

## Direkte und indirekte Lachgasemissionen in Rapsanbausystemen: Messung und Simulation.

Winterraps (*Brassica napus* L.) ist die wichtigste in Europa angebaute Ölfrucht. Das gewonnene Rapsöl wird zurzeit vorrangig für die Biodieselproduktion genutzt. Richtlinien der EU verlangen, dass beim Gebrauch von Biokraftstoffen gegenüber der fossilen Referenz bestimmte Minderungen der spezifischen, energiebezogenen Treibhausgasemissionen (THG) erreicht werden. Lachgasemissionen ( $\text{N}_2\text{O}$ ) haben einen hohen Anteil an den im Anbau entstehenden Emissionen und ihre Höhe steht in Zusammenhang mit der Höhe der Stickstoffdüngung (N). Dabei werden direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Feldemissionen und indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen, die durch Ammoniakverflüchtigung ( $\text{NH}_3$ ) und Nitratauswaschung (Auswaschung) verursacht werden, berücksichtigt. Üblicherweise werden  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen durch globale Emissionsfaktoren (EFs) geschätzt, was aber mit großer Unsicherheit verbunden ist. Ziel der Arbeit war es, ortsspezifische Niveaus der direkten und indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen des Rapsanbaus in Deutschland zu quantifizieren, um somit neue, rapsspezifische EFs zu ermitteln. Hierzu wurden direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen und Rapsertträge bei variiertem N-Düngung für 3 Jahre an 5 Standorten in Deutschland untersucht, welche die deutschen Hauptanbauggebiete widerspiegeln.  $\text{N}_2\text{O}$ -Flüsse zeigten typische räumliche und zeitliche Variabilität in Abhängigkeit von Bodenstruktur, Wetter und N-Verfügbarkeit. Jährliche  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen schwankten zwischen  $0.24 \text{ kg} - 5.48 \text{ kg } \text{N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Der Zusammenhang zwischen Stickstoffdüngung und gemessenen direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen ließ sich durch ein exponentielles Modell beschreiben. Abgeleitete rapsspezifische EFs waren wesentlich kleiner als der IPCC-Standard-EF (1%). Nach Gärrestdüngung wurden für 3 Jahre  $\text{NH}_3$ -Emissionen gemessen sowie Dynamiken von Bodenwasser und mineralischem Bodenstickstoff ( $\text{N}_{\text{min}}$ ), neben anderen Parametern, die die N-Bilanz beeinflussen, bestimmt. Die Messungen ergaben ortsspezifisch unterschiedliche  $\text{NH}_3$ -Emissionen (7.6 – 18.3% Gesamt-N), welche ebenfalls unter dem IPCC-Standard-EF (20% des organischen N) für Ammoniak liegen. Ein Pflanze-Boden-Atmosphäre-Modell (PSAM) wurde auf Grundlage von vorhandenen Komponenten entwickelt, um die ortsspezifische Nitrat-Auswaschung zu berechnen. Das PSAM war in der Lage, die beobachteten Bodenwasser- und  $\text{N}_{\text{min}}$ -Verläufe wiederzugeben. Die berechnete N-Auswaschung variierte ortsspezifisch zwischen 5.0 und 17.6% des N-Eintrags (N-Düngung + Ernterückstände). Dies liegt wiederum deutlich unter dem Niveau des IPCC-Standards (30% des N-Eintrags). Das PSAM-Modell wurde um ein  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsmodul erweitert, welches die beobachteten ortsspezifischen  $\text{N}_2\text{O}$ -Dynamiken in akzeptabler Weise wiedergibt. Die durch das Modell geschätzten, mineraldüngerbezogenen  $\text{N}_2\text{O}$ -EFs schwankten zwischen 0.16 – 0.65% bei ökonomisch optimaler N-Düngung. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, sowohl räumliche als auch zeitliche Variabilität direkter und indirekter  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen zu berücksichtigen, um die THG-Emissionen des Rapsanbaus für die Biodieselerzeugung und deren Klimawirksamkeit exakt beurteilen zu können. Das entwickelte Modell kann hierbei ein nützliches Werkzeug sein, um die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen für verschiedene Rapsanbaugebiete abzuschätzen und dabei örtliche Bedingungen und Managementmaßnahmen zu berücksichtigen.