoppelte Ozean-Atmosphäre-Modelle	151
2.1.1 Wasserdampf	110	4.4 Gütetest globaler Zirkulationsmodelle	151
2.1.2 Kohlendioxid	112	4.5 Gleichgewichtsrechnungen	152
2.1.3 Methan	113	4.6 Zeitabhängige Rechnungen	152
2.1.4 Distickstoffoxid	115	5. Literaturverzeichnis	153
2.1.5 Halogenierte Kohlenwasserstoffe	115	3. Kapitel	
2.1.6 Ozon in der Troposphäre	116	Mögliche Auswirkungen des berechneten Temperaturanstiegs	155
2.1.7 Indirekt klimawirksame Spurengase ..	116	Einführung	155
— Kohlenmonoxid	116	1. Berechnete globale Klimaänderungen	156
— Stickoxide	118	1.1 Temperaturänderungen	157
— Flüchtige organische Verbindungen	118	1.2 Niederschlagsänderungen	159
2.2 Änderungen von Klimaparametern ...	118	1.3 Meeresspiegelanstieg	159
2.2.1 Temperatur	118	1.4 Weitere globale Änderungen	161
2.2.2 Niederschlagstätigkeit	122	1.5 Veränderte Extremwertstatistik	161
2.2.3 Meeresspiegel	123	2. Berechnete regionale und jahreszeitliche Klimaänderungen	163
2.2.4 Atmosphärische Zirkulation	126	2.1 Temperaturänderungen	164
2.2.5 Extreme Wetterereignisse	126	2.2 Niederschlagsänderungen	166
		2.3 Änderung der Meereisausdehnung ..	167
		2.4 Schwund des Permafrostes	167

	Seite		Seite
2.5	168	1.2.3	205
2.5.1	168	1.2.4	205
2.5.2	168	1.3	206
3.	169	– Szenario „business as usual“ (BAU)	207
3.1	169	– Szenario Br	207
3.1.1	169	– Szenario Cr	207
3.1.2	172	– Szenario Dr	207
3.1.3	172	– Szenario Er	207
3.1.4	173	1.4	208
3.2	174	– Szenario MD	208
3.3	174	– Szenario LD	208
3.3.1	175	– Szenario LW	209
3.3.2	175	– Szenario EK	209
3.3.3	178	– Szenario EKC	209
3.4	178	– Szenario LWC	209
3.5	180	2.	209
3.5.1	181	2.1	209
3.5.2	181	2.1.1	209
3.5.3	182	2.1.2	211
3.5.4	182	2.1.3	211
3.5.5	182	2.1.4	211
3.5.6	183	2.1.5	211
3.6	185	2.1.6	212
3.7	186	2.1.7	213
3.7.1	186	– Konzentration	213
3.7.2	187	– Temperatur	214
3.7.3	187	2.2	214
3.7.4	188	2.2.1	214
3.7.5	188	2.2.2	215
3.8	189	2.2.3	216
3.9	190	2.2.4	216
3.10	192	2.2.5	216
3.11	193	2.3	220
3.12	194	2.3.1	220
3.13	194	2.3.2	221
4.	195	3.	222
5.	198	3.1	222
6.	198	3.1.1	222
		3.1.2	222
		3.1.3	222
		3.1.4	224
4. Kapitel			
Die Wirksamkeit der von der Enquete-Kommission empfohlenen Maßnahmen	199		
1.	199		
1.1	199		
1.1.1	199		
1.1.2	201		
1.1.3	201		
1.1.4	203		
1.2	203		
1.2.1	203		
1.2.2	204		

	Seite		Seite		
3.1.5	Bewertung der Maßnahmen	224	1.1.1	Ozonloch über der Antarktis	255
3.2	Die Wirksamkeit der EK-Empfehlungen durch Reduktion der Kohlendioxid-Emissionen	225	1.1.2	Ozonveränderungen über der Arktis	261
3.2.1	EK-Szenario A: Status-quo	225	1.2	Globale Veränderungen	263
3.2.2	EK-Szenario C: Tropenwald-Rettungsplan	225	2.	Wissenschaftliche Grundlagen	268
3.2.3	EK-Szenario D: Reduktionsplan für fossile Brennstoffe	228	2.1	Konzentration, Verteilung und Variabilität des Ozons	268
3.2.4	Bewertung der Maßnahmen	229	2.2	Bedeutung des Ozons in der Stratosphäre	270
3.3	Die Wirkung von Methan und Distickstoffoxid	230	2.2.1	UV-Schutzfilter	270
3.3.1	Wirkung auf die Konzentration	230	2.2.2	Temperatur und Stabilität der Stratosphäre	271
3.3.2	Wirkung auf die Erwärmung	230	2.3	Chemie des Ozons in der Stratosphäre	271
3.4	Globale Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffekts	232	2.3.1	Photochemische Grundlagen	271
3.5	Beiträge der einzelnen Treibhausgase zur globalen Erwärmung	233	2.3.2	Katalytische Zyklen	272
3.6	Vorprogrammierte globale Erwärmung	234	2.4	Natürliche Einflußfaktoren auf das Ozon in der Stratosphäre	273
3.7	Langzeit-Erwärmung	235	2.4.1	Dynamik	273
3.8	Bewertung der Gesamtwirkung der von der Enquete-Kommission empfohlenen Maßnahmen zur Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffekts	236	2.4.2	Sonnenfleckenzyklus	273
	— Ohne Maßnahmen	237	2.4.3	Vulkanismus	274
