

Projekttitle: CMIP6 Support  
Neuantrag

Antragszeitraum: 1.1.2016 – 31.12.2016

### **Projektleitung**

Stephanie Legutke  
Deutsches Klimarechenzentrum GmbH  
Abteilung Datenmanagement (DM)  
Tel: +49-40-460094-348  
e-mail: [legutke@dkrz.de](mailto:legutke@dkrz.de)

### **Ansprechpartner**

für MPI-ESM1 und MPI-ESM2:  
Christian Reick  
MPI für Meteorologie  
Tel: +49-40-41173-107  
e-mail: [christian.reick@mpimet.mpg.de](mailto:christian.reick@mpimet.mpg.de)

für AWI-CM:  
Dmitry Sein  
Alfred-Wegener-Institut  
Tel: +49 - 471 - 4831 1481  
e-mail: [dmitry.sein@awi.de](mailto:dmitry.sein@awi.de)

für EMAC2:  
Patrick Jöckel  
DLR, Institut für Physik der Atmosphäre  
Tel: +49 8153 - 28-2565  
e-mail: [patrick.joeckel@dlr.de](mailto:patrick.joeckel@dlr.de)

für ICON-MESSy:  
Astrid Kerkweg  
Johannes Gutenberg Universität, Mainz  
Tel: +49 - 6131 - 39 24144  
[kerkweg@uni-mainz.de](mailto:kerkweg@uni-mainz.de)

## Zusammenfassung

Es werden RZ- und Speicher-Ressourcen auf dem HLRE-3 am DKRZ für die Durchführung von CMIP6-Experimenten beantragt. Die in diesen Experimenten erzeugten Ergebnisse sind Teil des deutschen Beitrags zur Datenbasis für den nächsten 6. Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC/AR6). Zu dieser Datenbasis sollen mehrere in Deutschland entwickelte Erdsystem- und Klimamodelle<sup>1</sup> beitragen. Erstmals beteiligen sich auch Modelle, die Prozesse der Atmosphärenchemie berücksichtigen, an CMIP-Experimente.

Die auch für die deutsche Anpassungs- und Vermeidungspolitik relevanten Szenarienrechnungen sollen zunächst nur mit dem bewährten MPI-ESM1 des MPI-M durchgeführt werden. Mit diesem ESM wurden schon die CMIP5-Experimente für die Datenbasis des IPCC/AR5 berechnet, allerdings mit einer niedrigeren horizontalen Auflösung (doppelter Gitterpunktabstand) der Atmosphäre. Alle tier1-Experimente der CMIP5/ScenarioMIP-Projektbeschreibung sollen, wie generell von CMIP6 verlangt, durchgeführt werden. Das sind je eine Projektion neu entwickelter RCP 2.6, 4.5, 7.0 und 8.5 Szenarien. Für eine verbesserte Abschätzung der den Klimaprojektionen inhärenten Unsicherheiten sollen für das RCP 7.0-Szenarium 10 Ensemblemitglieder realisiert werden, wie von ScenarioMIP als tier2-Experiment empfohlen. Voraussetzung dafür sind 10 Realisationen des historischen Experiments.

Neben dem MPI-M planen auch das AWI, das DLR und die Universität Bonn, sich an CMIP6 mit eigenen Modellen zu beteiligen. Dabei handelt es sich um ein Klimamodell mit einem Ozean, dessen Gleichungen auf einem Finite-Elemente-Gitter formuliert sind (AWI-CM), um das auf dem ICON-Gitter formulierte ESM der nächsten Generation am MPI-M (MPI-ESM2), sowie um 2 Klimamodelle, die auch Komponenten der Atmosphärenchemie berücksichtigen (EMAC2 sowie MPI-ESM2 mit Atmosphärenchemie (ICON-MESSy)). Für die zusätzlichen Modelle sind in 2016 nur DECK-Experimente geplant - Voraussetzungen für die Teilnahme an CMIP6. In den folgenden Jahren ist dann auch mit diesen Modellen die Teilnahme an dezentral organisierten, thematisch fokussierten und von CMIP6 befürworteten MIPs<sup>2</sup> geplant. Die Ressourcen hierfür werden größtenteils im Rahmen der dezentral organisierten MIPs beschafft werden.

