

Martin Leinker und Annett Reinhardt-Hanisch, Hohenheim, Eberhard Hartung, Kiel, sowie Eberhard von Borell, Halle/Saale

## Senkung von Ammoniakemissionen mit Hilfe von Ureaseinhibitoren

*Wirksamkeit und praxistauglicher Einsatz von Ureaseinhibitoren wurden mit drei Messsystemen überprüft: dem Behälter-Wasserbad-Messsystem (BeWaSys), dem Windtunnel-Wasserbad-Messsystem (WiWaSys) und mit einer standardisierten Messmethode. Ziel ist die Entwicklung einer Prinziplösung zur Applikation von Ureaseinhibitoren auf Stallböden in der Rinderhaltung.*

Dipl.-Ing. (FH) Martin Leinker und Dipl.-Ing. Annett Reinhardt-Hanisch sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme (Leiter: Prof. Dr. T. Jungbluth), Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart, e-mail: [mleinker@uni-hohenheim.de](mailto:mleinker@uni-hohenheim.de).

Prof. Dr. habil. Eberhard Hartung ist Direktor des Instituts für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrecht-Universität in 24098 Kiel. Prof. Dr. Eberhard von Borell ist Professor für Tierhaltung und Nutztierökologie an der Martin-Luther-Universität, 06099 Halle/Saale. Das Projekt wird im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Ureaseinhibitoren in der Landwirtschaft“ an der Universität Hohenheim bearbeitet.

### Schlüsselwörter

Ammoniakemissionen, Urease, Ureaseinhibitoren

### Keywords

Ammonia emission, urease, urease inhibitors

### Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05608 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

In der Landwirtschaft ist die Rinderhaltung eine wesentliche Ammoniakemissionsquelle. Hierbei entfällt der größte Anteil der Ammoniakemissionen auf den Stallbereich, so dass sich Minderungsstrategien in diesem Bereich besonders effektiv auswirken können [1, 3]. Die vorliegenden Forschungsarbeiten haben daher die Untersuchung der Wirksamkeit von Ureaseinhibitoren und die Ableitung einer prinzipiellen Applikationsstrategie für den praxistauglichen Einsatz von Ureaseinhibitoren zum Ziel. Durch eine Minderung der Harnstoffhydrolyse auf emittierenden Oberflächen (Stallböden) soll die damit einhergehende Reduzierung der Freisetzung von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aus der Rinderstallhaltung erreicht werden.

### Material und Methode

Um die Wirksamkeit und Anwendungseigenschaften von Ureaseinhibitoren zur Minderung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen zu erfassen, kommen für die Untersuchungen im Labor- und Praxismaßstab drei unterschiedliche Messmethoden zur Anwendung:

1. Ein Behälter-Wasserbad-Messsystem (BeWaSys) (Funktionsprinzip dynamische Kammer) mit maximal 28 Messbehältern (5l-Glasflaschen) zur Untersuchung der Dosis-Wirkungsbeziehungen von unterschiedlichen Ureaseinhibitoren unter konstanten und reproduzierbaren Versuchsbedingungen im Labormaßstab [7];
2. Ein Windtunnel-Wasserbad-Messsystem (WiWaSys) zur kontinuierlichen Messung der  $\text{NH}_3$ -Freisetzung von emittierenden Oberflächen (Funktionsprinzip dynamische Kammer) und somit auch der Wirkung von Ureaseinhibitoren unter reproduzierbaren stallähnlichen Verhältnissen im Labormaßstab. Für die Laborarbeiten dienen vorkonditionierte Versuchsbodenbeläge (0,4 • 0,65 m) aus Beton und Gummi als emittierende Oberfläche [5, 7];
3. Eine standardisierte Messmethode nach [2], die zur Bestimmung der Ureaseaktivität auf Oberflächen (Funktionsprinzip statische Kammer) genutzt wird. Im vorliegenden Forschungsvorhaben wird diese

zur Messung der ureaseaktivitätsabhängigen Ammoniumbildung sowohl auf emittierenden Bodenbelägen im Praxisstall als auch auf den im WiWaSys eingesetzten Versuchsbodenbelägen angewandt und dient damit als Maßstab zur Beschreibung der Aktivität der ureasebildenden Bakterien auf der jeweiligen Bodenoberfläche [5, 7].