	— Verschärfung des Montrealer Protokolls in der Fassung der 2. Vertragsstaatenkonferenz von London	237	3.	Anthropogene Ursachen der Ozonzerstörung	276
	— Tropenwald-Rettungsplan	238	3.1	Chemie des Ozonabbaus in der globalen Stratosphäre	276
	— Reduktionsziele für energiebedingte CO ₂ -Emissionen	238	3.2	Chemie der polaren Stratosphäre	277
4.	Ergebnisse aus 1,5-dimensionalen Szenarienrechnungen	239	4.	Literaturverzeichnis	282
5.	Ergebnisse der gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modelle	240	5.	Tabellenverzeichnis	283
5.1	Globale Mitteltemperatur	240	6.	Abbildungsverzeichnis	283
5.2	Globaler Niederschlag	242			
5.3	Grobe regionale Verteilung	243			
6.	Literaturverzeichnis	248			
7.	Tabellenverzeichnis	250			
8.	Abbildungsverzeichnis	250			
5. Kapitel			2. Kapitel		
Klimaforschung und Forschungsbedarf	251		Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone, Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) und Ersatzstoffe	284	
1.	Die Klimaforschung in der Bundesrepublik Deutschland	251	1.	Wirtschaftliche und technische Situation	284
2.	Forschungsbedarf	252	1.1	Produktionsverfahren	284
ABSCHNITT D			1.2	Produktions- und Verbrauchsmengen sowie Hersteller	286
Ozonabbau in der Stratosphäre	255		1.2.1	Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	286
Einführung	255			— International	286
1. Kapitel				— In der EG	286
Aktueller naturwissenschaftlicher Kenntnisstand	255			— Bundesrepublik Deutschland	286
1.	Ausmaß der beobachteten Veränderungen des Ozons in der Stratosphäre	255	1.2.2	Halone	290
1.1	Veränderungen in den Polarregionen	255		— International	290
				— In der EG	290
				— Bundesrepublik Deutschland	290
			1.2.3	Chlorkohlenwasserstoffe (CKW)	292
				— Bundesrepublik Deutschland	292
			2.	Wirkung in der Atmosphäre	292
			2.1	Ozonzerstörungspotential, ODP-Wert	292
			2.2	Treibhauspotential, GWP-Wert	294
			2.3	Konzentrationstrends	297
			3.	Anwendungen sowie Möglichkeiten der Verbrauchs- und Emissionsreduzierung	299
			3.1	Fluorchlorkohlenwasserstoffe	299
			3.1.1	Allgemeines	299
			3.1.2	Reinigungs- und Lösemittel	299

	Seite		Seite
— Oberflächenbehandlung	300	1.1	Ein-, zwei- und dreidimensionale (1-D-, 2-D- und 3-D-) Modelle
— Textilreinigung	300		317
3.1.3 Kunststoffverschäumung	301	1.2	Beschreibung zweier Rechenmodelle .
— Polyurethan (PUR)-Hartschaum ...	301		321
— PUR-Integralschaum	302	1.2.1	Das 1-D- und 1 1/2-D-Chemie-Klima-
— Polystyrol-Hartschäume	302		modell des Max-Planck-Instituts für
— PUR-Weichschäume	302		Chemie (MPIC)
3.1.4 Klima- und Kältetechnik	303		321
— Kälteanlagen zur gewerblichen		1.2.2	Das Modell der Universität Oslo (UIO)
Nutzung	303		322
— Großkälteanlagen zur industriellen		1.3	Leistungsfähigkeit der Modelle sowie
Nutzung	303		Genauigkeit der Vorhersagen
— Fahrzeugklimaanlagen und Trans-		2.	Szenarien der Emissionen ozonrele-
portkälteanlagen	304		vanter Substanzen
— Gebäudeklimatisierung	304	2.1	Entwicklung der FCKW- und Halon-
— Haushaltskühlgeräte	304		emissionen
3.1.5 Spraydosen	305	2.2	Einfluß teilhalogenerter FCKW, des
3.1.6 Sonstige Anwendungen	306		Methylchloroform (CH ₃ CCl ₃) und des
3.2 Halone	306		Tetrachlorkohlenstoffs (CCl ₄)
3.2.1 Allgemeines	306		324
3.2.2 Feuerlöschung	306	2.3	Andere ozon- und klimarelevante
3.3 Chlorkohlenwasserstoffe (CKW)	308		Gase
3.3.1 Methylchloroform (CH ₃ CCl ₃)	308		325
3.3.2 Tetrachlorkohlenstoff (CCl ₄)	309	2.4	Prognostizierte Erhöhung des Chlor-
4. FCKW-Ersatzstoffe	309		und Bromgehalts in der Stratosphäre .
4.1 Allgemeines	309		325
4.2 Forschungsprogramme	310	3.	Prognostizierte Veränderungen
4.3 Mechanismen und Folgeprodukte des			329
chemischen Abbaus in der Atmo-		3.1	Abnahme des Gesamtzongehalts ...
