



< Etwa ein Drittel der klimaschädlichen Lachgas-Emissionen ist auf die Anwendung von Stickstoff-Düngemitteln zurückzuführen.

GRUPPE SPEKTROSKOPIE UND PROZESSANALYTIK

Sensoren für eine effizientere Landwirtschaft

Die Agrarerträge müssen mit dem Anstieg der Weltbevölkerung Schritt halten. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Düngung mit Stickstoff. Weltweit werden pro Jahr über 120 Mio. Tonnen Stickstoff auf die Äcker ausgebracht. Für den optimalen Ertrag würde jedoch weniger als ein Drittel dieser Menge genügen. Das Zuviel an Stickstoff belastet nicht nur Böden und Gewässer, sondern wirkt sich auch in Form von Lachgas negativ aufs Klima aus. Ziel muss eine bedarfsgerechte Düngung sein. Messtechnik von Fraunhofer IPM hilft, dieses Ziel zu erreichen.

Nach Angaben des Umweltbundesamts verursacht die Landwirtschaft in Deutschland rund 80 Prozent der Lachgas-Emissionen (Stand: 2016). Lachgas (N_2O) entsteht vor allem in stickstoffüberdüngten und feuchten Böden – meist durch mikrobielle Abbauprozesse von Stickstoffverbindungen. Diese Prozesse laufen bereits unter natürlichen Bedingungen ab, werden aber durch den Stickstoffeintrag aus Landwirtschaft (Gülle), Industrie und Verkehr enorm verstärkt. Ein Problem, das alles andere als neu ist, und trotzdem werden die Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden seit rund 30 Jahren nicht weniger.

Bedarfsgerechte Stickstoffdüngung

Viele Untersuchungen belegen den direkten Zusammenhang zwischen Stickstoffdüngung und Lachgas-Emissionen. Nach aktuellem Sachstand kann etwa ein Drittel der klimaschädlichen Lachgas-Emissionen auf die Anwendung von Stickstoff-Düngemitteln zurückgeführt werden. Dünger effizient und sparsam einzusetzen, ist daher nicht nur aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll, sondern hat auch für die Umwelt gleich mehrere wertvolle Effekte: Die Belastung von Boden und Grundwasser durch Ausschwemmen wird minimiert, die Lebensräume vieler Pflanzen- und Tierarten bleiben erhalten und der Klima-

schutz profitiert von einer sparsamen Stickstoffdüngung, da die Emission von klimaschädlichem Lachgas reduziert wird.

Messtechnik unterstützt innovative Anbaumethoden

Statt lediglich die Ausbringung von Stickstoff-Dünger zu reduzieren, werden auch einige innovative Ansätze zur optimalen Stickstoff-Düngung diskutiert – hier die drei wichtigsten: Erstens sollen neuartige, doppelt stabilisierte Stickstoffdünger die Lachgas-Emissionen bei konventioneller Ausbringtechnik reduzieren. Zweitens sollen Düngerdepots mithilfe innovativer Einbringtechniken präzise und in ausreichender Bodentiefe so platziert werden, dass der Bodenkontakt minimiert wird; volatile Stickstoffverluste sollen so nahezu komplett vermieden werden. Und drittens sollen humusaufbauende und -erhaltende Bodennutzungskonzepte wie z. B. vielfältige Fruchtfolgen humusreichere Böden schaffen – Böden mit einer stabilen Stickstoffdynamik und mit geringeren Stickstoffverlusten.

Solche innovativen Anbau- und Düngerverfahren zeigen in ersten Feldversuchen nicht nur eine Verminderung der für ein gesundes Pflanzenwachstum erforderlichen Menge an Dünger, sondern auch einen positiven Effekt auf Wurzelbil-

Im Fraunhofer-Leitprojekt **COGNITIVE AGRICULTURE** (COGNAC) forschen acht Fraunhofer-Institute gemeinsam an Technologien, um die hohe Produktivität und Qualität konventioneller Landwirtschaft zu erhalten und mit den Zielen eines nachhaltigen ökologischen Landbaus in Einklang zu bringen. Eine Schlüsselrolle kommt dabei Messdaten zu, die als Plattform eines digitalen Ökosystems bereitgestellt werden sollen. Im Rahmen dieses Projekts entwickelt Fraunhofer IPM u. a. neue Sensorik zur Lachgasdetektion. Geleitet wird das Projekt vom Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE.

dung und Ertrag. Eine zusätzlich Minderung der Lachgas-Emissionen konnte bisher jedoch nicht genau genug bewertet werden: In der Bodenkunde etablierte Messmethoden sind entweder zu teuer, zu aufwändig oder zu langwierig, sodass heutige Messungen immer nur auf wenige Szenarien beschränkt bleiben. Bereits existierende Daten zu Lachgas-Emissionen sind daher wenig belastbar.

Lachgas-Sensorik für bodennahe Messungen

Seit über zehn Jahren entwickelt Fraunhofer IPM Laserspektrometer zur Messung von Lachgasemissionen – dies jedoch hauptsächlich für den Automobilbereich. Denn unerwünschtes Lachgas entsteht auch in Verbrennungsmotoren. Aufbauend auf dieser Expertise entwickeln Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer IPM nun eine neuartige Lachgas-Sensorik, und zwar im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts Cognitive Agriculture. Ziel dieser Sensorentwicklung ist es, mobil zu sein und Lachgaskonzentrationen direkt über das Feld verteilt bodennah messen zu können. Für diese spezielle Anwendung benötigt man einen kompakten und vor allem hochauflösenden Laserspektroskopischen Bodensensor.

Die Anforderungen an die Sensitivität eines so speziellen Lachgas-Sensors sind enorm: Denn relevante Konzentrationsanstiege bewegen sich bei bodennahem Lachgas im Bereich weniger ppb pro Minute (ppb, parts per billion, 1×10^{-9}). Derzeit gängige Messmethoden verwenden einzelne Behälter oder Bodenhauben über das Feld verteilt, um das vom Boden emittierte Gas zu sammeln und anzureichern. Für mess- und

auswertbare Konzentrationsanstiege sind bei derzeit üblichen Messmethoden Schließ- und Sammelzeiten von bis zu 60 Minuten keine Seltenheit (typische Lachgas-Emissionsraten aus dem Boden liegen bei weniger als $10 \mu\text{g}$ pro Quadratmeter und Stunde).

Beim neuen Sensor liegt der Entwicklungsfokus daher darauf, die Lachgas-Emissionen schnell und verlässlich bestimmen zu können. Nur so wird eine benötigte hohe Flächenabdeckung mit praktikablen Messzeiten erreicht. Fraunhofer IPM setzt dazu auf ein neuartiges Messkonzept mit Interbandkaskadenlasern (ICL). Damit lässt sich Lachgas im mittleren Infrarot frei von Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen eindeutig messen – mit einer drastischen Verkürzung der Messzeiten bei gleichzeitig verbesserter Genauigkeit. Ein solch kompaktes, batteriebetriebenes ICL-Messsystem erlaubt erstmals quasi-mobile Echtzeitmessungen von Lachgas – auch integriert in autonome Landmaschinen.



Im Rahmen des Fraunhofer-Leitprojekts Cognitive Agriculture entwickelt Fraunhofer IPM eine neuartige Lachgas-Sensorik.