

Arbeitswirtschaftliche Optimierung von Fütterungsverfahren

Anne Grothmann¹, Franz Nydegger¹, Matthias Schick¹, Carlo Bisaglia²

¹ Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen
E-mail: anne.grothmann@art.admin.ch

² Cra-Ing, Laboratorio di ricerca di Treviso, I 24047 Treviso

Keywords: Automatische Fütterung, Milchvieh, Stand der Technik, Arbeitszeitbedarf

Abstract

Neue Fütterungstechniken ermöglichen, mit Hilfe von Futterbändern, schienengeführten oder selbstfahrenden Fütterungsrobotern die Grundfütterung oder eine Mischration aus Grund- und Kraftfutter mehrmals täglich automatisch vorzulegen. Die automatische Fütterung soll laut Hersteller eine deutliche Arbeitsentlastung, eine bessere Futterhygiene, sowie weniger Futterverluste ermöglichen.

ART führte eine Erhebung und Arbeitszeitmessungen auf Betrieben mit automatischer Fütterung durch. Ziel war es, zu zeigen, welche Systeme auf dem Markt existieren und ob sie die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen.

Die Erhebung erfolgte auf Praxisbetrieben durch die Befragung mittels eines strukturierten Fragebogens. Die Erfassung der Arbeitszeitdaten erfolgte in Form von direkten Arbeitsbeobachtungen. Daraufhin wurden die Ergebnisse in Bezug auf den Arbeitszeitbedarf der entsprechenden Fütterungsverfahren und verschiedenen Herdengrößen miteinander verglichen (60 und 120 Tiere).

Dabei zeigte sich, dass verschiedenste Techniken auf dem Markt vorhanden sind, die eine Automatisierung der Fütterung erlauben. Aktuell werden schienengeführte Fütterungssysteme am Häufigsten in der Praxis genutzt, aber auch Bandfütterungsanlagen und selbstfahrende Futterwagen werden eingesetzt. Die Anzahl der eingesetzten Futterkomponenten variiert ebenso stark wie der angegebene Zeitbedarf.

Die Arbeitszeitmessungen ergaben, dass der Einsatz von AFS Arbeitszeit spart und eine höhere Flexibilität erreicht wird. Eine deutliche Reduzierung der Arbeitszeit im Vergleich zu konventioneller Futtervorlage mit Futtermischwagen kann aber nur im Falle einer grösseren Herde erwartet werden.

Der Arbeitszeitbedarf bei AFS hängt stark von der Entnahmetechnik und den Entfernungen zur Futterlagerung ab.

1. Problemstellung

Die automatische Fütterung von aufgewerteten Mischrationen und Totalmischrationen gewinnt bei der Milchviehhaltung in letzter Zeit immer mehr an Bedeutung. In wirtschaftlich schwierigen Zeiten überdenken viele Landwirte ihr Management und versuchen hohe Tierleistungen bei niedrigen Produktionskosten zu erreichen.

Die Fütterung der Tiere beansprucht auf einem Milchviehbetrieb ca. 25 % des gesamten Arbeitszeitbedarfs (Schick, 2006). Damit liegt der Arbeitszeitbedarf für das Füttern an zweiter Stelle nach dem Melken. In den letzten rund 30 Jahren hielten verfahrenstechnische Hilfsmittel wie Futtermischwagen (FMW), Entnahme- Transport und Verteilgeräte (ETV) und Ballenauflösegeräte zur Futtervorlage Einzug. Auch das anschließende periodische Futternachschieben kann mit verschiedenen Nachschiebegeräten erfolgen. Während beim Nachschieben und der Kraftfutterzuteilung bereits vollautomatische Verfahrenstechniken vorhanden sind, ist für das Vorlegen mit den aufgeführten Geräten meist noch eine Bedienungsperson notwendig.