sphäre	311		329
4.4 Anwendung möglicher Ersatzstoffe ..	313	3.2	Änderung der Ozonvertikalverteilung
4.4.1 Teilhalogenierte FCKW	313		und Temperaturverteilung
— H-FCKW 22	313		330
— H-FCKW 123	313	3.3	Erhöhung der UV-B-Strahlung in Erd-
— H-FCKW 141 b	314		bodennähe
— H-FCKW 124	314		331
— H-FCKW 142 b	314	4.	Literaturverzeichnis
— H-FCKW 225 ca und 225 cb	314		333
4.4.2 Fluorkohlenwasserstoffe (FKW)	314	5.	Tabellenverzeichnis
— FKW 134 a	314		335
— FKW 143 a	314	6.	Abbildungsverzeichnis
— FKW 152 a	314		335
— FKW 23	314		
— FKW 125	314		
4.4.3 Perfluorierte Alkane	314	4. Kapitel	
4.4.4 Halogenfreie Verbindungen	315	Ozonzerstörung, Veränderungen der UV-B-	
4.5 Hemmnisse der Markteinführung für		Strahlung und deren Auswirkungen	335
Ersatzstoffe	315	1.	Zusammenhang zwischen Ozonkon-
4.5.1 Kosten	315		zentration und UV-B-Strahlung
4.5.2 DIN	315		335
5. Literaturverzeichnis	315	1.1	Natürliche Verteilung und Variation
6. Tabellenverzeichnis	316		der UV-B-Strahlung
7. Abbildungsverzeichnis	316		336
3. Kapitel		1.2	Ozonabnahme und berechnete Ände-
Modellabschätzungen zum Ausmaß zukünftiger			rerungen der UV-B-Intensität
Veränderungen	317		339
1. Grundlagen	317	2.	Messungen der UV-B-Intensität
			340
		2.1	Ergebnisse direkter Beobachtungen ..
			340
		2.2	Ursachen potentieller Differenzen zwi-
			schon UV-B-Meßwerten und -Modell-
			ergebnissen
			341
		2.3	UV-B-Meßtechnik
			341
		2.3.1	Beschreibung und Bewertung der
			Meßverfahren und -geräte
			342
		2.3.2	Meßvorhaben und Meßstationen
			343
		3.	Forschungs- und Entwicklungsbedarf
			344
		4.	Auswirkungen erhöhter UV-B-Strah-
			lung
			345
		4.1	Die Wirkung von UV-Strahlung auf
			biologische Systeme
			345
		4.2	Gegenwärtige und zukünftige Verän-
			derungen der biologisch effektiven
			UV-Strahlung
			347
		4.3	Direkte Auswirkungen auf den Men-
			schcn
			348
		4.3.1	Augenerkrankungen
			349
		4.3.2	Immunsystem
			349

	Seite		Seite
4.3.3	349	— Einschätzung der Ergebnisse der zweiten Vertragsstaatenkonferenz	370
4.4	351	1.2 Internationale Konferenzen	371
4.4.1	351	— Konferenz über globale Erwärmung und Klimaänderungen in Neu Delhi	371
4.4.2	351	— Internationale Konferenz zur Rettung der Ozonschicht in London	371
4.4.3	352	— Internationale Umweltschutzkonferenz in Den Haag	372
4.4.4	352	— Wirtschaftsgipfel in Paris	372
4.4.5	352	2. Maßnahmen innerhalb der Europäischen Gemeinschaften	372
4.5	353	2.1 Verordnung (EWG) Nr. 3322/88 des Rates über bestimmte Fluorchlorkohlenwasserstoffe und Halone, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen	373
4.5.1	354	2.2 EG-Umweltratssitzung (März 1989)	373
— Ökologische Bedeutung	354	2.3 Vorschlag einer Verordnung des Rates über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen	373
— Schädigung	354	3. Maßnahmen in der Bundesrepublik Deutschland	373
— Gegenwärtige Situation	355	3.1 Empfehlungen der Enquete-Kommission (1988)	373
4.5.2	355	3.1.1 Internationale Maßnahmen	374
4.5.3	355	3.1.2 Maßnahmen innerhalb der Europäischen Gemeinschaften	374
4.6	356	3.1.3 Nationale Maßnahmen	374
5.	356	3.2 Umsetzung der Empfehlungen	375
5.1	357	3.2.1 Beschluß des Deutschen Bundestages vom 9. März 1989	376
5.2	358	3.2.2 Selbstverpflichtungen der Industrie	376
5.3	358	3.2.3 Verordnung zum Verbot von bestimmten, die Ozonschicht abbauenden Halogenkohlenwasserstoffen (FCKW-Halon-Verbotsverordnung)	377
6.	358	— Liste der geregelten Stoffe	377
7.	360	— Reduktionsquoten und Zeitpläne	377
8.	360	— Aerosolbereich	377
		— Kältemittel	378
		— Schaumstoffe	378
		— Reinigungs- und Lösemittel	378
		— Löschmittel	378
		— Betrieb, Instandhaltung, Außerbetriebnahme, Rücknahmeverpflichtung	378
		— Kennzeichnung	379
		4. Maßnahmen in anderen Ländern	379
		— Australien	379
		— Finnland	379
		— Indien	379
		— Kanada	379
		— Neuseeland	380
		— Niederlande	380
		— Norwegen	380
		— Österreich	380
		— Schweden	380
		— Schweiz	380
5. Kapitel			
Maßnahmen zur FCKW- und Halonreduzierung	361		
1.	361		
1.1	361		
1.1.1	361		
1.1.2	363		
— Verpflichtungen der Vertragsparteien	365		
— Ausnahmeregelungen	365		
— Einschätzung des Montrealer Protokolls	365		
1.1.3	366		
— Erste Vertragsstaatenkonferenz zum Montrealer Protokoll in Helsinki	366		
— UNEP-Konferenzen und Arbeitsgruppensitzungen	367		
— Tagung des EG-Umweltministerats zur Überprüfung des Montrealer Protokolls	367		
— Zweite Vertragsstaatenkonferenz zum Montrealer Protokoll in London	368		

	Seite		Seite
– USA	380	2. Nationale Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Emissionen energiebedingter klimarelevanter Spurengase	427
– VR China	380	2.1 Reduktionsziele für die energiebedingten klimarelevanten Spurengasemissionen	428
5. Empfehlungen zum Schutz der Ozonschicht und zur Eindämmung des Treibhauseffektes	381	2.2 Strategie zum Erreichen der Reduktionsziele	430
5.1 Internationale Maßnahmen	381	2.3 Grundsätze und Prioritäten bei den Maßnahmen bezüglich der Energieträgerstruktur	431
5.2 Maßnahmen innerhalb der Europäischen Gemeinschaften	381	2.3.1 Energieeinsparung, verbesserte Energieeffizienz, rationellere Energieverwendung	431
6. Literaturverzeichnis	384	2.3.2 Erneuerbare Energien	432
7. Tabellenverzeichnis	384	2.3.3 Fossile Energieträger	433
8. Abbildungsverzeichnis	384	2.3.4 Kernenergie	434
6. Kapitel		2.4 Sektorspezifische Maßnahmen und Programme	435
Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme und Forschungsbedarf	385	2.4.1 Heizwärmebereich in allen Sektoren .	435
1. Wissenschaftliche Untersuchungsprogramme	385	2.4.2 Verkehrssektor	436
1.1 Ozonforschungsprogramm des Bundesministers für Forschung und Technologie	385	2.4.3 Industrie und Kleinverbrauch	438
