

Auswirkungen der Klimaänderung auf den biosphärischen N-Spuren-gasaustausch

N. Brüggemann, K. Butterbach-Bahl, R. Forkel, R. Knoche, H. Papen, W. Seiler, C. Werner, IMK

Die Biosphäre hat einen entscheidenden Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und damit u. a. auch auf das Klima. Auf der anderen Seite bestimmt das Klima mit seiner Temperatur- und Niederschlagsverteilung wiederum die Vegetationsverteilung und den Gasaustausch zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre. An diesen extrem komplexen und vielfach unverständlichen Rückkopplungsprozessen sind die gasförmigen Stickstoffverbindungen N_2O (Lachgas) und NO (Stickstoffmonoxid) beteiligt, die im Boden durch mikrobiologische Prozesse gebildet werden und wirksame Treibhausgase darstellen bzw. maßgeblich an der Bildung bodennahen Ozons beteiligt sind. Eine wichtige Quelle dieser Spurengase ist die Landwirtschaft, hier insbesondere durch

die Applikation von N-haltigen Düngern.

Die Bildung von N_2O und NO im Boden ist abhängig vom Pflanzenbestand und vom Stickstoffgehalt sowie anderen chemischen und physikalischen Parametern, insbesondere aber von der Bodenfeuchte und -temperatur, die wiederum im direkten Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge und -verteilung sowie der Lufttemperatur stehen. Änderungen des Klimas haben damit einen unmittelbaren Einfluss auf die Emissionen dieser direkten und indirekten Treibhausgase, was in einem Nachfolgeabkommen zum Kyoto-Protokoll unbedingt berücksichtigt werden muss. Aussagen über die regional unterschiedlich ausgeprägten zukünftigen Emissionen sind aber aufgrund der vor-

handenen Kenntnisdefizite nicht möglich.

Um diese Lücke zu schließen, wird durch das IMK-IFU ein international angelegtes Forschungsprogramm mit einem integrierten, ganzheitlichen Forschungsansatz durchgeführt, der intensive Prozessstudien zur Aufklärung der am Stoffaustausch zwischen Vegetation, Boden, Atmosphäre sowie Grund- und Oberflächenwasser beteiligten biologischen Prozesse, Langzeitmessungen des Biosphäre-Atmosphäre-Spuren-gasaustauschs an Dauermessstationen und die Weiterentwicklung prozessorientierter biogeochemischer Modelle zur Simulation des Biosphäre-Atmosphäre-Spuren-gasaustauschs umfasst, auf deren Basis letztendlich die großräumigen Emissionskataster erstellt werden.

