
ReKliEs-De – Newsletter

Nr.1 August 2013

ReKliEs-De: Regionales Klimaszenarien Ensemble für Deutschland

Inhalt:

1. Das Projekt ReKliEs-De
 - 1.1. Ein Projekt stellt sich vor
 - 1.2. Hintergrund des Projektes
2. Die neuen RCP-Szenarien
 - 2.1. Vergleich SRES- und RCP-Szenarien
 - 2.2. Einordnung von Ergebnissen auf Basis der SRES- und RCP-Szenarien
 - 2.3. Kommunikationshilfen in die Politik

1. Das Projekt ReKliEs-De

1.1. Ein Projekt stellt sich vor: Was ist ReKliEs-De und was ist geplant?

Das Verbundprojekt ReKliEs-De wurde von den Bundesländern initiiert, um dem Bedarf nach beraterrelevantem Wissen in der Politikberatung gerecht zu werden. Im Zusammenhang mit dem neuen 5. Sachstandsbericht des IPCC und den dafür verwendeten RCP-Szenarien (RCP = representative concentration pathway) ist eine Aktualisierung des Wissensstandes bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland als Beratungsgrundlage notwendig.

Die Rolle und Aufgabe der Projektbegleitgruppe (Autoren dieses Newsletters) besteht darin, die Forschung im Projekt in die für die Politikberatung erforderliche Richtung, Tiefe und Breite zu lenken. Dazu ist insbesondere die Kommunikation zwischen den Vertretern von Bund und Ländern auf der einen Seite und den wissenschaftlichen Projektpartnern auf der anderen Seite sicherzustellen.

Im Projekt ReKliEs-De erfolgt eine Verfeinerung der Analyse der globalen Modellierungsergebnisse für Deutschland und seine Bundesländer. Dies ergänzt die Simulationen und Auswertungen für Europa im Projekt EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment for Europe, Koordiniertes Regionalisierungs-Experiment für Europa, Giorgi et al, 2009).

Im Projekt ReKliEs-De liegt der Schwerpunkt in der Auswertung des Szenarios RCP8.5, um die Klimaänderungen in Deutschland für dieses Hochemissionsszenario abschätzen zu können. Ergänzend werden einige Simulationen für das Szenario RCP2.6 durchgeführt, um in der Politikberatung Vergleichsmaterialien zu haben, wie der Klimawandel in Deutschland und seinen Bundesländern ausfallen könnte, wenn das globale 2°-Ziel¹ eingehalten würde. Damit wird die Politik in die Lage versetzt, den Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen im Vergleich zu erwarteten Schäden durch den Klimawandel unter dem Szenario RCP8.5 zu berücksichtigen.

¹ mittlere globale Erwärmung nicht mehr als 2 °C über der vorindustriellen Temperatur



Die in ReKliEs-De geplanten Simulationen werden mit einer räumlichen Gitterweite von etwa 12 km durchgeführt. Die verwendeten globalen und regionalen Klimamodelle sind gezielt so ausgewählt, dass sie die im Projekt EURO-CORDEX geplanten Simulationen ergänzen². Damit werden Doppelarbeiten verhindert. Die Auswertung des resultierenden sehr großen Ensembles von Modellsimulationen aus den Projekten EURO-CORDEX und ReKliEs-De ermöglicht eine robuste Abschätzung von Bandbreiten und Extremen unter den verwendeten Szenarien und stellt den Kern des ReKliEs-Projektes dar. In ReKliEs-De liegt der räumliche Fokus auf dem Gebiet von Deutschland sowie den nach Deutschland entwässernden Flusseinzugsgebieten (Rhein, Donau, Elbe). In der folgenden Tabelle 1 sind die Modellkombinationen für die in ReKliEs-De geplanten Simulationen hellblau eingefärbt. Gelb sind diejenigen Modellkombinationen aus globalen (GCM) und regionalen (RCM) Modellen eingefärbt, für die in EURO-CORDEX Simulationen durchgeführt werden. Die Simulationsergebnisse werden am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) gespeichert und in aufbereiteter Form interessierten Nutzern zur Verfügung gestellt.

	<i>RCM</i>	<i>CCLM</i>	<i>REMO</i>	<i>STARS</i>	<i>WETTREG</i>	<i>WRF</i>
<i>GCM</i>						
MPI-ESM-LR, RCP 2.6			EURO-CORDEX			
MPI-ESM-LR, RCP 8.5		EURO-CORDEX	EURO-CORDEX			EURO-CORDEX
HadGEM2-ES, RCP 8.5		EURO-CORDEX				
EC-EARTH, RCP 8.5		EURO-CORDEX				
CNRM-CM5, RCP 8.5						
CCSM4, RCP 8.5						
MIROC5, RCP 8.5						

Tabelle 1: geplante Simulationen im Projekt ReKliEs-De (hellblau) und ausgewählte Simulationen aus dem Projekt EURO-CORDEX (gelb)

Folgende **Fragestellungen** werden im Projekt bearbeitet:

1. Wie sind die Ergebnisse der neuen Szenarien im Vergleich zu den bisherigen Ergebnissen der SRES-Szenarien einzuordnen? Sind die bisher verwendeten Abschätzungen des Klimawandels und daraus resultierender Folgen auch unter den neuen Szenarien ausreichend, oder müssen Risiken neu analysiert und bewertet werden?
2. Unter welchen Bedingungen ist ein Ensemble robust, d.h. wie viele Simulationen sind nötig, um signifikante Veränderungen durch Herausnehmen oder Hinzufügen einer Simulation zu verhindern?
3. Welche systematischen Unterschiede gibt es zwischen den Ergebnissen der dynamischen und statistischen Modelle? Lassen sich deren Ursachen auf methodische Unterschiede der Verfahren zurückführen? Worin unterscheiden sich die Ergebnisse der verwendeten globalen und regionalen Klimamodelle?

² In EURO-CORDEX sind derzeit 25 regionale Simulationen in 12 km Auflösung für Europa abgeschlossen oder derzeit laufend. (Stand: 08/2013)



Daraus werden folgende **Ergebnisse** erwartet:

1. Überblickende (synoptische) Auswertung und nutzerorientierte Bereitstellung der Ergebnisse des Ensembles regionaler Klimaprojektionen zur Verwendung dieser Ensemble-Ergebnisse in der Impaktforschung und der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen.
2. Entwicklung und Anwendung der hierzu erforderlichen Darstellungsformen und Informationsformate. Leitfragen: Wie müssen die komplexen Ensemble-Informationen zur Verwendung in der Impaktforschung aufbereitet und dargestellt werden? Sind z.B. Kartendarstellungen von Wahrscheinlichkeiten einzelner Schwellwertüberschreitungen belastbar darstellbar?
3. Vorhandenes Wissen für Entscheidungsträger nutzbar machen: Erstellung eines Nutzer-Leitfadens zur Verwendung der Projektergebnisse mit Hinweisen zur Handhabung, Interpretation und Belastbarkeit der einzelnen Teilergebnisse des Projektes.
4. Abschätzung von vermeidbaren Klimaänderungen bei Einhaltung des 2°-Zieles im Vergleich zu erwartbaren Klimaänderungen bei der Weiterentwicklung der Emissionen auf dem bisherigen Pfad.
5. Die integrierte Analyse von Ergebnissen dynamischer und statistischer regionaler Klimamodelle bietet die Möglichkeit, systematische Unterschiede in den Ergebnissatensätzen zu analysieren.
6. Bestimmung der minimalen Größe des erforderlichen Ensembles zur Ermittlung von Klimaänderungsinformationen, unter Erhaltung der Qualität und Belastbarkeit der statistischen Auswertungen.
7. Umfassender und überblickender Endbericht, der die gewonnenen Erkenntnisse für die breite Öffentlichkeit aufbereitet sowie der Impaktforschung, insbesondere den Bundes- und Länderbehörden, zur Verfügung stellt. Neben der Ergebnisdarstellung wird der Bericht Interpretationshilfen und Erklärungen beinhalten, die der Weiterverarbeitung und Nutzung der Ergebnisse in der Impaktforschung und Politikberatung dienen.

Das Projekt ist auf Initiative der Bundesländer entstanden und wird von diesen inhaltlich begleitet. Zur Projektbegleitgruppe gehören Vertreter/innen des HLUg als Koordinationsstelle sowie des Umweltbundesamtes und des LUGV Brandenburg als Delegierte der Bundesländer-Fachgespräche „Klimafolgen“ und „Interpretation regionaler Klimamodelldaten“. Zusätzlich sind der DWD und das CSC in der Projektbegleitgruppe vertreten. Die Projektarbeiten werden durch verschiedene Universitäten, Forschungseinrichtungen, Behörden oder Firmen in enger Abstimmung und Kooperation ausgeführt. Zu den Projektpartnern gehören neben dem CSC Hamburg, dem DWD und dem HLUg auch noch das PIK-Potsdam, das DRKZ, die BTU Cottbus und die Universität Hohenheim.

Das Projekt ist beim BMBF beantragt. Der Projektabschluss ist für Ende Februar 2016 geplant. Im Frühsommer (voraussichtlich Mai) 2014 ist ein Statusworkshop geplant, zu dem erste Projektergebnisse an die Bundes- und Länderbehörden sowie an für diese Behörden arbeitende Impakt-Forschungsgruppen weitergegeben werden. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine endgültigen Ergebnisse des Projektes vorliegen werden, können diese noch nicht frei verfügbar gemacht werden, stehen aber den Behörden für die Planung und Politikberatung zur Verfügung.

