

# Inhaltsverzeichnis

## Gruß- und Geleitwort

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

<b>7. Auswirkungen auf Bodenökosysteme</b>	128	<b>8.3 Arealmodellierung</b>	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	<b>8.4 Folgen des Klimawandels für die Verbreitungsgebiete und Wuchsbedingungen der wichtigsten Baumarten</b>	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	<b>8.5 Auswirkungen des Klimawandels auf die Vielfalt wichtiger Artengruppen in Waldökosystemen</b>	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	<b>8.6 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen</b>	205
7.7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	152	<b>9. Auswirkungen auf landwirtschaftlich genutzte Lebensräume</b>	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	<b>9.2. Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Lebensräume und Biodiversität</b>	224
7.7.5 Landnutzungssysteme	156	9.2.1. Auswirkungen des Klimawandels auf landwirtschaftliche Produktionsbedingungen/ Prozesse und Folgen für die (Agro-)Biodiversität	224
<b>8. Folgen des Klimawandels für die Biodiversität in Wald und Forst</b>	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
<b>9.3 Fallstudien</b>	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	<b>10.5 Amphibien und Reptilien</b>	271
9.3.4. Monetäre Bewertung von Agrarlandschaft, Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen	244	10.5.1 Beschreibung der Artengruppe	271
<b>9.4. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen</b>	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
<b>10. Auswirkungen auf geschützte und schutzwürdige Arten</b>	260	10.5.5 Vorhergesagte Veränderungen anhand von Modellierungen und Experimenten	275
10.1 <b>Geschützte und schutzwürdige Arten</b>	260	10.5.6 Diskussion: Wissenslücken und Forschungsbedarf sowie Ideen zur Verbesserung der Datenbasis als Entscheidungshilfe für Stakeholder	276
10.2 <b>Fragestellungen und Aufbau des Kapitels</b>	260	<b>10.6 Fang- und Heuschrecken</b>	277
10.3 <b>Vögel</b>	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	<b>10.7 Zusammenfassung und Diskussion</b>	283
10.4 <b>Libellen</b>	268	<b>11. Urban-industrielle Lebensräume</b>	290
10.4.1 Beschreibung der Artengruppe	268		

11.1	<b>Die Bedeutung der urban-industriellen Biodiversität</b>	290	13.	<b>Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversität und Naturschutzzielen</b>	343
11.2	<b>Stadtklimatische Grundlagen</b>	291	13.1.	<b>Einleitung</b>	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.	<b>Auswirkung von Mitigations- und Anpassungsmaßnahmen auf die Biodiversität</b>	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	<b>Zustandsbeschreibung und Entwicklungsprognosen</b>	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	<b>Städte als Modellfall der Reaktion auf Klimawandel</b>	301	13.2.5.	Tourismus	354
11.5	<b>Maßnahmen</b>	302	13.3.	<b>Anpassung des Naturschutzes: Herausforderungen in Zeiten des Klimawandels</b>	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.	<b>Schlussfolgerungen</b>	364
12.	<b>Auswirkungen auf die Gesundheit</b>	308	13.4.1	Verbesserung der Datengrundlagen durch Monitoring	365
12.1	<b>Einführung in das Thema</b>	308	13.4.2.	Verständnis der Mechanismen	366
12.2	<b>Zusammenfassung – Stand von Wissenschaft und Forschung – „state of the art“</b>	309	13.4.3.	Mainstreaming der In-Wertsetzung von Ökosystemdienstleistungen	366
12.2.1	Biodiversität	309	14.	<b>Gesellschaftliche Wahrnehmung von Klima- und Biodiversitätswandel – Herausforderungen und Bedarfe</b>	372
12.2.2	Biodiversität und Gesundheit	309	14.1	<b>Einleitung</b>	372
12.3	<b>Arzneimittel aus der Natur</b>	309	14.2	<b>Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Forstwirtschaft</b>	374
12.4	<b>Klimaänderung und Gesundheit</b>	310			
12.4.1	Direkte Wirkungen des Klimawandels	312			
12.4.2	Indirekte Wirkungen des Klimawandels	319			
12.5	<b>Fazit, Handlungsempfehlungen oder Forschungsbedarf, Kosten/Nutzen</b>	334			

14.2.1 Entscheidungen unter Unsicherheit	374	14.6 <b>Der gesellschaftliche Umgang mit Biodiversität und Klimawandel aus ethischer Perspektive</b>	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 <b>Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Landwirtschaft</b>	377	14.7 <b>Folgen aus internationalen Vereinbarungen</b>	397
14.3.1 Weltweites Bienensterben - Bestäubung	379	14.7.1 Der internationale Verhandlungsprozess	398
14.3.2 Erneuerbare Energien – Agroenergiepflanzen	379	14.8 <b>Zusammenfassende Bewertung, Forschungs- und Handlungsbedarf</b>	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 <b>Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen in der Gewässerwirtschaft</b>	382	15. <b>Zusammenfassung</b>	413
14.4.1 Wasser in der Politik	384	15.1 <b>Forschungs- und Entwicklungsbedarf</b>	417
14.4.2 Klimawandel und Landnutzungswandel in der Wasserwirtschaft	384	15.2 <b>Handlungsempfehlungen</b>	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 <b>Gesellschaftliche Wahrnehmung klimabedingter Biodiversitätsveränderungen von Stad flora und Stadtgrün</b>	387	15.2.4 Gesellschaft	418
14.5.1 Das ambivalente Verständnis von städtischer Natur	388	15.3 <b>Fazit</b>	419
14.5.2 Städtische Wärmeinsel und die Besonderheiten der urbanen Biodiversität	389	<b>Glossar</b>	420
14.5.3 Städte als Quellen invasiver Arten	390	<b>Register</b>	423
14.5.4 Stadtgrün und städtische Wärmeinsel	391	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	429
14.5.5 Ausblick	392	<b>Verzeichnis der Autoren</b>	430
		<b>Danksagung</b>	432