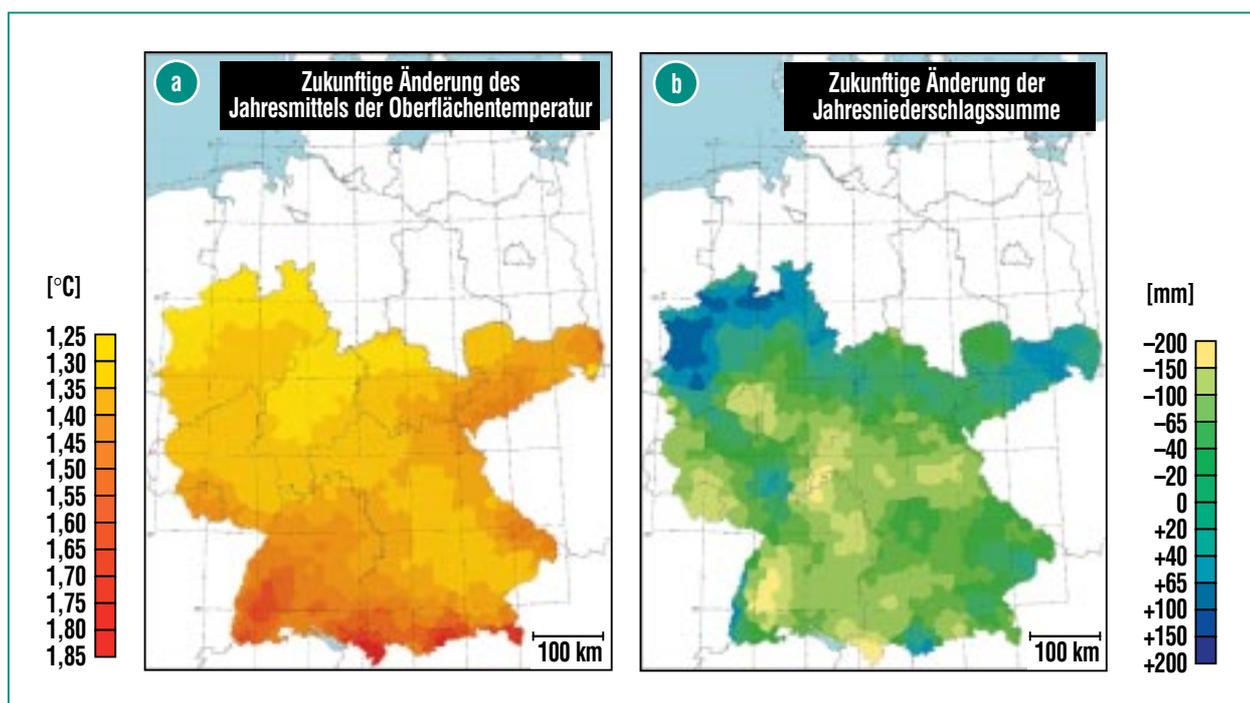


Abb. 1: Vorhergesagte zukünftige Änderung (a) des Jahresmittels der Oberflächentemperatur in °C, (b) der Jahresniederschlagssumme in mm. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Vergleichszeiträumen 2031–2039 und 1991–1999.

Beispielhaft für diese Arbeiten sind nachfolgend die Ergebnisse einer Fallstudie wiedergegeben, in der die NO- und N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie Waldböden in Süddeutschland für den Zeitraum von 1991 bis 1999 (Jetztzeit) sowie für 2031 bis 2039 (Zukunft) berechnet wurden. Die regionale Klimaänderung zwischen diesen Zeitperioden wurde mit dem regionalen Klimamodell MCCM [1] unter Verwendung von Klimaeingangsdaten aus dem globalen Klimamodell ECHAM4 bei Nutzung des IS92a-Szenarios des IPCC berechnet (Abb. 1). Mit Hilfe der dabei erzielten Ergebnisse über die zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsverteilungen wurden dann in einem zweiten Schritt die Emissionen von N₂O und NO mit Hilfe der biogeochemischen Modelle

DNDC für landwirtschaftliche Böden [2] und PnET-N-DNDC für Waldböden [3, 4, 5] simuliert (Abb. 2, 3).

Im Falle des NO ist aufgrund der insbesondere in den Sommermonaten ansteigenden Temperaturen mit einer signifikanten Zunahme der NO-Emissionen zu rechnen. So steigen die Jahressummen der NO-Emissionen aus Waldböden im Mittel von 1,09 kg NO-N ha⁻¹ a⁻¹ in der Jetztzeit auf 1,22 kg NO-N ha⁻¹ a⁻¹ im Zeitraum von 2031–2039 (+12,2 %). Bei den landwirtschaftlich genutzten Böden werden Anstiege von 2,05 kg NO-N ha⁻¹ a⁻¹ auf 2,26 kg NO-N ha⁻¹ a⁻¹ (+10,1 %) erwartet, wobei die höchsten Zuwachsraten in Gebieten auftreten, in denen die Temperaturen als auch die Niederschlagssumme zunehmen, und sich hierdurch die Be-

dingungen für die NO-Produktion erheblich verbessern.

Insgesamt nimmt auch die über Süddeutschland gemittelte N₂O-Emission zu, weist allerdings erhebliche regionale Differenzen auf. Die Jahresemissionen aus Waldböden steigen von 1,31 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹ auf 1,37 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹ (+4,5 %), wohingegen die N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden deutlich stärker, und zwar von 6,90 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹ auf 8,16 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹, ansteigen (+18,3 %). Im Gegensatz dazu werden in Bereichen, für die eine drastische Abnahme der Niederschläge vorhergesagt wird, die zukünftigen N₂O-Emissionen aufgrund der abnehmenden Bodenwassergehalte sinken.