### Erste ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden werden erste erzielte Ergebnisse der drei Messmethoden zur Untersuchung von Ureaseinhibitoren im BeWaSys, zur Validierung und Prüfung der Reproduzierbarkeit von Versuchseinstellungen im WiWaSys und der Anwendung der Methode zur Messung der Ureaseaktivität im Praxisstall vorgestellt:

#### 1. Dosis-Wirkungsbeziehungen von Ureaseinhibitoren (BeWaSys)

Zur Messung der Dosis-Wirkungsbeziehungen wurden bislang das neu entwickelte Produkt Ureaseinhibitor Typ-D und der schon seit Jahren kommerziell erhältliche Ureaseinhibitor Typ-C untersucht. Die Reduktionswerte für den Ureaseinhibitor Typ-C lagen bei gleicher Konzentration der Ureaseinhibitoren fast immer unterhalb der Werte des Inhibitors Typ-D, bei gleicher Konzentration erreichte also der Ureaseinhibitor Typ-D eine höhere Reduktion als der Ureaseinhibitor Typ-C. Die Reduktionswirkung der untersuchten Ureaseinhibitoren war generell sowohl von ihrer Konzentration (Dosis) als auch von der Substrattemperatur (Flüssigmist) abhängig (Bild 1).

#### 2. Validierung des Windtunnel-Wasserbad-Messsystems (WiWaSys) und Untersuchung der Reproduzierbarkeit von $\text{NH}_3$ -Freisetzungskurven

Umfangreiche und systematische Untersuchungen zur Validierung des WiWaSys ergaben, dass Messunterschiede zwischen Zu- und Abluft von  $\geq 0,5$  ppm Ammoniak,  $\geq 0,3$  Kelvin und  $\geq 1,5$  % rel. Luftfeuchte erfasst werden können. Damit kann auf emittierenden Oberflächen die Reduzierung von Am-

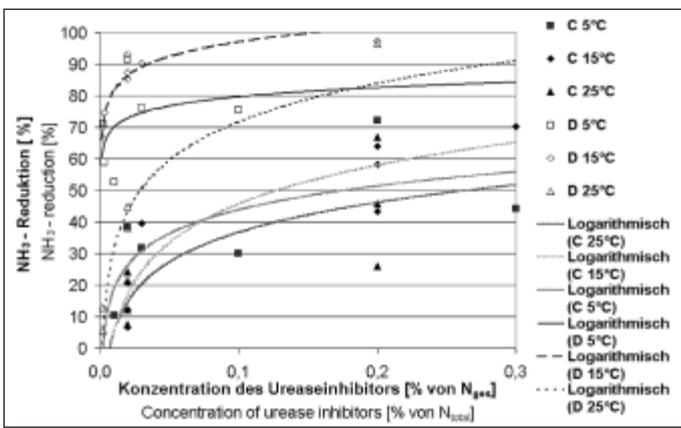


Bild 1: Reduktion von Ammoniak in Abhängigkeit von Substrattemperatur und Konzentration durch zwei unterschiedliche Ureaseinhibitoren vom Typ-C und Typ-D

Fig. 1: Reduction of ammonia subject to slurry temperature and concentration of two different urease inhibitors of type-C and type-D

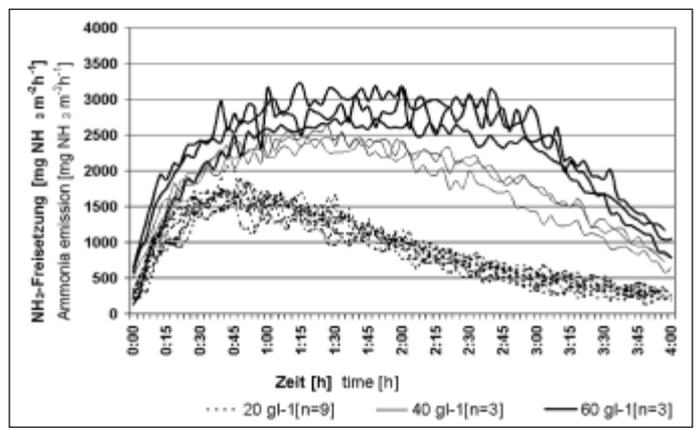


Bild 2: Verlauf von NH<sub>3</sub>-Freisetzungskurven bei Aufgabe unterschiedlicher synthetischer Harnstofflösungskonzentrationen unter konstanten Randbedingungen im WiWaSys

Fig. 2: Course of NH<sub>3</sub>-emission curves after different synthetic urea solution-concentrations under constant conditions in the WiWaSys

moniak durch Ureaseinhibitoren mit dem WiWaSys hinreichend genau und wiederholbar beschrieben werden.

