

1 Einleitung und Geschichtliches: Von der Wärmelehre zum Treibhaus Erde	1
1.1 Der Beginn der Wärmelehre und des Treibhauseffekts	1
1.1.1 Joseph Fourier und der Glashaus-Effekt	1
1.1.2 Sir Isaac Newton	5
1.1.3 Horace-Bénédict de Saussure	8
1.1.4 Friedrich Wilhelm Herschel und das Infrarote	10
1.1.5 Eunice Newton Foote und John Tyndall	12
1.1.6 Johann Wilhelm Ritter und das Ultraviolette	17
1.1.7 Louis Agassiz und Karl Friedrich Schimper	20
1.2 Der Weg zum Verstehen des globalen Klimawandels	22
1.2.1 Svante Arrhenius	22
1.2.2 Die Zeit der grossen Unsicherheit: kühler oder wärmer?	30
1.2.3 Die globale Erwärmung ist klar (Phase III)	49
1.3 Geschichte auf den Punkt gebracht	83
2 Ausgewählte wissenschaftliche Themen zur Globalen Erwärmung	87
2.1 Wann ist eine Aussage (pseudo-) wissenschaftlich?	87
2.2 Warum ist Sauerstoff kein Treibhausgas, Wasserdampf schon?	103
2.3 Kohlendioxid: Gift, Lebenskraft und Treibhausgas	106
2.3.1 Kohlendioxid: Das freundliche Gas	106
2.3.2 Kohlendioxid: Das sanfte Gift	108

XII Inhaltsverzeichnis

2.3.3	Kohlendioxid und die Pflanzen	110
2.3.4	Kohlendioxid als Treibhausgas in der Atmosphäre	118
2.4	Die Energiebilanz der Atmosphäre	121
2.5	Mehr Treibhausgase	130
2.5.1	Das Messen des Treibhauseffekts	130
2.5.2	Methan	132
2.5.3	Lachgas	153
2.5.4	Ozon	160
2.5.5	Die Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die nützlichen Ozonkiller	170
2.6	Die Spektren, die vielleicht das Schicksal der Menschheit bestimmen: Sättigung oder nicht?	179
2.7	Aerosole und Wolken	184
2.7.1	Russ	186
2.7.2	Mineralische Aerosole	189
2.7.3	Schwefel und Sulfat-Aerosole	194
2.8	Astronomie und Klimawandel	205
2.8.1	Das Paradox der schwachen jungen Sonne	206
2.8.2	Schwankungen über historische Zeiten hinweg	208
2.8.3	Klimaschwankungen durch die Elemente der Erdbahn	211
2.8.4	Milanković und das Klima, insbesondere die Eiszeiten	217
2.9	Stufen der Komplexität: Mit Beispielen auf den Punkt gebracht	221
2.9.1	Einzelne Effekte als Beispiel für die Komplexität	222
2.9.2	Rückkopplungen (Feedback-Prozesse) und Komplexität	229
2.9.3	Simulation des Weltklimas als Ganzes	237
3	Ausgewählte Technologische Themen zur Globalen Erwärmung	253
3.1	Das Pareto-Prinzip	254
3.2	Sonnenenergie	256
3.2.1	Photovoltaik	256
3.2.2	EROI (Energetischer Erntefaktor) und EPBT (Energetische Amortisation)	263
3.2.3	Windenergie	265

3.2.4	Der Wirkungsgrad von Physik und Biologie: Warum die Pflanzen nicht maximal arbeiten	267
3.2.5	Der Übergang zur Null-Kohlendioxid-Energiewirtschaft	273
3.2.6	Nachtrag: Die verflixte Kernenergie	278
3.3	Die Dekarbonisierung der Infrastruktur	284
3.3.1	Die Elektromobilität kommt beinahe von selbst	285
3.3.2	Das Problem des Heizens und vor allem des Kühlens (HVAC)	293
3.3.3	Die Herstellung von Zement und Stahl als harter Kern	298
3.3.4	Computer, Bitcoin, Katzen, Licht und Klimawandel	301
3.4	Wälder und Äcker als Kohlenstoff-Senken und Quellen	312
3.4.1	Wälder und Klimawandel, Teil I	312
3.4.2	Ackerböden und Klimawandel.	318
3.5	Grostechnische Kohlenstoff-Senken (Carbon Capturing)	320
3.5.1	Negative Emissionstechnologien (NETs)	320
3.5.2	Die Endlagerung des Kohlendioxids (Sequestrierung)	329
3.6	Geoengineering-Ideen	337
3.6.1	Wir sind im Anthropozän	338
3.6.2	Erste unerwartete Ankündigung des grossen Problems	339
3.6.3	Beispiele zum Geoengineering: Aerosole in die Stratosphäre	341
3.6.4	Wolkenaufhellung auf dem Meer	344
3.6.5	Meeresdüngung	347
3.6.6	Ein Weltraumschirm	349
3.6.7	Exotisches Geoengineering bleibt Idee, es fehlt Forschung,	352
4	Menschliches und Spekulatives zur Zukunft	357
4.1	Die Ethik des Erwärmens und des Abkühlens der Erde	357
4.2	Die Psychologie des Klimawandels	362

XIV Inhaltsverzeichnis

4.3	Das Anthropozän: Anfang und mögliches Ende	376
4.3.1	Die Erde als Planet unter vielen Planeten	376
4.3.2	Eis, Wald, Wolken – es geht nicht so leicht zurück	381
4.3.3	Die Zukunft der Erde	385
Liste besonderer Wikipedia-Artikel		401
Zahlen		403
Glossar		407
Literatur		411
Stichwortverzeichnis		421