

Stefan Sagkob, Josef Niedermeier und Heinz Bernhardt

Verfahrensvergleich eines stationären und mobilen Schieber-systems für die Flüssigentmistung

Die Produktivität und Automatisierung von Arbeitsprozessen sind wichtige Faktoren in der heutigen Milchproduktion. Spaltenreinigungsroboter sind autark und sehr flexibel bei der Reinigung von Flächen. In der Untersuchung wurde ein Spaltenreinigungsroboter auf verschiedenen großen planbefestigten Flächen mit einer stationären Anlage hinsichtlich Funktionalität, Routengestaltung und Reinigungswirkung verglichen. Der Dimensionierung des Schildes und des Abwurfschachtes für Flüssigmist kam dabei eine besondere Bedeutung zu.

Schlüsselwörter

Flüssigentmistung, planbefestigter Boden, Spaltenreinigungsroboter, Tiergesundheit

Keywords

Liquid manure removal, solid flooring, slat-cleaning robot, animal health

Abstract

Sagkob, Stefan; Niedermeier, Josef and Bernhardt, Heinz

Comparison of a mobile scraping system with a fixed one for removal of liquid manure

Landtechnik 66 (2011), no. 4, pp. 238–242, 8 figures, 1 table, 5 references

Productivity of work processes and their automation are important factors in modern milk production. Robotic systems for cleaning slats are self-sufficient and very flexible. In the investigation a slat-cleaning robot is applied for cleaning different areas of solid flooring and its efficacy compared with that of a fixed cable-and-blade system in terms of functionality, route configuration and cleaning performance. Especially important in this respect are the dimensions of the scraper and that of the liquid manure removal channel.

■ Tierkomfort ist ein wichtiger Faktor des Betriebsmanagements in den heutigen Kuhställen. Höchstleistungen in der Laktation und in der Reproduktion können nur gesunde Tiere erbringen, die sich auch wohlfühlen. Der Begriff Kuhkomfort beinhaltet mehrere Faktoren, die dem Wohlbefinden des Tieres dienen. Neben dem Liegekomfort, der Klimagestaltung und der Möglichkeit sich frei zu bewegen, ist die Sauberkeit von Laufflächen ebenfalls ein wichtiger Faktor [1; 2]. Saubere Laufflächen mindern die Gefahr von Klauenerkrankungen, da die Klauen trocken bleiben [3].

Schwankende Erträge und Erlöse, Kostendruck und Arbeitseffektivität prägen die Landwirtschaft immer mehr. Die Milchproduktion ist sehr zeitintensiv, wobei die Faktoren „Melkzeit“, „Fütterung der Tiere“ und „Entmistung“ bis zu 60 Prozent der Arbeitszeit einnehmen [4]. Ziel ist es, bei optimaler Herdenbetreuung, 35 Stunden pro Kuh und Jahr für die Betreuung erreichen. Die Arbeitseffektivität und -effizienz stehen hier als wesentliche Parameter im Vordergrund. Die Automatisierung von Arbeitsprozessen z.B. durch automatische Melksysteme kann helfen die Arbeitseffektivität und -effizienz zu steigern. Ein Trend wird die weitere Automatisierung der Fütterung und der Entmistung sein. Der Großteil der Kühe wird derzeit in Laufställen gehalten, die verschiedene Entmistungsverfahren aufweisen. Am weitesten verbreitet sind perforierte Vollspaltenböden und planbefestigte Böden, wobei der Trend bei Laufgängen über 50 m zu planbefestigten Laufgängen mit stationären Schieberentmistungsanlagen geht. Da Sauberkeit und Hygiene eine immer größere Rolle im heutigen Herdenmanagement spielen, müssen die Entmistungsanlagen Kot- und Harnmengen schnellstmöglich vom Tier entfernen [5].

Mobile Spaltenreinigungsroboter übernehmen in Laufställen das Abschieben und Reinigen der Spaltenböden. Sie sind nicht ortsgebunden und können auch Zwischengänge und Vorwartehefe von Melkständen reinigen. Die Systeme zeichnen sich durch mehrmaliges Schieben am Tag und eine hohe Einsatzflexibilität von bis zu 18 Stunden aus.

Viele Milchviehbetriebe nutzen die Flexibilität auf perforierten Spaltenböden. Die Einsatzfähigkeit auf planbefestigten Vorwartehefen oder in planbefestigten Stallerweiterungen ist noch nicht geklärt.