Zur Nachbildung von stallähnlichen Bedingungen im WiWaSys müssen die Prozesse reproduzierbar sein, die das Harnen der Kuh auf den Stallboden und den nachfolgenden Harnstoffspaltungsprozeß nachbilden, um gesicherte Aussagen zur NH<sub>3</sub>-Freisetzung und Wirkung der Ureaseinhibitoren treffen zu können. Das bedeutet, dass bei konstant gehaltenen Randparametern wie Strömungsgeschwindigkeit über der Oberfläche sowie Kanal- und Oberflächentemperatur und gleichzeitig definierter Aufgabe von synthetischer Harnstofflösung immer weitgehendst deckungsgleiche NH<sub>3</sub>-Freisetzungskurven entstehen müssten. Um diese Hypothese zu prüfen, wurde an sechs aufeinanderfolgenden Tagen pro Tag im Zeitabstand von vier Stunden dreimal Harnstofflösung mit gleicher Konzentrationshöhe von jeweils 20, 40 und 60 g l<sup>-1</sup> nacheinander appliziert. Der Versuchsansatz hat ergeben, dass bei ansteigenden Aufgabekonzentrationen auch die NH<sub>3</sub>-Freisetzung wie erwartet ansteigt (Bild 2). Ebenso zeigen die jeweiligen Wiederholungen pro Aufgabekonzentration annähernd gleiche NH<sub>3</sub>-Freisetzungskurvenverläufe und Niveaus. Das bedeutet, dass die NH<sub>3</sub>-Freisetzungskurven unter konstant gehaltenen Randbedingungen reproduzierbar sind. Damit ist eine grundlegende Voraussetzung erfüllt, um mit dem WiWaSys die Wirksamkeit von Ureaseinhibitoren auf emittierenden Oberflächen bestimmen zu können.

Anhand des Kurvenverlaufs ist ersichtlich (Bild 2), dass der zugeführte Stickstoff in Form von synthetischer Harnstofflösung, nach vier Stunden entsprechend den Literaturangaben in einem Bereich von 48 bis 86 % in Form von Ammoniak abgeführt worden ist. Dies bedeutet, dass die Ureaseenzyme den Harnstoff in diesem Zeitraum fast vollständig hydrolysiert haben [4, 6].

### 3. Anwendung der Methode zur Messung der Ureaseaktivität im Praxisstall

Bei der Bestimmung der Ureaseaktivität im Praxisstall mit der standardisierten Messmethode zeigen sich große Schwankungsbreiten in der Höhe der Ureaseaktivität (Bild 3), die aber durchaus mit Literaturangaben übereinstimmen [2, 6].

Dennoch sind Unterschiede der Ureaseaktivitätshöhe zwischen den unbehandelten Belägen aus Beton und Gummi, den mit Ureaseinhibitor Typ-D behandelten Gummibelägen und einer unbehandelten Vergleichsoberfläche aus Glas zu erkennen. Der Ureaseinhibitor Typ-D reduziert die Harnstoffhydrolyse auf der emittierenden Oberfläche und damit einhergehend sowohl die NH<sub>3</sub>-Freisetzung (WiWaSys; Labormaßstab) als auch die mit der Standardmethode gemessene Ureaseaktivität (Praxisstall). Wie bei den Laborversuchen von [7] zeigt sich eine über die Versuchszeit abnehmende Wirkung.

### Schlussfolgerung

Mit dem Behälter-Wasserbad-Messsystem (BeWaSys; Labormaßstab) wurden Dosis-

Wirkungsbeziehungen bei den untersuchten Ureaseinhibitoren in Abhängigkeit von der Temperatur und der Versuchszeit festgestellt. Im Windtunnel-Wasserbad-Messsystem (WiWaSys; Labormaßstab) kann die NH<sub>3</sub>-Freisetzung auf emittierenden Oberflächen nachgebildet und die Wirkung von Ureaseinhibitoren reproduzierbar gemessen werden. Mit der standardisierten Messmethode zur Bestimmung der Ureaseaktivität auf emittierenden Oberflächen steht ein bewährtes Verfahren zur Bestimmung der Wirkung von Ureaseinhibitoren im Praxisstall zur Verfügung. Emittierende Oberflächen weisen große Schwankungsbreiten in der Höhe der Ureaseaktivität auf. Durch die Applikation von Ureaseinhibitor Typ-D wird die Harnstoffhydrolyse auf der emittierenden Oberfläche in allen drei Messsystemen reduziert und damit einhergehend sowohl die NH<sub>3</sub>-Freisetzung (BeWaSys und WiWaSys; Labormaßstab) als auch die mit der Standardmethode gemessene Ureaseaktivität (Praxisstall). Grundsätzlich zeigt sich eine über die Versuchszeit abnehmende Wirkung des Ureaseinhibitors.

Bild 3: Ureaseaktivitäten auf unterschiedlichen Bodenmaterialien im Praxisstall; vor und nach Aufgabe von 30 mg m<sup>-2</sup> Ureaseinhibitor Typ-D

Fig. 3: Urease activities on top of different floor types in an dairy cow house, before and after application of 30 mg m<sup>-2</sup> urease-inhibitor-type-D

