

Extremwerte

Unserer heutiges Verständnis des Klimasystems führt zu der Annahme, dass aufgrund der Erwärmung die Stärke und Häufigkeit von Extremereignissen zunehmen werden. Tatsächlich ist eine Häufung solcher Ereignisse zu beobachten. Beispiele sind das Hochwasser 2002, die Dürreperiode 2003 sowie der Winter 2006/2007, der bisher wärmste Winter seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Ebenfalls gehört das Hochwasser im August 2010 in Ostsachsen mit einer Schadenshöhe von 800 Millionen Euro zu den Extremereignissen.

Diese Häufung von Extremereignissen kann nicht sicher mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht werden und immer noch zufällig sein. Nur bei Betrachtung sehr langer Zeitreihen ist es möglich, einen Trend in der Häufigkeit von Extremereignissen nachzuweisen. Aus diesem Grunde ist es empfehlenswert, das Auftreten „intensiver“ Ereignisse (Ereignisse, welche noch keine extremen Auswirkungen haben, aber schon deutlich über den Normalwerten liegen) auszuwerten. Dabei wurde für Sachsen für den Zeitraum 1991–2010 eine leichte Zunahme größerer Niederschlagsereignisse beobachtet. Die in REGKLAM genutzten Klimamodelle zeigen jedoch keinen Anstieg für Tage mit starken Niederschlägen in der Zukunft.

Zusammenfassung

Auf Basis der Klimamodelle kann man für die REGKLAM-Modellregion mit folgenden Klimaveränderungen rechnen:

- Anstieg der Temperatur bis zum Jahr 2100 im Mittel um 2,8 °C (1,4 °C bis 3,2 °C)
- im Winterhalbjahr stärkere Temperaturzunahme als im Sommerhalbjahr
- abnehmender Heizbedarf im Winter und steigender Kühlbedarf im Sommer
- Zunahme von Trockentagen
- Zunahme des Niederschlages im Winterhalbjahr (seltener Schnee und häufiger Regen)
- Abnahme der klimatischen Wasserbilanz
- längere Vegetationsperiode

Die Auswirkungen des Klimawandels und geeignete Strategien und Anpassungsoptionen an den Klimawandel werden im Rahmen des Projekts REGKLAM für die Modellregion Dresden untersucht.

Regionale Klimaprojektionen für die Modellregion Dresden

Der Klimawandel findet bereits statt und ist heute schon an globalen und regionalen Klimaveränderungen spürbar. Der Weltklimarat IPCC stellt in seinem 4. Sachstandsbericht basierend auf Beobachtungen fest, dass eine Erwärmung des Klimasystems eindeutig ist.

Das gilt auch für die REGKLAM-Modellregion Dresden (Abbildung 1), in der beispielsweise die gemessene mittlere Jahrestemperatur im Zeitraum 1991–2010 gegenüber der Referenzperiode 1961–1990 um +0,6 °C zunahm. Im Sommerhalbjahr ist eine mittlere Temperaturzunahme von +0,8 °C zu verzeichnen, im Winterhalbjahr von +0,5 °C. Dabei treten räumliche Unterschiede zwischen den Gebirgen und den Tieflandsregionen bzw. dem Elbtal auf.

Diese Entwicklungen stellen Gesellschaft und Wirtschaft im Hinblick auf die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels vor neue Herausforderungen. Um Strategien zum Umgang mit den Auswirkungen des



Abbildung 1: REGKLAM-Modellregion Dresden.

Tabelle 1: Emissionsszenario-Familien des IPCC als Grundlage für die Berechnung der Klimaprojektionen. Die in REGKLAM genutzten Szenarios sind fett markiert.

	wirtschaftsorientiert (ökonomisch ausgerichtet)	umweltorientiert (ökologisch ausgerichtet)
Globalisierung (homogene Welt)	A1 (Hohes Wirtschaftswachstum) +1,4 bis +6,4°C	B1 (Globale Nachhaltigkeit) +1,1 bis +2,9°C
Regionalisierung (heterogene Welt)	A2 (Regionale Wirtschaftsentwicklung) +2,0 bis +5,4°C	B2 (Regionale Nachhaltigkeit) +1,4 bis +3,8°C

Klimawandels zu entwickeln, sind Aussagen zur zukünftigen Entwicklung des Klimas notwendig. Diese Entwicklung kann mit Klimamodellen simuliert werden. Natürliche und anthropogene Faktoren, die das Klima beeinflussen, fließen in die Simulation ein. Zu den anthropogenen Faktoren gehören die Treibhausgasemissionen, deren mögliche Entwicklungen in Szenarios des Weltklimarates IPCC (Szenarios A1, B1, A2, B2) wiedergegeben werden (Tabelle 1). Die erste Stufe der Klimamodellierung erfolgt mit globalen Klimamodellen. In einem zweiten Schritt werden auf deren Grundlage mit regionalen Klimamodellen für einen Ausschnitt mit höherer Auflösung (10–20 km), z. B. Mitteleuropa, regionale Klimaprojektionen erzeugt.

