

Projekt:	Erdsystemmodellevaluierung (PID 854)
Berichtszeitraum:	01.01.2014 – 15.10.2015
Projekttitel:	Erdsystemmodellevaluierung (DLR-Institut für Physik der Atmosphäre)
Federführender Wissenschaftler:	PD Dr. Veronika Eyring

1. ESMVal, MiKlip ClimVal, EMBRACE

Eine umfangreiche Studie zur Evaluation des EMAC Modells wurde durchgeführt und publiziert (Righi et al., 2015). Stärken und Schwächen des Modells wurden identifiziert und Empfehlungen für Modellverbesserungen abgeleitet. Dazu wurden vier Simulationen in verschiedenen Konfigurationen durchgeführt und mit dem ESMValTool hinsichtlich ihrer Unterschiede in der Simulation von Ozon und ausgewählten Klimaparametern ausgewertet. Die Studie fand heraus, dass Unterschiede zwischen den verschiedenen Setups klein sind, was die Möglichkeit bietet das freilaufende Modell mit kürzeren Simulationen im genudgten Modus zu evaluieren. Ein Bias der in allen Simulationen auftrat, war eine Überschätzung der troposphärischen Ozonsäule im Vergleich zu Beobachtungsdaten. Zur Aufklärung der Ursachen von zu hohen troposphärischen Ozonmischungsverhältnissen wurden zwei zusätzliche Simulationen (ACCMIP-S1 und -S2) durchgeführt (siehe Abbildung 1). Alle in Righi et al. (2015) gezeigten Diagnostiken und Metriken sind im ESMValTool implementiert (Eyring et al., 2015) und stehen zur routinemäßigen Überprüfung weiterer Simulationen zur Verfügung.

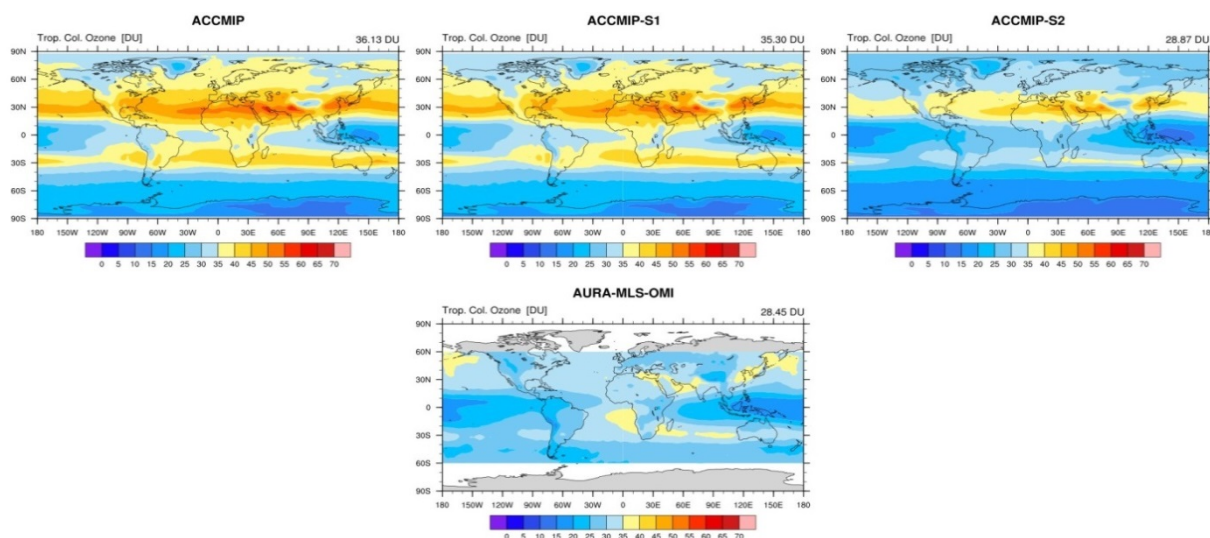


Abbildung 1. Troposphärische Ozonsäule in EMAC Simulationen im Vergleich mit MLS/OMI Beobachtungen. Die Werte am oberen rechten Rand jedes Panels zeigen den globalen Mittelwert. Abbildung aus Righi et al. (2015).