Für die Durchführung der Experimente, die Bereitstellung der Daten in der CMIP6-ESG-Föderation, sowie für Unterstützungsaktionen zur Kompetenzbildung auf dem Gebiet der Datenformatierung entsprechend der von CMIP6 festgelegten Standards, wird Förderung durch das BMBF beantragt. In einer vorläufigen Version wurde dem BMBF-Projektträger am DLR schon eine Projektskizze vorgelegt. Die Partner wurden vom Projektträger aufgefordert, eine revidierte Skizze, die auch Chemiemodelle berücksichtigt, einzureichen. Der Textteil der revidierten Skizze (d.h. ohne Arbeitspakete und Tabellen) ist diesem Antrag beigelegt. Darin ist eine detaillierte Begründung der geplanten

---

<sup>1</sup> ESM: Erdsystemmodell; CM: Klimamodell

<sup>2</sup>CMIP6 endorsed Model Intercomparison Projekts.

Arbeiten sowie eine ausführliche Beschreibung der CMIP6-Organisationsstruktur auf internationaler Ebene einschließlich relevanter Literatur enthalten.

Die voraussichtliche Dauer des BMBF-geförderten Vorhabens ist Juli 2016 bis Juni 2020. Die für diesen Zeitraum geplanten Experimente, sowie die dafür benötigte RZ sind in den Tabellen 2a und 3a aufgeführt. Die in 2016 benötigten und hier beantragten Ressourcen sind in den Tabellen 2b, 3b und 4b enthalten. Tabelle 1 ist eine Aufstellung der pro Simulationsjahr benötigten Ressourcen. Da die Erfahrung mit dem neuen HLRE-3 begrenzt ist, sind einige Kennzahlen noch nicht vorhanden oder nur grob abgeschätzt. Die für 2016 pro Modell und insgesamt beantragten Ressourcen beruhen teilweise auf diesen Schätzungen und sind in der Tabelle 3b aufsummiert. Tabelle 4b enthält den entsprechenden Speicherplatzbedarf.

### ***Beantragte Ressourcen***

Für 2016 wird ein Antrag für:

- **939.460 Knotenstunden** auf der mistral gestellt.

Es besteht für die beantragten Experimente in 2016 ein

- Bedarf an Speicherkapazität von **2.339.505 GB** im <work> und ein
- Bedarf an Speicherkapazität von **2.727.945 GB** im <arch> und ein
- Bedarf an Speicherkapazität von **225.754 GB** im <doku> Bereich.

**Tabelle 1: Benötigte Ressourcen auf dem HLRE-3 (Mistral) pro Simulationsjahr**

	MPI-ESM1-HR	MPI-ESM2-LR	AWI-CM	EMAC2-D <sup>1</sup>	EMAC2-C <sup>2</sup>	ICON-MESSy
RZ [KnSt/a]	216	25	340	9	250	455
Speicher für Output [GB/a]	276	250	584	800	1.600	300.000
Frequenz der Rerun-Speicherung [Sim. Jahre]	20	20	1	1/2	1/4	1
Speicher für Rerun-Files [GB]	7	2	3	1,20	15	600
Speicher gesamt pro sim. Jahr [GB/a]	276	250	587	802	1.660	300.600
Atmosphäregitter: Akronym[Auflösung]	T127L95 [ca. 1°]	R2B4 [ca. 160 km]	T127L95 [ca. 1°]	T42L47MA [ca. 4°]		R2B4 [ca. 160 km]
Ozeangitter: Akronym[Auflösung]	TP04L40 [ca. 0.4°]	R2B4 [ca. 160 km]	GL01 [1°-0.05°]	GR30L40 [3°]		R2B4 [ca. 160 km]
Modellversion: Atmos.	ECHAM6.3	ICON-AES	ECHAM6.3	ECHAM5		ICON-AES mit MESSy und Atmos.-Chemie
Modellversion: Ozean	MPIOM	ICON-OES	FESOM	MPIOM		ICON-OES
Anz. Gitterzellen: Atmosphäre Ozean	6.947.160   731.500	716.800   52.500	6.947.160   800.000	385.024   288.000		716.800   52.500

<sup>1</sup> nur Dynamik, d.h. ohne Atmosphärenchemie; <sup>2</sup> einschließlich Atmosphärenchemie

Tabelle 1 enthält die technischen Kennzahlen der Modelle wie Anzahl der Gitterpunkte, Modellebenen, sowie Speicher- und RZ-Bedarf pro Simulationsjahr. Insbesondere die RZ für die Modelle MPI-ESM2-LR und ICON-MESSy beruhen auf Abschätzungen. So ist zum Beispiel die RZ für ICON-MESSy aus der für MPI-ESM2 und der RZ für die Chemie in einer Gitterzelle in EMAC2-C (ca.  $6 \times 10^{-4}$  Knotenstunden pro Simulationsjahr inkl. Transporte) berechnet.