Für Deutschland liegen Klimaprojektionen verschiedener regionaler Klimamodelle für den Zeitraum 1961–2100 vor. Im Rahmen des Forschungsprojektes REGKLAM werden Daten der Modelle CLM, REMO, WEREX IV und WETTREG unter verschiedenen Szenarios genutzt. Nur für das Szenario A1B (Unterszenario von A1) liegen Daten von allen vier Modellen vor. Für das Szenario A2 stehen in REGKLAM Daten von WEREX IV und WETTREG und für das Szenario B1 von CLM, WEREX IV und WETTREG zur Verfügung.

REGKLAM-Publikationsreihe

Weitere Ergebnisse können in Heft 1 und 2 der Publikationsreihe des BMBF-geförderten Projektes REGKLAM nachgelesen werden:

Heft 1: „Das Klima in der REGKLAM-Modellregion Dresden“; Hrsg.: C. Bernhofer, J. Matschullat, A. Bobeth; Rhombos-Verlag Berlin, 2009; ISBN 978-3-941216-22-8;

Heft 2: „Klimaprojektionen für die REGKLAM-Modellregion Dresden“; Hrsg.: C. Bernhofer, J. Matschullat, A. Bobeth; Rhombos-Verlag Berlin, 2011; ISBN 978-3-941216-71-6.

Die Broschüren können auf der Internet-Seite des Rhombos-Verlages bestellt werden. (<http://www.rhombos.de/shop/buecher.html>)



REDAKTION UND KONTAKT

TU Dresden, Professur für Meteorologie
Ch. Bernhofer, M. Heidenreich, K. Riedel
E-Mail: info@regklam.de



Das Faktenblatt entstand in Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg und dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie im Rahmen des Projektes REGKLAM



FKZ: 01LR0802B



Tabelle 2: In REGKLAM betrachtete Zeitscheiben und ihre Charakterisierung (Datengrundlage und Änderungssignale).

Zeitscheiben	Charakterisierung
2071-2100	Verwendung von Modelldaten, deutliche Klimaänderungen, deutliche Unterschiede zwischen den Emissionsszenarios
2021-2050	Verwendung von Modelldaten, deutliche Klimaänderungen, geringe Unterschiede zwischen den Emissionsszenarios
1991-2010	Trends der nahen Vergangenheit, repräsentativ für die nahe Zukunft, sich abzeichnende Klimaänderungen erlauben Rückschlüsse auf Klimafolgewirkungen
1961-1990	Beobachtungsdaten der Vergangenheit, Klimanormalperiode (offizielle meteorologische Referenzperiode); Eigenschaften in Sachsen ähnlich dem Mittel des 20. Jahrhundert

Da die Ergebnisse von Klimamodellen keine exakten Vorhersagen sind, werden sie statistisch ausgewertet – üblicherweise für Zeiträume von 30 Jahren. In REGKLAM wurden dazu verschiedene Zeitscheiben festgelegt (Tabelle 2).

Unsicherheiten

Obwohl Entscheidungsträger verstärkt belastbare Klima„vorhersagen“ nachfragen, ist es wichtig, stets darauf hinzuweisen, dass Klimamodellergebnisse durch ein hohes Maß an Unsicherheit charakterisiert sind. Quellen der Unsicherheit sind die natürliche Klimavariabilität, die Modelle selbst und Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Die Unsicherheit steigt mit dem Projektionshorizont (d. h. mit der zeitlichen Entfernung vom heutigen Zeitpunkt). Bedingt durch die Unsicherheit und Vielfalt der Klimaprojektionen sollten Aussagen über die zukünftige Entwicklung nicht nur auf einem Szenario bzw. Modell basieren. Auch sich widersprechende Klimaszenarios müssen bei der Auswertung berücksichtigt werden. Änderungen thermischer Größen sind als sicherer und robuster einzuschätzen als Änderungen niederschlagsabhängiger Größen.

Ergebnisse

Mittelwerte der Messungen, mittlere Änderungen und Spannweiten der Modelle für ausgewählte Klimaelemente sind in Tabelle 3 aufgelistet. Die mittlere

ren Änderungen beziehen sich auf das Szenario A1B, die Spannweiten resultieren aus den niedrigsten und höchsten Werten aller in REGKLAM vorliegenden Szenarios und Realisierungen. Alle Werte stellen Mittel über die gesamte REGKLAM-Modellregion dar, d. h. vom Erzgebirgskamm bis in die Tieflandsregionen.

Für die Temperatur und die daraus abgeleiteten Größen zeigt sich eine Fortführung des steigenden Trends aus den Messwerten in den Modellen. Im Gegensatz zu den Messwerten fällt der Temperaturanstieg der Modelle im Winterhalbjahr stärker aus als im Sommerhalbjahr. Der ansteigende Trend bei der Temperatur ist auch bei der Betrachtung der temperaturabhängigen Ereignistage (Sommertage, Eistage usw.) augenscheinlich.

Beim Niederschlag zeigen Messungen und Modelle teilweise gegenläufige Tendenzen mit einer großen Schwankungsbreite. Die beobachteten Niederschlagssummen nahmen im Zeitraum 1991–2010 zu, während die Modelle ab 2021 einen abnehmenden Trend sowohl im Sommerhalbjahr als auch im gesamten Jahr projizieren.

In den letzten Jahren zeigte sich in den Messungen eine leichte Zunahme der klimatischen Wasserbilanz in der Modellregion. Trotzdem kommt es jahreszeitlich in einigen Gegenden der Modellregion zu negativen Werten. Bis zum Jahr 2100 projizieren die Klimamodelle eine Abnahme in der gesamten Region.

Tabelle 3: Mittelwerte der Klimakenngrößen von 1961–1990 (Messungen) und deren Änderung im Zeitraum 1991–2010 (Messungen) und die mittlere Änderung und Spannweite für die Zeitscheiben 2021–2050 und 2071–2100 (Modelle: CLM, REMO, WETTREG, WEREX) für die Modellregion; Modelle gleichgewichtet; Niederschläge korrigiert (Messung, WEREX IV, WETTREG); Grenztemperaturen Heizgradtage (20 °C/12 °C), Kühlgradtage (20 °C/20 °C), Vegetationsperiode (7d≥5°C, 7d<10°C); **robuste Änderungssignale fett gedruckt.**

Zeitscheibe	1961–1990 Messung	1991–2010 Messung	2021–2050 Modelle	2071–2100 Modelle
	Mittelwert	Änderung	mittl. Änderung (Spannweite)	mittl. Änderung (Spannweite)
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	8,3	+0,6	+1,0 (+0,6 bis +1,2)	+2,8 (+1,4 bis +3,2)
Temperatur Sommerhalbjahr (°C, April – September)	13,9	+0,8	+0,9 (+0,5 bis +1,1)	+2,4 (+1,1 bis +3,1)
Temperatur Winterhalbjahr (°C, Oktober – März)	2,6	+0,5	+1,0 (+0,7 bis +1,4)	+2,8 (+1,7 bis +3,0)
Anzahl Sommertage (maximale Temperatur 25 °C und darüber)	31,4	+9,1	+9,2 (+6,3 bis +13,3)	+24,7 (+13,1bis+26,6)
Anzahl heiße Tage (maximale Temperatur 30 °C und darüber)	5,4	+3,4	+2,6 (+1,8 bis +3,7)	+10,1 (+3,5 bis +11,9)
Anzahl Tropennächte (minimale Temperatur 20 °C und darüber)	0,7	+0,5	+0,9 (+0,2 bis +1,3)	+4,1 (+0,5 bis +8,1)
Anzahl Eistage (maximale Temperatur unter 0 °C)	32,5	-5,6	-8,2 (-13,2 bis -4,7)	-18,1 (-23,3 bis -12,2)
Anzahl Frosttage (minimale Temperatur unter 0 °C)	91,5	-0,3	-16,7 (-23,5 bis -11,7)	-41,0 (-47,4 bis -26,7)
Heizgradtage (K d/a, Maß f. Wärmeenergiebedarf während der Heizperiode)	3882	-254	-320 (-463 bis -181)	-827 (-964 bis -478)
Kühlgradtage (K d/a, Maß f. Kühlenergiebedarf im Sommer)	41	+19	+22 (+15 bis +25)	+84 (+31 bis +110)
Mittlerer Jahresniederschlag (mm)	793	+45	-14 (-77 bis +48)	-25 (-82 bis +24)
Niederschlag Sommerhalbjahr (mm, April – September)	439	+17	-20 (-54 bis +10)	-46 (-61 bis -18)
Niederschlag Winterhalbjahr (mm, Oktober – März)	354	+28	+5 (-26 bis +35)	+21 (-29 bis +55)
Anzahl trockener Tage im Sommerhlbj. (Niederschlag geringer 1 mm)	125	+1	+4 (0 bis +7)	+10 (+6 bis +12)
Tage mit starkem Niederschlag im Sommerhlbj. (Niederschlag ab 20 mm)	3,6	+0,5	-0,1 (-0,7 bis +0,2)	-0,1 (-0,5 bis +0,3)
Potenzielle Verdunstung (mm, maximal mögliche Verdunstung)	607	+34	+21 (+8 bis +46)	+55 (+21 bis +73)
Klimatische Wasserbilanz (mm, Niederschlag abzgl. pot. Verdunstung)	188	+13	-34 (-121 bis +40)	-81 (-147 bis -8)
Strahlung (Globalstrahlung in kWh/m ²)	1053	+33	+13 (-17 bis +60)	+37 (-13 bis +79)
Dauer thermische Vegetationsperiode (Anzahl der Tage)	201	+7	+9 (-1 bis +15)	+34 (+19 bis +41)