2. Material und Methoden

2.1. Erhebung zum Stand der Technik

Der erste Teil des Projektes, eine Erhebung zum Stand der Technik, fand im Herbst 2008 auf 18 Praxisbetrieben mit automatischen Fütterungssystemen (AFS) statt. Ziel der Erhebung war es, die Umsetzung der automatischen Fütterungssysteme verschiedener Hersteller auf den Betrieben durch Befragung des Landwirts mit Hilfe eines strukturierten Fragebogens zu erfassen und darzustellen.

Die Praxisbetriebe (Anzahl in Klammern) wurden in Zusammenarbeit mit den Firmen Cormall (3), DeLaval (2), Mullerup (5), Pellon (1), Rovibec (4) und Trioliet (3) ausgewählt. Bei einem Besuch auf dem Betrieb wurde der Betriebsleiter mittels eines strukturierten Fragebogens zu Bereichen der technischen Umsetzung und Fütterungsmanagement befragt.

Der Fragebogen war in folgende Bereiche gegliedert:

- Angaben zum Betrieb
- Fütterung und Futterlagerung
- Mechanisierung der Fütterung
- Hygiene
- Gebäude
- Motivation für den Einsatz eines automatischen Fütterungssystems
- Erfahrungen und Auswirkungen des automatischen Fütterungssystems

2.2. Arbeitszeitmessungen

Der zweite Teil des Projektes konzentrierte sich auf die Erhebung von Arbeitszeiten beim Einsatz eines automatischen Fütterungssystems.

Die Erfassung der Arbeitszeitdaten fand in Form von Arbeitsbeobachtungen auf der Elementebene statt. Die Zeitmessung erfolgte mittels Pocket PC und einer Zeiterfassungssoftware bei der direkten Beobachtung der Arbeitsabschnitte auf vier Betrieben mit schienengeführten automatischen Fütterungssystemen (AFS) in Deutschland.

Die Daten wurden in eine Planzeitdatenbank eingegeben und in das Modellkalkulationssystem PROOF integriert. Danach wurden grundlegende Annahmen für ein Modell festgelegt und der Arbeitszeitbedarf für die zwei Betriebsvarianten (60 und 120 Tiere) und der Nutzung von Futtermischwagen (FMW) oder AFS der Arbeitszeitbedarf berechnet.

Das Modell basierte dabei auf folgenden Annahmen:

- 2 Betriebsvarianten (60 und 120 Tiere)
- Tägliche Silageentnahme und Futtertischreinigung beim FMW und AFS
- Die Herde mit AFS wird in 2 laktierende Gruppen unterteilt, beim FMW findet keine Gruppenbildung statt
- Bei Futtervorlage mit FMW: Futternachschub dreimal am Tag (entfällt beim AFS vollständig)
- Programmierungen (Ration) wird beim AFS 1- mal pro Woche, beim FMW 2- mal pro Jahr durchgeführt
- Ration besteht insgesamt aus fünf Grundfutterkomponenten

2.3. Berechnung der jährlichen Kosten

Auf Basis der Arbeitszeitmessungen und der Modellierung der Arbeitszeiten für Betriebe mit Herdengrößen von 60 und 120 Tieren wurden Berechnungen zu den jährlichen Kosten durchgeführt.

Auf Grundlage des Leistungsbedarfes, dem Arbeitszeitbedarf und den Baukosten wurden die jährlichen Kosten für AFS und Futtermischwagen berechnet.

Dabei erfolgten folgende Annahmen:

- Neubau des Stalls
- Nutzungsdauer Stall: 20 Jahre
- Nutzungsdauer Futtertechnik: 12 Jahre
- AFS erstellt bei 60 Tieren 11 mal am Tag eine neue Mischung (Laktierende 6 Fütterungen, Jungvieh 3 Fütterungen, Trockensteher 2 Fütterungen/Tag)
- AFS erstellt bei 120 Tieren 22 mal am Tag eine neue Mischung (2 Gruppen „Laktierend“ je 8 Fütterungen, Jungvieh: 3 Fütterungen, Trockensteher: 3 Fütterungen/Tag)
- Beim Futtermischwagen wird 1-mal (60 Tiere) bzw. 2-mal (120 Tiere) am Tag Futter vorgelegt
- Maschinenbesatz:
 - AFS: Teleskoplader (50 kW) mit Schneidezange, AFS (schienengeführter TMR Roboter, 5 Vorratsbehälter für Grundfutter)
 - FMW: Teleskoplader (50 kW) mit Schneidezange, Traktor (4 Radantrieb, 50 kW), Futterfräs- und Mischwagen mit Waage 12m³

