



Volker Mosbrugger
Guy Brasseur
Michaela Schaller
Bernhard Stribrny

Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland

Inhaltsverzeichnis

Gruß- und Geleitwort

1. Einführung	12	4.5 Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger	78
1.1 Biodiversität	12	5. Auswirkungen auf limnische Lebensräume	91
1.2 Wetter, Klima und Klimawandel	14	5.1 Einführung	91
1.3 Treibhauseffekt	16	5.1.1 Auswirkungen auf Seen	92
1.4 Naturräumliche Gliederung Deutschlands	17	5.1.2 Auswirkungen auf Bäche und Flüsse	93
2. Klimawandel in Deutschland	23	5.2 Effekte von Klimawandel auf die Biodiversität: Bedeutende Aspekte	94
2.1 Bereits erkennbarer Klimawandel	23	5.2.1 Dispersion und Etablierung	94
2.2 Zu erwartender Klimawandel	26	5.2.2 Genetische Vielfalt	95
2.3 Klimawandel in Städten	34	5.2.3 Multiple Stressoren: Die Interaktion von Klima- und Landnutzungswandel und ihre Auswirkung auf limnische Biozönosen	96
3. Biodiversitätswandel in Deutschland	38	5.2.4 Etablierung gebietsfremder Arten	98
3.1 Einleitung	38	5.2.5 Makroinvertebraten montaner Bergbäche	99
3.2 Biodiversitätswandel in der Erdgeschichte	39	5.3 Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf	101
3.2.1 Stand der Wissenschaft	39	5.3.1 Handlungsempfehlungen für die Praxis	101
3.2.2 Wie kann man Diversität und ihren Wandel erforschen?	42	5.3.2 Forschungsbedarf	102
3.2.3 Fallbeispiele	44	6. Auswirkungen auf marine Lebensräume	106
3.3. Rezenter Biodiversitätswandel	46	6.1 Die Nordsee	106
3.3.1 Stand der Wissenschaft	46	6.1.1 Nordseeplankton	108
3.3.2 Fallbeispiele	47	6.1.2 Nordseeebenthos	109
3.4 Synthese	50	6.1.3 Nordsee-Fischfauna	111
4. Auswirkungen auf das Grundwasser	57	6.2 Das Weltnaturerbe Wattenmeer	113
4.1 Einführung	57	6.2.1 Vogelarten im Wattenmeer	115
4.2 Direkte Auswirkungen	59	6.2.2 Meeressäuger im Wattenmeer	116
4.2.1 Quantitative Veränderungen	61	6.2.3 Einwandernde Arten und Neobiota in der Nordsee	117
4.2.2 Qualitative Veränderungen	67	6.3 Die Ostsee	119
4.2.3 Meeresspiegelanstieg	71	6.4 Handlungsempfehlungen und Forschungsbedarf	121
4.3 Indirekte Auswirkung	71	6.4.1 Nordsee	121
4.3.1 Erhöhte Nutzung des Grundwassers	71	6.4.2 Wattenmeer	122
4.3.2 Veränderungen der Landnutzung	72		
4.3.3 CO₂-Speicherung	73		
4.3.4 Grundwasseranreicherung	75		
4.4 Schlussfolgerungen	77		