1.2. Hintergrund des Projektes

Die Impaktforschung und noch stärker die Politikberatung sind darauf angewiesen, dass die Ergebnisse der aktuellen Forschung schnell und umfassend verfügbar gemacht werden und dass Vermittlungshilfen für Nicht-Klimaforscher ergänzend bereitgestellt werden. Bisher wurden in der Klimaforschung die sogenannten SRES-Szenarien (SRES: Special Report on Emission Scenarios, Nakicenovic et al., 2000) verwendet. Diese setzen jeweils charak-



teristische globale sozio-ökonomische Entwicklungen voraus (z.B. Bevölkerungsentwicklung, Globalisierung, Technologieentwicklung und -verbreitung, etc.). Darauf basierend wurden Treibhausgas (THG)-Emissionen berechnet und auf dieser Grundlage schließlich die erwartete Klimaänderung unter dem jeweiligen Szenario ermittelt. Die im 5. IPCC-Report verwendeten RCP-Szenarien erfordern eine Einschätzung der Ergebnisse dieser neuen Szenarien im Vergleich zu den bisherigen Ergebnissen der SRES-Szenarien. Insbesondere ist zu hinterfragen, ob die bisher verwendeten Abschätzungen des Klimawandels und daraus resultierender Folgen auch unter den neuen Szenarien ausreichend sind, oder ob Risiken neu bewertet werden müssen.

Zu beachten ist bei der Auswertung solcher Klimasimulationen und dem Vergleich mit Beobachtungsdaten stets, dass nur für relativ lange Zeiträume (üblicherweise 30 Jahre) aussagekräftige Vergleiche mit dem eingetretenen Klima erfolgen sollten. Das Klimasystem weist natürliche Schwankungen auf. Diese Schwankungen sind nicht vorhersagbar und können den (vorhersagbaren) durch die THG-Emissionen gesteuerten Trend der Klimaänderung auf der Zeitskala von wenigen Jahren zeitweise überlagern. So ist z.B. der aktuell verringerte Temperaturanstieg durch die extrem warmen Jahre 1997 und 1998 und die danach eingetretene abkühlende Wirkung natürlicher Faktoren (Verlagerung der Erwärmung in den tiefen Ozean) verursacht. Auch wenn der globale Temperaturanstieg (und der in kleineren Gebieten, z.B. Deutschland) also nicht linear verläuft, sondern in Stufen und Wellen, so besteht dennoch kein wissenschaftlicher Zweifel an der Realität des Klimawandels und seiner Ursachen.

2. Die neuen RCP-Szenarien

2.1. Vergleich SRES- und RCP-Szenarien

In den bisher verwendeten **SRES-Szenarien** wurden im ersten Schritt Verläufe der weltweiten THG-Emissionen aus sozio-ökonomischen Szenarien abgeleitet. Diese wurden dann in Kohlenstoff-Kreislauf-Modelle eingelesen, die berechnen, welche Anteile der Emissionen in der terrestrischen Biomasse und in den Ozeanen gebunden werden und was als atmosphärische THG-Konzentration verbleibt. Ein besonders häufig analysiertes Szenario ist SRES-A1B, es nimmt für die erste Hälfte des Jahrhunderts einen weiteren Anstieg und für die zweite Jahrhunderthälfte einen leichten Rückgang der Weltbevölkerung an, außerdem eine starke Globalisierung und raschen technologischen Fortschritt. Es zeichnet sich durch einen starken Anstieg der THG-Emissionen in der ersten Hälfte des aktuellen Jahrhunderts und ein Abflachen der Emissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts aus. Dies führt allerdings trotzdem zu einem weiteren deutlichen Anstieg der Konzentrationen bis zum Ende des Jahrhunderts. Das Abflachen der Emissionskurve kommt auch dadurch zustande, dass in diesem Szenario die Entwicklung, Weiterentwicklung und Verbreitung nicht-fossiler Energiequellen angenommen wird. Das Szenario A2 nimmt eine für das ganze Jahrhundert weiter steigende Weltbevölkerung an, jedoch eine geringe Globalisierung, wodurch sich auch neue und effiziente Technologien nur langsam global verbreiten. Es zeigt stetig steigende THG-Emissionen bis zum Ende des Jahrhunderts an, und auch danach wäre ein Abflachen der Emissionskurve nicht zu erwarten. Das „worst-case“ Szenario ist A1FI, es nimmt dieselbe Bevölkerungsentwicklung wie in A1B, Globalisierung und technologische Entwicklung an, jedoch wird darin die benötigte Energie fast ausschließlich fossil gewonnen. Die Szenarien B1 und B2 nehmen eine ökologisch orientierte Welt an, in der die THG-Emissionen deutlich langsamer und insgesamt weniger ansteigen als in den A-Szenarien. Die aktuellsten Emissionsdaten (Stand 2012) liegen bereits so weit über den Verläufen der Szenarien B1 und B2, dass diese aus heutiger Sicht keine plausiblen Entwicklungen mehr darstellen.



Diese aus den Szenarien resultierenden Konzentrationsdaten wurden in globale Klimamodelle als Antrieb eingefügt, um die daraus resultierenden Klimaänderungen zu berechnen.