Die Angaben für MPI-ESM1-HR gelten für 6-stündige Ausgabe und stündliche Kopplung von Atmosphäre und Ozean. Die RZ für dies Modell ist stark vom Umfang der Datenausgabe anhängig. So braucht es bei monatlicher Ausgabe nur etwa 2/3 der RZ. Eventuell lässt sich die Ausgabe durch bessere Anpassung an die CMIP6-Variablenanforderungen noch reduzieren, und damit sowohl die erforderliche RZ als auch der Speicherplatzbedarf. Ob das möglich ist, kann aber noch nicht geklärt werden, da die Spezifikationen für das CMIP6-Archiv noch nicht vollständig vorliegen.

**Tabelle 2a: In diesem RZ-Projekt geplante CMIP6-Simulationsjahre (2016-2020)**

	MPI-ESM1-HR		MPI-ESM2		AWI-CM		EMAC2-D		EMAC2-C		ICON-MESSy	
	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre
<b>piControl</b>	1	500	1	1.000	1	500	1	500	1	100	1	251
<b>1ptCO2</b>	1		1	150	1	150			1	150	1	150
<b>abrupt4xCO2</b>	1	40	1	140	1	140			1	140	1	140
<b>amip</b>	1	30	1	30			1	30	1	30	1	30
<i>historical</i>	10	1.560	1	156	5	780			1	156		
RCP-2.6	1	95	1	95	1	95			1	95		
RCP-4.5	1	95	1	95	1	95			1	95		
RCP-8.5	1	95	1	95	1	95			1	95		
RCP-7.0	10	950	1	95	1	95			1	95		
Jahre pro Modell	3.365		1.856		1.950		530		956		571	

Die Länge der Experimente sowie die Experimentnamen in Tabelle 2a und 2b sind von CMIP5 übernommen. Sie müssen eventuell noch angepasst werden. Die DECK-Experimente sind dick gedruckt. Sie gelten als Eintrittskarte zur CMIP-Teilnahme. Das historical-Experiment ist das einzige CMIP6 zugeordnete Experiment und ist Voraussetzung für die Teilnahme an den von CMIP6 befürworteten MIPs. In diesem Projekt ist geplant, mit derselben MPI-ESM1-HR-Version zu arbeiten wie in MiKlip. Einige Experimente der beiden Projekte sind deshalb identisch. Da MiKlip aber nicht warten kann, bis die neuen externen Daten für die historical-Experimente von CMIP6 zur Verfügung stehen, werden die dort geplanten 10 Realisationen mit den CMIP5-Daten gerechnet. Wenn die CMIP5- und CMIP6-Daten keine signifikanten Unterschiede aufweisen, werden also am Ende 20 Realisationen des historischen Experiments für die gemeinsamen Jahre (1850-2005) zur Verfügung stehen. Ein amip-Experiment ist in MiKlip nicht geplant. Es waren also piControl, 1pctCO2 und abrupt4xCO2 abzustimmen. Es ist jetzt geplant, dass die ersten 500 Jahre (von 1000) in MiKlip gerechnet werden. Bleiben also in diesem Projekt 500 Jahre zu rechnen. Das 1pctCO2-Experiment wird vollständig in MiKlip gerechnet. Von dem abrupt4xCO2-Experiment werden in MiKlip nur 100 Jahre durchgeführt, die verbleibenden 40 Jahre sind in diesem Projekt geplant.

Zusätzliche Realisationen der RCP 2.6, 4.5 und 8.5 Experimente mit **MPI-ESM1-HR** sind vom DWD auf den Rechnern des DWDs geplant.

