

Jochen Hahne

Säureverbrauch bei der Abluftreinigung reduzieren

Zur wirksamen Abscheidung von Ammoniak aus der Abluft von Tierhaltungsanlagen ist der Einsatz von Rieselbettreaktoren mit pH-Regelung gegenüber unregelmäßig betriebenen Anlagen eindeutig zu bevorzugen. Angaben über den jährlichen Säureverbrauch dieser Anlagen aus der Mastschweinehaltung lagen bislang jedoch nicht vor. Die Auswertung von Versuchen aus den Jahren 2004 bis 2008 ergab einen durchschnittlichen Schwefelsäureverbrauch von 1,2 kg/kg NH₃-N-Eintrag bei einer Waschwassertemperatur von 14,7 °C im Jahresdurchschnitt. Eine geringfügige Erhöhung der Waschwassertemperatur – insbesondere im Winter – könnte den Säureverbrauch sehr weitgehend reduzieren, wie die Versuche zeigen.

Schlüsselwörter

Abluftreinigung, Rieselbettreaktor, Ammoniak, Säureverbrauch

Keywords

Waste air treatment, trickle bed reactor, ammonia, acid consumption

Abstract

Hahne, Jochen

Reducing acid consumption in waste air cleaning

Landtechnik 64 (2009), no. 1, pp. 25 - 27, 3 figures, 1 reference

The use of trickle bed reactors with pH control should be clearly preferred for ammonia separation from animal husbandries compared to uncontrolled installations. Data about the annual acid consumption of these installations at pig husbandries were not available so far. The evaluation of experiments from 2004 to 2008 resulted in a mean acid consumption of 1.2 kg/kg NH₃-N input at a mean annual washing liquid temperature of 14.7 °C. A marginal increase of the washing liquid temperature, particularly in winter, could reduce the acid consumption widely as the tests show.

Die Abluftreinigung in der Tierhaltung wird aus Gründen der Verknappung immissionsschutzrechtlich unbedenklicher Standorte, wachsender Bestandsgrößen und der sinkenden Akzeptanz gegenüber Umweltverschmutzungen zwangsläufig an Bedeutung gewinnen. Die zusätzlichen Produktionskosten verschlechtern jedoch die Wirtschaftlichkeit der Betriebe, die eine Abluftreinigungsanlage installieren müssen. Um die Akzeptanz und den Einsatz der Abluftreinigung in Tierhaltenden Betrieben zu erhöhen, ist es auch angesichts der gegenwärtigen Ertragslage entscheidend, die Kosten für diese Technik ohne Einschränkung der Wirksamkeit weiter zu reduzieren. Ein wesentlicher Kostenfaktor bei der Abluftreinigung ist die Abscheidung von Ammoniak, die bislang entweder durch sehr hohe Abschlämrraten (> 0,6 m³/TP Mastschwein a) oder hohen Säureeinsatz (1-3 kg/kg NH₃-N_{Rohgas}) gewährleistet werden kann. Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, mit welchem Säureverbrauch bei Rieselbettreaktoren im Jahresmittel zu rechnen ist und Möglichkeiten aufzuzeigen, wie dieser weiter reduziert werden kann.

Material und Methoden

Für die in den Jahren 2004 bis 2008 durchgeführten Versuche wurde ein zweistufiger Rieselbettreaktor eingesetzt, der mit Abluft aus einem konventionell betriebenen Mastschweinstall beaufschlagt wurde. Der Rieselbettreaktor bestand aus zwei vollständig getrennten Waschkreisläufen. Als Füllkörper wurden Plastikhohlkugeln mit einer spezifischen Oberfläche von 98,4 m²/m³ eingesetzt, wobei jede Stufe mit 0,25 m³ dieses Materials gefüllt war. Die Schüttungshöhe betrug 0,9 m je Stufe. Als Tropfenabscheider kamen Drahtgestrick-Tropfenabscheider aus Kunststoff mit einer Paketdicke von 150 mm zum Einsatz. Zur Berieselung der Füllkörper wurde in der Stufe 1 ein Drehsprenger-Eigenbau und in der Stufe 2 eine axial angeströmte Vollkegeldüse verwendet. Die Berieselungsdichte beider Stufen lag zwischen 3 und 10 m³/m² h. Verdunstungsverluste wurden über automatisch arbeitende Schwimmerschaltungen ausgeglichen und der pH-Wert wurde mindestens in einer Waschstufe auf 6,5 geregelt. Die mittleren NH₃-Konzentrationen bewegten sich zwischen 4,1 und 10,7 ppm, die mittleren Filtervolumen-

