

Markus Hauck  
Christoph Leuschner  
Jürgen Homeier

# **Klimawandel und Vegetation – Eine globale Übersicht**

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Globaler Klimawandel: die Grundlagen</b> .....	<b>1</b>
1.1	Physik des Treibhauseffekts .....	2
1.2	Anthropogener Treibhauseffekt .....	3
1.3	Räumliche Verteilung von Treibhausgasen und globaler Charakter des Treibhauseffektes .....	7
1.4	Kohlenstoffsinken .....	9
1.5	Globale und regionale Trends des Klimawandels .....	12
1.5.1	Temperatur .....	12
1.5.2	Wasserkreislauf .....	16
1.5.3	Permafrost .....	17
1.6	Atmosphärische Zirkulation und ihre Beeinflussung durch die Klimaerwärmung .....	19
1.6.1	Grundlagen und Einfluss der Klimaerwärmung auf Extremwetterlagen .....	19
1.6.2	Telekonnektionen .....	21
1.7	Klimaprojektionen .....	22
1.8	Die Klimaerwärmung als Teil des globalen Wandels .....	23
1.9	Natürliche Klimaschwankungen .....	24
1.9.1	Natürliche Einflussfaktoren auf das Klima .....	24
1.9.2	Klimavariabilität im Holozän .....	26
	Literatur .....	27
<b>2</b>	<b>Physiologische Anpassung und Migration als Antworten auf den Klimawandel</b> .....	<b>37</b>
2.1	Physiologische Anpassung .....	38
2.2	Migration .....	38
	Literatur .....	40
<b>3</b>	<b>Tundren und polare Wüsten</b> .....	<b>43</b>
3.1	Abgrenzung und Charakterisierung der Tundren gegenüber den polaren Wüsten .....	44
3.2	Limitierung durch Klimafaktoren und Nährstoffmangel .....	48
3.2.1	Kälte-limitierung .....	48
3.2.2	Nährstoffversorgung .....	49
3.3	Erwärmung der Polarregionen .....	50
3.3.1	Arktis .....	51
3.3.2	Antarktis .....	64
3.4	Degradation des Permafrosts .....	71
3.4.1	Arktis .....	71
3.4.2	Antarktis .....	72
3.5	Auswirkungen des Klimawandels auf den Nährstoffhaushalt .....	73
3.6	Veränderungen in der Vegetation .....	75
3.6.1	Arktis .....	75
3.6.2	Antarktis .....	84

3.7	<b>Produktivität und Kohlenstoffvorräte</b> .....	89
3.7.1	Kohlenstoffvorräte und Netto-CO <sub>2</sub> -Austausch .....	89
3.7.2	Produktivität: Greening- und Browning-Trends .....	93
3.7.3	Ökosystematmung und Methanfreisetzung .....	95
3.7.4	Senkenfunktion des Nordpolarmeeres .....	97
	<b>Literatur</b> .....	98
4	<b>Boreale Wälder und Moorgebiete</b> .....	117
4.1	<b>Abgrenzung und Charakterisierung der Vegetation</b> .....	119
4.2	<b>Baumartenzusammensetzung borealer Wälder</b> .....	119
4.2.1	Boreale Waldvegetation in Eurasien. ....	119
4.2.2	Boreale Waldvegetation in Nordamerika .....	120
4.3	<b>Limitierende Standortfaktoren für boreale Wälder</b> .....	121
4.3.1	Temperatur und Nährstoffverfügbarkeit .....	121
4.3.2	Wasserhaushalt und Permafrost .....	123
4.4	<b>Moore in der borealen Zone</b> .....	123
4.5	<b>Klimatrends in der borealen Zone</b> .....	125
4.6	<b>Einfluss des Klimawandels auf die Produktivität borealer Wälder</b> .....	127
4.6.1	Gegenläufige Produktivitätstrends als Reaktion auf den Klimawandel .....	127
4.6.2	Regionale Trends im borealen Waldgebiet .....	131
4.7	<b>Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung</b> .....	147
4.7.1	Veränderung der Dominanzverhältnisse und Areale borealer Baumarten. ....	147
4.7.2	Einwanderung temperater Baumarten .....	150
4.8	<b>Veränderungen in der Vegetation der Moore</b> .....	151
4.9	<b>Rückgang des Permafrosts</b> .....	152
4.10	<b>Veränderungen in der Waldbrandhäufigkeit und -intensität</b> .....	153
4.11	<b>Klimaabhängigkeit von Herbivoren</b> .....	156
4.12	<b>Effekte auf Produktivität und Kohlenstoffvorräte</b> .....	158
4.12.1	Boreale Wälder .....	158
4.12.2	Moorgebiete .....	162
	<b>Literatur</b> .....	165
5	<b>Temperate Waldzone</b> .....	183
5.1	<b>Abgrenzung und Charakterisierung der Vegetation</b> .....	185
5.2	<b>Limitierung durch Klimafaktoren und Nährstoffmangel</b> .....	186
5.3	<b>Klimatrends in der temperaten Waldzone</b> .....	188
5.3.1	Änderungen des Temperaturregimes .....	188
5.3.2	Änderungen des Niederschlagsregimes .....	190
5.4	<b>Rezente Veränderungen in der Phänologie</b> .....	192
5.4.1	Früherer Aktivitätsbeginn .....	192
5.4.2	Spätere Herbstruhe und Verlängerung der Vegetationsperiode .....	196
5.4.3	Wärmere Winter und Rückgang der Schneebedeckung .....	198
5.4.4	Ökosystemare Konsequenzen von phänologischen Veränderungen .....	200