Die neuen **RCP-Szenarien** nehmen im ersten Schritt einen sogenannten repräsentativen Konzentrationspfad (RCP = representative concentration pathway; Moss et al, 2010; DWD, 2011) an. Die Konzentrationen der THG werden dabei durch den Strahlungsantrieb in W/m^2 ausgedrückt, also die Erwärmungs-Wirkung einer entsprechenden THG-Konzentration. Aus den Verläufen der atmosphärischen THG-Konzentrationen wird – sozusagen rückwärts – mit Kohlenstoff-Kreislauf-Modellen berechnet, welche maximalen Emissionsverläufe mit dem RCP kompatibel wären, um diesen Konzentrationspfad einzuhalten. Daran anschließend können viele mögliche sozioökonomische Entwicklungen untersucht und beschrieben werden, die zu einer Einhaltung dieser Emissionsverläufe führen würden. Hierbei werden auch denkbare Vermeidungs- und Anpassungsmaßnahmen, also aktive Klimapolitik, berücksichtigt.

Die differenzierte Namensgebung der RCP-Szenarien bezieht sich auf den o.g. Strahlungsantrieb. Beim RCP6.0 wird ein zusätzlicher Strahlungsantrieb von $6 W/m^2$ bis zum Ende dieses Jahrhunderts erwartet, beim RCP8.5 und beim RCP4.5 entsprechend 8,5 bzw. 4,5 W/m^2 . Das RCP2.6 beschreibt eine Entwicklung, in der der Strahlungsantrieb zunächst auf ca. $3 W/m^2$ ansteigt, dann aber (nach 2100) auf $2,6 W/m^2$ abfällt³. Nur unter dem Szenario RCP2.6 könnte das 2°-Ziel der Weltgemeinschaft noch eingehalten werden. Zu beachten ist, dass die Einhaltung des globalen 2°-Zieles nicht bedeutet, dass wir in Europa genau mit 2 °C Erwärmung rechnen können, da die Erwärmung in unterschiedlichen Regionen der Welt unterschiedlich stark ausfällt.

Die Konzentrationen gehen – wie auch bei den SRES-Szenarien – in die globalen Klimamodelle ein, mit denen dann die zu erwartenden Klimaänderungen in einem Szenario berechnet werden.

Die **aktuellen Emissions- und Konzentrationswerte** der Treibhausgase liegen am Oberrand der von den SRES-Szenarien erwarteten möglichen Entwicklungen (9,71 Gt C für alle THG zusammen in 2012) und lassen Klimaänderungen zwischen den Ergebnissen für das Szenario A1B und A1FI erwarten, falls sich der Emissionstrend nicht sehr schnell und sehr deutlich ändert (Peters et al., 2012; Global Carbon Project, 2012).

Zum Vergleich der SRES- mit den RCP-Szenarien wurden die CO_2 -Emissionen und die resultierenden Strahlungsantriebe aus beiden Szenarien-Familien bestimmt. Die nachstehende Abbildung 1 wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt erstellt und zeigt diesen Vergleich.

Die Abbildung zeigt, dass für die Szenarien SRES-B2 (grau, gestrichelte Linie) und RCP6.0 (rosa) auch bei Unterschieden im zeitlichen Verlauf der CO_2 -Emissionen (Abb. 1, links) relativ ähnliche Strahlungsantriebe (Abb. 1, rechts) resultieren.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den SRES- und den RCP-Szenarien besteht – neben der Methodik zu ihrer Erzeugung – auch im zeitlichen Verlauf der Emissionen. Zum Zeitpunkt der Erarbeitung der RCP-Szenarien (ab ca. 2007) war die tatsächliche globale THG-Konzentration bereits höher als in den SRES-Szenarien für die erste Dekade dieses Jahrhunderts angenommen. Die RCP-Szenarien folgen in der ersten Dekade den beobachteten Werten und liegen daher über den Werten der SRES-Szenarien B1 und B2 (siehe Abb. 1, links). Im weiteren Verlauf des Jahrhunderts spalten sich die RCP-Szenarien – ähnlich wie die SRES-Szenarien – auf. Die RCP-Szenarien definieren zunächst nur einen Konzentrationsverlauf und ermöglichen es daher, diese Konzentrationspfade durch unterschiedliche Klimaschutzmaßnahmen einzuhalten. Damit lassen sie der Politik und Wirtschaft die Entscheidung, welche Maßnahmen umgesetzt werden und stellen lediglich „wenn-dann“-

³ Daher wird für RCP2.6 mitunter auch der Name RCP3PD (peak-and-decline) verwendet.



Ergebnisse dar. Beispiele für Klimaschutzmaßnahmen, die zu den RCP-Pfaden führen können, sind unter anderem eine Steigerung der Energieeffizienz, Dekarbonisierung der Energieerzeugung, Reduktion der Methanerzeugung in der Energieproduktion und der Landwirtschaft, Erhöhung der Agrarproduktivität (bei Sicherung der Ernährung und der Biodiversität) sowie die Verlangsamung der Entwaldung. Alle diese Maßnahmen können zu unterschiedlichen Anteilen zur Einhaltung der verschiedenen RCP-Szenarien beitragen.

In den SRES-Szenarien wurden keine ausdrücklichen Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt.

