

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zusammenfassung	1
	<i>Hans von Storch, Insa Meinke, Martin Claußen</i>	
1.1	Kurzdarstellung	2
1.2	Methode der Erstellung des Berichtes	3
1.2.1	Wissen, Konsens, Szenarien	3
1.2.2	Prozess	4
1.3	Zusammenfassung	5
1.3.1	Klima der Region – Zustand, bisherige Entwicklung und mögliche Änderungen bis 2100 (► Kap. 2)	5
1.3.2	Stadtklima in Hamburg (► Kap. 3)	5
1.3.3	Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht (► Kap. 4)	5
1.3.4	Aquatische Ökosysteme: Nordsee, Wattenmeer, Elbeästuar und Ostsee (► Kap. 5)	6
1.3.5	Terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme (► Kap. 6)	6
1.3.6	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei (► Kap. 7)	7
1.3.7	Gesundheit (► Kap. 8)	7
1.3.8	Infrastrukturen (Energie- und Wasserversorgung) (► Kap. 9)	8
1.3.9	Migration (► Kap. 10)	8
1.3.10	Hafen Hamburg, Schifffahrt und Verkehr (► Kap. 11)	9
1.3.11	Klimawandel in den Medien (► Kap. 12)	9
1.3.12	Wahrnehmung des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg (► Kap. 13)	9
1.3.13	Lokale Klima-Governance im Mehrebenen-System: formale und informelle Regelungsformen (► Kap. 14)	10
1.3.14	Technischer Klimaschutz (► Kap. 15)	10
1.3.15	Klimawandel, Nachhaltigkeit und Transformationsgestaltung (► Kap. 16)	11

I Klima der Region und Einfluss auf Ökosysteme

2	Klima der Region – Zustand, bisherige Entwicklung und mögliche Änderungen bis 2100	15
	<i>Insa Meinke, Diana Rechid, Birger Tinz, Moritz Maneke, Christiana Lefebvre, Elke Isokeit</i>	
2.1	Einführung	16
2.2	Klimazustand	16
2.2.1	Wind	17
2.2.2	Lufttemperatur	18
2.2.3	Niederschlag	20
2.2.4	Sonnenscheindauer	21
2.3	Bisherige klimatische Entwicklung in der Region	21
2.3.1	Die atmosphärische Zirkulation	22
2.3.2	Wind	22
2.3.3	Lufttemperatur	23
2.3.4	Niederschlag	25
2.4	Mögliche Änderungen des Klimas im 21. Jahrhundert	27
2.4.1	Einleitung: Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert	27
2.4.2	Projizierte Klimaänderungen in der Metropolregion Hamburg im 21. Jahrhundert	28
2.5	Zusammenfassung und Ausblick	34
	Literatur	34
3	Stadtklima in Hamburg	37
	<i>K. Heinke Schlünzen, Wolfgang Riecke, Benjamin Bechtel, Marita Boettcher, Saskia Buchholz, David Grawe, Peter Hoffmann, Ronny Petrik, Robert Schoetter, Kristina Trusilova, Sarah Wiesner</i>	
3.1	Einführung	38
3.2	Besonderheiten des Stadtklimas gegenüber dem regionalen Klima	38
3.2.1	Erhöhte Temperaturen (UHI)	38
3.2.2	Erhöhte horizontale Heterogenität der Temperaturverteilung	39

