

Abstract

Methane is the second most important gas after CO₂ in the atmosphere in terms of radiative forcing. It also plays an important role in tropospheric chemistry and influences the oxidation capacity of atmosphere and amount of CO, O₃ and water vapour. Various biogenic and anthropogenic sectors including gas and oil extraction, wetlands, animal ruminants emit methane in the atmosphere while it is mainly OH which displaces it. At present, the mean global methane concentration is balanced approximately at 1780 ppb after undergoing several changes over the past decades. The sources and sinks currently contribute between 450 and 510 Tg per year although the strength of each source components suffers from uncertainty. Methane is also assumed to be a key player in past climatic changes and its global abundance underwent several transitions which were recorded in the ice cores. One of the drastic changes in methane mixing ratio is observed during the last glacial-interglacial transition, as it shows an increasing trend from 350 ppb till it reaches 700 ppb at the pre-industrial Holocene. The post industrial increase in global methane concentration is also unprecedented.

In this study, methane distribution at present climate as well as at Last Glacial Maximum (LGM) and pre-industrial era is simulated with a simplified global tropospheric model ECHAM MOZ. For this simulation, methane emissions from various inventories have been used. A new parameterisation method is developed to estimate wetland methane emission for present day which is later adapted for LGM and pre-industrial time. Wetlands are the largest natural source of methane, still suffers from huge uncertainties. Contrary to the other hydrological models, the present wetland parameterisation follows a simplified approach based on a handful of soil parameters from CARAIB vegetation model. This method is easily adaptable to past climate simulations. The model result for present day from ECHAM MOZ chemistry simulation has been validated with station observation data across the globe and a set of sensitivity analysis with the modified sources are carried out to optimize the global methane budget. One of the major findings from this study is the optimized wetland methane strength which falls in the lower range of IPCC AR4 report. The ECHAM MOZ transient simulation could produce the recent methane trend and inter annual variability between 1990 and 2006 reasonably well although shows an underestimation in a range of 20-40 ppb for the first eight years. This is perhaps caused due to the underestimation of the oil and gas extracted methane source used in the model. For LGM and pre-industrial period, the model, using my wetland methane source successfully reproduces the ice core methane records. Compared to previous studies, the present LGM model source strength is weaker which raises the possibility of a less deviated sink than present. This is supported by some recent studies on the tropospheric oxidative chemistry which found less OH variability than previously assumed. The important aspect of the present study is that contrary to previous studies where sinks are often hold responsible to explain atmospheric methane variability, here the emphasis has been given to the role of changing source based on these recent findings.

Zusammenfassung

Methan ist das zweitwichtigste Treibhausgas nach Kohlendioxid. Es spielt eine wichtige Rolle in der troposphärischen Chemie und beeinflusst die Oxidationskapazität der Atmosphäre sowie die Konzentrationen von Kohlenmonoxid, Ozon und Wasserdampf. Methan stammt aus verschiedenen biogenen und anthropogenen Quellen, unter anderem Feuchtgebiete, Wiederkäuer, aber auch die Gas- und Ölgewinnung. Methan wird in der Atmosphäre hauptsächlich durch die Reaktion mit dem OH-Radikal abgebaut. Derzeit liegt die daraus resultierende mittlere globale Methankonzentration bei etwa 1780 ppb; dieser Wert unterlag größeren Schwankungen in den letzten Jahrzehnten. Die Quellen und Senken liegen zwischen 450 und 510 Tg / Jahr, wobei die Quellstärken der einzelnen Sektoren relativ unsicher sind. Man nimmt auch an, dass Methan einen wichtigen Beitrag zu vergangenen Klimaänderungen geleistet hat, was sich an den in Eisbohrkernen enthaltenen Spuren der Änderungen im atmosphärischen Methan ablesen lässt. Eine der drastischsten Änderungen der Methankonzentration fand während der letzten glazial-interglazialen Übergangsphase statt, während der die Konzentration von 350 ppb auf 700 ppb anstieg. Dieser positive Trend wurde nur noch übertroffen vom Anstieg auf das derzeitige Methan-Level während der letzten 150 Jahre.

In dieser Arbeit wird der globale Methanhaushalt im derzeitigen Klima sowie für das letzte glaziäre Maximum (Last Glacial Maximum, LGM) und das Klima des vorindustriellen Zeitalters mit Hilfe des vereinfachten globalen troposphärischen Chemie-Klimamodells ECHAM-MOZ berechnet. Für die Simulationen wurden Methanemissionen verschiedener Emissionsinventare benutzt. Es wurde eine neue Parametrisierung für die heutigen Emissionen aus Feuchtgebieten entwickelt, die dann auch für die LGM und vorindustriellen Simulationen angepasst wurden. Die Emissionen der Feuchtgebiete stellen die stärkste Methanquelle dar, sind gleichzeitig aber auch mit großen Unsicherheiten behaftet. Im Gegensatz zu anderen hydrologischen Modellen folgt die hier vorgestellte Parametrisierung einem vereinfachten Ansatz, der auf mehreren Boden-Parametern des Vegetationsmodells CARAIB beruht. Diese Methode kann leicht für vergangene Klimaperioden angepasst werden. Sensitivitätsstudien mit ECHAM-MOZ wurden für das heutige Klima mit modifizierten Quellen durchgeführt und die Ergebnisse wurden mit globalen Beobachtungsdaten von weltweiten Stationen validiert.

Als ein wesentliches Ergebnis dieser Arbeit konnten optimierte Methanemissionen bestimmt werden, die im unteren Bereich der im IPCC AR4 Report angegebenen Emissionsstärken liegen. Eine transiente Simulation mit ECHAM-MOZ für die Jahre 1990 bis 2006 konnte den beobachteten Methan-Trend und die interannuelle Variabilität zufriedenstellend simulieren, allerdings mit einer Unterschätzung der Konzentrationen für die ersten acht Jahre um 20 – 40 ppb. Dies könnte an einer Unterschätzung der Emissionen aus der Öl- und Gasgewinnung liegen. Für LGM und das vorindustrielle Zeitalter kann das Modell mit meiner Parametrisierung der Emissionen von Feuchtgebieten die aus den Eisbohrkernen bestimmten Methankonzentrationen erfolgreich simulieren. Verglichen mit bisherigen Studien sind die hier präsentierten Quellen für LGM schwächer, was auch auf schwächere Senken hindeutet. Diese Annahme wird unterstützt

durch einige neuere Studien zur Oxidation in der Troposphäre, die eine geringere OH-Variabilität fanden als bisher vermutet. Im Gegensatz zu jenen Arbeiten wird hier versucht, den globalen Methanhaushalt über die Anpassung der Quellen, nicht der Senken, zu erklären.