1.2 Stratosphärisches Ozonforschungsprogramm der EG/EFTA-Länder	388	2.4.4 Energieumwandlungssektor	438
1.3 Planungen der amerikanischen Weltraumbehörde NASA	389	2.5 Empfehlungen zur Fortführung der Arbeit der Enquete-Kommission in der nächsten Wahlperiode	439
2. Forschungsbedarf	389	3. Forschungsbedarf	439
3. Förderschwerpunkt „Wirkungen von UV-B-Strahlung“ des Bundesministers für Forschung und Technologie	390	3.1 Kriterien zur Auswahl von Reduktionsstrategien	440
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Knabe, Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Kübler, Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt D, 5. Kapitel: „Maßnahmen zur FCKW- und Halonreduzierung“</i>	<i>391</i>	3.2 Verbesserung der Datenbasis und Energiesystemanalyse	440
ABSCHNITT E		3.3 Weiterentwicklung von Techniken und Verfahren sowie Erforschung von Markteinführungsstrategien	440
Nationales Vorgehen zur Reduktion der Emissionen energiebedingter klimarelevanter Spurengase	392	3.4 Ausgestaltung nationaler Maßnahmen	441
1. Kapitel		3.5 Ausgestaltung internationaler Maßnahmen	442
Ergebnisse, Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf	392	3.6 Reduktionsstrategien für die Bundesrepublik Deutschland nach dem Beitritt der DDR	442
1. Ergebnisse der Analysen zu den Minderungsmöglichkeiten der Emissionen energiebedingter klimarelevanter Spurengase bis zum Jahr 2005	392	3.7 Europäisches Institut zur Behandlung globaler Umweltprobleme	442
Vorbemerkung	392	4. Tabellenverzeichnis	443
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	392	5. Abbildungsverzeichnis	443
1.2 Ergebnisse der Abschätzung der Einsparpotentiale für die Referenz-Entwicklung und die Reduktionsszenarien bis zum Jahr 2005	393	2. Kapitel	
1.2.1 Die Referenz-Entwicklung	394	Energie und Klima – Einführung, Studienprogramm der Enquete-Kommission sowie energiewirtschaftliche Begriffe, Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren	444
1.2.2 Reduktionsszenario „Energiepolitik“ .	395	1. Energie und Klima – Einführung	444
1.2.3 Reduktionsszenario „Ausstieg aus der Kernenergie“	402	1.1 Zusätzlicher Treibhauseffekt und weltweite Klimaänderungen	444
1.2.4 Reduktionsszenario „Ausbau der Kernenergie“	410	1.2 Energiebedingte klimarelevante Emissionen	446
1.3 Die Reduktionsszenarien im Vergleich	416	2. Studienprogramm der Enquete-Kommission – Einführung	450

	Seite		Seite		
3.	Energiewirtschaftliche Begriffe, Energieeinheiten und Umrechnungsfaktoren	456	3.	Emissionsminderung durch erneuerbare Energiequellen	489
4.	Tabellenverzeichnis	457	3.1	Untersuchungsgegenstand	489
5.	Abbildungsverzeichnis	457	3.2	Stand der Technik und Kosten	490
3. Kapitel			3.2.1	Photovoltaik	490
Die Rolle der Energieversorgung an den Emissionen klimarelevanter Schadstoffe		458	3.2.2	Windenergie	491
1.	Die weltweite Situation	458	3.2.3	Wasserkraft	492
2.	Die Situation in der Bundesrepublik Deutschland (ohne ehemalige DDR) ..	460	3.2.4	Biomasse	493
3.	Tabellenverzeichnis	464	3.2.5	Nachwachsende Rohstoffe	494
4.	Abbildungsverzeichnis	464	3.2.6	Solare Großanlagen und Import solarer Energieträger	495
4. Kapitel			3.2.7	Solarkollektoren und solare Nahwärmesysteme	495
Potentiale einzelner Emissionminderungsmaßnahmen bis zum Jahr 2005 und Ausblick auf 2050		464	3.2.8	Wärmepumpen	496
	Vorbemerkung	464	3.2.9	Fazit	497
1.	Definitionen, Annahmen und Voraussetzungen	465	3.3	Technische Potentiale	497
1.1	Definitionen	465	3.3.1	Einsatzgrenzen und Konkurrenzbeziehungen	497
1.2	Annahmen und Voraussetzungen	466	3.3.2	Technisches Potential der Systeme zur Stromerzeugung	499
2.	Emissionsvermeidung durch rationelle Energieverwendung und energiebewußtes Verhalten	468	3.3.3	Technisches Potential der Systeme zur Wärmeerzeugung	499
2.1	Die Rolle der rationellen Energienutzung und -umwandlung	469	3.3.4	Technisches Potential aller Systeme ..	499
2.2	Technische Potentiale rationeller Energienutzung aus heutiger Sicht	469	3.4	Wirtschaftliche Potentiale	499
2.3	Einzelwirtschaftliche Potentiale und Erwartungspotentiale 2005 der rationellen Energienutzung und -umwandlung	474	3.4.1	Zur Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Energiequellen	499
2.4	Formulierung von Entwicklungsvarianten rationeller Energieverwendung bis 2005	476	3.4.2	Wirtschaftliche Potentiale für Stromerzeugungssysteme	501
2.4.1	Raumwärme in privaten Haushalten ..	477	3.4.3	Wirtschaftliche Potentiale der Wärmebereitstellungssysteme	503
2.4.2	Elektrogeräte und Warmwasser	478	3.4.4	Wirtschaftliche Potentiale insgesamt ..	503
2.4.3	Kleinverbrauch und Industrie	479	3.4.5	Wirtschaftliche Potentiale bei höheren Energiepreisen	503
2.4.4	Verkehr	479	3.5	Hemmnisse und Erwartungspotential bis 2005	506
2.4.5	Umwandlungssektor	480	3.6	Maßnahmen	508
2.5	Die Rolle der rationellen Energieverwendung zur Verminderung klimarelevanter Emissionen: Erste Hinweise für die Energie- und Umweltpolitik ..	481	4.	Emissionsminderung durch Austausch fossiler Energieträger untereinander ..	509
2.6	Hemmnisse rationeller Energieverwendung und Maßnahmen zu ihrer Überwindung	483	4.1	Förderpotentiale und langfristige Verfügbarkeit von Erdöl, Erdgas und Kohle	509
2.6.1	Zielgruppenübergreifende Hemmnisse und Maßnahmen	483	4.2	Mögliche Beiträge des Austauschs fossiler Energieträger untereinander zur Minderung klimarelevanter Spurengasemissionen in der Bundesrepublik Deutschland (ohne ehemalige DDR) ..	511
2.6.2	Sektorspezifische Hemmnisse und Maßnahmen	485	4.2.1	Sofortmaßnahmen	512
2.7	Die Perspektiven der rationellen Energieverwendung bis 2050	486	4.2.2	Maßnahmen in der nahen Zukunft ..	512