3.2.3	Erhöhte Grenzschichten und verstärkt instabile Schichtung in der Nacht	39
3.2.4	Reduzierte Verdunstung	39
3.2.5	Reduzierte Windgeschwindigkeit und verstärkte Böigkeit	39
3.2.6	Auftreten von Flurwindssysteme und regionaler Windsysteme	39
3.2.7	Bewölkung, Sonnenscheindauer, Strahlung	40
3.2.8	Veränderte Niederschlagsverteilung	40
3.2.9	Verstärkte Luft- und Lärmbelastung	40
3.3	Gegenwärtiges Stadtklima Hamburgs	41
3.3.1	Stadteffekte auf die Temperatur	41
3.3.2	Stadteffekte auf den Wind	43
3.3.3	Stadteffekte auf den Niederschlag	44
3.3.4	Stadteffekte in der Luftqualität	45
3.3.5	Lärmbelastung in der Stadt	45
3.4	Stadtklima Hamburgs bei Klimawandel	46
3.4.1	Entwicklung der Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland	46
3.4.2	Entwicklung der Bewölkung und Niederschläge	47
3.5	Einflüsse der Stadtentwicklung auf das Stadtklima (Szenarien)	47
3.5.1	Stadtentwicklung und Temperatur	47
3.5.2	Stadtentwicklung und Niederschläge	48
3.5.3	Stadtentwicklung und Wind	49
3.5.4	Stadtentwicklung und Klimawandel	49
3.6	Herausforderungen des Klimawandels und absehbarer Stadtstrukturänderungen sowie mögliche Reduktions- und Anpassungsmaßnahmen	49
3.7	Schlussbemerkungen	50
	Literatur	51
4	Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht	55
	<i>Birgit Klein, Rita Seiffert, Ulf Gräwe, Holger Klein, Peter Loewe, Jens Möller, Sylvin Müller-Navarra, Jürgen Holfort, Christian Schlamkow</i>	
4.1	Deutsche Bucht	56
4.1.1	Beobachtete Klimaänderungen bis 2014	57
4.1.2	Zukünftige Klimaänderungen bis 2100	62
4.1.3	Zusammenfassung	68
4.2	Tideelbe	69
4.2.1	Beobachtete Klimaänderungen bis 2014	69
4.2.2	Zukünftige Klimaänderungen bis 2100	73
4.2.3	Zusammenfassung	75
4.3	Lübecker Bucht	75
4.3.1	Beobachtete Klimaänderungen bis 2014	76
4.3.2	Zukünftige Klimaänderungen bis 2100	79
4.3.3	Zusammenfassung	82
	Literatur	82
5	Aquatische Ökosysteme: Nordsee, Wattenmeer, Elbeästuar und Ostsee	89
	<i>Justus van Beusekom, Ralf Thiel, Ivo Bobsien, Maarten Boersma, Christian Buschbaum, Andreas Dänhardt, Alexander Darr, René Friedland, Matthias Kloppmann, Ingrid Kröncke, Johannes Rick, Markus Wetzel</i>	
5.1	Einleitung	90
5.2	Nordsee	90
5.2.1	Plankton	90
5.2.2	Makrozoobenthos	91
5.2.3	Fische	92
5.3	Wattenmeer	93
5.3.1	Plankton	94
5.3.2	Makrozoobenthos	94
5.3.3	Fische	95

5.4 **Elbeästuar**96

5.4.1 Plankton96

5.4.2 Makrozoobenthos96

5.4.3 Fische98

5.5 **Lübecker Bucht**98

5.5.1 Plankton100

5.5.2 Benthos101

5.5.3 Fische102

5.6 **Fazit**102

Literatur103

6 **Terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme**109

Udo Schickhoff, Annette Eschenbach

6.1 **Die Naturräume der Metropolregion Hamburg**111

6.2 **Diversität der Böden in der Metropolregion Hamburg**112

6.2.1 Die natürlichen Böden der MRH112

6.2.2 Urbane Böden im Hamburger Stadtgebiet112

6.3 **Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenökosysteme und deren Funktionen**114

6.3.1 Einleitung114

6.3.2 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt116

6.3.3 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Erosionsgefährdung118

6.3.4 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Gefährdung der Bodenverdichtung119

6.3.5 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenorganismen und Bodenbiodiversität120

6.3.6 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die organische Substanz121

6.3.7 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Abkühlungsfunktion122

6.4 **Auswirkungen des Klimawandels auf Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme**122

6.4.1 Phänologie123

6.4.2 Ökophysiologie, Primärproduktion und Kohlenstoffspeicherung124

6.4.3 Biotische Interaktionen126

6.4.4 Arealerweiterungen und Arealverluste127

6.4.5 Biologische Invasionen129

6.5 **Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme in der MRH**129

6.5.1 Wälder129

6.5.2 Moore131

6.5.3 Ästuar und Küstenökosysteme132

6.5.4 Heiden134

6.5.5 Grünland134

6.5.6 Urbane Ökosysteme135

6.6 **Zusammenfassung: Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme in der MRH**137

Literatur138

II **Auswirkungen des Klimawandels in der Region**

7 **Land- und Forstwirtschaft, Fischerei**149

Michael Köhl, Christian Möllmann, Jörg Fromm, Gerd Kraus, Volker Mues

7.1 **Einleitung**150

7.2 **Land- und Forstwirtschaft**150

7.2.1 Land- und Forstwirtschaft als Ursache des Klimawandels152

7.2.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Land- und Forstwirtschaft154

7.2.3 Minderungen160

7.2.4 Anpassung an den Klimawandel162

7.2.5 **Zusammenfassung: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Land- und Forstwirtschaft in der Metropolregion**164

