

Meno Türk, Potsdam, Wolfgang Heinzl, Ludwigshafen, und Günter Kiesling, Berlin

Wirkung von α -Amylase auf das Fließverhalten von Flüssigfutter

Durch Zugabe von Enzymen (α -Amylase) soll die Viskosität von Flüssigfutter vermindert werden. Mit Hilfe eines Rotationsviskosimeters wurde dieser Effekt an den wichtigsten in der Schweinefütterung eingesetzten Futterstoffen und Futtermischungen untersucht. Dabei wurden Rühr- und Fließkurven gemessen, miteinander verglichen und bewertet. Eine von BASF vermarktete α -Amylase Natustarch® bewirkt vor allem bei Flüssigfutter mit thermisch aufgeschlossener Stärke eine deutliche Reduzierung der Viskosität.

Dr.-Ing. habil. Meno Türk ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abt. „Technik in der Tierhaltung“ im Institut für Agrartechnik Bornim e.V., (Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zasko), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: mtuerk@atb-potsdam.de
 Dr. Wolfgang Heinzl ist Leiter Globales Marketing Carotinoide und Enzyme der BASF-Aktiengesellschaft in 67056 Ludwigshafen; e-mail: wolfgang.heinzl@basf-ag.de

Agr.-Ing. Günter Kiesling studiert an der Humboldt-Universität zu Berlin und bearbeitet im ATB eine Diplomarbeit zu dieser Thematik

1) Die Untersuchungen wurden im Auftrag und mit finanzieller Unterstützung der BASF-Aktiengesellschaft in Ludwigshafen im ATB durchgeführt.

2) Natustarch® – registrierte Marke von DSM N.V., Heerlen, NL

Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

Schlüsselwörter

Futterenzyme, α -Amylase, Flüssigfutter, Fließverhalten

Keywords

Feed enzymes, α -amylase, liquid feed, flow behaviour

Flüssigfutter besteht zumeist aus Getreideschrot und Wasser und wird in der Schweinehaltung vollautomatisch angemischt, gepumpt und dosiert. Zuweilen kommen auch weitere Futterkomponenten wie Kartoffeln, CCM oder stärkeiche alternative Futtermittel hinzu. Die Flüssigfuttermischungen haben oft eine dickbreiige Konsistenz und werden rheologisch als nicht-Newtonsche Fluide mit pseudoplastischem oder nicht-linear-plastischem Fließverhalten klassifiziert. Sie sind grobstrukturiert, neigen zuweilen zur Sedimentation und können sogar thixotrope Eigenschaften aufweisen, also mit der Belastungszeit flüssiger werden.

Um die Pumpfähigkeit zu sichern, darf ein bestimmter Wasseranteil nicht unterschritten werden. Bei Getreideschrot gilt in der Regel ein Massenverhältnis von Trockenfutter : Wasser von 1 : 2 bis 1 : 3. Der höhere Wasseranteil verbessert zwar das Fließ- und Förderverhalten, steigert jedoch die Sedimentationsneigung, verringert die Nährstoffkonzentration des Futters und führt zu höherem Gülleanfall.

BASF vermarktet Natustarch®, eine α -Amylase, mit der bei gleichem Wasseranteil die Viskosität von Flüssigfutter verringert werden kann [1]. Das erfolgt durch eine Aufspaltung der langkettigen Stärkemoleküle in kürzere, leicht lösliche Polymere. Dadurch soll es dem Schweinehalter ermöglicht wer-

den, die Pumpfähigkeit des Flüssigfutters auch bei verringertem Wasseranteil zu gewährleisten. Die Wirkung von α -Amylase in verschiedenen Dosierungen auf das Fließ- und Förderverhalten unterschiedlicher Futterstoffe und Futterzusammensetzungen sowie deren wichtigste Einflussfaktoren wurden rheologisch untersucht, bewertet und beschrieben [2].

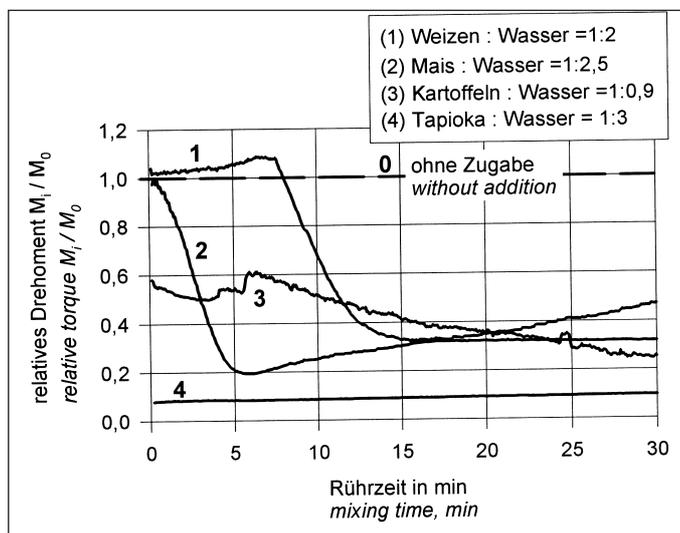
Material und Methode

In Laborversuchen wurden Rühr- und Fließkurven aufgenommen. Dabei wurde Flüssigfutter mit Enzymzusatz stets mit der gleichen Futtermischung ohne Enzymzusatz (Nullprobe) verglichen.

