

Projekt: id0853
Berichtszeitraum: 01.01.2020 - 31.12.2020
Projekttitel: Earth System Chemistry Integrated Modelling (ESCiMo)
Federführender Wissenschaftler: Dr. Patrick Jöckel

Im o.a. Bewilligungszeitraum wurden weitere Simulationen mit EMAC für die "Chemistry Climate Model Initiative" (CCMI) durchgeführt bzw. weitergeführt. Diese sind in Tabelle 1 in der thematischen Übersicht und in Tabelle 2 zusammen mit den verwendeten Ressourcen gelistet.

Simulation	Setup	# years	node-h / year	total node-h	/work [TByte/year]	/work [TByte]	/arch [TByte/year]	/arch [TByte]
SC2-oce-03	T42L47MA/GR30L40 (RCP2.6) 2000/01–2100/12	101,0	180	18180,00	0.09	9,09	1.45	146,45
SC2-oce-04	T42L47MA/GR30L40 (SSP3-7.0) 2000/01–2100/12	101,0	180	18180,00	0.09	9,09	1.45	146,45
SC2-oce-05	T42L47MA/GR30L40 (SSP A) 2000/01–2100/12	101,0	180	18180,00	0.09	9,09	1.45	146,45
SC2-oce-06	T42L47MA/GR30L40 (SSP B) 2000/01–2100/12	101,0	180	18180,00	0.09	9,09	1.45	146,45
SC2-oce-07	T42L47MA/GR30L40 (SSP3-7.0) 2000/01–2100/12 + interaktives Aerosol	101,0	180	18180,00	0.09	9,09	1.45	146,45
SC2-oo3-01	T42L47MA/GR30L40 + ohne interaktive Chemie + piControl	150,0	30	4500,00	0.003	450,00	0.008	1200,00
SC2-oo3-02	T42L47MA/GR30L40 + ohne interaktive Chemie + 4xCO ₂	150,0	30	4500,00	0.003	450,00	0.008	1200,00
SC2-oo3-03	T42L47MA + ohne interaktive Chemie + ohne Ozeanmodell	50,0	25	1250,00	0.003	150,00	0.008	400,00
C2-piCtrl	T42L47MA + ohne interaktive Chemie + ohne Ozeanmodell	60,0	8	480,00		0,008		39,65
C2-pi4xO3	T42L47MA + ohne interaktive Chemie + ohne Ozeanmodell	60,0	8	480,00		0,008		39,65
C2-4xCO2piO3	T42L47MA + ohne interaktive Chemie + ohne Ozeanmodell	60,0	8	480,00		0,008		39,65
C2-4xCO2ctrl	T42L47MA + ohne interaktive Chemie + ohne Ozeanmodell	60,0	8	480,00		0,008		39,65
SC1SD-base-03	T42L90MA (SSP3-7.0) 2000/01–2019/12	20,0	280	5600,00	2.33	0,00	5.72	0,00
SC1SD-base-04	T42L90MA (EDGAR,GFAS) 2000/01–2019/12	20,0	280	5600,00	2.33	0,00	5.72	0,00
ERA-05 „nudging“ Daten	1990–2018	29,0			3.9	113,10	3.9	0,00
ERA-05 „nudging“ Daten	1950–1989, 2019	41,0			3.9	0,00	3.9	0,00
ERA-05 „nudging“ Daten	1979-1989, 2019, 2020/01-05	12,4			3.9		3,9	

Tabelle 1: Übersicht über die EMAC Simulationen im Projekt ESCiMo im Jahr 2020. Die grün unterlegten Simulationen wurden wie geplant durchgeführt. Die grau unterlegten Zeilen zeigen die Simulationen aus dem Antrag, die nicht durchgeführt wurden. Die blau unterlegten Simulationen wurden stattdessen durchgeführt.