7.3	Fischerei	165
7.3.1	Einleitung: Fischerei in der Nordsee und der Einfluss des Klimawandels	165
7.3.2	Klimabedingte Änderungen in der Biologie der lebenden marinen Ressourcen	166
7.3.3	Konsequenzen der biologischen Änderungen für die Fischerei	168
7.3.4	Zusammenfassung: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels für die deutsche Fischerei in der Nordsee.	169
	Literatur	169
8	Gesundheit	173
	<i>Jobst Augustin, Rolf Horstmann, Timo Homeier-Bachmann, Kai Jensen, Jörg Knieling,</i> <i>Anne Caroline Krefis, Andreas Krüger, Markus Quante, Henner Sandmann, Christina Strube</i>	
8.1	Einleitung	174
8.2	Thermische Belastungen und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit	174
8.3	UV-Strahlung und assoziierte Erkrankungen	175
8.4	Exkurs: Extremereignisse – Stürme und Überschwemmungen	177
8.5	Bedeutung klimatischer Veränderungen für das Auftreten allergologisch relevanter Pollen	178
8.6	Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Infektionskrankheiten – das Beispiel Stechmücken	179
8.7	Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Infektionskrankheiten – das Beispiel zeckenübertragener Krankheiten	181
8.8	Klimawandel, Luftschadstoffe und Auswirkungen auf die Gesundheit	182
8.9	Klimatische Veränderungen und ihre Bedeutung für die Veterinärmedizin	183
8.10	Anpassungsstrategien und -maßnahmen zur Reduzierung gesundheitlicher Folgen des Klimawandels	185
8.11	Fazit	186
	Literatur	187
9	Infrastrukturen (Energie- und Wasserversorgung)	193
	<i>Markus Groth, Julia Rose</i>	
9.1	Einleitung	194
9.2	Energieversorgung	195
9.2.1	Stand des Wissens zu klimawandelbedingten Betroffenheiten der Energieversorgung und -infrastruktur in Deutschland	195
9.2.2	Struktur der Energieversorgung und -infrastruktur in Hamburg	197
9.2.3	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Energieversorgung und -infrastruktur in Hamburg	198
9.2.4	Zwischenfazit	199
9.3	Wasserversorgung	200
9.3.1	Stand des Wissens zu klimawandelbedingten Betroffenheiten der Wasserversorgung und -infrastruktur in Deutschland	200
9.3.2	Struktur der Wasserversorgung und Wasserversorgungsinfrastruktur in Hamburg	202
9.3.3	Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung in Hamburg	203
9.3.4	Zwischenfazit	204
9.4	Fazit	205
	Literatur	205
10	Migration	209
	<i>Michael Brzoska, Jürgen Oßenbrügge, Christiane Fröhlich, Jürgen Scheffran</i>	
10.1	Einleitung	210
10.2	Wissenschaftliche Debatte über Klimawandel als Ursache von Migration	211
10.2.1	Klimabedingte Umweltveränderungen als Ursache von Migration	211
10.2.2	Entscheidungsmodelle für Migration	212
10.2.3	Migration als Anpassung an klimabedingte Umweltveränderungen	213
10.2.4	Formen und Folgen klimabedingter Migration	214
10.2.5	Hamburg als Ort von Migration	216
10.3	Formen heutiger Klimamigrationspolitik und Alternativen	220
10.4	Zusammenfassung	223
	Literatur	223

11 **Hafen Hamburg, Schifffahrt und Verkehr** 225
 Birgit Weiher

11.1 **Einleitung** 226

11.2 **Häfen, Schifffahrt und Verkehr als Verursacher des Klimawandels und daraus abzuleitende
 Konsequenzen** 226

11.2.1 Der Transportsektor allgemein als Verursacher des Klimawandels 226

11.2.2 Die Schifffahrt im Besonderen als Verursacher des Klimawandels 226

11.2.3 Gesetzliche Regelungen 227

11.2.4 Initiativen 228

11.2.5 Forschung 228

11.3 **Bedeutung des Klimawandels für Häfen, Schifffahrt und Verkehr im Allgemeinen** 229

11.3.1 Einflussgrößen des Klimawandels auf Häfen, Schifffahrt und Verkehr im Allgemeinen 229

11.3.2 Auswirkungen des Klimawandels auf Häfen, Schifffahrt und Verkehr im Allgemeinen 229

11.3.3 Erforderliche Anpassungsmaßnahmen für Häfen, Schifffahrt und Verkehr im Allgemeinen 233

11.4 **Bedeutung des Klimawandels für Hafen, Schifffahrt und Verkehr der Stadt Hamburg im Besonderen** ... 234

11.4.1 Einflussgrößen des Klimawandels auf Hafen, Schifffahrt und Verkehr der Stadt Hamburg 234

11.4.2 Auswirkungen für Hafen, Schifffahrt und Verkehr der Stadt Hamburg infolge des Klimawandels 234

11.4.3 Erforderliche Anpassungsmaßnahmen für Hafen, Schifffahrt und Verkehr der Stadt Hamburg 236

11.4.4 Implementierung von Anpassungsmaßnahmen 237

11.5 **Fazit** 238

 Literatur 238

III **Regionaler Klimawandel und Gesellschaft**

12 **Klimawandel in den Medien** 243
 Michael Brüggemann, Irene Neverla, Imke Hoppe, Stefanie Walter