5.5	<b>Klimabedingte Populationsveränderungen und Arealverschiebungen</b> .....	201
5.5.1	Migration und Temperaturantwort .....	201
5.5.2	Arealerweiterung .....	202
5.5.3	Arealverlust .....	205
5.5.4	Höherwandern im Gebirge .....	206
5.5.5	Vegetationsveränderungen in der montanen und alpinen Stufe .....	208
5.5.6	Anstieg der Waldgrenze .....	210
5.5.7	Thermophilisierung der Waldvegetation außerhalb der Gebirge .....	211
5.5.8	Thermophilisierung gehölzfreier Lebensräume .....	212
5.6	<b>Temperate Wälder im Klimawandel: Auswirkungen auf Produktivität und Vitalität</b> .....	215
5.6.1	Multifaktorielle Kontrolle des Baumwachstums .....	215
5.6.2	Vitalitätsänderungen und Düngungseffekte .....	216
5.6.3	Baummortalität .....	219
5.6.4	Wandel in der Baumartenzusammensetzung und Effekte auf Ökosystemfunktionen .....	224
5.6.5	Anpassung temperater Bäume an den Klimawandel .....	224
	<b>Literatur</b> .....	226
6	<b>Temperate Steppengrasländer</b> .....	239
6.1	<b>Abgrenzung und Verbreitung</b> .....	240
6.2	<b>Vegetation und Landnutzung</b> .....	240
6.3	<b>Klimatrends</b> .....	241
6.4	<b>Vegetationsveränderungen durch den Klimawandel</b> .....	243
6.5	<b>Kohlenstoffhaushalt</b> .....	249
	<b>Literatur</b> .....	252
7	<b>Mediterrane Gebiete</b> .....	257
7.1	<b>Räumliche und klimatische Abgrenzung</b> .....	258
7.2	<b>Flora und Vegetation</b> .....	259
7.2.1	Pflanzliche Diversität und Entstehung der mediterranen Floren .....	259
7.2.2	Vegetationsformationen in den Teilgebieten des mediterranen Bioms .....	260
7.3	<b>Limitierende Standortfaktoren</b> .....	262
7.4	<b>Klimatrends</b> .....	263
7.5	<b>Veränderungen in der Brandhäufigkeit und -intensität</b> .....	265
7.6	<b>Veränderungen in der Phänologie mediterraner Pflanzenarten</b> .....	265
7.7	<b>Effekte des Klimawandels auf die Verbreitung und Produktivität von Pflanzenarten</b> .....	266
7.7.1	Wälder .....	266
7.7.2	Gebüsche .....	273
7.7.3	Hochgebirgsvegetation .....	274
	<b>Literatur</b> .....	277
8	<b>Savannen und Trockenwälder</b> .....	287
8.1	<b>Begriffliche und räumliche Abgrenzung</b> .....	288
8.2	<b>Vegetationsformationen und naturräumliche Untergliederung</b> .....	288
8.3	<b>Klimatrends</b> .....	289

8.4	<b>Kenntnisstand zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation</b> .....	291
8.5	<b>Verschiebungen in den Dominanzverhältnissen von Gehölzen und Gräsern durch die steigende atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration</b> .....	292
8.6	<b>Baummortalität</b> .....	293
8.6.1	Afrikanische Savannen und Trockenwälder .....	293
8.6.2	Arabische Halbinsel .....	300
8.6.3	Indien .....	300
8.6.4	Australien .....	301
8.6.5	Trockenwälder des südlichen Nordamerikas .....	302
8.6.6	Südamerikanische Savannen .....	303
	<b>Literatur</b> .....	303
9	<b>Wüsten und Halbwüsten</b> .....	309
9.1	<b>Abgrenzung und Verbreitung</b> .....	310
9.2	<b>Vegetation</b> .....	310
9.3	<b>Klimatrends</b> .....	311
9.4	<b>Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation</b> .....	312
9.4.1	Phänologie .....	312
9.4.2	Physiologische Grenzen .....	313
9.4.3	Desertifikation .....	316
9.4.4	Ergrünungstrends .....	318
	<b>Literatur</b> .....	319
10	<b>Tropische Wälder und Gebirge</b> .....	323
10.1	<b>Räumliche und klimatische Abgrenzung</b> .....	324
10.2	<b>Vegetation und naturräumliche Untergliederung</b> .....	325
10.2.1	Floristische Diversität .....	325
10.2.2	Tropisches Tiefland .....	326
10.2.3	Tropische Gebirge .....	328
10.3	<b>Klimatrends in den Tropen</b> .....	329
10.3.1	El Niño und die Südliche Oszillation (ENSO) .....	329
10.3.2	Temperaturtrends .....	331
10.3.3	Veränderungen in der Niederschlagsmenge und -verteilung .....	333
10.4	<b>Einfluss des Klimawandels auf die Vegetation</b> .....	334
10.4.1	Tieflandwälder .....	335
10.4.2	Tropische Gebirge .....	344
10.4.3	Interaktionen des Klimawandels mit anderen anthropogenen Einflüssen .....	349
	<b>Literatur</b> .....	350
	<b>Serviceteil</b>	
	Stichwortverzeichnis .....	361