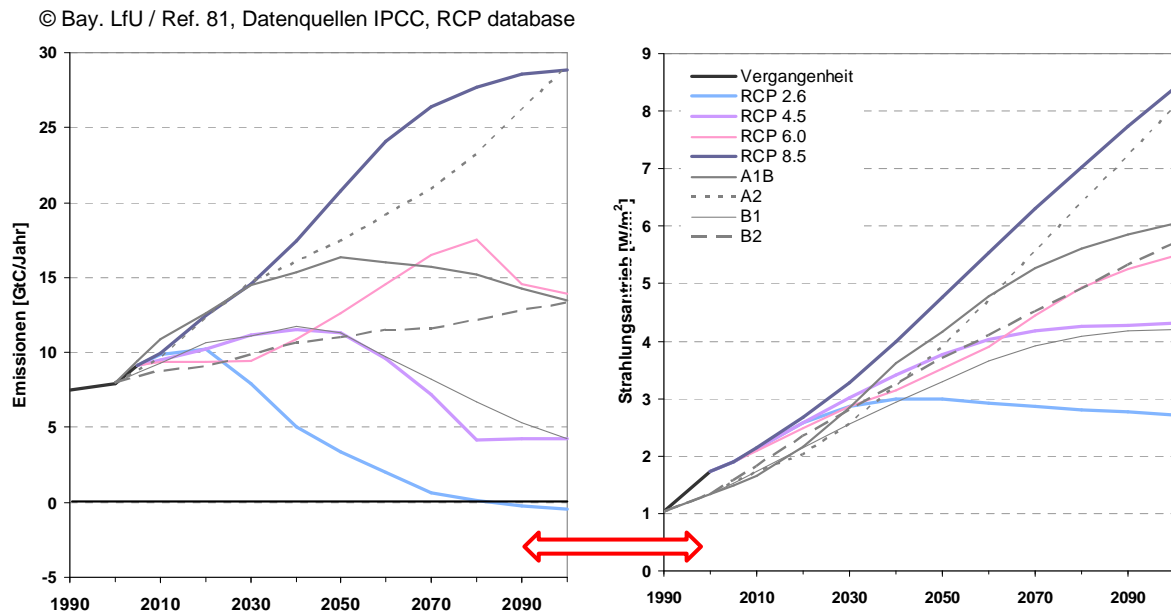


Abbildung 1: CO₂-Emissionen (GtC/Jahr) und Strahlungsantrieb (W/m²) für die SRES- und RCP-Szenarien bis zum Jahr 2100. Für die SRES-Szenarien wurde der Strahlungsantrieb aus den Emissionen berechnet, für die RCP-Szenarien umgekehrt. Bay. LfU, Ref. 81.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Szenariengruppen besteht in der Berücksichtigung von Sulfataerosol. Diese Sulfataerosolpartikel entstehen bei Verbrennungsprozessen und führen zu einer Abkühlung im Klimasystem. Gleichzeitig haben sie aber auch zum Problem des „sauren Regens“ und damit zu erheblichen Belastungen der Wälder geführt. Seit der Einführung effizienter Entschwefelungsanlagen in vielen Produktionsstätten geht diese Luftverunreinigung global sehr stark zurück. Insbesondere in den SRES-Szenarien A1 und A2 wurde von einem weiter stark steigenden Gehalt an Sulfat-Aerosol in der Atmosphäre ausgegangen, was faktisch nicht eingetreten ist (Streets et al., 2006; Mischchenko et al., 2007). Daher werden in den RCP-Szenarien abnehmende Aerosol-Konzentrationen angenommen: In RCP8.5, RCP4.5 und RCP2.6 erreichen die Aerosol-Konzentrationen in 2010 ihren Höhepunkt und gehen danach deutlich und gleichmäßig (monoton) zurück; in RCP6.0 stagniert die Aerosol-Konzentration bis Mitte des Jahrhunderts ungefähr auf dem heutigen Niveau und geht danach zurück (Szopa et al., 2013). Dies führt zu einer Verringerung des Abkühlungseffektes durch das Aerosol im Laufe dieses Jahrhunderts.

Zusätzlich zur Verwendung der neuen RCP-Szenarien unterscheiden sich die im neuen, 5. IPCC-Report veröffentlichten Ergebnisse von den bisher veröffentlichten Ergebnissen auch dadurch, dass in der Zeit seit der Veröffentlichung des 4. IPCC-Reports (2007) mehr Klimamodelle zur Verfügung stehen und die Klimamodelle weiterentwickelt wurden. Insbesondere verfügen jetzt einige der globalen Klimamodelle über ein integriertes Kohlenstoff-Kreislauf-Modell. Mit einem solchen Modell kann die Bindung von CO₂ in Pflanzen und die Lösung im Meerwasser im Klimamodell selbst simuliert werden (nicht in



einem getrennten Modell, wie noch im 4. IPCC-Bericht üblich), so dass das daraus resultierende veränderte Pflanzenwachstum sich auch auf das simulierte Klima auswirken kann. Auch bei der Simulation der Wirkung von Aerosol wurden in einigen Modellen Verbesserungen eingebaut. Es kann an dieser Stelle nicht alles aufgelistet werden, was sich in den verwendeten Modellen im Detail verbessert hat. Es kann jedoch konstatiert werden, dass die Auswertungen im 5. Sachstandsbericht des IPCC sowohl statistisch betrachtet (mehr Modelle) als auch physikalisch betrachtet (verbesserte Modelle) belastbarer sind als frühere Ergebnisse.