Zusätzlich wurde das EMAC-MADE Modell hinsichtlich seiner Fähigkeit Aerosol zu repräsentieren untersucht. Es zeigte sich im Generellen eine gute Übereinstimmung der Modellergebnisse mit Beobachtungsdaten obwohl das Modell Probleme in Regionen mit hoher Aerosol optischen Dicke hat (Abbildung 2). Gründe für die Unterschätzung könnten am Ferntransport von Mineralstaub aus der Sahara liegen oder an den Emissionen aus Waldbränden in Zentralafrika. Das Modell wird in Folgeprojekten hinsichtlich der Repräsentation von Mineralstaub weiter verbessert. Ausgewählte Aerosoldiagnostiken wurden in das ESMValTool implementiert. Die Integration von aerosolspezifischen Diagnostiken und Metriken in das ESMValTool werden in den Folgeprojekten KliSAW und der ESA Chemsitry-Climate Initiative (CCI) CLimate Model User Group (CMUG) fortgesetzt.

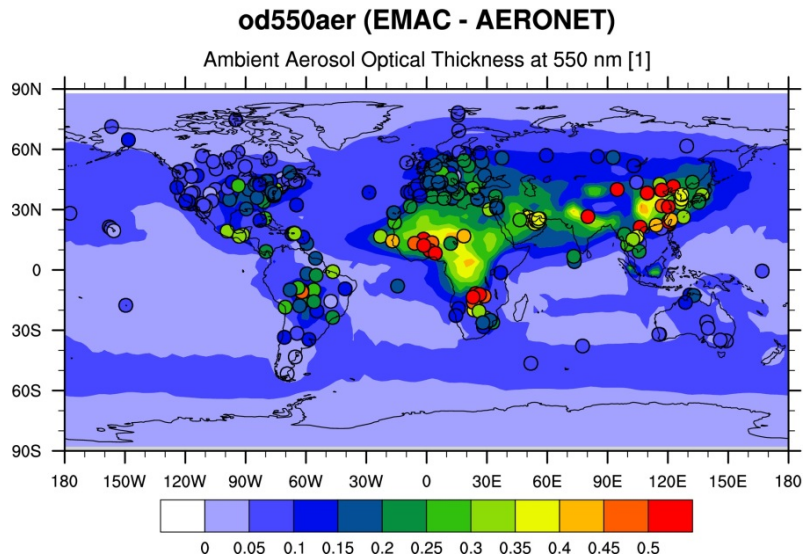


Abbildung 2: Klimatologisches Mittel (1996-2005) der von EMAC-MADE simulierten Aerosol optischen Dicke (AOD) bei 550 nm (globale Karte) und AOD von verschiedenen AERONET Stationen.

Mit dem Forschungsflugzeug HALO (engl. *High Altitude and Long Range Research Aircraft*) wurde im Rahmen des ESMVal Projekts im September 2012 die erste weltumspannende Mission erfolgreich durchgeführt. Für die Überprüfung globaler Klimamodelle absolvierte HALO in zehn Tagen Messflüge zwischen der Nordpolarregion und der Südpolarregion, vom norwegischen Spitzbergen bis zum Rand des antarktischen Kontinents.