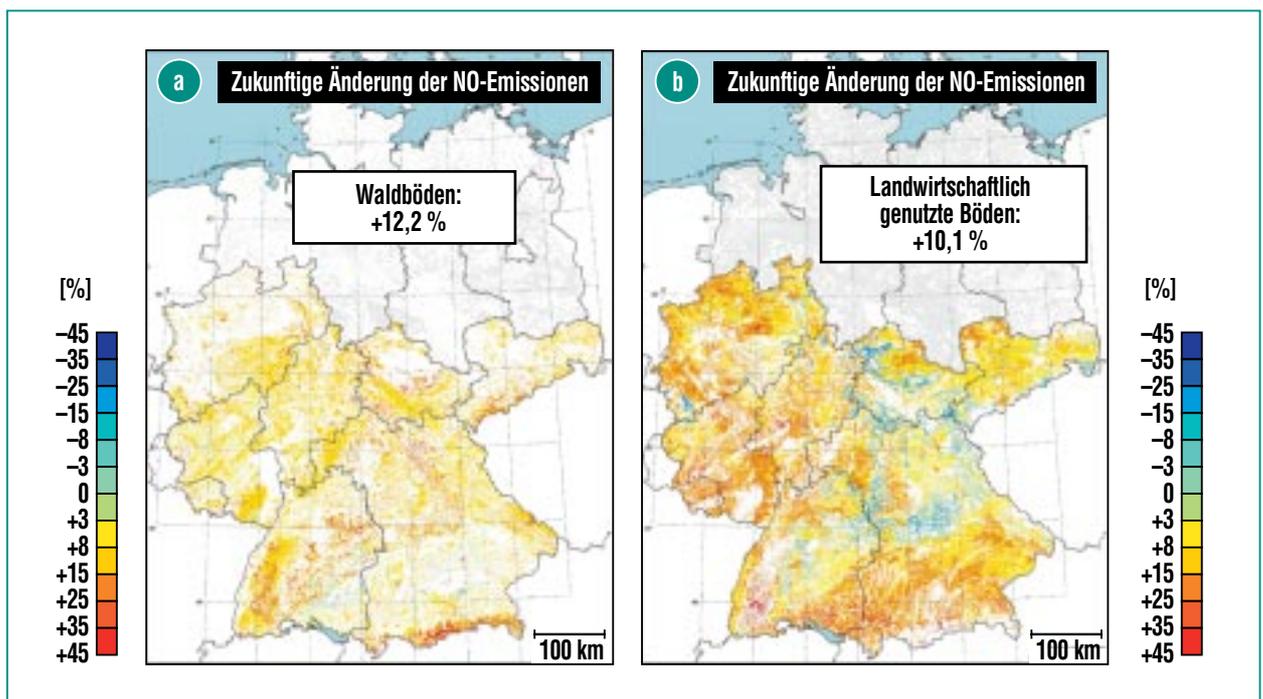


Abb. 2: Vorhergesagte zukünftige prozentuale Änderung der NO-Emissionen aus (a) Waldböden, (b) aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Vergleichszeiträumen 2031–2039 und 1991–1999.