belastungen variierten zwischen 1500 und 2500 m³/m³ Füllkörper h. Die mittleren NH₃-N-Frachten lagen zwischen 130 und 265 g/m³ Füllkörper d.

Zur Bestimmung der Ammoniakkonzentrationen kam ein UV-Spektrometer (OptasTM) zum Einsatz. Der Volumenstrom wurde mit ITABAR-Durchflusssonden (Typ IBR) gemessen und mit entsprechenden Messumformern (Typ INT) normiert. Die Bestimmung des Massenstromes an NH₃-N erfolgte fortlaufend alle 3 h. Die Beprobung des Waschwassers erfolgte mindestens 3 x in der Woche aus den Umlaufleitungen bei konstantem Füllstand. Ammonium-Stickstoff wurde aus der Mischprobe destillativ (DIN 38406 - E5-2), Nitrit- und Nitrat-Stickstoff nach Membranfiltration ionenchromatographisch (ENISO 10304-2) analysiert [1]. Die auf dem Thermistor-Prinzip beruhenden Temperaturmessungen erfolgten in den Wasserspeicherbehältern.

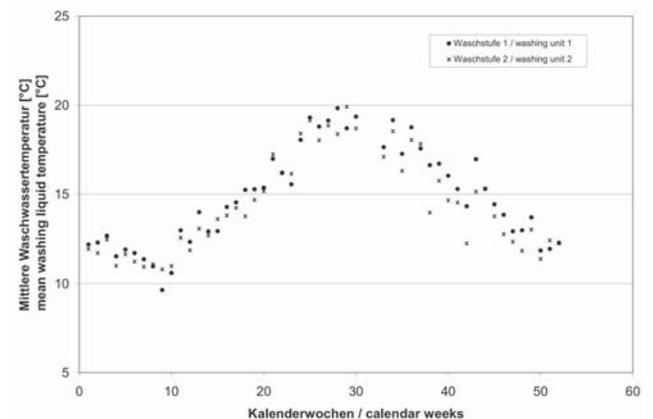
Die Messwerte der insgesamt 10 Versuche wurden auf den Kalendertag bezogen und jeweils für beide Waschstufen getrennt gemittelt und zu Wochenmittelwerten zusammengefasst. Darüber hinaus wurden aus den Wochenmittelwerten der N-Verbindungen die mittleren, relativen Anteile an NH₄-N, NO₂-N und NO₃-N für beide Waschstufen berechnet, wobei die Summe dieser Stickstofffraktionen als TIN (total inorganic nitrogen) mit 100 % angesetzt wurde. Als oxidiertes Anteil wurde zusätzlich die Summe aus NO₂-N und NO₃-N als relativer Anteil N_{ox}-N berechnet. Die relativen N-Anteile beider Waschstufen wurden dann für jede N-Fraktion und für N_{ox}-N erneut gemittelt.