3. Ergebnisse

3.1. Erhebung zum Stand der Technik

Bei der automatischen Fütterung existieren verschiedene verfahrenstechnische Ansätze. Dazu zählen Futterbänder, selbstfahrende und schienengeführte Futterwagen (Abb.1). Bei der Nutzung von automatischen Fütterungssystemen ist das Zusammenspiel der einzelnen Elemente von der Futterlagerung bis zum Futtertisch wichtig.

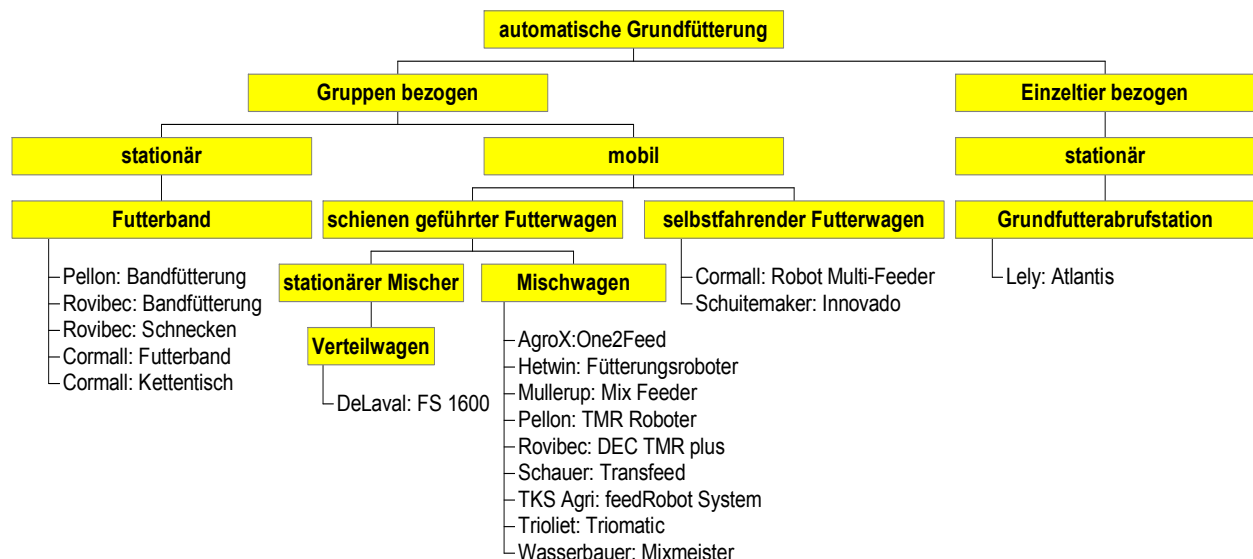


Abb.1 : Systematik automatische Fütterungssysteme

Zu einer stationären und schon länger in der Praxis genutzten Lösung zählen Futterbänder. Ein pflugartiger, diagonal angeordneter Abstreifer schiebt das Futter vom Förderband oberhalb des Futtertisches ab.

Hochsilofräsen, Untenentnahmefräsen mit nachgeschaltetem Förderband oder Ballenauflöser beschicken das Förderband automatisch. Zwischengeschaltete Mischbehälter ermöglichen auch bei Flachsiloanlagen einen hohen Automatisierungsgrad. Mit dem Kettentisch existiert ein weiteres stationäres System. Es besteht aus einem schmalen

Futtertisch mit einer Kette von Mitnehmern. Ein Futterband fördert das Futter von den Vorrats- oder Mischbehältern auf den Futtertisch.

