

# Evolution von physikalischer Klimatologie und Klimamodellierung (PSEM)

**Modul:** Bachelor Pflichtseminar (PSEM)

**Sprache:** Vorträge wahlweise in Englisch oder Deutsch, Literatur in Englisch

**Inhalt:** Studierende bereiten ein Thema der Geschichte der Klimaphysik und Klimamodellierung auf und präsentieren dies in einem 30-minütigen mit anschließender Diskussion.

**Teilnehmerzahl:** 10

**Registrierung:** per E-Mail an Elisa Ziegler **mit Top 3 Themenwunsch**

**Kontakt:** [eziegler@iup.uni-heidelberg.de](mailto:eziegler@iup.uni-heidelberg.de)

**Betreuer:** Dr. Kira Rehfeld & Elisa Ziegler

## Organisation

Für die erfolgreiche Seminarteilnahme sind

- Treffen mit der Betreuerin zum Durchgehen der Literatur und der Vortragsplanung.
- 2 Probevorträge (der erste min. 2 Wochen vor dem eigentlichen Seminartermin),
- der Vortrag zum gewählten Thema im Seminar,
- die Ausgabe eines Handout spätestens am Tag vor dem Vortrag von etwa 1 Seite,
- und die aktive Teilnahme am Seminar

erforderlich.

Das Seminar selbst sowie die Vorbesprechungen und Probevorträge finden über **Heiconf** statt.

### Anmeldung:

Per E-Mail an [eziegler@iup.uni-heidelberg.de](mailto:eziegler@iup.uni-heidelberg.de) mit Angabe der **Top 3 Vortragsthemen**. (Themen werden entsprechend der Anmelde Reihenfolge vergeben. Wir werden unser Bestes geben, dieses Dokument diesbezüglich aktuell zu halten.)

# Daten & Themen

Datum	Thema	Status
14.04.	Einleitung und Organisation des Seminars	/
21.04.	Water vapor versus carbon dioxide: The discovery of the greenhouse effect	vergeben
05.05.	How to build a snowball Earth: simple models, tipping points and different climate states	vergeben
12.05.	Pacemaker of ice ages: orbital variations and the prediction of glacial-interglacial cycles	vergeben
19.05.	How sensitive is the climate? Climate sensitivity and the development of General Circulation Models	vergeben
26.05.	Global warming - from suspicion to confirmation: Trends in atmospheric carbon dioxide and their impact on temperature	vergeben
02.06.	Humanity's impact on Earth - anthropogenic climate change and its consequences	vergeben
09.06.	Spilling millennia old tea: What ice cores and other proxies say about climate changes of the past	vergeben
16.06.	Climate change caught red-handed: Attribution studies	vergeben
23.06.	From one changing climate to the other: Looking to the past to understand the future	vergeben
30.06.	Telling Earth's fortune: The science of predicting future climate	vergeben
14.07.	backup	
21.07.	backup	

## Zeitplan zum Vortrag

1. Einarbeitung in Thema und Literatur - Betreuung steht für Fragen zur Verfügung
2. Strukturierung der Präsentation  
roten Faden für den Vortrag ausarbeiten  
Besprechung mit Tutor min. 3 Wochen vor dem Vortragstermin
3. Probevorträge  
Probevortrag 1 min. 1-2 Wochen vor dem Vortragstermin  
danach 2. Probevortrag, der das Feedback einbaut und ggf. Besprechung des Handouts

Es finden also mindestens 3 Treffen im Voraus des Vortrags statt: Absprache der Vortragsstruktur und 2 Probevorträge. Zusätzliche Treffen falls gewünscht. Fragen können aber auch immer per E-Mail geschickt werden.

# Literatur

Die Literatur wird auf Moodle verlinkt, der Zugangscodes des Kurses wird nach erfolgreicher Anmeldung baldmöglichst verteilt.

Die Literatur für die einzelnen Vorträge ist komplett in Englisch, Präsentationen können wahlweise auf Englisch oder Deutsch stattfinden.

Für die Vorträge sind die wichtigsten Punkte aus den gegebenen Studien herauszuarbeiten (häufig in den Abbildungen zu finden) und diese vorzustellen. Eine kurze Anleitung zum Lesen wissenschaftlicher Paper gibt es hier: <https://towardsdatascience.com/how-to-read-scientific-papers-df3afd454179>.

Beim Lesen der Literatur, ist es empfehlenswert die folgenden Fragen zu beantworten:

- Worum geht es in der Studie?
- Was sind die zentralen Resultate (~3)?
- Wie wurden die Resultate ermittelt (Methoden), die Experimente entworfen? (Für Studien mit Klimamodellen: was für Modelle wurden verwendet? Welche Komponenten des Klimasystems (Atmosphäre, Ozeane, Land (Oberfläche), Meereis, Eisschilde, Vegetation,...) wurden (dynamisch) simuliert? Was waren die Forcings?)
- Was sind die Limitierung der Studie?