In vorliegendem Versuch wurden deshalb ein stationäres und ein mobiles Schiebersystem für die Flüssigmistung auf planbefestigten Böden hinsichtlich Funktionalität, Reinigungswirkung, Routenführung und Tierverhalten verglichen.

Material und Methode

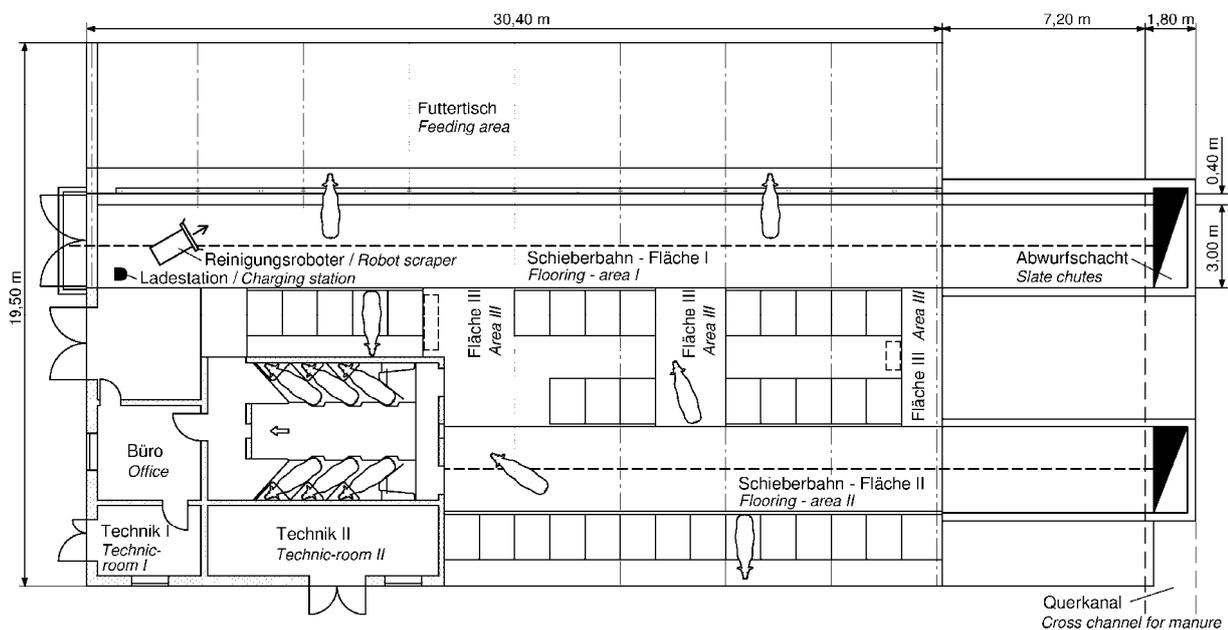
Der Spaltenreinigungsroboter wurde unter Praxisbedingungen auf einem Milchviehbetrieb mit einem dreireihigen Boxenlaufstall mit integriertem Fischgrätenmelkstand getestet. Der Stall

dem Milchviehbetrieb über eine stationäre Seilzuganlage mit Klappschieber sichergestellt.

In einem Vorversuch wurde die anfallende Flüssigmistmenge über 24 Stunden mit dreimaliger Wiederholung ermittelt. Die Mistmengen wurden am jeweiligen Tag um 8 Uhr und um 20 Uhr ermittelt. Durch die fast 12-stündigen Messungen konnte das Abkotverhalten über den Tagesverlauf hinweg erfasst werden. Die Flächen des Laufstalles wurden nach Laufgängen aufgeteilt. Die zu entmistende Fläche I war 112,5 m² groß. Diese befand sich zwischen Futtertisch und der ersten angrenzenden Liegeboxenreihe. Die Fläche II betrug 52,5 m² und lag in der Verlängerung des Melkstandes und den beiden weiteren Liegeboxenreihen. Es gab drei Übergänge zwischen den Flächen, die eine Fläche von 32,9 m² aufwies. Diese wurden zur Fläche III zusammengefasst, wie **Abbildung 1** zeigt.

Der Laufgang wurde aus Beton mit Besenstrich gefertigt und wies ein ungleich-dimensioniertes Bahnprofil auf. Das Profil besaß ein Gefälle von 2 bzw. 2,5 % zur exzentrisch liegenden U-Schiene des Drahtseils (**Abbildung 2**).