2.8	Energieeinsparung und Emissionsvermeidungspotentiale durch energiebewußtes Verhalten	488	4.2.3	Kohlendioxid-Minderungspotentiale in ferner Zukunft	515
			4.3	Hemmnisse und offene Fragen	515
			5.	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse des Studienkomplexes „Nutzung der Kernenergie“	516
			5.1	Minderung klimarelevanter Spurengase durch Kernenergie	516
			5.1.1	Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven der Kernenergie	516

	Seite		Seite
5.1.2	519	6.	569
5.1.3	524	6.1	569
5.1.4	528	6.2	570
5.2	531	7.	573
5.2.1	531	7.1	574
5.2.2	541	7.2	575
5.2.3	544	8.	576
5.3	546	8.1	576
5.3.1	547	8.2	579
5.3.2	553	9.	582
5.3.3	554	10.	582
5.3.4	555	11.	583
5.3.5	555	12.	583
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Lippold (Offenbach), Fellner, Seesing, Frau Dr. Segall, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emissionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Heinloth“</i>	555	5. Kapitel	
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Gansforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Kübler zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5: Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse des Studienkomplexes „Nutzung der Kernenergie“</i>	557	Wege zu einer klimaverträglichen Energieversorgung – Strategien zu einer Vermeidung energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen	584
<i>Zusatzvotum des Kommissionsmitglieds Dr. Knabe zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emissionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Heinloth“</i>	560	Vorbemerkung	584
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Bach und Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt E, 4. Kapitel, Nr. 5.3: „Bewertung der Möglichkeiten zur Verminderung der CO₂-Emissionen durch Atomkernenergie von Prof. Dr. Meyer-Abich und Prof. Dr. Heinloth“</i>	563	1.	585
		1.1	585
		1.2	587
		1.2.1	588
		1.2.2	598
		1.2.3	602
		1.3	605
		1.3.1	605
		1.3.2	608
		1.3.3	611
		1.3.4	613
		1.3.4.1	613
		1.3.4.2	615
		<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Dr. Lippold (Offenbach), Fellner, Frau Dr. Segall, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Heinloth, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski zu Abschnitt E, 5.</i>	

	Seite		Seite
<i>Kapitel, Nr. 1.3.4.2: „Ausführungen des Öko-Instituts Freiburg zum Kernenergieausstieg 1995“</i>	620	1.3.4	Empfehlungen für den Verkehrssektor 663
1.4	Reduktionsszenario „Ausbau der Kernenergie“	1.3.5	Eine CO ₂ -Abgabe
2.	Reduktionsszenarien im Vergleich ...	2.	Kritische Analyse der Ergebnisse des Studienprogramms
	Vorbemerkung	2.1	Auftrag und Vorgaben
2.1	Überblick und Abgrenzung	2.1.1	Das Studienprogramm zur Untersuchung der Möglichkeiten einer Verminderung der Emissionen
2.2	Ergebnisvergleich	2.1.2	Reduktionsziele
2.3	Diskussion kritischer Punkte	2.1.2.1	Das nationale Reduktionsziel als Beitrag zur globalen Verminderung der CO ₂ -Emissionen
2.4	Fazit	2.1.2.2	Tragweite
3.	Ausblick auf 2050	2.1.2.3	Bundesrepublik und Torontoziele/Differenzierungen
3.1	Referenz-Varianten des Laissez-faire .	2.1.2.4	Die von der Kommission vorgegebene CO ₂ -Minderungsstrategie
3.2	Langfristig erschließbare Kohlendioxid-Reduktionspotentiale	2.1.2.5	Wege und Konsequenzen
4.	Literaturverzeichnis	2.1.2.6	Langfristige Zielsetzung
5.	Tabellenverzeichnis	2.2	Vorgelegte Szenarien
6.	Abbildungsverzeichnis	2.2.1	Das Spektrum der Szenarien
6. Kapitel		2.2.1.1	Grundlegende Daten
Überblick über das Studienprogramm der Enquete-Kommission	642	2.2.1.2	Status quo — Laissez faire
1.	Bearbeiter der zusammenfassenden Energiestudie	2.2.1.3	Das Reduktions-Szenario
2.	Verzeichnis der Projektleiter der Studienkomplexe	2.2.1.4	Andere Szenarien
3.	Verzeichnis der mit den Studien beauftragten Institute	2.2.2	Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der Emissionen im Rahmen des Reduktions-Szenarios
4.	Übersicht über die Studienkomplexe .	2.2.3	Rationelle Energieverwendung
5.	Übersicht über die im Rahmen des Studienprogrammes vergebenen Studien und beauftragten Institute	2.2.3.1	Möglichkeiten einer Verminderung der CO ₂ -Emissionen
	644	2.2.3.2	Wege der rationellen Energieverwendung
<i>Erklärung des Kommissionsvorsitzenden zu den Stellungnahmen und Voten zu Abschnitt E</i>	658	2.2.3.3	Vorrang der rationellen Energieverwendung
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Schmidbauer, Dr. Lippold (Offenbach), Frau Schmidt (Spiesen), Frau Dr. Segall, Fellner, Seesing, Prof. Dr. Dr. Dolzer, Prof. Dr. Heinloth, Prof. Dr. Michaelis, Prof. Dr. Schikarski, Prof. Dr. Seiler, Prof. Dr. Zellner zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“</i>	658	2.2.3.4	Einsparungen durch energiebewußtes Verhalten
<i>Energie- und umweltpolitisches Programm einer Vorsorge gegen Klimaschäden in einem vereinten Deutschland</i>	660	2.3	Aspekte einer kritischen Analyse ...
1.	Zusammenfassung der Erkenntnisse und Ergebnisse	2.4	Instrumentarium — Friktionen — Vermeidungstreben
1.1	Stand der Diskussion	2.4.1	Grundsätzliche Anmerkungen zu den Instrumenten
1.2	Grundlegende Erwägungen	2.4.1.1	Fragestellungen
1.3	Die wichtigsten Empfehlungen des Programms	2.4.1.2	Zwei grundlegende Vorbemerkungen
1.3.1	Empfehlungen zur Bereitstellung von Primärenergie	2.4.1.3	Das Instrumentarium
1.3.2	Empfehlungen zur Energieumwandlung	2.4.1.4	Die Eingriffsebenen
1.3.3	Empfehlungen zur Energienutzung ..	2.4.2	Mengenregelnde Eingriffe
	662	2.4.3	Preis- und kostenbeeinflussende Maßnahmen (Steuern und Abgaben)
	662	2.4.4	Friktionen — Vermeidungstreben ...