7.	Auswirkungen auf Bodenökosysteme	128	8.3	Arealmodellierung	167
7.1	Einleitung	128	8.3.1	Modellierung des heutigen und potenziell zukünftigen Areals der Weiß-Tanne	167
7.2	Vielfalt und Funktion der Bodenfauna	129	8.3.2	Kritik an Arealmodellen	171
7.3	Kohlenstoffspeicherung und Humusversorgung der Böden in Deutschland	132	8.4	Folgen des Klimawandels für die Verbreitungsgebiete und Wuchsbedingungen der wichtigsten Baumarten	171
7.3.1	Kohlenstoffdynamik in Böden	132	8.4.1	Interaktionen mit Luftschadstoffen	177
7.3.2	Einfluss des Menschen auf die Kohlenstoffspeicherung im Boden	134	8.4.2	Abiotische und biotische Störungen	179
7.3.3	Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Humusgehalte in Böden	135	8.4.3	Neue Baumarten	182
7.4	Die Bedeutung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Wurzelwachstums – Fallbeispiel Forstökosysteme des Nordost-deutschen Tieflands	138	8.4.4	Der Wald der Zukunft – Optionen und Grenzen	184
7.4.1	Einleitung	138	8.5	Auswirkungen des Klimawandels auf die Vielfalt wichtiger Artengruppen in Waldökosystemen	190
7.4.2	Struktur und Funktion von Wurzelsystem und Mykorrhiza im Stoffkreislauf von Waldumbau-standorten	139	8.5.1	Farn- und Blütenpflanzen	191
7.5	Zur Rolle der Interaktion von Rhizobakterien und Mykorrhiza	146	8.5.2	Vögel	194
7.6	Die Bedeutung von Landnutzungssystemen für die biologische Diversität	149	8.5.3	Weberknechte (Opiliones), Ameisen (Formicidae), Laufkäfer (Carabidae)	197
7.6.1	Einleitung	149	8.5.4	Pilze	204
7.6.2	Agroforstwirtschaft als alternativer Nutzungsansatz in der temperierten Zone	150	8.6	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	205
7.7	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	152	9.	Auswirkungen auf landwirtschaftlich genutzte Lebensräume	222
7.7.1	Mesofauna	152	9.1	Einleitung:	222
7.7.2	Kohlenstoffhaushalt von Böden	153	9.1.1.	Bedeutung der Agrarlandschaft als Lebensraum und der Biodiversität für die Landwirtschaft	222
7.7.3	Wurzelsysteme und Mykorrhiza	154	9.1.2.	Weitere Einflussfaktoren auf die deutsche Landwirtschaft und (Agro-)Biodiversität	223
7.7.4	Rhizobakterien und Mykorrhiza	155	9.2.	Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Lebensräume und Biodiversität	224
7.7.5	Landnutzungssysteme	156	9.2.1.	Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Produktionsbedingungen/ Prozesse und Folgen für die (Agro-)Biodiversität	224
8.	Folgen des Klimawandels für die Biodiversität in Wald und Forst	164			
8.1	Einführung	164			
8.2	Aufbau des Kapitels	167			