Beschreibungen und Begründungen:

- Die **SC2-oce-03** Simulation für das RCP2.6 Szenario wurde wie geplant durchgeführt. Damit stehen EMAC Simulationsergebnisse für 3 von 4 RCP-Szenarien zur Verfügung (SC2-oce-01: RCP6.0; SC2-oce-02: RCP8.5, siehe Bericht 2017). Eine Studie zur Untersuchung des Einflusses des Szenarios auf die Erholung der Ozonschicht und auf die Brewer-Dobson Zirkulation wurde begonnen.
- Die Simulationen mit gekoppeltem Ozean unter Verwendung von drei der neueren CMIP6 Szenarien (**SC-oce-05, 06 und 07**) wurden zurückgestellt, da die CCMI Phase 2 (CCMI-2) Randbedingungen erst im Oktober (kurz vor Erstellung dieses Berichtes) fertig wurden. Von Seiten der CCMI-2 Organisation waren die dedizierten Randbedingungen und Spezifikationen für die Simulationen ursprünglich jedoch bereits für den Jahresanfang angekündigt. Im Antrag für 2020 wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Spezifikationen zur Zeit der Antragstellung noch nicht konsolidiert waren. Eine Grundlage von CCMI ist jedoch, dass in allen international teilnehmenden Modellen konsistente Randbedingungen verwendet werden, damit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist.
Die Randbedingungen für die CCMI-2 Ref-D1 Simulation (1960-2018) werden derzeit für EMAC vorbereitet, die entsprechende Simulation (**RD1-base-01**) soll, wenn möglich, noch im 4. Quartal 2020 gestartet werden, siehe auch Antrag. Das Hauptziel der Simulationen ist die Untersuchung der Entwicklung der Ozonschicht. Dabei spielen einerseits die verbesserten Randbedingungen eine wichtige Rolle, andererseits ist der Zeitraum bis 2018 gegenüber CCMI (bis 2011) verlängert.
- Die Simulationen **SC2-oo3-01, 02 und 03** konnten aufgrund der Schwierigkeiten mit den CMIP6/AerChemMIP Referenzsimulationen (siehe Bericht zu Projekt 1055, Berichtszeitraum 07/2019-06/2020: zu stark kühlende Wirkung durch den Einfluss der Aerosole auf die Wolken) nicht wie geplant realisiert werden. Stattdessen wurde der wissenschaftliche Fokus leicht angepasst und als Ersatz vier ähnliche Simulationen durchgeführt. Diese zielen darauf ab den Einfluss von Ozon auf das simulierte Klima und die Atmosphärendynamik besser zu verstehen. Die durchgeführten Simulationen sind dynamische (ohne Chemie) Zeitscheibensimulationen, welche die CMIP6/DECK 4xCO₂ Simulationen ergänzen. Dabei wurde ein vorindustrieller Klimazustand normal (**C2-piCtrl**) und mit der vierfachen CO₂ Konzentration (**C2-4xCO2ctrl**) simuliert und für die Strahlung jeweils einmal das vorindustrielle Ozon (**C2-4xCO2piO3**) und einmal das Ozon der CMIP6 4xCO₂ Simulation (**C2-pi4xO3**) vorgeschrieben. Die Simulationsdaten werden derzeit prozessiert und ausgewertet. Aus der Studie soll 2021 eine Masterarbeit entstehen. Erste Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede im stratosphärischen Zonalwind durch den Einfluss des Ozons in den 4xCO₂ Simulationen.
- Die „specified dynamics“ (SD) Simulationen **SC1SD-base-03** und **SC1SD-base-04** sind ebenfalls zurückgestellt worden. Diese sollen nun im nächsten Jahr konsistent mit der **RD1-base-01** Simulation (siehe zweiter Spiegel punkt weiter oben), also als **RD1SD-base-01** durchgeführt werden und durch eine weitere Sensitivitätssimulation ergänzt werden (siehe Antrag).
- Die Erstellung der „nudging“-Daten (erster auflösungsunabhängiger Schritt) aus ERA-5 Reanalysedaten für die Jahre 1979-2020/05 konnte abgeschlossen werden, ebenso die Bereitstellung der Daten für die Modellauflösung T42L90MA. Die Prozessierung der Jahre 1950 – 1978 muss auf Grund des beschränkten Platzes in /work auf das nächste Jahr verschoben werden.

simulation	resolution	number of simulated years	node-h / year	data size /arch [TByte/year]	node-h	data size /arch [TByte]
SC2-oce-03	T42L47MA/GR30L40	101	172,2	1,38	17395	139,53
C2-piCtrl	T42L47MA	60	8,0	0,66	480,0	39,65
C2-pi4xO3	T42L47MA	60	8,0	0,66	480,0	39,65
C2-4xCO2piO3	T42L47MA	60	8,0	0,66	480,0	39,65
C2-4xCO2ctrl	T42L47MA	60	8,0	0,66	480,0	39,65
ERA-5 „nudging“ Daten	RAW + T42L90MA	1979-2020/05		3,9*		125,00*
SUMME 2019					19315	422,95

Tabelle 2: Übersicht über die verbrauchten Ressourcen im Jahr 2020 bis zum Stichtag 12.10.2020.