Zu den mobilen Systemen der automatischen Fütterungstechnik zählen die selbstfahrenden Futterwagen. Der «Robot Multi Feeder» der Firma Cormall fährt und füttert vollautomatisch. Der Roboter wird über einen im Boden eingelassenen Induktionsdraht und einen Sensor gesteuert. Mehrere stationäre Mischbehälter beschicken automatisch den Verteilwagen über Dosierwalzen (Abb. 2).



Abb. 2: Futterbänder legen einzelne Futterkomponenten oder Mischungen vor. Sie sind entweder über Kopfhöhe (links und Mitte) oder in der Krippe (rechts) angebracht. Sie sind entweder bei Neuerstellung direkt einbau- (links und Mitte) oder nachrüstbar.

Schienengeführte Fütterungswagen stellen den Mittelweg zwischen stationären sowie mobilen Fütterungssystemen dar (Abb. 3). Hierbei handelt es sich um einen an einer Schiene aufgehängten Futterbehälter mit Wiegeeinrichtung. Die Stromversorgung ist über Akkus, Schleppkabel oder eine Versorgungsschiene mit Schleppkontakten sichergestellt.

Die Steuerung (Häufigkeit der Futtevorlage, Rationszusammensetzung etc.) erfolgt meist über einen Prozessrechner direkt am Futterbehälter. Die Beschickung findet hier an stationären Vorrats- oder Mischbehältern in der Nähe des Futtertischs statt. Im Allgemeinen sind bei schienengeführten Systemen Verteil- und Futtermischwagen zu unterscheiden.

Verfahren mit Flachsiloanlage bedürfen in der Regel ein Zwischenlager von mindestens einem Tagesbedarf. Bei automatischer Hochsiloentnahme kann darauf verzichtet werden.

Eine genaue Beschreibung der Systeme erfolgte in dem ART- Bericht 710 (Nydegger & Grothmann, 2009).



Abb. 3. Schienengeführtes, automatisches Fütterungssystem mit Vorratsbehälter

Die erfassten Betriebe setzen die automatische Fütterung seit mehreren Monaten oder Jahren ein. Die Betriebsgrößen lagen zwischen 28 und 390 Milchkühe mit 18 bis 640 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche. Der grösste Betrieb liegt in Dänemark mit einem Milchkontingent von 3,6 Mio. Kilogramm Milch. Zwei Schweizer Betriebe mit automatischer Fütterungstechnik halten ihre Kühe in Anbindeställen. Die durchschnittliche Milchleistung liegt zwischen 8000 und 9000 Kilogramm pro Jahr. Auf den meisten Betrieben (16 Betriebe) ist die Rasse Holstein Friesian dominierend, gefolgt von Red Holstein, Brown Swiss und Braunvieh.

Die Betriebe füttern bis zu zehn Futterkomponenten automatisch. Am Häufigsten werden Gras- und Maissilage, gefolgt von Heu und Soja in den Rationen eingesetzt. Insgesamt vier Betriebe teilten ihre laktierenden Milchkühe in Fütterungsgruppen ein.

Die maximale Anzahl der Futtervorlagen liegt bei 13 pro Tag. Im Mittel der Betriebe wird das Futter 7,2-mal am Tag neu vorgelegt. In 16 Fällen lagerte das Futter im Flachsilos (Gras- und Maissilage). Heu und Stroh lagerten überwiegend als Quaderballen. Nur drei Betriebe brachten ihr Heu lose auf den Heustock ein. Sieben Betriebe legten bereits vor dem Einbau einer automatischen Fütterungsanlage eine Total-Misch-Ration mit Fräsmisch- oder Futtermischwagen vor.

Die erste Futtervorlage fand auf drei Betrieben um 3 Uhr, auf drei Betrieben zwischen 4 und 5 Uhr und bei acht Betrieben zwischen 6 Uhr und 7 Uhr morgens statt.