Die Standardversuche erfolgten mit Hilfe eines Rotationsviskosimeters MC 1/RM 300 von der Fa. PHYSICA. Dieses Messgerät ist speziell für hochviskose und grobstrukturierte organische Suspensionen in der Landwirtschaft konzipiert worden. Es hat einen verstärkten Antrieb und kann sowohl nach dem Drehmoment als auch nach der Drehzahl gesteuert werden. Das Rotationsviskosimeter wird wechselseitig mit einem Ankerrührer und einem Messzylinder betrieben. Beide Rührkörper haben den gleichen Durchmesser von 60 mm, der Messbecher hat einen Innendurchmesser von 76 mm und das Probenvolumen beträgt 300 ml. Der Ankerrührer wurde eingesetzt, um Entmischun-

Bild 1: Veränderung des Fließverhaltens von Flüssigfutter nach thermischem Stärkeaufschluss durch Zusatz von α -Amylase

Fig. 1: Modification of flow behaviour of liquid feed after thermal starch break down by α -adding amylase



gen bei der Aufnahme der Rührkurven $M(t)$ mit hoher Sicherheit zu verhindern. Nach der Aufnahme der Rührkurve wurde der Ankerrührer durch einen Messzylinder ausgetauscht und mit derselben Probenfüllung eine Fließkurve $\tau(\dot{\gamma})$ aufgenommen.

Die Rührversuche erfolgten in der für die Futteranmischung und -verteilung prozessrelevanten Zeit von 30 min. Die Änderung des Drehmoments ist der Viskositätsänderung bei konstanter Scherbelastung und Temperatur direkt proportional.

Eine größenmäßige Einschätzung der Wirkung der Futterenzyme lässt sich mit Hilfe eines relativen Drehmomentverlaufes deutlicher darstellen (Bild 1). Da alle Rührkurven mit dem gleichen Zeitraster gemessen wurden, können die Einzelwerte des Drehmoments $M(t)$ bei Futtermischungen mit Enzymzusatz mit der Nullprobe 0 ohne Enzymzusatz ins Verhältnis gesetzt werden. Als Kennzahl des Rührverhaltens wird δ_R wie folgt definiert:

$$\delta_R = \frac{M_i(t)}{M_0(t)}$$

Damit wird verdeutlicht, ob und wie stark das Drehmoment (also auch das Fließverhalten) beim Rühren durch die Enzymzusätze verändert wird. Alle Kennzahlen < 1 zeigen eine Verbesserung des Fließverhaltens, also eine Senkung der Viskosität, an.

Die Gegenüberstellung der Fließkurven (Bild 2, unten) ermöglicht eine quantitative Einschätzung der Wirkung von Enzymzusätzen bei quasistationärem Zustand. Die Fließkurven werden mit Hilfe der Potenzgesetze von OSTWALD und DE WAELE (für plastisches Verhalten) nach Gleichung (2) oder von HERSCHEL und BULKLEY (für nichtlinear-plastisches Verhalten) entsprechend Gleichung (3) modellmäßig beschrieben:

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (2)$$

$$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

Dazu werden bewährte Auswerteverfahren [3] verwendet. Die ermittelten Fließkennwerte sind Voraussetzung für die Berechnung der Rohrkennlinien bei der Planung von Flüssigfütterungsanlagen.

Nach dieser Methodik wurden die wichtigsten Getreidearten in Schrotform (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Triticale), gedämpfte Kartoffeln, Kartoffelschälabfälle, autoklavierte Nahrungsmittelabfälle und Praxisfuttermischungen mit unterschiedlicher Zusammensetzung, auch in expandierter und granulierter Form, untersucht.

Ergebnisse

Das Fließverhalten von Flüssigfutter mit Weizen, Roggen, Gerste oder Mais wird durch α -Amylase nur unwesentlich beein-