9.2.2.	Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen auf landwirtschaftliche Lebensräume und Folgen für die (Agro-)Biodiversität	231	10.4.2	Datenverfügbarkeit	268
9.2.3.	Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen, wie insbesondere der Biomasseproduktion auf landwirtschaftliche Lebensräume und Folgen für die (Agro-)Biodiversität	232	10.4.3	Naturschutzfachliche Bedeutung der Artengruppe	269
9.3	Fallstudien	233	10.4.4	Beobachtete Veränderungen anhand von wissenschaftlichen Untersuchungen oder Monitoring	269
9.3.1.	Artenreiches Grünland – Ein Kapital zur Anpassung an den Klimawandel?	233	10.4.5	Vorhergesagte Veränderungen auf Basis von Szenarien	270
9.3.2.	Veränderter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln – Folgen und Anpassung für Wasserqualität und Biodiversität	238	10.4.6	Diskussion: Wissenslücken und Forschungsbedarf, sowie Ideen zur Verbesserung der Datenbasis als Entscheidungshilfe für Stakeholder	270
9.3.3.	Bestäubung als Ökosystemdienstleistung	239	10.5	Amphibien und Reptilien	271
9.3.4.	Monetäre Bewertung von Agrarlandschaft, Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen	244	10.5.1	Beschreibung der Artengruppe	271
9.4.	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	247	10.5.2	Datenverfügbarkeit	271
9.4.1	Schlussfolgerungen	248	10.5.3	Naturschutzfachliche Bedeutung der Artengruppe	272
9.4.2	Handlungsempfehlungen	249	10.5.4	Beobachtete Veränderungen anhand von wissenschaftlichen Untersuchungen oder Monitoring	272
10	Auswirkungen auf geschützte und schutzwürdige Arten	260	10.5.5	Vorhergesagte Veränderungen anhand von Modellierungen und Experimenten	275
10.1	Geschützte und schutzwürdige Arten	260	10.5.6	Diskussion: Wissenslücken und Forschungsbedarf sowie Ideen zur Verbesserung der Datenbasis als Entscheidungshilfe für Stakeholder	276
10.2	Fragestellungen und Aufbau des Kapitels	260	10.6	Fang- und Heuschrecken	277
10.3	Vögel	261	10.6.1	Beschreibung der Artengruppe	277
10.3.1	Beschreibung der Artengruppe	261	10.6.2	Datenverfügbarkeit	278
10.3.2	Datenverfügbarkeit	261	10.6.3	Naturschutzfachliche Bedeutung der Artengruppe	278
10.3.3	Naturschutzfachliche Bedeutung der Artengruppe	262	10.6.4	Beobachtete Veränderungen anhand von wissenschaftlichen Untersuchungen oder Monitoring	278
10.3.4	Beobachtete Veränderungen anhand von wissenschaftlichen Untersuchungen oder Monitoring	262	10.6.5	Vorhergesagte Veränderungen anhand von Modellierungen und Experimenten	281
10.3.5	Vorhergesagte Veränderungen anhand von Modellierungen	264	10.6.6	Diskussion: Wissenslücken und Forschungsbedarf sowie Ideen zur Verbesserung der Datenbasis als Entscheidungshilfe für Stakeholder	282
10.3.6	Diskussion: Wissenslücken und Forschungsbedarf sowie Ideen zur Verbesserung der Datenbasis als Entscheidungshilfe für Stakeholder	266	10.7	Zusammenfassung und Diskussion	283
10.4	Libellen	268	11.	Urban-industrielle Lebensräume	290
10.4.1	Beschreibung der Artengruppe	268			

11.1	Die Bedeutung der urban-industriellen Biodiversität	290	13.	Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversität und Naturschutzzielen	343
11.2	Stadtklimatische Grundlagen	291	13.1.	Einleitung	343
11.2.1	Klimarelevanz städtischer Oberflächen	291	13.1.1.	Biodiversität und Ökosystemleistungen	343
11.2.2	Urbane Energiebilanz	292	13.1.2.	Klimaschutz und Klimaanpassung	344
11.2.3	Städtische Überwärmung und Luftverunreinigung	292	13.2.	Auswirkung von Mitigations- und Anpassungsmaßnahmen auf die Biodiversität	344
11.2.4	Einflüsse des globalen Klimawandels auf Stadtökosysteme	293	13.2.1.	Der Umbau des Energiesektors	345
11.2.5	Ausblick	295	13.2.2.	Landwirtschaft	348
11.3	Zustandsbeschreibung und Entwicklungsprognosen	295	13.2.3.	Forstwirtschaft am Scheideweg	349
11.3.1	Flora	296	13.2.3.	Zielkonflikte beim Hochwasserschutz	350
11.3.2	Vegetation	300	13.2.4.	Städtebau und Siedlungsstruktur	353
11.4	Städte als Modellfall der Reaktion auf Klimawandel	301	13.2.5.	Tourismus	354
11.5	Maßnahmen	302	13.3.	Anpassung des Naturschutzes: Herausforderungen in Zeiten des Klimawandels	358
11.5.1	Allgemeine stadtbezogene Maßnahmen gegen den Klimawandel	302	13.3.1.	Dynamische Ökosysteme – dynamischer Naturschutz	358
11.5.2	Maßnahmen zur Förderung der städtischen Vegetation	303	13.3.2.	Anpassung des Naturschutzes an die Erfordernisse des Klimawandels	359
11.5.3	Kriterien für die Auswahl von Pflanzenarten	304	13.3.3	Unsicherheiten und Planungsinstrumente	363
11.5.4	Ausblick	305	13.4.	Schlussfolgerungen	364
12.	Auswirkungen auf die Gesundheit	308	13.4.1	Verbesserung der Datengrundlagen durch Monitoring	365
12.1	Einführung in das Thema	308	13.4.2.	Verständnis der Mechanismen	366
12.2	Zusammenfassung – Stand von Wissenschaft und Forschung – „state of the art“	309	13.4.3.	Mainstreaming der In-Wertsetzung von Ökosystemdienstleistungen	366
12.2.1	Biodiversität	309	14.	Gesellschaftliche Wahrnehmung von Klima- und Biodiversitätswandel – Herausforderungen und Bedarfe	372
12.2.2	Biodiversität und Gesundheit	309	14.1	Einleitung	372
12.3	Arzneimittel aus der Natur	309	14.2.	Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Forstwirtschaft	374
12.4	Klimaänderung und Gesundheit	310			
12.4.1	Direkte Wirkungen des Klimawandels	312			
12.4.2	Indirekte Wirkungen des Klimawandels	319			
12.5	Fazit, Handlungsempfehlungen oder Forschungsbedarf, Kosten/Nutzen	334			