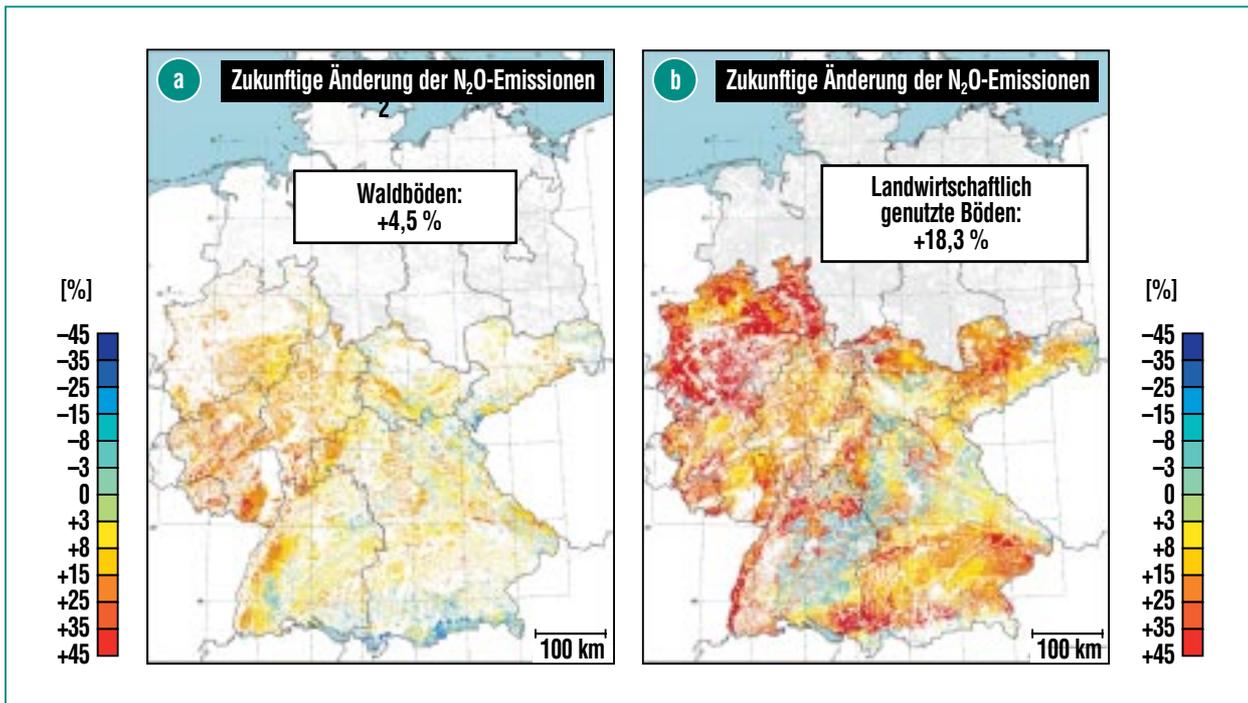


Abb. 3: Vorhergesagte zukünftige prozentuale Änderung der N₂O-Emissionen aus (a) Waldböden, (b) aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Vergleichszeiträumen 2031–2039 und 1991–1999.

Zusammenfassung

Die Auswirkungen der Klimaänderung in Süddeutschland auf den gasförmigen N-Austausch zwischen Böden und der Atmosphäre und die daraus resultierenden Änderungen der N₂O- und NO-Emissionen wurden mit Hilfe der

am IMK-IFU entwickelten Modelle für die nahe Zukunft (2031–2039) berechnet. Die Ergebnisse dokumentieren, dass sich die Emission der zuvor genannten, direkt und indirekt wirksamen Treibhausgase signifikant mit dem regionalen Klimawandel verändern. Die NO-Emissionen werden aus Waldbö-

den um ca. 12 % und aus landwirtschaftlich genutzten Böden um ca. 10 % zunehmen. Im Fall der N₂O-Emissionen wird mit einer Zunahme von ca. 5 % bzw. ca. 18 % gerechnet.

Literatur

- [1] G. Grell, S. Emeis, W.R. Stockwell, T. Schoenemeyer, R. Forkel, J. Michalakes, R. Knoche, W. Seidl, 2000, *Atmospheric Environment* 34, 1435–1445
- [2] C. Li, 2000, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58, 259–276
- [3] C. Li, J. Aber, F. Stange, K. Butterbach-Bahl, H. Papen, 2000, *Journal of Geophysical Research* 105, 4369–4384
- [4] F. Stange, K. Butterbach-Bahl, H. Papen, S. Zechmeister-Boltenstern, C. Li, J. Aber, 2000, *Journal of Geophysical Research* 105, 4385–4398
- [5] K. Butterbach-Bahl, M. Kesik, P. Miehle, H. Papen, C. Li, 2004, *Plant and Soil* 260, 311–329