2.2. Einordnung von Ergebnissen auf Basis der SRES- und RCP-Szenarien

In vielen Klimaprojektionen (global und regional) und damit auch in vielen Auswertungen im Bereich der Klimafolgenforschung wurde bisher das SRES-Szenario A1B verwendet. Der resultierende Strahlungsantrieb dieses Szenarios liegt deutlich oberhalb des Szenarios RCP6.0 (und damit automatisch auch weit oberhalb der Szenarien RCP4.5 und RCP2.6). Es ist daher zu erwarten, dass die mittlere globale Erwärmung für die drei RCP-Szenarien 2.6, 4.5 und 6.0 geringer ausfallen wird als die Ergebnisse mit dem SRES-A1B-Szenario. Lediglich das Szenario RCP8.5 stellt ein sogenanntes Hochemissionsszenario dar und liegt über dem Szenario A1B und sogar über dem Szenario A2 (siehe Abb. 1, rechts). Das Szenario A1FI ist zwar hier nicht abgebildet, andere Quellen (Peters et al., 2012) zeigen aber, dass die Emissionen im Szenario A1FI bis ca. 2030 vergleichbar mit denjenigen im Szenario RCP8.5 sind. Es lässt sich nicht sagen, welches der Szenarien am wahrscheinlichsten eintritt. Per Definition sind alle (RCP-)Szenarien gleich wahrscheinlich, da ihr Eintreten vom zukünftigen Verhalten der Menschheit abhängt. Die aktuellen Entwicklungen der globalen THG-Emissionen und Konzentrationen deuten derzeit jedoch eher auf ein Hochemissionsszenario wie RCP8.5 hin.

Auf der anderen Seite ist selbst das sehr optimistische 2°-Szenario RCP2.6 derzeit noch technisch umsetzbar (UNEP, 2012). Ob dies politisch umsetzbar ist, ist eine andere Frage. Auch die wirtschaftliche Bewertung von Klimaschutz und Klimafolgen kann und soll hier nicht erörtert werden.

Beobachteter T-Anstieg 1906–2005 [Bandbreite] ⁴	Szenario	Simulierter T-Anstieg 2100 gegenüber 1986–2005 ⁵	T-Anstieg 2100 gegenüber 1906 (beob.+simul.)
+0,74°C [+0,56 bis +0,92°C]	RCP8.5	+ 4 °C	+ 4,7 °C
	RCP6.0	+ 2,5 °C	+ 3,2 °C
	RCP4.5	+ 2 °C	+ 2,7 °C
	RCP2.6	+ 1 °C	+ 1,7 °C
	SRES A2	+ 3,5 °C	+ 4,2 °C
	SRES A1B	+ 2,7 °C	+ 3,4 °C
	SRES B1	+ 1,7 °C	+ 2,4 °C

Tabelle 2: Mittlerer beobachteter globaler Temperaturanstieg im Beobachtungszeitraum 1906–2005 (Spalte 1), simulierter mittlerer Temperaturanstieg in Modellensembles für die verschiedenen Szenarien bis 2100 (Spalte 3) und der insgesamt von 1906 bis 2100 zu erwartende Temperaturanstieg (Spalte 4). Auf die Angabe von Bandbreiten in Spalte 3 und 4 wurde bewusst verzichtet.

Erste Auswertungen der Ergebnisse globaler Klimamodelle für die neuen RCP-Szenarien liegen derzeit bereits vor. Knutti und Sedlacek (2013) zeigen Vergleiche des globalen mittleren Temperaturanstieges für SRES- und RCP-Szenarien. In diesem Artikel werden Multi-Modell-Auswertungen bis zum Jahr 2100 für die SRES und die RCP-Szenarien relativ

⁴ Quelle: IPCC, 2007; Summary for Policy Makers.

⁵ Quelle: Knutti und Sedlacek, 2013; Werte sind aus Abb. 1 ebd. abgelesen.



zum (von dem jeweiligen Modell simulierten) Zeitraum 1986–2005 gezeigt. Um Aussagen relativ zur vorindustriellen Zeit zu erhalten, muss die mittlere globale Erwärmung von der vorindustriellen Zeit bis zum Zeitraum 1986–2005 hinzu gerechnet werden. Die mittlere globale Erwärmung für die verschiedenen Szenarien (RCP und SRES) gegenüber der (vom jeweiligen Modell simulierten) Temperatur 1986–2005 sowie die bereits eingetretene Erwärmung im Zeitraum 1906–2005 sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die letzte Spalte stellt (in erster Näherung) die Erwärmung gegenüber der vorindustriellen Zeit dar. Es zeigt sich, dass Projektionen auf Basis der Szenarien RCP6.0, RCP4.5 oder RCP2.6 einen geringeren mittleren globalen Temperaturanstieg erwarten lassen als Projektionen auf der Basis des bislang am häufigsten benutzten Szenarios A1B (im Fall des RCP6.0 ist die Differenz nur gering). Dies ist jedoch ausdrücklich nur auf die Definition der Szenarien zurückzuführen und ist keinesfalls als Aussage zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines dieser Szenarien zu verstehen.