* Die Summe ist kleiner als 41,42 Jahre x 3,9 Tbyte/Jahr, da bisher nur T42L90MA Daten prozessiert wurden. Außerdem wurden die nudging-Daten noch nicht in /arch archiviert.

Zusätzlich wurden bis zum Stichtag 1646 node-h für Vor- und Nachprozessierung, Testsimulationen, "debugging" und die Vorbereitung weiterführender Modellsetups, bzw. die Entwicklung zur neuen EMAC Version 2.55.0 verwendet.

Die Aufbereitung und der "upload" der geforderten Daten für CCMI wurde auch 2020 fortgesetzt und ist vorläufig abgeschlossen. Zudem wurde die Übertragung der Daten von /arch nach /doku bzw. in die CERA Datenbank weitergeführt, diese Übertragung ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Allerdings konnten bereits für 2 Teildatensätze DOIs vergeben werden:

- <https://doi.org/10.26050/WDCC/RC1>
- <https://doi.org/10.26050/WDCC/RC2>

Ausblick

Im nächsten Bewilligungszeitraum (d.h. 2021) sollen im Rahmen dieses Projektes die Simulationen für den nationalen Beitrag zu CCMI-2 durchgeführt werden. Diese beinhalten bis zum Datum dieser Antragstellung neue „hindcast“ (RD1-base) sowie neue "specified dynamics" Simulationen (RD1SD-base) mit ERA-5 Daten und neuen CMIP6 Szenarien. Dazu ist es auch notwendig, die Vorprozessierung der ERA-5 Daten weiterzuführen. Darüber hinaus soll die Übertragung der Daten von /arch nach /doku bzw. in die CERA Datenbank für die Simulationen der Phase 1 von CCMI abgeschlossen werden.

Weitere **Publikationen**, die auf den Daten des ESCiMo-Projektes beruhen, sind erschienen:

Kilian, M., Brinkop, S., and Jöckel, P.: Impact of the eruption of Mt Pinatubo on the chemical composition of the stratosphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 11697–11715, <https://doi.org/10.5194/acp-20-11697-2020>, 2020.

Pavicic, S.J.: Determination and Evaluation of Stratospheric Water Vapour Trends from Simulations with the Earth System Model EMAC, Master's Thesis at the Faculty of Physics, LMU Munich, 2020.

Eichinger, R. & Šácha, P.: Overestimated acceleration of the advective BrewerDobson circulation due to stratospheric cooling, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1-15, doi: 10.1002/qj.3876, URL <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.3876> (2020)

Amos, M., Young, P. J., Hosking, J. S., Lamarque, J.-F., Abraham, N. L., Akiyoshi, H., Archibald, A. T., Bekki, S., Deushi, M., Jöckel, P., Kinnison, D., Kirner, O., Kunze, M., Marchand, M., Plummer, D. A., Saint-Martin, D., Sudo, K., Tilmes, S., & Yamashita, Y.: Projecting ozone hole recovery using an ensemble of chemistry–climate models weighted by model

performance and independence, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 9961–9977, doi: 10.5194/acp-20-9961-2020, URL <https://acp.copernicus.org/articles/20/9961/2020/> (2020)

Abalos, M., Orbe, C., Kinnison, D. E., Plummer, D., Oman, L. D., Jöckel, P., Morgenstern, O., Garcia, R. R., Zeng, G., Stone, K. A., & Dameris, M.: Future trends in stratosphere-to-troposphere transport in CCMI models, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 6883–6901, doi: 10.5194/acp-20-6883-2020, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/20/6883/2020/> (2020)