Die letzte Fütterungszeit lag zwischen 17 Uhr und 2 Uhr nachts. Acht Betriebe legten den Tieren zwischen 21 Uhr und 22 Uhr die letzte Mahlzeit vor. Nur ein Betrieb fütterte auch die ganze Nacht durch. Sieben Betriebe fütterten tagsüber in regelmäßigen Intervallen, die sich zwischen 120 und 240 Minuten bewegten.

Neun der erfassten Betriebe haben das automatische Fütterungssystem nachträglich in einen bestehenden Stall integriert. Betriebe mit Totalmischration (TMR) ohne zusätzliche individuelle Ergänzungsfütterung oder mit Leistungsgruppen stellen eine Ausnahme dar. Bei der Anzahl der verwendeten Futterkomponenten treten, wie beim Zeitbedarf, große Unterschiede auf. Der Arbeitszeitbedarf für automatische Fütterungssysteme hängt im Wesentlichen von der Entnahmetechnik, der Entfernung zum Futterlager und der Siloform ab, das Futternachschieben entfällt bei einigen Systemen vollständig.

Als Hauptgrund für ein automatisches Fütterungssystem gaben 14 der 19 Betriebe die Arbeitsentlastung und die Zeitersparnis an. Des weiteren führten stallbauliche Gründe zum Einbau eines automatischen Fütterungssystems. Die automatischen Fütterungssysteme nehmen im Stall weniger Fläche in Anspruch. Indem der Futtertisch bei Neubauten schmaler gestaltbar ist (2-2,5 m) werden Baukosten eingespart. Mit einem AFS kann der Futtertisch deutlich kleiner dimensioniert werden, als bei einer Fütterung mit dem Futtermischwagen. Einige Landwirte nutzten den gewonnen Platz zur Erweiterung von Liege- und Laufflächen.

Auch die gesteigerte Flexibilität der Arbeitsplanung und die präzisere Fütterung der Herde, indem Rationen gruppenspezifischer zusammensetzbar sind, werden genannt.

Zuverlässigkeit und Funktionalität wird bei allen Befragten mit gut bis sehr gut bewertet. Sie benoten die Bedienbarkeit überwiegend mit gut bis sehr gut. Mängel fanden sich teilweise bei zu kleinen Displays an den Fütterungsrobotern und bei der langen Einarbeitungsphase. Die Übersichtlichkeit des Steuerungsrechners stuften die Landwirtinnen und Landwirte als gut bis durchschnittlich ein. Bei Systemen ohne Messer im Mischer kann es zu Schwierigkeiten bei zu langem Futter kommen.

Nach der notwendigen Einarbeitungszeit haben sich auf allen Betrieben die Erwartungen an das Fütterungssystem vor allem in Bezug auf die Arbeitszeitreduktion und Flexibilität erfüllt.

Einige Bedenken wurden allein zur Sicherheit, speziell im Hinblick auf Kinder, ungeachtet existierender Notstop- und Abschaltfunktionen geäußert.

Dass die automatische Fütterung nicht nur für Rindviehbetriebe in Frage kommt, zeigte sich auf einem niederländischen Betrieb mit 2500 Milchziegen.

3.2. Arbeitszeitbedarf

Die Daten der Arbeitszeitmessungen wurden ausgewertet und mit konventioneller Futtermischwagenfütterung verglichen. Hier zeigt sich das Potenzial von Arbeitszeiteinsparung auf Milchviehbetrieben, wenn die richtige Fütterungstechnik eingesetzt wird.

Die Modellierung der Arbeitszeiten zeigt, dass Betriebe mit 60 Tieren und AFS 50.6 AKmin und mit 120 Tieren 65.2 AKmin pro Tag für die Fütterung aufwenden. Dies schliesst den Arbeitszeitbedarf für Rationsmanagement, tägliche Befüllung der Vorratsbehälter und tägliche Reinigung des Futtertisches ein.