Zusätzlich haben Knutti und Sedlacek (2013) und Rogelj et al. (2012) untersucht, ob die Ergebnisse der weiterentwickelten globalen Klimamodelle, die im aktuellen 5. IPCC-Report verwendet werden, systematische Unterschiede zu den Ergebnissen der im 4. IPCC-Report verwendeten Modelle liefern. Dies konnte verneint werden. Die Unterschiede kommen also tatsächlich durch die Szenarien zustande und nicht durch Veränderungen in den verwendeten globalen Klimamodellen. Die oben genannten Verbesserungen in den Modellen machen die Ergebnisse lediglich belastbarer.

Knutti und Sedlacek (2013) vergleichen auch räumliche Muster der globalen Temperatur- und Niederschlagsänderung zwischen den Szenarien RCP8.5 und SRES-A2 (Zeitscheiben 2016–2035 und 2081–2100, jeweils im Vergleich zu 1986–2005; für Winter und Sommer). Die Muster der Temperaturänderung sind sehr ähnlich, insbesondere die stärkere Erwärmung über den Kontinenten als über den Ozeanen. Die Stärke der Temperaturänderung in SRES-A2 ist nur wenig geringer als in RCP8.5. Das Muster der Niederschlagsänderung zeigt unter beiden Szenarien für Mitteleuropa eine Niederschlagszunahme im Winter (Dezember, Januar und Februar) und eine Niederschlagsabnahme im Sommer (Juni, Juli, August). Hierbei ist zu beachten, dass die globalen Klimamodelle aufgrund ihrer relativ groben Auflösung nur großflächig gemittelte Aussagen erlauben.

Eine erste Auswertung der bereits verfügbaren hochaufgelösten Simulationen aus EURO-CORDEX (Jacob et al., 2013) zeigt auch für Europa für das Szenario RCP8.5 deutlich größere Temperaturänderungen als RCP4.5. Bei den Niederschlagssignalen sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien nicht so stark. Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass im Allgemeinen die Ergebnisse für das Szenario RCP4.5 geringere Klimaänderungssignale und die Ergebnisse für das Szenario RCP8.5 stärkere Klimaänderungssignale liefern als die Ergebnisse für SRES-A1B.

Eine wesentlich detailliertere Analyse wird durch die regionalen Simulationen im Rahmen des deutschen Projektes ReKliEs-De und des europäischen Projektes EURO-CORDEX erstellt.

Im Vergleich zu Ergebnissen auf Basis des SRES-Szenarios A1B werden voraussichtlich die Änderungssignale auf Basis von RCP2.6, RCP4.5 und RCP6.0 geringer ausfallen und für RCP8.5 höher.

2.3. Kommunikationshilfen in die Politik

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des 5. IPCC-Berichtes (Arbeitsgruppe 1 im September 2013) ist es Aufgabe der Fachbehörden und Fachleute, die unterschiedlichen Hintergründe der verschiedenen Szenarien (SRES und RCP) zu kennen und erklären zu können. Sie müssen eine Ersteinschätzung der bisherigen Analysen des Klimawandels und seiner Folgen und den daraus abgeleiteten Strategien zu Klimaschutz und Klimaanpassung



(basierend auf SRES-Szenarien) in Bezug auf ihre „Gültigkeit“ nach Veröffentlichung der neuen RCP-Szenarien vornehmen. Insbesondere ist dabei zu beachten, dass die Existenz von Szenarien noch nichts über deren Eintrittswahrscheinlichkeit aussagt. Auch wenn drei der neuen Szenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP6.0) einen geringeren Anstieg der THG-Konzentrationen abbilden als das bislang am häufigsten verwendete Szenario SRES-A1B, so heißt dies nicht, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für optimistischere Szenarien als A1B angestiegen ist. In den neuen Szenarien sind ausdrücklich Vermeidungsoptionen (Mitigation) berücksichtigt, was das Einhalten geringerer Konzentrationsschranken technisch noch in den Bereich des Möglichen rückt. Sollte die Weltgemeinschaft ihre Klimaschutzanstrengungen erheblich verstärken und effektiv umsetzen, so kann im optimistischsten Fall das Szenario RCP2.6 eintreten, die Chancen darauf schwinden jedoch rapide. Selbst für eine Umsetzung des RCP6.0, das eine mittlere globale Erwärmung von ca. 3,2 °C über dem vorindustriellen Niveau erwarten lässt, müssten noch erheblich mehr Anstrengungen (national wie international) zur Minderung des Klimawandels umgesetzt werden als dies derzeit geschieht.