## Übergreifende Literatur:

- J. Mason (2020): *The History of Climate Science*, <https://skepticalscience.com/history-climate-science.html>
- Spencer Weart: *The discovery of global warming*, <https://history.aip.org/climate/index.htm>
- R. Barry (2013): *A brief history of the terms climate and climatology*, *International Journal of Climatology*, 33:5, p. 1317-1320, doi: 10.1002/joc.3504
- R. Bradley (2015), *Paleoclimatology*: <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/68620801>
- G. North & K. Kim (2017): *Energy Balance Models*, <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/68507459>
- T. Stocker (2020), *Introduction to Climate Modelling*, Spring Semester 2020, University of Bern. 179 pp., [https://climatehomes.unibe.ch/~stocker/papers/stocker20icm\\_rev1.pdf](https://climatehomes.unibe.ch/~stocker/papers/stocker20icm_rev1.pdf)
- A. Gettelmann, R. Rood (2016): *Demystifying climate models*, <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/67985004>
- W. Roedel (2017): *Physik unserer Umwelt*, <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/68221304>
- J. Marshall, R. Plumb (2008): *Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics*, <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/67453925>

# Seminarthemen

## 1. Water vapor versus carbon dioxide: The discovery of the greenhouse effect

Entdeckung des Treibhauseffekt durch die Untersuchung atmosphärischer Absorption und deren Effekt auf die Strahlungsbilanz zur Erklärung der Entstehung von Eiszeiten.

- S. Arrhenius (1896): *XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground*, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 41:251, p. 237-276, DOI: 10.1080/14786449608620846
- G. Plass (1956): *The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change*, Tellus, 8, p. 140-154, doi: 10.1111/j.2153-3490.1956.tb01206.x
- Ergänzend: R. Jackson (2019): *Eunice Foote, John Tyndall and a question of priority*, Notes and Records, 74, p. 105-118, doi:10.1098/rsnr.2018.0066

## 2. How to build a snowball Earth - simple models, tipping points and different climate states

Untersuchung möglicher Klimazustände im Erdsystem mit Hilfe von Energie-Bilanz-Modellen. Hinweise auf die Existenz mehrerer stabiler Klimazustände, die Möglichkeit einer (nahezu) vollständig vereisten Erde („Snowball Earth“) aufgrund von Änderungen in der Sonneneinstrahlung, sowie auf die Möglichkeit verschwindender Eisschilde durch menschliche Aktivität.

- M. Budyko (1969): *The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth*, Tellus, 21:5, p. 611-619, doi: 10.3402/tellusa.v21i5.10109
- G. North, J. Mengel, D. Short (1983): *Simple energy balance model resolving the seasons and the continents: application to the astronomical theory of the ice ages*. Journal of Geophysical Research, 88:C11, p. 6576-6586, doi: 10.1029/JC088iC11p06576
- Ergänzend: G. North, K. Kim (2017): *Energy Balance Climate Models*, Wiley-VCH, <https://katalog.ub.uni-heidelberg.de/titel/68507459>
- Ergänzend: W. Sellers (1969): *A Global Climatic Model Based on the Energy Balance of the Earth-Atmosphere System*, Journal of Applied Meteorology, 8:3, p. 392-400, doi: 10.1175/1520-0450(1969)008<0392:AGCMBO>2.0.CO;2

## 3. Pacemaker of ice ages: orbital variations and the prediction of glacial-interglacial cycles

Einfluss der Orbitalparameter (Exzentrizität, Achsneigung, Präzession) auf Glazial-Interglazial Zyklen und den Beginn von Eiszeiten.

- J. Hays, J. Imbrie, N. Shackleton (1976): *Variations in the earth's orbit: Pacemaker of the ice ages*, Science, 194:4270, p. 1121,1132, doi:10.1126/science.194.4270.1121
- M. Crucifix (2013): *Why could ice ages be unpredictable?*, Climate of the Past, 9:5, p. 2253-2267, doi: 10.5194/cp-9-2253-2013
- Ergänzend: J. Imbrie, J. Imbrie (1980): *Modeling the climatic response to orbital variations*, Science, 207:4434, p. 943-953, doi: 10.1126/science.207.4434.943

#### **4. How sensitive is the climate? Climate sensitivity and the development of General Circulation Models**

Entwicklung Globaler Klimamodelle mit gekoppelten Ozean-Atmosphären-System zur Untersuchung des Einflusses von atmosphärischem CO<sub>2</sub> auf die globale Mitteltemperatur. Als Maßstab wird die Temperaturänderung bei einer Verdoppelung des CO<sub>2</sub> gewählt.

- S. Manabe, R. Wetherald (1967): *Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity*, Journal of the Atmospheric Sciences, 24:3, p. 241-259, doi: 10.1175/1520-0469(1967)024<0241:TEOTAW>2.0.CO;2
- W. Washington, G. Meehl (1989): *Climate sensitivity due to increased CO<sub>2</sub>: experiments with a coupled atmosphere and ocean general circulation model*, Climate Dynamics, 4, 1-38, doi: 10.1007/BF00207397

#### **5. Global warming - from suspicion to confirmation: Trends in atmospheric carbon dioxide and their impact on temperature**

Entdeckung der Beziehung zwischen atmosphärischem CO<sub>2</sub> und Temperatur, sowie Beobachtung des menschengemachten Anstiegs des CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre („Keeling-Kurve“). Globale Erwärmung wird zum Thema der Forschung.