**Tabelle 2b: In diesem RZ-Projekt für 2016 geplante CMIP6-Simulationsjahre**

	MPI-ESM1-HR		MPI-ESM2-LR		AWI-CM		EMAC2-D		EMAC2-C		ICON-MESSy	
	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre	Real.	Jahre
<b>piControl</b>	1	500	1	1.000	1	150	1	500	1	100		
<b>1ptCO2</b>	1				1	150						
<b>abrupt4xCO2</b>	1	40			1	140						
<b>amip</b>	1	30	1	30			1	30	1	30		
<i>historical</i>	10	1.560										
RCP-2.6	1	95										
RCP-4.5	1	95										
RCP-8.5	1	95										
RCP-7.0	10	950										
Jahre pro Modell	3.365		1.030		440		530		130		0	

Abhängig vom Projektfortschritt und der zur Verfügung stehenden RZ werden die DECK-Experimente mit **AWI-CM** in 2016 oder erst in 2017 beendet sein. Die Reihenfolge der Durchführung ist zuerst 150 Jahre Kontrolllauf, dann das diagnostische Experiment mit abrupter Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf den 4-fachen Wert (abrupt4xCO<sub>2</sub> in CMIP5) und das Experiment mit einer jährlichen Steigerung der CO<sub>2</sub>-Konzentration um 1% (1ptCO<sub>2</sub> in CMIP5). Das AMIP-Experiment muss nicht durchgeführt werden, da es schon mit MPI-ESM1-HR berücksichtigt ist, das dasselbe Atmosphärenmodell wie AWI-CM hat. Sollten die 1ptCO<sub>2</sub>- und abrupt4xCO<sub>2</sub>-Experimente zu einer späteren Modellzeit als 1850 vom piControl-Experiment abzweigen, wird dieses entsprechend länger gerechnet. Beide diagnostischen Experimente müssen von denselben Restart-Dateien gestartet werden.

Wegen des hohen RZ-Bedarfs werden zunächst 500 Jahre des prä-industriellen Kontrolllaufs mit **EMAC2-D**, also ohne Atmosphärenchemie durchgeführt. Die letzten 100 Jahre werden dann mit der Atmosphärenchemie, also mit EMAC2-C wiederholt. Das spart RZ und Speicherplatz und erlaubt die Diagnose des Einflusses der Atmosphärenchemie in einer 100 Jahre langen Kontrollrechnung (Tabelle 2b).

Die gesamte für die Durchführung der geplanten Experimente in 2016 bis 2020 benötigte RZ ist in Tabelle 3a für die einzelnen Modelle aufsummiert. In der fortgeführten Tabelle 3a für die Chemiemodelle ist in der Spalte ‚EMAC2‘ noch die Summe der Einträge der vorherigen Spalten ‚EMAC2-D‘ und ‚EMAC2-C‘ aufgeführt. Außerdem enthält die Tabelle die Anzahl der Knoten auf denen die Rechnungen durchgeführt werden sollen, sowie die Anzahl der Tage (WC: WallClock), die die Rechnungen mit der angegebenen Anzahl von Knoten benötigen werden.

Alle Rechnungen werden so konfiguriert, dass sie mit den benutzten Knoten gut skalieren.

**Tabelle 3a: RZ, die voraussichtlich in diesem Projekt für 2016-2020 beantragt wird.**

	MPI-ESM1-HR			MPI-ESM2			AWI-CM		
	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage
piControl	108.000	108	42	25.000	96	11	170.000	120	59
1ptCO2		108		3.750	24	7	51.000	120	18
abrupt4xCO2	8.640	108	3	3.500	24	6	47.600	120	17
amip	6.480	108	3	750	24	1			
historical	336.960	108	130	3.900	24	7	265.200	120	92
RCP-2.6	20.520	108	8	2.375	24	4	32.300	120	11
RCP-4.5	20.520	108	8	2.375	24	4	32.300	120	11
RCP-8.5	20.520	108	8	2.375	24	4	32.300	120	11
RCP-7.0	205.200	108	79	2.375	24	4	32.300	120	11
KnSt/Modell	726.840			46.400			663.000		
Tage (seriell)	280			48			230		

**Tabelle 3a: Fortführung von Tabelle 3a mit den Atmosphärenchemiemodellen**

EMAC2-D			EMAC2-C			EMAC2		ICON-MESSy		
Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage
4.500	4	47	25.000	10	104	29.500	151	114.205	200	24
	4		37.500	10	156	37.500	156	68.250	200	14
	4		35.000	10	146	35.000	146	63.700	200	13
270	4	3	7.500	10	31	7.770	34	13.650	200	3
	4		39.000	10	163	39.000	163		200	
	4		23.750	10	99	23.750	99		200	
	4		23.750	10	99	23.750	99		200	
	4		23.750	10	99	23.750	99		200	
	4		23.750	10	99	23.750	99		200	
4.770			239.000			243.770		259.805		
50			996			1.046		54		