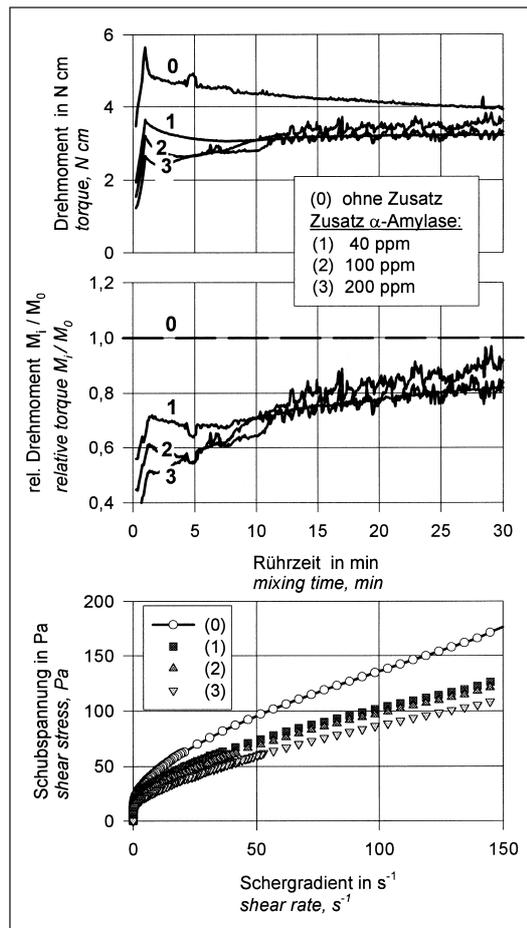


Bild 2: Rühr- und Fließverhalten von Flüssigfutter aus gedämpften Kartoffeln, Weizen (1 : 2) und Wasser (1 : 1) mit $TS = 34,4\%$

Fig. 2: Mixing and flow behaviour of liquid feed from steamed potatoes, wheat (1 : 2) and water (1 : 1) with $dm = 34,4\%$

flusst. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass bei Drehmomentverminderungen von $< 10\%$ keine gesicherte Enzymwirkung vorliegt. Das betrifft alle untersuchten Getreidearten unterhalb der Verkleisterungstemperatur. Das verändert sich schlagartig, wenn die Verkleisterungstemperatur (60 bis 70°C) erreicht wird (Bild 1). Dann kann eine erhebliche Wirkung von α -Amylase bis hin zu $\delta_R = 0,2$ beobachtet werden, also die Viskositätsverminderung beträgt bis 80% . Das bedeutet, dass α -Amylase auch bei Getreide nur auf die thermisch aufgeschlossene Stärke im Sinne einer eindeutigen Verbesserung des Fließverhaltens wirkt. Dieser Effekt ist neben Kartoffeln und Tapioka auch bei Mais und Weizen deutlich ausgeprägt. Wird die Verkleisterungstemperatur durch Vorbehandlungsprozesse wie Pelletieren oder Expandieren [4] erreicht, sind Verbesserungen des Fließverhaltens auch bei stärke-reichen Getreidearten möglich und erklärbar.

Am stärksten wurde das Fließverhalten von Futtermischungen mit thermisch aufge-

schlossener Kartoffelstärke durch α -Amylase beeinflusst. Bei Mischungen aus gedämpften Kartoffeln und Wasser konnte die Viskosität um bis zu 60% gesenkt werden. Ähnliches wurde auch bei Tapiokastärke beobachtet. Diese positiven Wirkungen werden natürlich in praktischen Futtermischungen mit Getreideanteilen reduziert. Es ergibt sich hier eine Absenkung der Viskosität um maximal 30 bis 40% . Bild 2 zeigt die Rührkurven einer Flüssigfuttermischung mit gedämpften Kartoffeln und Weizen im Massenverhältnis von $1 : 2$. Einer Nullprobe (ohne Zusatz) werden die Proben mit Zusatz von α -Amylase von 40 , 100 und 200 ppm gegenübergestellt. Durch den direkten Vergleich der zeitgleich gemessenen Drehmomente, also den Quotienten $\delta_R = M_i/M_0$ nach Gleichung (1), lässt sich die Wirkung der Futterenzyme bezogen auf die Nullprobe quantitativ bewerten. Man erkennt den Zeiteinfluss und augenscheinlich tritt die maximale Wirkung der Enzyme nach 5 bis 10 min Rührzeit auf. Das entspricht den praktischen Verhältnissen bei der Flüssigfütterung. Ein Einfluss der Dosiermenge kann aus diesem Beispiel nicht abgeleitet werden.

Die anschließend gemessenen Fließkurven zeigen nichtlinear-plastisches Fließverhalten, es tritt entsprechend Gleichung (3) also eine Fließgrenze τ_0 auf. Die berechneten Fließkennwerte sind Grundlage für Druckverlustberechnungen beim Rohrleitungstransport und für die Pumpenauslegung. Für landwirtschaftliche Dickstoffe wird ein im ATB entwickeltes Rechenprogramm für die Planung von Pumpenanlagen für Flüssigfutter, Gülle und Bioschlämme genutzt [5].

Beim Einsatz von Kartoffelschälabfällen aus Dampfschälverfahren in der Flüssigfütterung wurde eine maximale Reduzierung der Viskosität des Flüssigfutters von lediglich 10 bis 20% beobachtet.

Zusammenfassung

Futterenzyme werden seit langem in der Schweinefütterung eingesetzt. Neu ist die Zielstellung, die Viskosität von Flüssigfutter durch Zugabe von α -Amylase zu vermindern. Die wichtigsten in der Schweinefütterung eingesetzten Futterstoffe und Futtermischungen wurden nach gleicher Messmethodik untersucht. Dabei wurden Rühr- und Fließkurven gemessen, miteinander verglichen und bewertet. Eine von BASF vermarktete α -Amylase (Natustarch®) bewirkt vor allem bei Flüssigfutter mit thermisch aufgeschlossener Stärke eine deutliche Reduzierung der Viskosität.