	662	2.5	Kosten der Reduktion der CO ₂ -Emissionen — Kostenoptimierung — begrenzte Mittel
	662	2.6	Internationaler Wettbewerb
	662	2.6.1	Einbindung der deutschen Wirtschaft in den internationalen Handel
	662	2.6.2	Die Einbindung in die Europäische Gemeinschaft

	Seite		Seite
2.6.3	677	3.6.1	689
2.7	677	3.6.2	690
2.7.1	677	3.6.3	690
2.7.2	678	3.7	690
3.	678	3.8	693
3.1	678	4.	696
3.2	679	4.1	696
3.2.1	679	4.2	696
3.2.2	681	4.2.1	696
3.2.3	681	4.2.2	696
3.3	682	4.2.3	697
3.3.1	682	4.2.4	697
3.3.2	682	4.3	698
3.3.3	682	4.4	698
3.3.4	682	4.4.1	698
3.3.5	683	4.4.2	699
3.3.6	684	4.4.3	699
3.3.7	684	4.4.4	700
3.3.8	684	4.4.5	701
3.4	684	4.4.6	702
3.4.1	684	4.5	702
3.4.2	685	4.5.1	702
3.4.3	685	4.5.2	703
3.4.4	685	4.6	706
3.4.5	686	4.6.1	706
3.5	686	4.6.2	706
3.5.1	686	4.6.3	706
3.5.2	687	4.6.4	706
3.5.3	688	4.6.5	708
3.5.4	688	4.6.6	709
3.6	689	4.7	709
		4.8	712
		4.8.1	712
		4.8.2	712
		4.8.3	712

	Seite		Seite
4.8.4	713	5.5.3	724
4.8.5	713	5.5.4	725
4.8.6	713	5.6	725
4.8.7	713	5.7	727
5.	714	Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Müller (Düsseldorf) sowie Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Ganseforth, Prof. Dr. Graßl, Prof. Dr. Meyer-Abich, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Knabe, Dr. Kübler zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“	
5.0	714	I.	728
5.1	714	a)	729
5.1.1	714	b)	730
5.1.2	715	c)	730
5.2	715	d)	730
5.2.0	715	Konsequenz	
5.2.1	715	II.	731
5.2.2	715	1.	731
5.2.3	715	2.	731
5.2.4	716	3.	733
5.2.5	716	4.	735
5.2.6	716	a)	735
5.3	716	b)	736
5.3.0	716	5. Ungereimtheiten bei der Potentialermittlung	
5.3.1	716	5.1	736
5.3.2	718	a)	736
5.3.3	718	b)	736
5.3.4	718	5.2 Erneuerbare Energiequellen	
5.3.5	718	a)	737
5.3.6	719	b)	737
5.4	719	c)	738
5.4.1	719	d)	738
5.4.2	719	6. Methodik beim Vergleich von Kosten und Wirtschaftlichkeit	
5.4.3	720	7.	740
5.4.4	720	8.	742
5.4.5	720		
5.5	722		
5.5.1	722		
5.5.2	722		

	Seite	Seite	
9. Atomenergie contra Klimaschutz? ...	743	Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Prof. Dr. Bach zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“ ...	757
9.1 ‚Extremes Sparen‘ oder ‚Trendsparen‘?	743		
9.2 ‚Effizienzrevolution‘ bedeutet mehr als ‚Trendsparen‘	744	Weitergehende Maßnahmen im Bereich Energie und FCKW	757
9.3 Systemzwänge des atomaren Großverbund-Systems	745	I. Der ökologische „Umbau“ des Energiesektors	757
9.4 Kein rentabler ‚Platz‘ für wirtschaftliche CO ₂ -Minderung	746	II. Zielstruktur einer sozial-, umwelt und klimaverträglichen Neuordnung der Energiewirtschaft	759
9.5 Ausstieg aus der Kohle statt aus der Atomenergie?	746	III. Kriterien und inhaltliche Eckpunkte eines „Energiespargesetzes“	759
III. Klimaschutz und Verkehrspolitik	748	1. Kriterien eines möglichst gefäh- dungsfreien, sozialverträglichen, preisgünstigen sowie umweltverträglichen Energiesystems	759
1. Umorientierung in den verkehrspolitischen Zielsetzungen	748	2. Gesetzliche Orientierung am Konzept der Energiedienstleistung (EDL)	760
2. Maßnahmen zur Ausschöpfung des technischen Minderungspotentials ...	749	3. Grundlegende Rolle der Gemeinden und Gemeindeverbände	761
3. Maßnahmen zur Gestaltung des Verkehrsablaufs	749	4. Planung als „Entdeckungsverfahren“ ..	761
4. Korrekturen im Preisgefüge	749	5. Neuregelung der Organisation und des Auftrags der Aufsicht	761
5. Maßnahmen zur Beeinflussung des Modal Split	750	6. Auskunft- und Mitteilungspflicht ...	762
Zusatzvotum des Kommissionsmitglieds Dr. Knabe zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“	750	7. Ablösung der Bundestarifordnungen durch Energiepreisordnungen	762
I. Schaffung förderlicher rechtlicher Rahmenbedingungen	751	8. Gesetzliche Einspeiseordnung	762
II. Verringerung der Emission klimawirksamer Schadstoffe durch energiepolitische Maßnahmen	752	9. Rationelle Energienutzung beim Verbraucher	762
1. Strukturelle Änderungen der Energiewirtschaft	752	10. Novellierung des Kartellrechts zur Verbesserung der Bedingungen für rationale und ressourcenschonende Energieversorgung	762
2. Abkehr von der Energieverschwendung	752	11. Änderung der Konzessionsabgabenanordnung (KAE). Entflechtung der Gemeindefinanzen und der ÖPNV-Finanzierung von den Energieerlösen	763
3. Effizienzsteigerung bei der Energieumwandlung und Nutzung der erneuerbaren Energien	752	12. Änderung der Gemeindeordnungen ..	763