Ergebnisse

Die Temperaturmessungen bei den Versuchen im Zeitraum von 2004 bis 2008 ergaben, dass die Waschwassertemperaturen zwischen 9,7 °C (Waschstufe 1, 9. Kalenderwoche (KW), Ende Februar) und 19,9 °C (29. KW, Mitte Juli) schwankten (**Abb. 1**). Der Jahresmittelwert lag in Stufe 1 bei 14,9 und in Stufe 2 bei 14,4 °C. Die Temperaturunterschiede zwischen den beiden Waschstufen waren somit gering. Im Mittel beider Waschstufen wurden in 49 Jahreswochen Temperaturen > 11 °C, in 34 Wochen > 13 °C, in 23 Wochen > 15 °C und in 14 Wochen > 17 °C gemessen. Während der Winterzeit (52. - 12. KW) lag die mittlere Waschwassertemperatur bei lediglich 11,7 °C, im Frühjahr (13. - 25. KW) betrug sie 15,3 °C, im Sommer (26. - 38. KW) 18,1 °C und im Herbst (39. - 51. KW) 13,9 °C.

Die über die Jahre 2004 bis 2008 gemittelten relativen Anteile an NH₄-N, NO₂-N und NO₃-N im Waschwasser wiesen erhebliche jahreszeitliche Schwankungen auf (**Abb. 2**). In den ersten 19 KW lag der mittlere NH₄-N-Anteil am gesamten, mineralischen Stickstoff (TIN) im Waschwasser bei ca. 80 %, der NO₂-N-Anteil bei 10 - 22 % und der NO₃-N-Anteil unter 8 %. In diesem Zeitraum bewegten sich die Waschwassertemperaturen zwischen 10 und 15 °C. Bis zur 26. KW stieg der NO₃-N-Anteil auf ca. 40 %, während der NH₄-N-Anteil auf etwa 60 % fiel. NO₂-N sank in dieser Zeit unter die Nachweisgrenze. Von der 19. bis zur 26. KW stieg die Waschwassertemperatur im Mittel der Jahre 2004 bis 2008 von 15 auf 18,4 °C. Der NH₄-N-

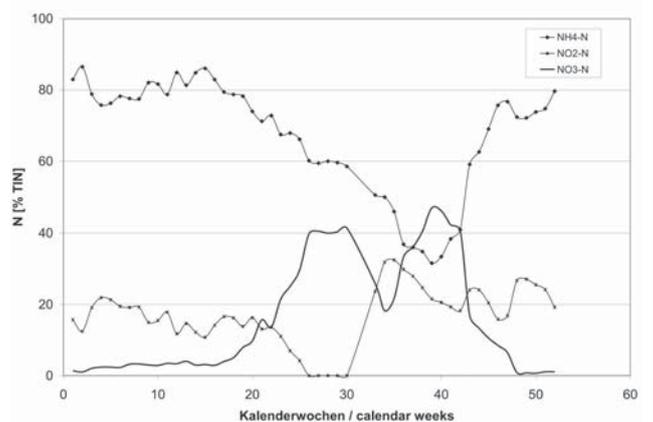
Abb. 1



Durchschnittlicher Temperaturverlauf im Waschwasser eines zwei-stufigen Rieselbettreaktors (Messzeitraum: 2004 - 2008)

Fig. 1: Mean washing liquid temperature course of a two-stage trickle bed reactor (measuring period: 2004 - 2008)

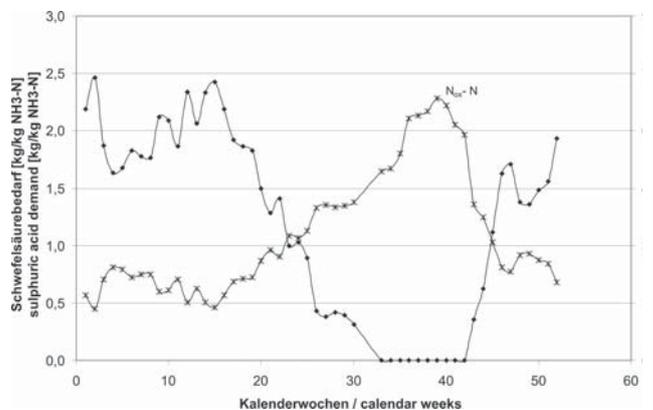
Abb. 2



Mittlerer jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffverbindungen im Waschwasser eines Rieselbettreaktors (Messzeitraum: 2004 - 2008)