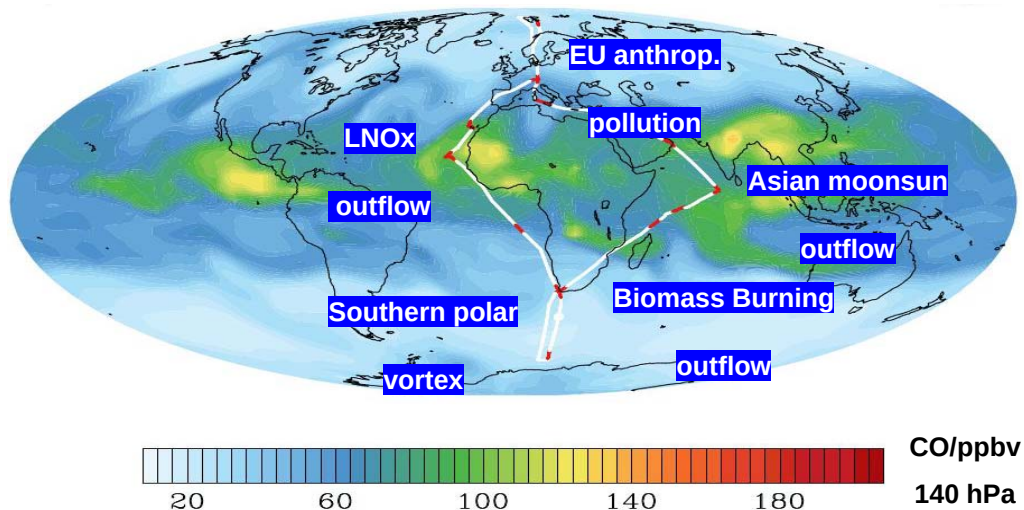


Abbildung 3. Flugweg von HALO während der ESMVal-Kampagne (weiß) mit Vertikalsondierungen in die untere Troposphäre (rot), Zwischenstopps und speziell zu untersuchenden Situationen (blau). Als Hintergrund sind mit EMAC simulierte Kohlenmonoxid (CO) Mischungsverhältnisse auf einem Druckniveau von 140 hPa für den Kampagnenzeitraum angegeben.

Zur Vorbereitung der Messkampagne wurden mit Hilfe von EMAC von bestimmten Prozessen (Abbildung 3) dominierte Luftmassen klimatologisch identifiziert und dann gezielt angefliegen. Alle erwarteten Phänomene wurden gefunden und sind in den Messwerten sichtbar.

Sensitivitätssimulationen mit EMAC im Vergleich mit den ESMVal HALO Messungen ergeben Aufschlüsse über Prozesse und Möglichkeiten zur Modellverbesserung. Für den Kampagnenzeitraum wurden 7 Hindcast-Simulationen mit verschiedenen Nudging-Parametern und weitere 8 Simulationen mit unterschiedlichen Einstellungen zur Atmosphärenchemie durchgeführt. Durch die Sensitivitätssimulationen wurden Hinweise auf weitere Ursachen von Abweichungen zwischen

Simulationen und Messungen gefunden, z.B. Transportprozesse von der Grenzschicht in die freie Troposphäre. Die Befunde für diese Einzelkampagne müssen noch durch klimatologische Analysen untermauert werden, die Suche nach Modellverbesserungen ist ein andauernder Prozess.

2. Internationale Einbindung: Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI)

Um das EMAC Modell in die internationale Forschung und den Kontext anderer Modelle einzuordnen, waren Sensitivitätssimulationen im Rahmen von CCMI (Chemistry-Climate Model Initiative) geplant (Eyring et al., 2013). Diese Simulationen sollten den Konsortiallauf (Projekt ESCiMo (id0853), RC1SD) ergänzen. Da die Durchführung und Auswertungen der Konsortialläufe noch nicht abgeschlossen ist, wurde die Sensitivitätsstudie mit festen Emissionen in der Vergangenheit (SEN-C1-fEmis, 1960-2013) noch nicht durchgeführt. Die für diese Simulation beantragte Rechenzeit (418.700 CPU-h) wurde deshalb nicht genutzt.