Keber, T., Bönisch, H., Hartick, C., Hauck, M., Lefrancois, F., Obersteiner, F., Ringsdorf, A., Schohl, N., Schuck, T., Hossaini, R., Graf, P., Jöckel, P., & Engel, A.: Bromine from short-lived source gases in the extratropical northern hemispheric upper troposphere and lower stratosphere (UTLS), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 4105–4132, doi: 10.5194/acp-20-4105-2020, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/20/4105/2020/> (2020)

Orbe, C., Plummer, D. A., Waugh, D. W., Yang, H., Jöckel, P., Kinnison, D. E., Josse, B., Marecal, V., Deushi, M., Abraham, N. L., Archibald, A. T., Chipperfield, M. P., Dhomse, S., Feng, W., & Bekki, S.: Description and Evaluation of the specified-dynamics experiment in the Chemistry-Climate Model Initiative, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 3809–3840, doi: 10.5194/acp-20-3809-2020, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/20/3809/2020/> (2020)

Eleftheratos, K., Kapsomenakis, J., Zerefos, C. S., Bais, A. F., Fountoulakis, I., Dameris, M., Jöckel, P., Haslerud, A. S., Godin-Beekmann, S., Steinbrecht, W., Petropavlovskikh, I., Brogniez, C., Leblanc, T., Liley, J. B., Querel, R., & Swart, D. P. J.: Possible Effects of Greenhouse Gases to Ozone Profiles and DNA Active UV-B Irradiance at Ground Level, *Atmosphere*, 11, doi: 10.3390/atmos11030228, URL <https://www.mdpi.com/2073-4433/11/3/228> (2020)

Nicely, J. M., Duncan, B. N., Hanisco, T. F., Wolfe, G. M., Salawitch, R. J., Deushi, M., Haslerud, A. S., Jöckel, P., Josse, B., Kinnison, D. E., Klekociuk, A., Manyin, M. E., Marécal, V., Morgenstern, O., Murray, L. T., Myhre, G., Oman, L. D., Pitari, G., Pozzer, A., Quaglia, I., Revell, L. E., Rozanov, E., Stenke, A., Stone, K., Strahan, S., Tilmes, S., Tost, H., Westervelt, D. M., & Zeng, G.: A machine learning examination of hydroxyl radical differences among model simulations for CCMI-1, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 1341–1361, doi: 10.5194/acp-20-1341-2020, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/20/1341/2020/> (2020)

Kuai, L., Bowman, K. W., Miyazaki, K., Deushi, M., Revell, L., Rozanov, E., Paulot, F., Strode, S., Conley, A., Lamarque, J.-F., Jöckel, P., Plummer, D. A., Oman, L. D., Worden, H., Kulawik, S., Paynter, D., Stenke, A., & Kunze, M.: Attribution of Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI) ozone radiative flux bias from satellites, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20, 281–301, doi: 10.5194/acp-20-281-2020, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/20/281/2020/> (2020)
Akritidis, D., Pozzer, A., & Zanis, P.: On the impact of future climate change on tropopause folds and tropospheric ozone, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 14 387–14 401, doi: 10.5194/acp-19-14387-2019, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/19/14387/2019/> (2019)

Dameris, M., Jöckel, P., & Nützel, M.: Possible implications of enhanced chlorofluorocarbon-11 concentrations on ozone, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 13 759–13 771, doi: 10.5194/acp-19-13759-2019, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/19/13759/2019/> (2019)

Zhao, Y., Saunio, M., Bousquet, P., Lin, X., Berchet, A., Hegglin, M. I., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Hauglustaine, D. A., Szopa, S., Stavert, A. R., Abraham, N. L., Archibald, A. T., Bekki, S., Deushi, M., Jöckel, P., Josse, B., Kinnison, D., Kirner, O., Marécal, V., O'Connor, F. M., Plummer, D. A., Revell, L. E., Rozanov, E., Stenke, A., Strode, S., Tilmes, S., Dlugokencky, E. J., & Zheng, B.: Inter-model comparison of global hydroxyl radical (OH) distributions and their impact on atmospheric methane over the 2000–2016 period, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 13 701–13 723, doi: 10.5194/acp-19-13701-2019, URL <https://www.atmos-chem-phys.net/19/137012019/> (2019)

Weitere Publikationen sind z.Zt. bereits in der Begutachtung bzw. in Vorbereitung.