Abb. 1



Flächenübersicht des Versuchsstalls
Fig. 1: Trial housing area overview

besteht aus einer mehrhäusigen Stallhülle und wurde im Jahre 2006 erbaut. Achtunddreißig Milchkuhe wurden auf planbefestigten Laufflächen gehalten. Für den Einsatz des Roboters ist die Dimensionierung der Flächen jedoch entscheidender als die Anzahl der Kühe. Laufgänge, Übergänge und Wendebereiche des Roboters müssen ausreichend dimensioniert sein. Großbestände eignen sich daher besonders. Die Entmistung wird auf

Um den Kuhkomfort zu erhöhen, wurden Tiefstreuboxen mit einer Kalk-Stroh-Matratze eingesetzt. Ein Auftritt am Futtertisch ermöglichte den Kühen einen leichten Zugang zum Futter.

Eingesetzt wurde ein stabil gebauter Spaltenreinigungsroboter mit einer Schiebeschildgröße von 130 cm (**Abbildung 3**). Das Fassungsvermögen des Schildes lag bei 25 kg Frischmasse (FM) Flüssigmist.

Abb. 2

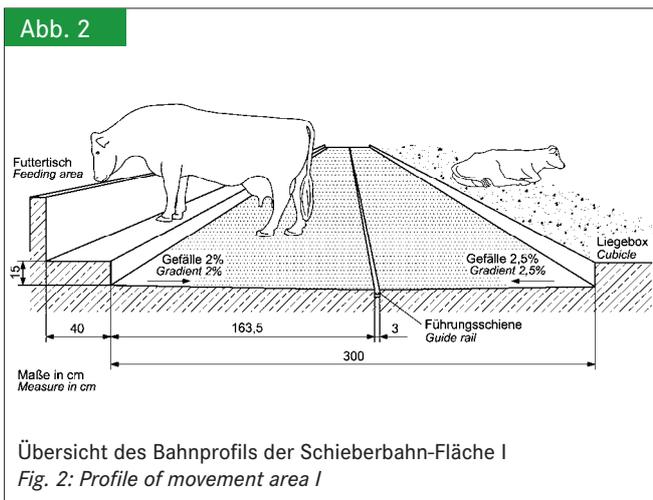


Abb. 3

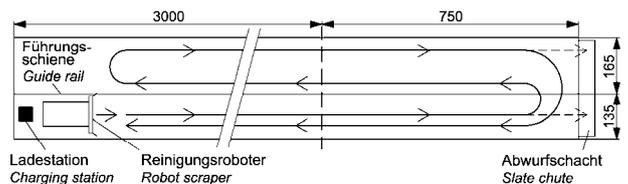


Das Gewicht betrug 455 kg, welches bis zu 60 % auf der Vorderachse lastete. Das Gerät war nach dem Dreiradsystem aufgebaut, wobei das Vorderrad zugleich als Antriebseinheit und Lenkung fungierte. Ein Elektromotor trieb das mittig angebrachte Rad an. Dieses konnte einen maximalen Lenkwinkel von 95 Grad zu jeder Seite einschlagen. Die Fahrgeschwindigkeit betrug bis zu 4 m pro Minute. Das Gerät orientierte sich im Schiebeprozess an Transpondern, die alle drei bis fünf Meter in den Boden eingelassen worden sind. Dies ermöglichte dem Gerät Fahrten in der Freifläche. Zusätzlich wurden die Seitenklappen mit einer Druckfeder nach außen gedrückt. Die Seitenklappen waren außerdem über ein Gestänge mit Sensoren verbunden, die wiederum bei einer Wandfahrt den Anfahrwinkel des Roboters zur Kante berechneten. Bei Automatikschaltung justierte das Gerät laufend den Lenkwinkel nach. So konnte ohne menschliches Eingreifen exakt an der Wand und in der Freifläche gefahren werden.

Die Ladestation für den Spaltenroboter wurde in die Nähe der Lauffläche positioniert, um die Wegezeiten nicht unnötig

zu verlängern. Sie diente als Startpunkt für die untersuchten Routenführungen. Um die anfallende Mistmenge zum Abwurfschacht zu transportieren, wurden mehrere Fahrrouten untersucht. Jede Route wurde ins System programmiert und alle 1,5 bis 2 Stunden über 3 Tage abgefahren. In **Abbildung 4** ist die Variante 1 abgebildet.