Stattdessen haben wir mit EMAC-Simulationen erfolgreich zum ACCMIP-Projekt beigetragen und mit diesen Simulationen Eingang in Kapitel 8 („Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“) und Kapitel 11 („Near-term Climate Change: Projections and Predictability“) des IPCC AR5 gefunden. Insgesamt sind bislang sieben ACCMIP Veröffentlichungen mit EMAC-Beteiligung erschienen (Fiore et al., 2012; Lamarque et al., 2013; Naik et al., 2013; Silva et al., 2013; Stevenson et al., 2013; Voulgarakis et al., 2013; Young et al., 2013) und weitere noch in Vorbereitung. Darauf aufbauend wurden zwei ergänzende Sensitivitätsstudien durchgeführt, die weitere Aufschlüsse über Klima-Chemie-Rückkopplungen und die Rolle einzelner Substanzen ergaben (siehe Abschnitt 1 und Righi et al. (2015)).

Referenzen

- Eyring, V., Lamarque, J.-F., Hess, P., Arfeuille, F., Bowman, K., Chipperfield, M. P., Duncan, B., Fiore, F., Gettelman, A., Giorgetta, M. A., Granier, C., Hegglin, H., Kinnison, D., Kunze, M., Langematz, U., Luo, B., Martin, R., Matthes, K., Newman, P. A., Peter, T., Robock, A., Ryerson, T., Saiz-Lopez, A., Salawitch, R., Schultz, M., Shepherd, T. G., Shindell, D., Stähelin, J., Tegtmeier, S., Thomason, L., Tilmes, S., Vernier, J.-P., Waugh, D. W., and Young, P. J.: Overview of IGAC/SPARC Chemistry-Climate Model Initiative (CCMI) Community Simulations in Support of Upcoming Ozone and Climate Assessments, SPARC Newsletter, 40, 48-66, 2013.
- Eyring, V., Righi, M., Evaldsson, M., Lauer, A., Wenzel, S., Jones, C., Anav, A., Andrews, O., Cionni, I., Davin, E. L., Deser, C., Ehbrecht, C., Friedlingstein, P., Gleckler, P., Gottschaldt, K.-D., Hagemann, S., Juckes, M., Kindermann, S., Krasting, J., Kunert, D., Levine, R., Loew, A., Mäkelä, J., Martin, G., Mason, E., Phillips, A., Read, S., Rio, C., Roehrig, R., Senftleben, D., Sterl, A., van Ulft, L. H., Walton, J., Wang, S., and Williams, K. D.: ESMValTool (v1.0) - A community diagnostic and performance metrics tool for routine benchmarking and process evaluation of Earth System Models in CMIP, Geosci. Model Dev. Discuss., 8, 7541-7661, doi: 10.5194/gmdd-8-7541-2015, 2015.
- Fiore, A. M., Naik, V., Spracklen, D. V., Steiner, A., Unger, N., Prather, M., Bergmann, D., Cameron-Smith, P. J., Cionni, I., Collins, W. J., Dalsoren, S., Eyring, V., Folberth, G. A., Ginoux, P., Horowitz, L. W., Josse, B., Lamarque, J.-F., MacKenzie, I. A., Nagashima, T., O'Connor, F. M., Righi, M., Rumbold, S. T., Shindell, D. T., Skeie, R. B., Sudo, K., Szopa, S., Takemura, T., and Zeng, G.: Global air quality and climate, Chemical Society Reviews, 2012. 2012.
- Lamarque, J. F., Shindell, D. T., Josse, B., Young, P. J., Cionni, I., Eyring, V., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Collins, W. J., Doherty, R., Dalsoren, S., Faluvegi, G., Folberth, G., Ghan, S. J., Horowitz, L. W., Lee, Y. H., MacKenzie, I. A., Nagashima, T., Naik, V., Plummer, D., Righi, M., Rumbold, S. T., Schulz, M., Skeie, R. B., Stevenson, D. S., Strode, S., Sudo, K., Szopa, S., Voulgarakis, A., and Zeng, G.: The Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP): overview and description of models, simulations and climate diagnostics, Geosci Model Dev, 6, 179-206, 2013.
- Naik, V., Voulgarakis, A., Fiore, A. M., Horowitz, L. W., Lamarque, J. F., Lin, M., Prather, M. J., Young, P. J., Bergmann, D., Cameron-Smith, P. J., Cionni, I., Collins, W. J., Dalsoren, S. B., Doherty, R., Eyring, V.,