Die in 2016 benötigte RZ ist in Tabelle 3b eingetragen. Da in 2016 noch keine Experimente mit ICON-MESSy durchgeführt werden, ist die zugehörige Spalte in der fortgeführten Tabelle für die Chemiemodelle weggelassen. Wie in Tabelle 3a gibt es je eine Spalte für die EMAC2-Konfiguration ohne Chemie, für die mit Chemie sowie für beide Konfigurationen zusammen.

**Tabelle 3b: Für 2016 beantragte RZ**

	MPI-ESM1-HR			MPI-ESM2-LR			AWI-CM		
	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage
piControl	108.000	108	42	25.000	96	11	51.000	120	18
1ptCO2		108			24		51.000	120	18
abrupt4xCO2	8.640	108	3		24		47.600	120	17
amip	6.480	108	3	750	24	1		120	
historical	336.960	108	130		24			120	
RCP-2.6	20.520	108	8		24			120	
RCP-4.5	20.520	108	8		24			120	
RCP-8.5	20.520	108	8		24			120	
RCP-7.0	205.200	108	79		24			120	
KnSt/Modell	726.840			25.750			149.600		
Start der Rechnungen	April 2016			Oktober 2016			Juli 2016		
Tage (seriell)	280			12			52		

**Tabelle 3b: Fortsetzung von Tabelle 3b  
mit den Atmosphärenchemiemodellen**

EMAC2-D			EMAC2-C			EMAC2	
Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	Ded. Kn	WC- Tage	Knoten- stunden	WC- Tage
4.500	4	47	25.000	10	104	29.500	151
	4			10			
	4			10			
270	4	3	7.500	10	31	7.770	34
	4			10			
	4			10			
	4			10			
	4			10			
	4			10			
4.770			32.500			37.270	
Juli 2016			Juli 2016				
50			135			185	
<b>Projekt-RZ in 2016 [Knotenstunden]: 939.460</b>							



Die folgende Tabelle (4b) enthält den pro Modell und Simulation sowie pro Modell benötigten Speicherplatz im <work>, <arch> und <doku> Bereich. Eine Tabelle für die gesamte Projektlaufzeit ist nicht erstellt.

EMAC2 benötigt nur 10% der Ausgabe im schnellen Zugriff auf Platte. 90% der Daten kann sofort ins Bandarchiv geschrieben werden (Tabelle 4b).

**Tabelle 4b: In 2016 benötigter Speicherplatz [GB] am DKRZ**

	MPI-ESM1-HR			MPI-ESM2-LR			AWI-CM		
	<work>	<arch>	<doku>	<work>	<arch>	<doku>	<work>	<arch>	<doku>
piControl	138.175	138.175	13.818	250.100	250.100	25.010	88.050	88.050	8.805
1ptCO2							88.050	88.050	8.805
abrupt4xCO2	11.054	11.054	1.105				82.180	82.180	8.218
amip	8.291	8.291	829	7.503	7.503	750			
historical	431.106	431.106	43.111						
RCP-2.6	26.253	26.253	2.625						
RCP-4.5	26.253	26.253	2.625						
RCP-8.5	26.253	26.253	2.625						
RCP-7.0	262.533	262.533	26.253						
pro Modell	929.918	929.918	92.992	257.603	257.603	25.760	258.280	258.280	25.828

**Tabelle 4b: Fortsetzung von Tabelle 4b für die Atmosphärenchemiemodelle**

EMAC2-D			EMAC2-C			EMAC2		
<work>	<arch>	<doku>	<work>	<arch>	<doku>	<work>	<arch>	<doku>
401.200	401.200	16.600	16.600	166.000	16.600	417.800	567.200	33.200
24.072	24.072	2.407	4.980	49.800	4.980	29.052	73.872	7.387
425.272	425.272	19.007	21.580	215.800	21.580	446.852	641.072	40.587
<b>Speicherplatz für alle Modelle in 2016 [GB]</b>	<b>&lt;work&gt; 2.339.504</b>	<b>&lt;arch&gt; 2.727.944</b>	<b>&lt;doku&gt; 225.754</b>					