Um die gleiche Herde mit einem Futtermischwagen inklusive Futtervorlage und Futternachschub zu versorgen, müssen für 60 Tiere 65.1 AKmin oder bei 120 Tieren 113.4 AKmin pro Tag kalkuliert werden.

Mit 48.2 AKmin/Tag Arbeitszeiterparnis treten beim Befüllen der Vorratsbehälter bzw. des Futtermischwagens für 120 Tieren deutliche Unterschiede zugunsten des AFS auf. Zusätzlich entfällt der Zeitbedarf für die Futtervorlage beim AFS vollständig (Abb. 4).

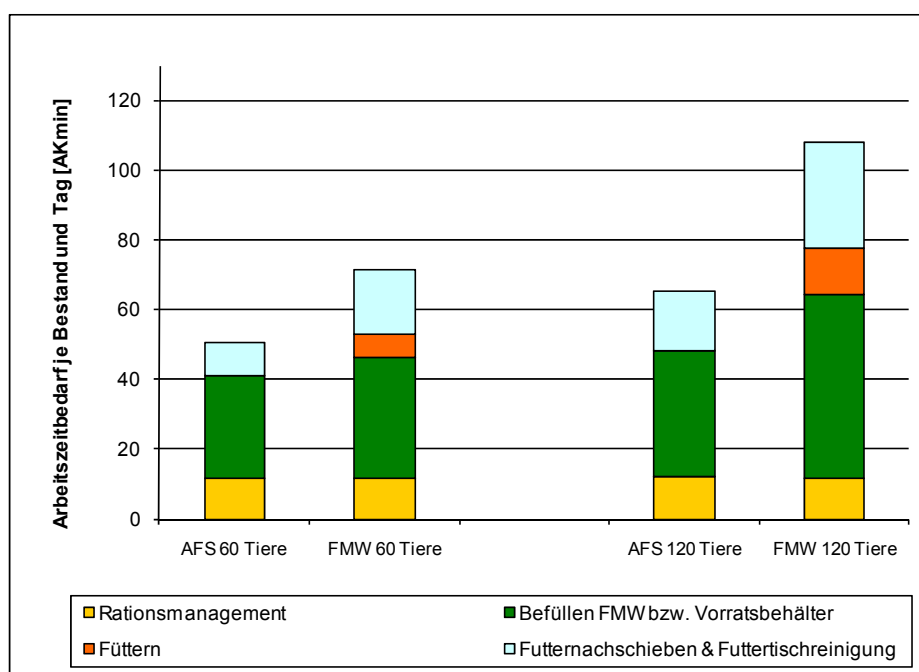


Abb. 4: Vergleich des täglichen Arbeitszeitbedarfs zwischen automatischen Fütterungssystemen (AFS) und Futtermischwagen (FMW)

3.3. Investitionsbedarf und jährliche Kosten

Die jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten bei der Fütterung mit AFS belaufen sich auf 30'774 Euro bei einer Herde mit 60 Tieren und 31'149 Euro bei einer Herdengrösse von 120 Tieren (Tabelle 1).

Wird dieselbe Herde mit dem Futtermischwagen versorgt, müssen 25'400 Euro für 60 Tiere und 37'138 Euro bei 120 Tieren veranschlagt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei 60 Tieren die jährlichen Kosten bei der Nutzung einer automatischen Fütterung deutlich höher sind. Die Kostensteigerung bei einer Verdopplung der Herdengrösse ist bei AFS im Vergleich zum Futtermischwagen aber sehr gering. Die jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten für die Versorgung von 120 Tieren fallen bei AFS deutlich geringer aus.