- G. Callendar (1938): *The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 64:275, p. 223-240, doi: 10.1002/qj.49706427503
- C. Keeling, R. Bacastow, A. Bainbridge (1976): *Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii*, Tellus, 28:6, p. 538-551, doi: 10.3402/tellusa.v28i6.11322
- Ergänzend: C. Keeling (1960): *The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere*, Tellus, 12, p. 200-203, doi: 10.1016/0016-7037(58)90033-4
- Ergänzend: W. Broecker (1975): *Climatic Change : Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?*, Science, 189:4201, p. 460-463, doi: 10.1126/science.189.4201.460

#### **6. Humanity's impact on Earth - anthropogenic climate change and its consequences**

Erforschung der Effekte Globaler Erwärmung auf andere Komponenten des Klimasystems neben der (Globalen Mittel-) Temperatur, wie Dürren, schmelzende Eisschilde, Anstieg des Meeresspiegels, Änderung des Wärmebudgets.

- J. Hansen et al. (1981): *Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide*, Science, 213:4511, p. 957-966, doi:10.1126/science.213.4511.957
- K. Schuckmann et al. (2020): *Heat stored in the Earth system : where does the energy go?*, Earth System Science Data, 12, p. 2013-2041, doi: 10.5194/essd-12-2013-2020

## 7. Spilling millennia old tea: What ice cores and other proxies say about climate changes of the past

Fund von plötzlichen Klimaschwankungen in grönländischen Eisbohrkernen während der letzten Eiszeit („Dansgaard-Oeschger-Ereignisse“). Analyse weiterer Klimaproxies zur Untersuchung, ob es sich hierbei um globale Klimasignale handelt.

- W. Dansgaard et al. (1993): *Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record*, Nature, 364:6434, p. 218-220, doi: 10.1038/364218a0
- GRIP members (1993): *Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core*, 364, p. 203-207, doi: 10.1038/364203a0
- J. Shakun, A. Carlson (2010): *A global perspective on Last Glacial Maximum to Holocene climate change*, Quaternary Science Reviews, 29, p. 1801-1816, doi: 10.1016/j.quascirev.2010.03.016
- Ergänzend: E. Brook, C. Buizert (2018): *Antarctic and global climate history viewed from ice cores*, Nature, 558, p. 200-208, doi: 10.1038/s41586-018-0172-5
- Ergänzend: A. Clement, L. Peterson (2008): *Mechanisms of abrupt climate change of the last glacial period*, Reviews of Geophysics, 46, p. 1-39, doi: 10.1029/2006RG000204

## 8. Climate change caught red-handed: Attribution studies

Attributionsstudien untersuchen, ob Änderungen in verschiedenen System und Ereignissen dem Klimawandel zugeschrieben werden können, hier z.B. für Ökosysteme und Organismen, sowie Änderungen im Wetter.

- C. Parmesan, G. Yohe (2003): *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*, Nature, 421, p. 37-42, doi: 10.1038/nature01286
- S. Sippel et al. (2020): *Climate change now detectable from any single day of weather at global scale*, Nature Climate Change, 10, p. 35-41, doi: 10.1038/s41558-019-0666-7
- Ergänzend: P. Stott et al. (2016): *Attribution of extreme weather and climate-related events*, Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 7:1, p.23-41, doi: 10.1002/wcc.380

## 9. From one changing climate to the other: Looking to the past to understand the future

Untersuchungen von Klimaänderungen in der Vergangenheit, sowohl mittels Modellierung als auch Proxydaten, geben Informationen darüber, wie das Erdsystem auf Änderungen reagiert und können damit Schlussfolgerungen hinsichtlich künftiger Änderungen zulassen.

- G. Schmidt et al. (2015): *Using palaeo-climate comparisons to constrain future projections in CMIP5*, Climate of the Past, 10:1, p. 221-250, doi: 10.5194/cp-10-221-2014
- H. Fischer et al. (2018): *Palaeoclimate constraints on the impact of 2°C anthropogenic warming and beyond*, Nature Geoscience, 11:7, p. 474-485, doi: 10.1038/s41561-018-0146-0

## 10. Telling Earth's fortune: The science of predicting the future climate

Was sagen Projektionen des Klimas in die Zukunft über dessen Entwicklung? Und wie gut waren bisherige Projektionen darin das Klima seit ~1990 vorherzusagen?

- I. Held, B. Soden (2006): *Robust responses of the hydrological cycle to global warming*, Journal of Climate, 19:21, p. 5658-5699, doi: 10.1175/JCLI3990.1
- Z. Hausfather et al. (2020): *Evaluating the Performance of Past Climate Model Projections*, Geophysical Research Letters, 47: 1, p. 1-10, doi: 10.1029/2019GL085378
- Ergänzend: M. Meinshausen et al. (2009): *Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C*, Nature, 458:7242, p. 1158-1162, doi: 10.1038/nature08017