12.1 **Medienberichterstattung als Beitrag zur sozialen Konstruktion des Klimawandels** 244

12.2 **Allgemeine Muster der Klimadebatte** 244

12.2.1 Masterframe: anthropogener Klimawandel 244

12.2.2 Die Prominenz der „Klimaskeptiker“ 245

12.2.3 Fehlende Kontextualisierung und Vereinfachung wissenschaftlicher Erkenntnisse 245

12.3 **Dynamiken und Unterschiede der Klimadebatten in unterschiedlichen Kontexten** 246

12.3.1 Dynamiken 246

12.3.2 Länderunterschiede 247

12.3.3 Medientypen und Redaktionskulturen 247

12.4 **Rezeption und Wirkung des Klimawandels in den Medien** 248

12.4.1 Das Klimabewusstsein 248

12.4.2 Wissen über den Klimawandel 249

12.4.3 Klimaschonendes Handeln & Handlungsintentionen 250

12.5 **Fallbeispiel Hamburg und norddeutscher Raum** 250

12.6 **Fazit: Beitrag der Medien zur sozialen Konstruktion des Klimawandels** 251

 Literatur 252

13 **Wahrnehmung des Klimawandels in der Metropolregion Hamburg** 255
 Beate M. W. Ratter

13.1 **Einflussfaktoren bei der Klimawandel- und Risikowahrnehmung** 256

13.2 **Studien zur Klimawandelwahrnehmung in der Metropolregion Hamburg** 258

13.3 **Resümee: Wahrnehmung und die soziale Konstruktion des Klimawandels** 261

 Literatur 262

14 **Lokale Klima-Governance im Mehrebenensystem: formale und informelle
 Regelungsformen** 265
 Anita Engels, Martin Wickel, Jörg Knieling, Nancy Kretschmann, Kerstin Walz

14.1 **Städte als Akteure im Klimaschutz: eine allgemeine Einleitung** 266

14.2	Welche Faktoren fördern und behindern das Engagement von Städten als Klimaschutzakteure allgemein?	266
14.2.1	Förderliche Faktoren	267
14.2.2	Hemmende Faktoren	267
14.3	Welche Handlungsoptionen und Handlungspotenziale für den Klimaschutz bestehen für Städte im Mehrebenensystem?	268
14.4	Wie ist vor dem Hintergrund dieser allgemeinen Zusammenhänge die spezifische Situation Hamburgs einzuordnen?	269
14.5	Formelle Instrumente des Klimaschutzrechts	270
14.5.1	Eigenschaften formeller Instrumente	270
14.5.2	Formelle und informelle Pläne und Konzepte	271
14.5.3	Systematisierung des Klimaschutzrechts und Einordnung in das staatliche Gefüge	271
14.5.4	Vorteile formeller Instrumente gegenüber informellen Instrumenten des Klimaschutzes	272
14.6	Informelle Instrumente und Ansätze in der Planung	275
14.6.1	Merkmale informeller Instrumente	275
14.6.2	Kommunale und Regionale Energie- und Klimaschutzkonzepte	275
14.6.3	Partizipation für Klimaschutz: Information, Beteiligung und Kooperation	276
14.6.4	Netzwerke	277
14.7	Wirkungen lokaler Klima-Governance	278
14.8	Fazit und Forschungslücken	279
14.9	Ausblick	280
	Literatur	280
15	Technischer Klimaschutz	283
	<i>Detlef Schulz, Thomas Weiß</i>	
15.1	Energieerzeugung	284
15.1.1	Hamburg als Stromimporteur	284
15.1.2	Status Quo des Kraftwerkparks	284
15.1.3	Potenziale für erneuerbare Energien	284
15.1.4	Emissionsrechteland	285
15.1.5	Emissionsreduzierung bei fossil befeuerten Kraftwerken	285
15.1.6	Projekte	286
15.1.7	Forschung und Entwicklung	287
15.2	Mobilität	287
15.2.1	Landverkehr außer Hafen	287
15.2.2	Wasser und Hafen	288
15.2.3	Luft	289
15.3	Zusammenfassung	290
	Literatur	290
16	Klimawandel, Nachhaltigkeit und Transformationsgestaltung	293
	<i>Harald Heinrichs</i>	
16.1	Einleitung: Klimawandel im Kontext von nachhaltiger Entwicklung – global, national, regional, lokal	294
16.2	Klimawandel als Nachhaltigkeitsthema und Transformationsherausforderung	295
16.3	Klimawandel und Nachhaltigkeitstransformation in der Metropolregion Hamburg	299
16.4	Fazit	301
16.5	Zusammenfassung	301
	Literatur	301