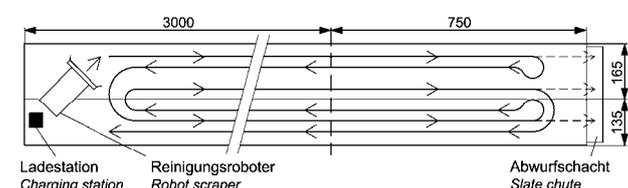
Abb. 4



Der Roboter schob den Flüssigmist an der Liegeboxenreihe vorbei in den Abwurfschacht. Danach folgte eine 180-Grad-Drehung und der Roboter fuhr zurück in den Stall. In der Höhe der Ladestation wurde ebenfalls gedreht und die folgende Fahrt wurde in Richtung Abwurfschacht, am Auftritt zum Futtertisch grenzend, durchgeführt. Die letzte Drehung erfolgte im Bereich des Abwurfschachtes mit dem Ziel die Startposition wieder einzunehmen.

Bei der Variante 2 wurde eine Umstellung der Fahrroute, nach dem Prinzip, dass der Roboter die gleiche Fahrspur beim Heraus- und Hereinfahren benutzt, vorgenommen (**Abbildung 5**). Zusätzlich wurde das Schildvolumen von 25 auf 75 kg Fassungsvermögen Flüssigmist vergrößert.

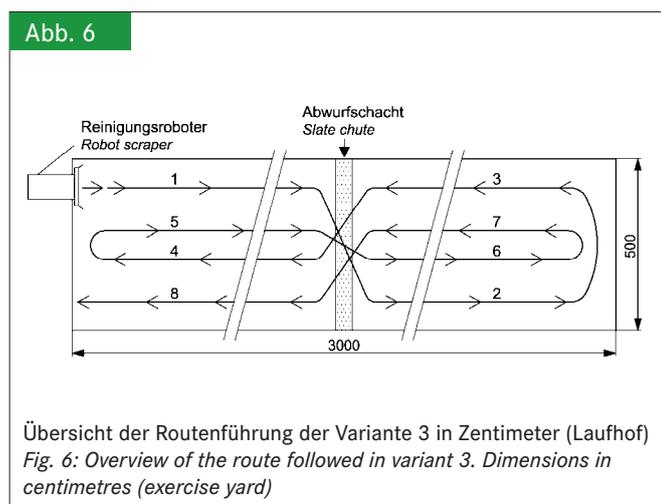
Abb. 5



Der Spaltenroboter wurde im dreireihigen Boxenlaufstall auf einer Nettofläche der Schieberbahn I von 85,5 m² eingesetzt. Diese Fläche setzte sich aus der gesamten Schieberbahn-Fläche I unter Abzug der Aufstellungsfläche des Roboters und

der Messfläche am Abwurfschacht zusammen. Zwölf Stunden pro Tag fanden Untersuchungen statt. Um den Reinigungsgrad der Lauffläche zu bestimmen, wurden die Mengen an Flüssigmist im Wendebereich mit und ohne Abwurfschacht und im Bereich des Laufganges, im Vergleich zur stationären Klappschieberanlage, erhoben.

Um die Einsatzmöglichkeit des mobilen Spaltenroboters auf ebenen und planbefestigten Laufhöfen zu testen, wurde ein vergleichender Versuch auf einer Nettofläche von 150 m² durchgeführt. Diese dritte Variante wurde auf einem funktionalen unüberdachten Laufhof mit angrenzender Liegeboxenreihe getestet. Das Schildvolumen wurde wie in der Variante 2 vergrößert. Der Flüssigmistanfall ist mit den Varianten 1 und 2 vergleichbar. Im Untersuchungszeitraum von 12 Stunden wurden insgesamt drei Reinigungsfahrten durchgeführt. Die Fahrtrouten wurden so gewählt, dass der Flüssigmist in den mittig liegenden Abwurfschacht geschoben wurde. Der Schacht war mit Gitterrosten abgedeckt. Die Routenführung des Roboters führte schräg über die querliegenden Gitterroste, um die gesammelte Mistmenge sicher abzuschieben (**Abbildung 6**).