- Faluvegi, G., Folberth, G. A., Josse, B., Lee, Y. H., MacKenzie, I. A., Nagashima, T., van Noije, T. P. C., Plummer, D. A., Righi, M., Rumbold, S. T., Skeie, R., Shindell, D. T., Stevenson, D. S., Strode, S., Sudo, K., Szopa, S., and Zeng, G.: Preindustrial to present-day changes in tropospheric hydroxyl radical and methane lifetime from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmos Chem Phys*, 13, 5277-5298, 2013.
- Righi, M., Eyring, V., Gottschaldt, K. D., Klinger, C., Frank, F., Jöckel, P., and Cionni, I.: Quantitative evaluation of ozone and selected climate parameters in a set of EMAC simulations, *Geosci. Model Dev.*, 8, 733-768, 2015.
- Silva, R. A., West, J. J., Zhang, Y. Q., Anenberg, S. C., Lamarque, J. F., Shindell, D. T., Collins, W. J., Dalsoren, S., Faluvegi, G., Folberth, G., Horowitz, L. W., Nagashima, T., Naik, V., Rumbold, S., Skeie, R., Sudo, K., Takemura, T., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Cionni, I., Doherty, R. M., Eyring, V., Josse, B., MacKenzie, I. A., Plummer, D., Righi, M., Stevenson, D. S., Strode, S., Szopa, S., and Zeng, G.: Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change, *Environ Res Lett*, 8, 2013.
- Stevenson, D. S., Young, P. J., Naik, V., Lamarque, J. F., Shindell, D. T., Voulgarakis, A., Skeie, R. B., Dalsoren, S. B., Myhre, G., Berntsen, T. K., Folberth, G. A., Rumbold, S. T., Collins, W. J., MacKenzie, I. A., Doherty, R. M., Zeng, G., van Noije, T. P. C., Strunk, A., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Plummer, D. A., Strode, S. A., Horowitz, L., Lee, Y. H., Szopa, S., Sudo, K., Nagashima, T., Josse, B., Cionni, I., Righi, M., Eyring, V., Conley, A., Bowman, K. W., Wild, O., and Archibald, A.: Tropospheric ozone changes, radiative forcing and attribution to emissions in the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmos Chem Phys*, 13, 3063-3085, 2013.
- Voulgarakis, A., Naik, V., Lamarque, J. F., Shindell, D. T., Young, P. J., Prather, M. J., Wild, O., Field, R. D., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Cionni, I., Collins, W. J., Dalsoren, S. B., Doherty, R. M., Eyring, V., Faluvegi, G., Folberth, G. A., Horowitz, L. W., Josse, B., MacKenzie, I. A., Nagashima, T., Plummer, D. A., Righi, M., Rumbold, S. T., Stevenson, D. S., Strode, S. A., Sudo, K., Szopa, S., and Zeng, G.: Analysis of present day and future OH and methane lifetime in the ACCMIP simulations, *Atmos Chem Phys*, 13, 2563-2587, 2013.
- Young, P. J., Archibald, A. T., Bowman, K. W., Lamarque, J. F., Naik, V., Stevenson, D. S., Tilmes, S., Voulgarakis, A., Wild, O., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Cionni, I., Collins, W. J., Dalsøren, S. B., Doherty, R. M., Eyring, V., Faluvegi, G., Horowitz, L. W., Josse, B., Lee, Y. H., MacKenzie, I. A., Nagashima, T., Plummer, D. A., Righi, M., Rumbold, S. T., Skeie, R. B., Shindell, D. T., Strode, S. A., Sudo, K., Szopa, S., and Zeng, G.: Pre-industrial to end 21st century projections of tropospheric ozone from the Atmospheric Chemistry and Climate Model Intercomparison Project (ACCMIP), *Atmos Chem Phys*, 13, 2063-2090, 2013.