

# Forschungsschwerpunkte Prof. Dr. habil. Veronika Eyring

Der vom Menschen verursachte Klimawandel wirkt sich bereits heute auf viele Aspekte von Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosystemen aus. Diese Auswirkungen werden in diesem Jahrhundert noch sichtbarer und gravierender werden – in welchem Ausmaß hängt davon ab, wie viel zusätzliche Treibhausgase von der Menschheit ausgestoßen werden.

Die zukünftige Entwicklung des Klimawandels hängt aber auch davon ab, wie stark das System „Erde“ auf diese Emissionen reagiert. Um die Entwicklungen und entsprechende Szenarien vorherzusagen, werden weltweit computergestützt Klima- und Erdsystemmodelle entwickelt. Die neueste Generation von Klimamodellen hat eine verbesserte Darstellung der physikalischen Prozesse im Vergleich zu früheren Generationen und viele Erdsystemmodelle stellen nun auch biogeochemische Zyklen, wie zum Beispiel den Kohlenstoffkreis-

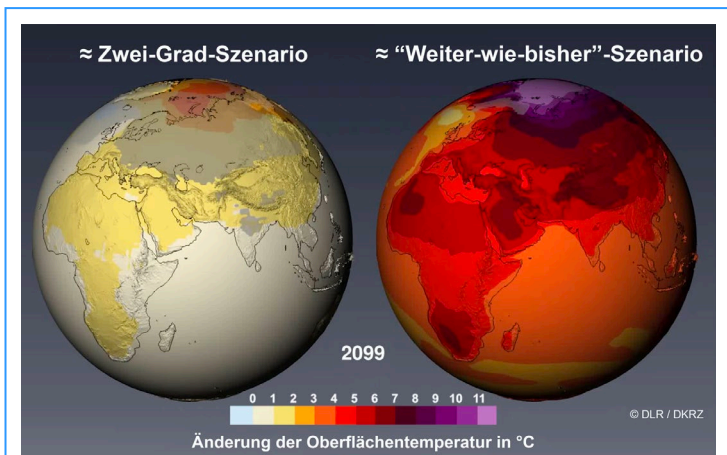


Abb. 1: Änderungen der Oberflächentemperatur, wie sie als Mittelwert über verschiedene Klimamodelle für das Ende des 21. Jahrhunderts für zwei verschiedene Szenarien simuliert werden. Dabei entspricht die linke Abbildung näherungsweise einem Szenario für Einhaltung des Zwei-Grad-Ziels, während die rechte Abbildung näherungsweise ein „Weiter-wie-bisher“ Szenario darstellt. Die Werte beziehen sich auf den Vergleichszeitraum von 1986 bis 2005. Änderungen in den grau schattierten Regionen heben sich nicht klar von der natürlichen Variabilität ab. Daten prozessiert mit ESMValTool (<https://www.esmvaltool.org/>), Visualisierung DKRZ.

lauf, dar. Die Modelle zeigen uns sehr klar, dass die Reduktion von Treibhausgasen dringend notwendig ist um einen weiteren Temperaturanstieg zu verringern (Abb. 1). Obwohl sich die Modelle in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert haben, bestehen noch immer Unsicherheiten in den Vorhersagen des Klimawandels und seinen Auswirkungen auf globaler und regionaler Skala. Dies liegt insbesondere daran, dass kleinskalige Prozesse wie Wolkenbildung nicht explizit aufgelöst und daher nur näherungsweise in Parametrisierungen dargestellt werden können.

Hier setzen die Forschungsarbeiten von Veronika Eyring an. Sie haben maßgeblich dazu beigetragen das Verständnis sowie die Genauigkeit von Klimavorhersagen durch prozessorientierte Modellierung und Modellevaluierung zu verbessern. Durch die Entwicklung innovativer

Methoden zur Analyse von Erdsystemmodellen mit Beobachtungsdaten konnte sie sowohl zu generellen Fragen der Klimaforschung als auch zum Beispiel zum Einfluss des Schiffsverkehrs auf das Klima fundamentale Fortschritte erzielen.

Veronika Eyring begann ihre Forschung mit der Untersuchung des stratosphärischen Ozons und seiner Zerstörung durch die Freisetzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW). Die zukünftige Entwicklung der Ozonschicht wird sowohl durch diese ozonabbauenden Substanzen als auch durch den vom Menschen verursachten Klimawandel beeinflusst. Um Schlüsselfragen des Ozonabbaus zu beantworten, initiierte und leitete die Wissenschaftlerin eine internationale Forschungsinitiative zur Evaluierung von Klima-Chemie-Modellen als Teil des Weltklimaforschungsprogramms. Ziel war es, die Modelle und deren Vorhersagen durch prozessorientierte Evaluierung sowie den Vergleich koordinierter Modellsimulationen zu verbessern. Mit dieser Initiative erschloss Eyring ein komplett neues Forschungsfeld. Die zahlreichen wissenschaftlichen Ergebnisse daraus unterstützten maßgeblich die Ozon-Sachstandberichte, die regelmäßig von der Weltorganisation für Meteorologie und den Vereinten Nationen erstellt werden. Zum ersten Mal wurde ein koordinierter, prozessorientierter Bewertungsansatz angewandt, der wissenschaftlich herausfordernd ist, aber die Modellergebnisse vergleichbar und hinsichtlich ihrer Qualität bewertbar macht. Diese Forschung führte zu robusteren Vorhersagen der Entwicklung des stratosphärischen Ozons im 21. Jahrhundert. Darüber hinaus lieferten die Arbeiten den Nachweis für die Effektivität der Maßnahmen, die im Rahmen des Montrealer Protokolls ergriffen wurden.