Um den Reinigungsgrad der Lauffläche der Variante 3 zu bestimmen, wurden wie auch bei den Varianten 1 und 2 die Flüssigmistmengen im Bereich des Laufganges und im Wendebereich mit und ohne Abwurfschacht erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

In **Tabelle 1** sind die Ergebnisse des Vorversuches dargestellt.

Es konnte eine durchschnittliche Exkrementmenge von 59,8 kg FM pro Kuh mit einem Trockensubstanzgehalt von 12,1 % ermittelt werden. Die flüssige Phase konnte durch ein leichtes Gefälle abfließen, was zu relativ trockenem Flüssigmist führte. Der durchschnittliche Kotanfall pro Quadratmeter betrug 13,3 kg FM. Ein Grund für die gleichmäßige Verteilung der Exkrementmenge auf die Tag- und Nachtphase könnte die einmalige Fütterung in den Abendstunden und der Zeitpunkt des Melkens sein. Der Flüssigmist war auf der Fläche ungleich verteilt. Da erhöhte Kotansammlungen direkt an der Liegefläche der Tiefboxen aufraten, stellte die Entmistung hohe Ansprüche an das mobile Spaltenreinigungsgerät. Die Entmistung wurde durch eine vierstündige Ladephase, in der das Gerät nicht ab-schieben konnte, erschwert.

Durch die zeitlich gleichmäßige Verteilung der Exkrementmengen auf der Schieberbahn - Fläche I und aufgrund der Tierüberwachung wurde der Untersuchungszeitraum auf 12 Stunden pro Tag begrenzt. In der Variante 1 schob der Spaltenreinigungsroboter durch mehrmaliges Abschieben den Flüssigmist in Richtung Abwurfschacht. Diese Variante reinigte die Fläche nur ungenügend, da sehr viel Flüssigmist bei Rückfahrten und Wendemanövern im Stall verblieb. Bei der Variante 1 fielen im arithmetischen Mittel über die drei Versuchstage in 12 Stunden 700 kg Flüssigmist an. Die Standardabweichung betrug 31 kg und die Trockensubstanz 11 %. Es konnten nur knapp 57 % der anfallenden Flüssigmistmenge aus dem Stall transportiert werden.

Durch eine Umstellung der Fahrtrouten der Variante 2 nach dem Prinzip der gleichen Fahrspur beim Heraus- und Her-

Tab. 1

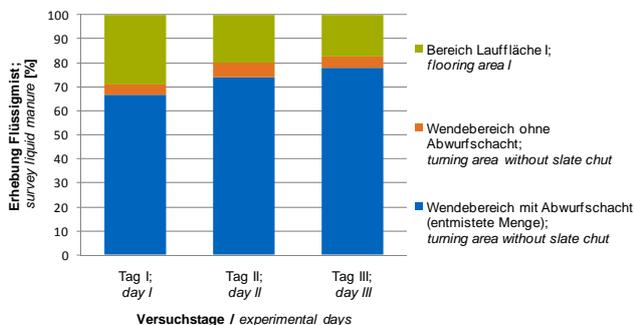
Übersicht des Flüssigmistanfalles in 24 Stunden

Table 1: Overview of liquid manure production over 24 hours

	Kotanfall Nachtphase Excrement amount night	Kotanfall Tagphase Excrement amount day	Kotanfall/24 Stunden Excrement amount/24 hours	Kotanfall/Fläche Excrement amount/area
	kg FM	kg FM	kg FM	kg FM/m ²
Fläche I Area I	559,9	567,7	1 127,6	13,2
Fläche II Area II	526,4	534,9	1 061,3	20,2
Fläche III Area III	28,9	54,3	83,2	2,5
Kotanfall gesamt Liquid manure total	1 115,2	1 156,9	2 272,1	13,3

einfahren des Spaltenroboters, sowie ein vergrößertes Schild, konnten die Restmengen an Flüssigmist im Stall erheblich minimiert werden (**Abbildung 7**).