4. Verursachergerechte Energiepreisbildung	753	13. Finanzierung und Förderungsprogramme	763
III. Verringerung der Emission klimawirksamer Schadstoffe durch verkehrspolitische Maßnahmen	753	13.1 Primärenergieabgabe	763
A. Personenverkehr	753	13.2 Novellierung des III. Verstromungsgesetzes	763
B. Güterverkehr	754	13.3 Förderprogramme des Bundes	763
IV. Verbot von Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen, anderen ozonschädigenden Substanzen und Fluorkohlenwasserstoffen	754	14. Gründung von Landes-Energiedienstleistungsunternehmen („Energiesparagaturen“)	764
V. Klimaschutz durch Maßnahmen in Land- und Forstwirtschaft	755	15. FCKW: Chemiepolitische Forderungen	765
A. Landwirtschaft	755		
B. Forstwirtschaft	756	Stellungnahme der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein und Dr. Kübler zu den Zusatzvoten des Kommissionsmitglieds Dr. Knabe und der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Bach und Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt E: „Nationales Vorgehen zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengase“	765
VI. Schutz der tropischen Wälder und ihrer Klimafunktionen	756		
VII. Internationale Zusammenarbeit und Koordinierung der Maßnahmen zum Schutz von Klima und Erdatmosphäre	756		
VIII. Abrüstung und Schutz der Erdatmosphäre	757		
Schlußbemerkung	757		

	Seite		Seite
Ergänzendes Votum der Kommissionsmitglieder Prof. Dr. Hennicke und Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Frau Prof. Ganseforth, Frau Dr. Hartenstein, Dr. Knabe, Dr. Kübler zur Energiewirtschaft in der DDR	766	4.6.3	Aktive Solarnutzung: Photovoltaik ... 807
I. Vorbemerkung	766	4.7	Heutige Möglichkeiten der Nutzung erneuerbarer Energiequellen in der DDR
II. Zur Situation der Energieversorgung und Umweltbelastung in der DDR ...	768		807
1. Struktur- und Effizienz der Energiesysteme der DDR	768	5.	Rahmenbedingungen für eine rationale Energiepolitik
1.1 Primärenergieeinsatz	768	5.1	Allgemeine Rahmenbedingungen
1.2 Gebrauchsenegie	772	5.2	Schwierige Ausgangslage
1.3 Stromerzeugung	776	5.3	Kommunale Energieversorgung
1.4 Stromanwendung	781	5.4	Günstige rechtliche Rahmenbedingungen in der DDR schaffen
1.5 Wärmeerzeugung- und Anwendung ..	782	5.5	Spezielle Maßnahmen für regenerative Energiequellen
1.6 Nichtenergetischer Bereich	785	6.	Förderung der kommunalen Energieversorgung
2. Umweltbelastung und Gefährdung durch Braunkohle	785	V.	Nachbemerkung
2.1 Abbau und Emissionen	785		814
2.2 CO ₂ -Emissionen durch Braunkohle ...	789	ABSCHNITT F	
2.3 Vergleich der Emissionsbelastung im internationalen Vergleich, Bildung von Kennzahlen	789	Internationale Strategie zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen	
III. Einschätzung und Beurteilung der geplanten energiewirtschaftlichen Projekte und Kooperation	791		815
1. Übergreifende Beurteilung der geplanten energiewirtschaftlichen Kooperationen	791	1. Kapitel	
2. Auswirkungen im Gebiet der DDR ...	791	Bisherige internationale und EG-weite Aktivitäten zur Eindämmung des zusätzlichen Treibhauseffektes	
3. Auswirkungen der geplanten Projekte auf die BRD	792	1.	Internationale Konferenzen, Programme und Berichte
IV. Ausgangspunkte für eine Kooperation zur Umsetzung der Energiewende ...	792	1.1	1. Weltklimakonferenz in Genf und Welt-Klima-Programm (1979)
1. Vorbemerkung	792	1.2	Erste Klimakonferenz von Villach (1985)
2. Einsparpotentiale	792	1.3	Arbeitstagungen von Villach und Bellagio (1987)
2.1 Einsparpotentiale bei der Stromerzeugung	792	1.4	Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Bericht, 1987)
2.2 Einsparpotentiale Stromanwendung ..	793	1.5	Wirtschaftsgipfel von Toronto (1988) .
2.2.1 Industrie	793	1.6	Klimakonferenz von Toronto (1988) ..
2.2.2 Beleuchtung	794	1.7	Sachverständigentagung in Ottawa (1989)
2.2.3 Haushalte	795	1.8	Internationale Umweltschutzkonferenz in Den Haag (1989)
2.2.4 Modellrechnung	796	1.9	Wirtschaftsgipfel in Paris (1989)
2.3 Wärme	798	1.10	Konferenz über globale Erwärmung und Klimaänderungen in Neu Dehli (1989)
3. Kraft-Wärme-Kopplung	800	1.11	14. Kongreß der Weltenergiekonferenz in Montreal (1989)
3.1 Umrüstung von Heizwerken	800	1.12	Internationale Umweltkonferenz über atmosphärische Verschmutzung und Klimaveränderung in Noordwijk (1989)
3.2 BHKW statt Gasheizung	800	1.13	Nachfolge-Konferenz zum Bericht der Weltkommission über Umwelt und Entwicklung in Bergen (1990)