14.2.1 Entscheidungen unter Unsicherheit	374	14.6 Der gesellschaftliche Umgang mit Biodiversität und Klimawandel aus ethischer Perspektive	392
14.2.2 Konsensinseln	376	14.6.1 Interessenkonflikte benennen	393
14.2.3 Finanzierung	376	14.6.2 Naturschutz, biologische Vielfalt und nachhaltige Entwicklung	395
14.2.4 Ausblick	377	14.6.3 Von Warenwerten und wahren Werten: Grenzen der monetären Bewertung von Ökosystemdienstleistungen	396
14.3 Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Landwirtschaft	377	14.7 Folgen aus internationalen Vereinbarungen	397
14.3.1 Weltweites Bienensterben - Bestäubung	379	14.7.1 Der internationale Verhandlungsprozess	398
14.3.2 Erneuerbare Energien - Agroenergiepflanzen	379	14.8 Zusammenfassende Bewertung, Forschungs- und Handlungsbedarf	402
14.3.3 Nahrungsmittelproduktion in der Landwirtschaft - Folgen für das Klima und Rolle der Verbraucher	380	14.8.1 Handlungsbedarf	405
14.3.4 Ausblick	381	14.8.2 Forschungsbedarf	406
14.4 Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Gewässerwirtschaft	382	15. Zusammenfassung	413
14.4.1 Wasser in der Politik	384	15.1 Forschungs- und Entwicklungsbedarf	417
14.4.2 Klimawandel und Landnutzungswandel in der Wasserwirtschaft	384	15.2 Handlungsempfehlungen	417
14.4.3 Nichtheimische, invasive Arten	386	15.2.1 Terrestrisch	418
14.4.4 Krankheiten	387	15.2.2 Marin und limnisch	418
14.4.5 Was wir brauchen	387	15.2.3 Politik und Raumplanung	418
14.5 Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen von Stadtflora und Stadtgrün	387	15.2.4 Gesellschaft	418
14.5.1 Das ambivalente Verständnis von städtischer Natur	388	15.3 Fazit	419
14.5.2 Städtische Wärmeinseln und die Besonderheiten der urbanen Biodiversität	389	Glossar	420
14.5.3 Städte als Quellen invasiver Arten	390	Register	423
14.5.4 Stadtgrün und städtische Wärmeinsel	391	Abkürzungsverzeichnis	429
14.5.5 Ausblick	392	Verzeichnis der Autoren	430
		Danksagung	432