Die Ergebnisse des 5. IPCC-Reports (Arbeitsgruppe 1) bestätigen die bisherigen Erkenntnisse über die Wirkung der THG in der Atmosphäre aus früheren Berichten. Die Stärke der Wirkung einer bestimmten THG-Konzentration auf das Klimasystem liegt auch nach den neuesten Erkenntnissen im selben Bereich wie bisher angenommen. Der neue Erkenntniswert des 5. IPCC-Berichtes besteht in der Verbesserung der beteiligten und ausgewerteten Modelle, die nun mehr Komponenten des Klimasystems berücksichtigen als noch vor 6 Jahren (IPCC AR4, 2007). Damit werden die Aussagen der Modelle belastbarer. Zusätzlich sind erneut mehr Modelle berücksichtigt worden als bei allen vorausgegangenen Berichten. Damit wird die Abschätzung der Bandbreite möglicher Änderungen ebenfalls sicherer, und auch eine Abschätzung von extremen Ausprägungen des möglichen Klimawandels unter einem bestimmten Szenario wird damit eher möglich.

Für Deutschland werden die neuen Ergebnisse im Projekt ReKliEs-De ausgewertet. Eine umfassende Auswertung wird spätestens Anfang 2016 zur Verfügung stehen. Für die Bundes- und Länderbehörden und ihnen zuarbeitende Impaktforschung werden Teilergebnisse bereits im Frühsommer 2014 bereitgestellt.

Weitere wichtige Termine im Rahmen der IPCC-Veröffentlichungen sind:

- Ende März 2014: Erscheinungstermin IPCC-Bericht Arbeitsgruppe 2 („Impacts, Adaptation and Vulnerability“)
- Ende April 2014: Erscheinungstermin IPCC-Bericht Arbeitsgruppe 3 („Mitigation of Climate Change“)

Nach aktuellem Wissensstand kann und muss davon ausgegangen werden, dass die unter dem Szenario A1B erwarteten Klimaänderungen (und die deshalb notwendigen Anpassungsmaßnahmen) nach wie vor im Rahmen der möglichen Klimaänderung liegen. Falls das Szenario RCP8.5 eintritt, muss sogar mit noch stärkeren Änderungen gerechnet werden. Die Existenz von drei RCP-Szenarien mit einer geringeren globalen Erwärmung als im Szenario A1B ist keinesfalls als Entwarnung zu verstehen: Die globalen THG-Emissionen müssten stark verringert werden, damit eines der optimistischeren Szenarien (RCP2.6, RCP4.5 oder RCP6.0) eintreten kann.



Literaturnachweis

DWD (2011): Imbery und Plagemann: Die neuen RCP-Szenarien für den 5. IPCC Sachstandsbericht. <http://dwd.de> -> Klimawandel -> Klimaszenarien (Zukunft) -> Emissionsszenarien für den IPCC

Giorgi, Jones and Asrar (2009): Addressing climate information needs at the regional level: The CORDEX framework. WMO Bull 58: 175-183

Global Carbon Project: <http://www.globalcarbonproject.org/index.htm>

IPCC AR4 (2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press

Jacob et al. (2013): EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Changes. Online first. DOI: 10.1007/s10113-013-0499-2

Knutti und Sedlacek (2013): Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. Nature Climate Change, 3, 369-373

Mischchenko et al. (2007): Long-term satellite record reveals likely recent aerosol trend. Science, 315, 1543

Moss et al. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature, 463, 747-756

Nakicenovic et al. (2000): Special Report on Emission Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599pp

Peters et al. (2012): The challenge to keep global warming below 2 °C. Nature Climate Change, 3, 4-6

Rogelj et al. (2012): Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. Nature Climate Change, 2, 248-253

Streets et al. (2006): Two-decadal aerosol trends as a likely explanation of the global dimming/brightening transition. Geophys Res Lett, 33:L15806. DOI: 10.1029/2006GL026471

Szopa et al. (2013): Aerosol and ozone changes as forcing for climate evolution between 1850 and 2100. Clim. Dyn., 40, 2223-2250. DOI: 10.1007/s00382-012-1408-y

UNEP Emissions Gap Report 2012. Langfassung: <http://www.unep.org/pdf/2012gapreport.pdf>,
Kurzfassung: http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgap2012/portals/50143/Emissions2012_Exec%20Summary_EN.pdf

Weiterführende Links

Deutsche IPCC Koordinierungsstelle: www.de-ipcc.de

Internationale IPCC Homepage: www.ipcc.ch (in Englisch)

CSC (Artikel: Pause in der globalen Erwärmung) http://www.climate-service-center.de/038804/index_0038804.html.de

Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung, KomPass (UBA): www.anpassung.net

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK: http://www.pik-potsdam.de/pik-startseite?set_language=de

Impressum

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Projektkoordination)
Fachzentrum Klimawandel Hessen
Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden
Telefon: 0611/6939-291, Telefax: 0611/6939-282
Internet: <http://klimawandel.hlug.de/>
E-Mail: fachzentrum.klimawandel@hlug.hessen.de