4. Regenerative Energiequellen	802	1.14	Saarbrücker Konferenz über Energie, Klima und Entwicklung (1990)
4.1 Bedeutung des Einsatzes erneuerbarer Energiequellen in der DDR	802	1.15	Wirtschaftsgipfel in Houston (1990) ..
4.2 Geothermie	803		827
4.3 Wasserkraftnutzung	803		827
4.4 Potentiale der Biomassenutzung	803		
4.5 Wind	804		
4.6 Sonne	805		
Vorbemerkungen	805		
4.6.1 Passive Sonnenenergienutzung	805		
4.6.2 Aktive Solarnutzung: Kollektoren	806		

	Seite		Seite
2. Maßnahmen der EG	827	Artikel II: Allgemeine Verpflichtungen ..	846
2.1 Europäischer Rat, EG-Kommission und andere Organe	829	Artikel III: Forschung	847
2.2 Aktivitäten verschiedener Mitgliedstaaten	830	Artikel IV: Messung und Beobachtung ...	847
3. Maßnahmen und Initiativen anderer Länder	831	Artikel V: Zusammenarbeit, Informationsaustausch und Koordination bei Forschung, Messung, Beobachtung	847
3.1 Skandinavien	831	Artikel VI: Öffentlichkeitsarbeit	848
3.1.1 Norwegen	831	Artikel VII: Konferenz der Vertragsparteien	848
3.1.2 Finnland	832	Artikel VIII: Sekretariat	848
3.1.3 Schweden	832	Artikel IX: Beschlußfassung über Protokolle	849
3.2 Kanada	832	Artikel X: Überprüfung und Änderung des Übereinkommens oder von Protokollen	849
3.3 USA	832	Artikel XI: Beschlußfassung über Anlagen und Änderung von Anlagen ..	850
3.4 Japan	833	Artikel XII: Haushalt	850
3.5 Indien	833	Artikel XIII: Beilegen von Streitigkeiten ...	851
3.6 Volksrepublik China	833	Artikel XIV: Sanktionen	851
3.7 Andere Entwicklungsländer	834	Artikel XV: Unterzeichnung	851
4. Bestehende und vorgeschlagene internationale Vereinbarungen	834	Artikel XVI: Ratifikation, Annahme oder Genehmigung	851
4.1 Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht und Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen	834	Artikel XVII: Beitritt	851
4.2 Internationale Konvention zum Schutz tropischer Wälder	835	Artikel XVIII: Stimmrecht	852
4.3 Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung und daraus abgeleitete Protokolle	836	Artikel XIX: Verhältnis zwischen den Rahmenübereinkommen und seinen Protokollen	852
5. Internationale Regierungsorganisationen	836	Artikel XX: Inkrafttreten	852
5.1 Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP)	837	Artikel XXI: Vorbehalte	852
5.2 Weltorganisation für Meteorologie (WMO)	838	Artikel XXII: Rücktritt	852
5.3 Intergouvernementaler Ausschuß über Klimaänderungen (IPCC)	839	Artikel XXIII: Verwahrer	852
5.4 Internationaler Rat wissenschaftlicher Vereinigungen (ICSU)	840	Artikel XXIV: Verbindlicher Wortlaut	853
6. Bewertung	840	4. Mögliche Zusatzvereinbarungen einer Internationalen Konvention über Klima und Energie	853
7. Literaturverzeichnis	841	4.1 Das Protokoll über die Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen (Spurengas-Protokoll) .	853
8. Tabellenverzeichnis	842	4.1.1 Globale Reduktionsziele für die Jahre 2005, 2020 und 2050	854
9. Abbildungsverzeichnis	842	4.1.2 Zur Höhe und Verteilung der Reduktionspflichten für die Industrieländer .	857
2. Kapitel		– Wirtschaftliche Leistungskraft der Vertragsparteien	858
Empfehlungen zur Ausgestaltung einer Internationalen Konvention über Klima und Energie und möglicher Zusatzvereinbarungen ...	842	– Energieintensität	858
1. Anforderungen an eine Internationale Konvention über Klima und Energie .	843	– Bestehende Energieträgerstruktur .	858
2. Schlußfolgerungen für die Ausgestaltung und Struktur einer Internationalen Konvention über Klima und Energie	844	– Ausfuhr-/Einfuhrbilanz energieintensiver Produkte und Verfahren .	859
3. Vorschlag für eine Internationale Konvention über Klima und Energie	845	– Zugehörigkeit zu einer Ländergruppe	859
Präambel	845	– Pro-Kopf-Emissionen	859
Artikel I: Begriffsbestimmungen	846	– Einfluß des Klimas auf den Energieverbrauch	859
		– Bevölkerungsentwicklung	859
		– Einfluß großer Migrationen, insbesondere Flüchtlingsströme	861
		– Kumulierte Emissionen	862

	Seite		Seite
— Emissionen pro Landfläche	862	ABSCHNITT G	
— Zu erwartendes Ausmaß der regionalen Folgen des zusätzlichen Treibhauseffektes	862	Gesamtstrategie zum Schutz der Erdatmosphäre	869
4.2 Internationaler Treuhandfonds zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen	862	1. Kapitel	
5. Literaturverzeichnis	863	Politische Maßnahmen	870
6. Tabellenverzeichnis	863	1. Das Vertragswerk zum Schutz der Erdatmosphäre	870
7. Abbildungsverzeichnis	863	2. Schaffung eines Umweltrates	876
3. Kapitel		3. Empfehlungen	878
Empfehlungen zur Implementation des Übereinkommens und der Protokolle	864	4. Literaturverzeichnis	878
1. Schrittmacherrolle verschiedener Industrienationen, insbesondere der Bundesrepublik Deutschland	864	5. Tabellenverzeichnis	879
2. Handlungsempfehlungen für die EG	864	6. Abbildungsverzeichnis	879
3. Handlungsempfehlungen für das internationale Vorgehen	865	2. Kapitel	
4. Literaturverzeichnis	866	Forschungsempfehlungen	879
<i>Zusatzvotum der Kommissionsmitglieder Müller (Düsseldorf), Prof. Dr. Bach, Prof. Dr. Dr. Crutzen, Frau Prof. Ganseforth, Prof. Dr. Graßl, Frau. Dr. Hartenstein, Prof. Dr. Hennicke, Dr. Kübler, Prof. Dr. Meyer-Abich, Dr. Knabe zu Abschnitt F: „Internationale Strategie zur Reduktion energiebedingter klimarelevanter Spurengasemissionen“</i>	866	1. Notwendigkeit satellitengestützter Fernerkundung	879
1. <i>Die Teilung der Welt durch Teilen überwinden</i>	866	2. Leistungsfähigkeit eines Atmosphären-Umweltforschungssatelliten (ATMOS)	879
2. <i>Die Bedeutung der Entwicklungsländer</i>	866	3. Projektstatus und Finanzierbarkeit eines Atmosphären- und Umweltsatelliten (ATMOS)	880
3. <i>Ökonomische Anreizinstrumente notwendig</i>	866	4. Empfehlungen	881
4. <i>Wirksame Sanktionsregelungen</i>	867	Protokollnotiz des Kommissionsmitglieds Prof. Dr. Hennicke zu Abschnitt G, 2. Kapitel, Nr. 4 „Empfehlungen“	881
5. <i>Rechtsform überdenken</i>	868	ANHANG	
		1. Gesamtliteraturverzeichnis	883
		2. Begriffserläuterungen	904
		3. Abkürzungsverzeichnis	922
		4. Chemische Formeln	925
		5. Vorsätze- und Vorsatzzeichen-Erklärungen	925
		6. Verzeichnis der Kommissionsdrucksachen	926