Ihre Arbeiten im Bereich Schiffsemissionen, die Eyring parallel im Rahmen einer Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe durchführte, lieferten die erste vollständige Bewertung der Auswirkungen von Schiffsemissionen auf das Klima. Dafür wurde ein konsistenter Datensatz von Schiffsemissionen entwickelt, der es erstmals erlaubte den Klimaeffekt von Schiffsemissionen detailliert in Klimamodellrechnungen zu berücksichtigen. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass Schwefeldioxid-Emissionen aus der internationalen Schifffahrt die Wolkenbildung über den Ozeanen stark beeinflussen sowie negative Folgen für die menschliche Gesundheit haben. Diese Arbeiten waren wichtige Beiträge für internationale Verhandlungen der Internationalen Seeschifffahrts-Organisation.

In den vergangenen zehn Jahren hat Eyring ihre Forschung auf die Klima- und Erdsystemmodellierung erweitert. Ihre Abteilung am Institut für Physik der Atmosphäre des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und ihr Lehrstuhl für Klimamodellierung am Institut für

Umweltphysik der Universität Bremen liefern maßgebliche Beiträge zum „Coupled Model Intercomparison Project“ (CMIP) des Weltklimaforschungsprogramms. Im Rahmen eines großen internationalen Forschungsverbunds leitet die Wissenschaftlerin die Entwicklung des „Earth System Model Evaluation Tools“ (ESMValTool). Durch die Entwicklung dieser Software konnte die routinemäßige Auswertung und Bewertung der komplexen Erdsystemmodelle mit Beobachtungsdaten kontinuierlich verbessert und erweitert werden. Ein vielversprechender Ansatz beruht auf der Idee, alle CMIP-Modelle zu nutzen, um Zusammenhänge zwischen heute beobachteten und zukünftigen Klimaänderungen aufzudecken. Die Erkenntnisse daraus sind essentiell, um die Modelle kontinuierlich zu verbessern und ein entscheidender Schritt, die Unsicherheiten in den Vorhersagen der zukünftigen Klimaentwicklung weiter zu verringern.

Mit Beginn des im Jahr 2020 gestarteten Synergy Grants des Europäischen Forschungsrats „Understanding and Modelling the Earth System with Machine Learning“ (USMILE) erweitert Veronika Eyring als „corresponding Principal Investigator“ eines interdisziplinären Teams ihre Forschungsarbeiten auf das Gebiet der künstlichen Intelligenz (KI). Das Team entwickelt maschinelle Lernverfahren, um das Verständnis und die Modellierung des Erdsystems weiter zu verbessern. Hier werden neue Parametrisierungen für Wolken und Landoberflächenprozesse entwickelt, um Unsicherheiten in Klimavorhersagen zu reduzieren. Darüber hinaus arbeitet das Team daran, Klimaschwankungen und Extremereignisse wie Dürren mit Methoden wie Deep Learning auf kausale Zusammenhänge hin zu untersuchen. Maschinelles Lernen hat hier ein außerordentliches Potenzial, um die Klimaforschung voranzubringen und neue Forschungsfelder zu erschließen. Das Team erhofft sich durch die Brücke zwischen Physik und maschinellem Lernen die Modellierung und Analyse des Erdsystems zu revolutionieren und langfristig zu robusteren Klimaprojektionen beizutragen.

Eyrings international herausragende Rolle zeigt sich zusätzlich in ihrer Nominierung und langjährigen Mitarbeit in zahlreichen internationalen wissenschaftlichen Leitungsgremien. So hat sie unter anderem von 2014 bis 2020 den Vorsitz des CMIP Panels übernommen, in dessen Rahmen Klimamodell-Simulationen koordiniert werden, die von mehr als 40 Modellgruppen weltweit gerechnet werden. Die Ergebnisse unterstützen die regelmäßig erscheinenden Sachstandsberichte des Weltklimarats IPCC. In 2013 fungierte sie ferner als Leitautorin eines Kapitels zur Modellevaluierung im 5. IPCC Sachstandsbericht und ist koordinierende Leitautorin des Kapitels „Menschlicher Einfluss auf das Klimasystem“ im 6. IPCC Sachstandsbericht, der im Zeitraum 2021 / 2022 veröffentlicht wird.