Abb. 7



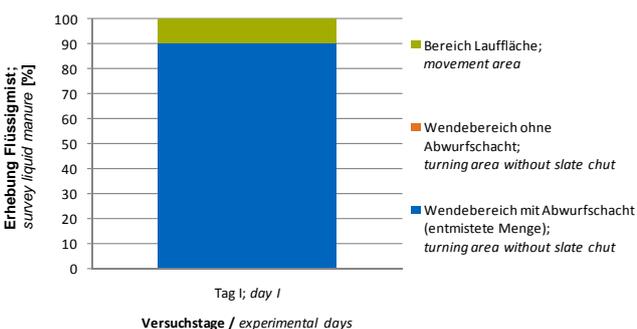
Reinigungsergebnis der Variante 2 in Prozent (Schieberbahn-Fläche I)
Fig. 7: Cleaning results in percent for variant 2 (scraper track area I)

Im Durchschnitt der drei Tage fielen 673 kg Flüssigmist mit einer Standardabweichung von 49,4 kg an. Im arithmetischen Mittel wurden 491,4 kg Flüssigmist aus dem Stall transportiert. Dementsprechend wurden bis zu 75 % des Flüssigmistanfalles in den Abwurfschacht geschoben. Auf der Lauffläche verblieben im Durchschnitt 21 % des täglichen Mistanfalles. Nicht erfasste Mengen sammelten sich vor allem im Bereich der U-Schiene des stationären Entmistungssystems. Dieser Bereich konnte aufgrund des starren Schiebeschildes nur sehr schwer erreicht werden. Bis zu 4 % Flüssigmist verblieb durch Kehrtwendungen im Wendebereich ohne Abwurfschacht, nahe der Ladestation.

In Variante 3 fielen in 24 Stunden 650 kg Flüssigmist auf dem Laufhof an. Diese Menge entsprach fast der Menge des Laufganges.

Fast 90 % der anfallenden Flüssigmistmenge wurde durch den mobilen Spaltenreinigungsroboter in den Abwurfschacht geschoben (**Abbildung 8**); 79,8 kg verblieben an den jeweiligen

Abb. 8



Reinigungsergebnis der Variante 3 in Prozent (Laufhof)
Fig. 8: Cleaning results in percent of variant 3 (exercise yard)

Enden des Laufhofes. In diesem Bereich wurden die Richtungsänderungen durchgeführt.

Es zeigte sich, dass das Eigengewicht des Roboters genug Anpressdruck an den Boden bietet, um große Kotmengen transportieren und die Flächen reinigen zu können.

Das Tierverhalten wurde in allen Versuchen beobachtet. Nach einer Eingewöhnungsphase nahmen die Tiere den Spaltenroboter an und wichen dem herannahenden Gerät aus. Die gereinigten Flächen wurden von den Tieren häufiger aufgesucht und höher frequentiert.

Schlussfolgerungen

- Der eingesetzte Spaltenreinigungsroboter ist funktionssicher und seine Schubkraft kann sowohl auf perforierten als auch auf planbefestigten Stallböden eingesetzt werden.
- Die Dimensionierung des Schildes, die Gestaltung der Fahrroue und die Position der Abwurfschächte haben Auswirkungen auf den Reinigungsgrad der Fläche.
- Je größer das Schildvolumen ist, desto weniger Überfahrten müssen pro Quadratmeter Fläche erfolgen; wobei die Größe des Schildes die Flexibilität beeinflusst.
- Weitere Untersuchungen zur Klärung der noch ausstehenden Fragen werden angestrebt.

Literatur

- [1] Alsing, I. (2002): Lexikon Landwirtschaft. Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag, 3. Aufl., S. 442
- [2] Weiß, J.; Pabst, W.; Strack, K.; Granz, S. (2005): Tierproduktion. Stuttgart, Parey Verlag 13. Aufl.
- [3] Fiedler, A.; Maierl, J.; Nuss, J. (2004): Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes. Stuttgart, Schattauer Verlag
- [4] Schick, M. (2010): Steigerung der Effizienz in der Milchviehhaltung, Optimierung arbeitswirtschaftlicher Arbeitsabläufe im Betrieb. ALB-Fachtagung, Hohenheim Stuttgart
- [5] Steiner, B.; Keck, M. (2000): Stationäre Entmistungsanlagen in der Rinder- und Schweinehaltung, Technische Ausführungsdetails und die richtige Handhabung entscheiden über die Funktionssicherheit. FAT-Bericht 542/2000, Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Tänikon-Schweiz (FAT)

Autoren

M. Sc. Stefan Sagkob ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan, E-Mail: stefan.sagkob@wzw.tum.de

B. Sc. Josef Niedermeier absolviert das Masterstudium am Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Technische Universität München.

Prof. Dr. Heinz Bernhardt ist Leiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München.