Fig. 2: Mean seasonal course of nitrogen compounds in the washing liquid of a trickle bed reactor (measuring period: 2004 - 2008)

Abb. 3



Berechneter jahreszeitlicher Verlauf des Schwefelsäurebedarfs für die Ammoniakabscheidung mit einem Rieselbettreaktor (Messzeitraum: 2004 - 2008)

Fig. 3: Calculated seasonal course of sulphuric acid demand for ammonia separation with a trickle bed reactor (measuring period: 2004 - 2008)

Anteil erreichte in der 39. KW mit 31,6 % sein Minimum, während der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil mit 46,9 % gleichzeitig sein Maximum hatte. In der 39. KW wurde mit 68,4 % der höchste Anteil an oxidiertem Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) nachgewiesen. Nach der 39. KW stieg der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil kontinuierlich auf Werte bis 80 % (52. KW) an, während der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anteil bereits in der 48. KW unter 1 % fiel. Der $\text{NO}_2\text{-N}$ -Anteil bewegte sich in dieser Zeit zwischen 16 und 27 %. Die mittlere Waschwassertemperatur fiel von 16,2 °C (39. KW) auf 12,3 °C (52. KW). Die Ergebnisse zeigen, dass eine $\text{NO}_3\text{-N}$ -Bildung im Mittel der Jahre 2004 bis 2008 erst ab Waschwassertemperaturen von mehr als 14 °C einsetzte. $\text{NO}_2\text{-N}$ wurde bereits ab Temperaturen von 10 °C produziert, allerdings in einem für die vollständige Ammoniakabsorption nicht ausreichendem Maße.

Der Schwefelsäurebedarf sinkt umso stärker, je mehr Ammoniak mikrobiologisch oxidiert wird. Berechnungen auf der Grundlage der Daten aus den Jahren 2004 bis 2008 ergaben Verbrauchsdaten zwischen 0 (33. bis 42. KW) und 2,5 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ -Rohgas (2. KW) (Abb. 3). Der durchschnittliche Jahresverbrauch betrug 1,2 kg/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ -Rohgas.

Fazit

Nach den vorliegenden Ergebnissen muss für die Abscheidung eines Kilogramms $\text{NH}_3\text{-N}$ bei einem auf pH 6,5 geregelten Rieselbettreaktor mit einem Schwefelsäure-

verbrauch von 1,2 kg (96 %) im Jahresdurchschnitt gerechnet werden. Der Säureverbrauch kann durch die Anhebung der minimalen Waschwassertemperatur auf Werte über 14 °C deutlich reduziert werden. Ab Waschwassertemperaturen über 17 °C dürfte der Säureverbrauch bei $\text{NH}_3\text{-N}$ -Volumenbelastungen von 130 bis 265 g/m³ d praktisch vernachlässigbar sein. Die Vermeidung unnötiger Wärmeverluste im Rahmen der Abluftreinigung sollte daher unbedingt beachtet werden. Die Integration der Abluftreinigungsanlage in das Stallgebäude wäre diesbezüglich sicher die beste Lösung angesichts von Lufttemperaturen zwischen 16 und 32 °C in der Schweinemast. Alternativ sollte die Wärmedämmung des Rieselbettreaktors und die Vorwärmung von Frischwasser durch Wärmetauscher oder thermische Solaranlagen genau geprüft werden.

Literatur

- [1] Hahne, Jochen: Kosten für die Abluftreinigung reduzieren. Landtechnik 63 (2008), Heft 3, S. 166-167

Autor

Dr. rer. nat. Jochen Hahne (e-mail: jochen.hahne@vti-bund.de) ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig am Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik des Bundesforschungsinstitutes für ländliche Räume, Wald und Fischerei (von Thünen-Institut), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig.