



**infernum**  
Interdisziplinäres Fernstudium  
Umweltwissenschaften

# Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft

## KE 1: Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft 1





Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

# **Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft 1**



Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

## **Kurseinheit 1**

# **Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft 1**

Autoren:  
Prof. Dr. Gerrit Lohmann  
Dr. Renate Treffeisen  
Dr. Klaus Grosfeld  
Christopher Danek

## **Impressum**

Titel: Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft 1

Kursnummer: 71422

Modul: Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft

Autoren: Prof. Dr. Gerrit Lohmann, Dr. Renate Treffeisen, Dr. Klaus Grosfeld, Christopher Danek

© 2019 FernUniversität in Hagen, Hagen & Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Alle Rechte vorbehalten.

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerausdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.



Umweltwissenschaften  
(infernium)  
der  
Fernuniversität Hagen

# Naturwissenschaftliche Perspektive der Klimawissenschaft



 **ALFRED-WEGENER-INSTITUT**  
HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR POLAR-  
UND MEERESFORSCHUNG

 **Klimabüro**  
für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg

 **REKLIM**  
Helmholtz-Verbund  
Regionale Klimaänderungen

**Prof. Dr. Gerrit Lohmann**

**Dr. Renate Treffeisen**

**Dr. Klaus Grosfeld**

**Christopher Danek**

Kontakt: [info@klimabuero.de](mailto:info@klimabuero.de)

**2. Auflage**





# Inhaltsverzeichnis

## Themenkomplex 1

<b>1</b>	<b>Klimasystem der Erde .....</b>	<b>1</b>
1.1	Begriffsdefinitionen .....	1
1.2	Das Klimasystem und seine Komponenten.....	4
1.3	Antriebsmechanismen des Klimas .....	8
1.3.1	Externe natürliche Einflussfaktoren.....	9
1.3.2	Interne natürliche Einflussfaktoren.....	14
1.3.3	Anthropogene Einflussfaktoren .....	15
1.4	Skalendenweise.....	21
1.5	Klimaklassifikation .....	23
1.6	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 1 .....	25
1.7	Übungsaufgaben Kapitel 1.....	26
<b>2</b>	<b>Atmosphäre.....</b>	<b>29</b>
2.1	Wechselwirkungen zwischen Sonnenstrahlung und Atmosphäre...30	
2.1.1	Absorption .....	32
2.1.2	Streuung.....	38
2.1.3	Extinktion.....	39
2.2	Grundlegende physikalische Strahlungsgesetze.....	39
2.3	Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erde .....	42
2.4	Allgemeine Zirkulation der Erde .....	46
2.5	Gerichtete Luftbewegungen – Winde.....	48
2.6	Statik und Thermodynamik der Atmosphäre .....	53
2.7	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 2 .....	56
2.8	Übungsaufgaben Kapitel 2.....	57
<b>3</b>	<b>Die Hydrosphäre .....</b>	<b>59</b>
3.1	Der globale Wasserkreislauf .....	59
3.2	Eigenschaften des Ozeans .....	67
3.2.1	Kolligative Eigenschaften von Meerwasser .....	68

3.2.2	Chemische Zusammensetzung von Meerwasser .....	72
3.2.3	Gelöste Gase im Meerwasser .....	76
3.2.4	Ozeanische Kohlenstoffpumpen.....	80
3.3	Ozeanzirkulation.....	82
3.3.1	Oberflächenzirkulation.....	83
3.3.2	Vertikale Meeresströmungen.....	89
3.3.3	Gezeiten.....	91
3.4	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 3 .....	93
3.5	Übungsaufgaben Kapitel 3 .....	94
<b>4</b>	<b>Die Kryosphäre.....</b>	<b>95</b>
4.1	Komponenten der Kryosphäre.....	95
4.2	Massen- und Volumenverteilung der Kryosphäre .....	96
4.3	Gletscher und Eisschilde (Inlandeismassen) .....	97
4.3.1	Geografie heutiger Eisschilde.....	97
4.3.2	Unterschiede Arktis und Antarktis.....	99
4.3.3	Metamorphose von Schnee zu Eis .....	100
4.3.4	Massenbilanz eines Gletschers .....	102
4.3.5	Talgletscher.....	105
4.3.6	Dynamik von Eisschilden.....	107
4.3.7	Glazialisostasie .....	111
4.4	Schelfeis und Eisberge.....	112
4.5	Meereis .....	117
4.5.1	Entstehung von Meereis.....	118
4.5.2	Vorkommen von Meereis.....	120
4.5.3	Meereis und marine Ökosysteme .....	124
4.5.4	Rolle von Meereis im Klimasystem.....	127
4.6	Permafrost.....	132
4.7	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 4 .....	139
4.8	Übungsaufgaben Kapitel 4 .....	140

## Themenkomplex 2

<b>5</b>	<b>Die Biosphäre .....</b>	<b>157</b>
5.1	Aufbau der Biosphäre .....	158
5.1.1	Naturräumliche Gliederung .....	159
5.1.2	Trophische Gliederung .....	163
5.2	Konzept der Stoffkreisläufe .....	166
5.3	Der globale Kohlenstoffkreislauf .....	167
5.3.1	Verteilung des Kohlenstoffs in verschiedenen Reservoiren.....	172
5.3.2	Kohlenstoffflüsse und Umwandlungsprozesse .....	174
5.3.2.1	Kurzfristige Kohlenstoffflüsse .....	176
5.3.2.2	Langfristige Kohlenstoffflüsse .....	178
5.3.3	Veränderung der Nettokohlenstoffflüsse in die Atmosphäre .....	179
5.4	Stickstoffkreislauf .....	181
5.5	Phosphor- und Schwefelkreislauf .....	187
5.6	Kohlenstoff-Rückkopplungen in der Biosphäre .....	190
5.6.1	Biogeochemische Rückkopplungsprozesse .....	190
5.6.2	Biophysikalische Rückkopplungsprozesse .....	192
5.7	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 5 .....	195
5.8	Übungsaufgaben Kapitel 5.....	196
<b>6</b>	<b>Methoden der Klimawissenschaft .....</b>	<b>199</b>
6.1	Klimaarchive .....	199
6.1.1	Sedimente .....	200
6.1.1.1	Tiefseesedimente .....	200
6.1.1.2	Seesedimente.....	203
6.1.2	Eisbohrkerne .....	204
6.1.3	Dendroklimatologie .....	206
6.1.4	Weitere Möglichkeiten der Klimakonstruktion.....	210
6.2	Instrumentelle Messungen .....	211
6.3	Klimamodelle .....	213
6.3.1	Die historische Entwicklung von Klimamodellen .....	215

6.3.2	Aufgaben der Klimamodellierung.....	217
6.3.3	Physikalische Grundlagen von komplexen Klimamodellen .....	220
6.3.4	Von einfachen zu komplexen Klimamodellen .....	230
6.3.5	Grenzen der Klimamodellierung .....	238
6.3.6	Zukünftige Entwicklung der Klimamodellierung .....	240
6.4	Klimaprojektionen.....	241
6.5	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 6 .....	248
6.6	Übungsaufgaben Kapitel 6 .....	249
<b>7</b>	<b>Paläoklima: Klima der nahen und fernen Vergangenheit .....</b>	<b>251</b>
7.1	Die Klimageschichte der Erdneuzeit.....	251
7.2	Das känozoische Eiszeitalter.....	255
7.2.1	Die Zyklizität von Eiszeiten .....	260
7.2.2	Geographische Distribution von Eiszeiten .....	264
7.2.3	Die Klimaschaukel.....	267
7.3	Abrupte Klimaänderungen im Eiszeitalter .....	269
7.3.1	Dansgaard-Oeschger-Ereignisse (D/O).....	271
7.3.2	Heinrich-Ereignisse .....	272
7.3.3	Jüngere Tundrenzeit .....	274
7.4	Holozän.....	276
7.4.1	Das Klima der letzten 1.200 Jahre.....	278
7.4.2	Mittelalterliches Klimaoptimum .....	279
7.4.3	Kleine Eiszeit.....	280
7.4.4	Modernes Klimaoptimum.....	282
7.5	Weiterführende Literatur und Links Kapitel 7 .....	283
7.6	Übungsaufgaben Kapitel 7 .....	284