

SCHLECHT FÜR DIE UMWELT, GUT FÜRS KLIMA

TEXT: PETER HERGERSBERG

Zu viel Stickstoffdünger und Stickoxide aus fossilen Brennstoffen belasten Boden, Luft und Wasser in unterschiedlicher Weise. Wie aber wirken sich die Substanzen auf unser Klima aus? Ein internationales Team unter Leitung von Forschenden des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie in Jena hat eine Bilanz der verschiedenen Klimaeffekte von Stickstoffverbindungen gezogen.

62

Wenn es um die Umwelt geht, dann steht Stickstoff als Übeltäter da: Stickstoffhaltige Substanzen erhöhen die Feinstaubkonzentration in der Luft und den Nitratgehalt des Trinkwassers, sie führen zur Überdüngung von Gewässern, reduzieren die Artenvielfalt und schädigen die Ozonschicht. Beim Klima ist die Lage allerdings komplizierter. Denn Stickstoffverbindungen beeinflussen unser Klima in vielfältiger Weise. Elementarer Stickstoff, aus dem unsere Luft zu circa 80 Prozent besteht, ist zwar klimaneutral, aber alle Verbindungen des Elements – in der Wissenschaft reaktiver Stickstoff genannt – wirken sich direkt oder indirekt auf die globale Durchschnittstemperatur aus, mal wärmend und mal kühlend. So ist Lachgas, chemisch Distickstoffmonoxid genannt, das etwa aus gedüngtem Boden entweicht, ein fast 300-mal stärkeres Treibhausgas als CO₂ und dabei ähnlich langlebig. Aus anderen, kurzlebigen Stickoxiden, die vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen, bilden sich dagegen Aerosolteilchen, feine Schweb-

partikel in der Atmosphäre. Sie schirmen Sonnenlicht ab und kühlen auf diese Weise das Klima. Gleiches gilt für Ammonium, das auch aus Gülle und Kunstdünger entsteht. Hinzu kommt, dass Einträge von Stickstoff Pflanzen generell üppiger wachsen lassen. Diese nehmen dabei CO₂ aus der Atmosphäre auf, was ebenfalls kühlend wirkt. Stickoxide spielen zudem eine Rolle beim Abbau von Methan und kühlen somit die Atmosphäre; sie führen allerdings auch zur Bildung des Treibhausgases Ozon, was wiederum wärmend wirkt.

Das internationale Team, das Sönke Zachle und Cheng Gong vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie leiteten, hat nun eine Bilanz der diversen Effekte gezogen. Das Resultat unterm Strich: Stickstoff, der durch menschliche Aktivitäten ins Erdsystem gelangt, kühlt das Klima – in der Klimaforschung wird das „negativer Strahlungsantrieb“ genannt. Im Jahr 2019 betrug diese Kühlung 0,34 Watt pro Quadratmeter. Zum Vergleich: Bei der menschengemachten Erderwärmung wird die Atmosphäre vor allem durch Treibhausgase aus fossilen Brennstoffen mit zusätzlichen 2,7 Watt pro Quadratmeter angeheizt – so der Mittelwert für die Jahre 2011 bis 2020, den der Weltklimarat in seinem aktuellen Sachstandsbericht angibt. Damit reduzierten die Stickstoffemissionen in diesem Zeitraum die menschengemachte Erderwärmung um etwa ein Achtel.

Die Erde war in diesem Zeitraum durchschnittlich um 1,1 Grad Celsius wärmer als in der vorindustriellen Zeit.

„Der negative Strahlungsantrieb durch den Stickstoffeintrag lässt sich nicht einfach in eine Änderung der globalen Durchschnittstemperatur umrechnen, da lokale Effekte auftreten und das Klimasystem in komplexer Weise auf solche Veränderungen des Strahlungsantriebs reagiert“, sagt Sönke Zachle, Direktor am Max-Planck-Institut für Biogeochemie. Ohne den zusätzlichen Stickstoff hätte sich das Klima jedoch weiter aufgeheizt. „Das klingt zwar wie eine gute Nachricht, aber man muss berücksichtigen, dass die Stickstoffemissionen viele schädliche Wirkungen etwa auf die Gesundheit, die Artenvielfalt und die Ozonschicht haben“, sagt Zachle. „Der aktuelle Befund verbessert also nur in *einer* Hinsicht die Umweltbilanz des Stickstoffeintrags und ist kein Grund, diesen





Verkehr und Landwirtschaft: Sie verursachen einen Großteil der Emissionen von Stickoxiden, darunter auch Lachgas und Ammoniak. Der Stickstoffeintrag hat viele schädliche Auswirkungen auf die Umwelt – doch das Klima kühlt er unterm Strich.

FOTO: PICTURE ALLIANCE / JOCHEN TACK

schönzureden, geschweige denn zusätzliche Stickstoffzufuhr als Mittel gegen die Erderwärmung zu sehen.“

Das Ziel: weniger Stickstoff und weniger CO₂

Die Gesamtwirkung des Stickstoffs aus menschlichen Quellen bestimmten die Forschenden, indem sie zunächst ermittelten, welche Mengen der verschiedenen Stickstoffverbindungen in den Boden, ins Wasser oder in die Luft gelangen. Diese Daten speisten sie in Modelle ein, die den globalen Stickstoffkreislauf und dessen Auswirkungen auf den Kohlenstoffkreislauf abbilden, also die Stimulation

des Pflanzenwachstums und letztlich die Veränderung des CO₂- und Methangehalts der Atmosphäre. Aus den Ergebnissen dieser Modellsimulationen berechneten sie mit einem weiteren Modell die Auswirkung der menschengemachten Stickstoffemissionen auf den Strahlungsantrieb, also die Strahlungsenergie, die pro Zeiteinheit auf einen Quadratmeter der Erdoberfläche trifft. „Frühere Schätzungen auf der Grundlage von Literaturstudien waren in der Regel bruchstückhaft und vernachlässigten, dass die Prozesse des globalen Stickstoffkreislaufs räumlich unterschiedlich, eng miteinander vernetzt und nicht linear sind. Unsere Berechnungen beziehen diese Besonderheiten mit ein“, sagt Cheng Gong, Postdoktorand am Max-Planck-Institut für Biogeochemie. „Der Aus-

stoß von Stickstoff sollte reduziert werden“, sagt Sönke Zaehle. Verbesserte landwirtschaftliche Praktiken könnten etwa helfen, Stickstoff als Düngemittel effizienter zu nutzen. „Auf diese Weise lässt sich zum Beispiel der Ausstoß von Lachgas verringern, der zur Erderwärmung beiträgt und die Ozonschicht schädigt“, so Zaehle weiter. „Es ist jedoch wichtig zu erkennen, dass eine Verringerung des menschlichen Stickstoffausstoßes zwar unserer Gesundheit und den Ökosystemen nützt, sich aber auch auf das Klima auswirkt. Es muss folglich auch der Ausstoß von Treibhausgasen, vor allem CO₂ und Methan aus fossilen Brennstoffen, stärker reduziert werden. Nur dann lassen sich sowohl Gesundheit und Natur besser schützen als auch der Klimawandel eindämmen.“