Tab. 1. Vergleich der jährlichen Kosten bei automatischer Fütterung (AFS) und Futtermischwagen (FMW)

	FMW 60 Tiere	AFS 60 Tiere	FMW 120 Tiere	AFS 120 Tiere
Minderkosten Stallgebäude Euro/Jahr	-	3'600	-	7'200
Tot. Arbeits- und Maschinenkosten Euro/Tag	69,59	84,31	101,75	85,34
Tot. Arbeits- und Maschinenkosten Euro/Jahr	25'400	30'774	37'138	31'149

4. Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass automatische Fütterungssysteme nicht nur auf Betrieben mit großer Bestandsgröße und hoher Milchleistung genutzt werden. Zwar ist die Verbreitung der automatischen Fütterung zum großen Teil noch auf Skandinavien, Dänemark und die Niederlande konzentriert, doch steigt das Interesse auch in anderen Ländern deutlich an. Die Landwirte gaben an, eine erhöhte Arbeitsflexibilität und eine deutliche Arbeitserleichterung durch das automatische Fütterungssystem zu erreichen. Zudem bewirkt eine automatische Fütterungsanlage eine Einsparung von Arbeitszeit. Bedienung und Zuverlässigkeit wurden von den meisten Landwirten sehr positiv bewertet. Zusätzlich gaben die Landwirte an, dass im Stall ein geringeres Problem mit Rankkämpfen zwischen den Tieren besteht und insgesamt weniger Futtermittelverluste auftreten.

Es erfolgen auf den Betrieben zwischen ein und 13 Futtervorlagen am Tag mit bis zu zehn verschiedenen Futterkomponenten.

Die Nutzung von automatischen Fütterungssystemen kann Arbeitszeit einsparen und die Flexibilität steigern. Eine deutliche Einsparung der Arbeitszeit ist aber, im Vergleich zu konventionellen Futtermischwagen, nur bei größeren Herden zu erwarten. Es zeigte sich, dass eine klare Reduktion der Arbeitszeit mit Herden von 60 Tieren nicht möglich ist, sich die Flexibilität des Betriebsleiters aber signifikant vergrößert.

Dies stützt entsprechende Aussagen der Landwirte in der vorher durchgeführten Erhebung (Nydegger & Grothmann, 2009). In einem simulierten Vergleich der Arbeitszeiten zwischen AFS und Futtermischwagen kommen Bisaglia et al. (2008) auf ein ähnliches Ergebnis. Bei Annahme einer Herde mit 150 Milchkühen liegt die tägliche Arbeitszeiteinsparung mit AFS bei 100 Minuten (Abb. 5).

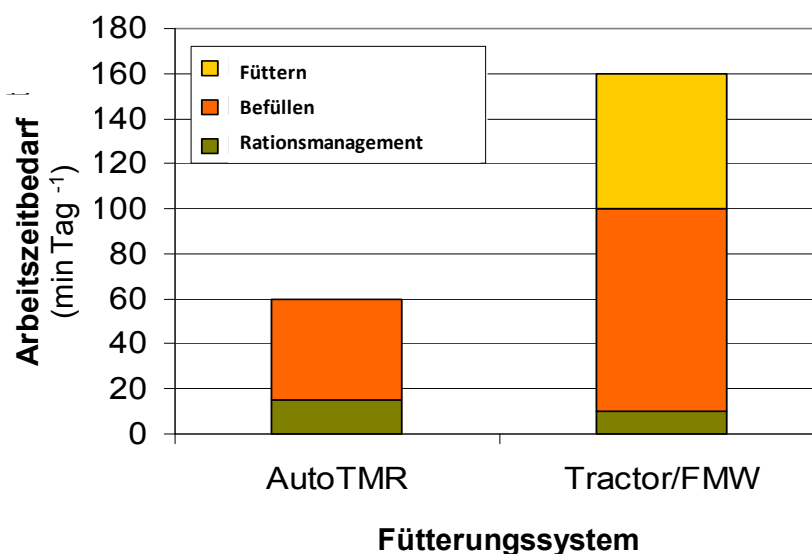


Abb. 5: Täglicher Arbeitszeitbedarf (Bisaglia et al., 2008)

Mit Hinblick auf die relativ hohen Investitionskosten für AFS (ca. 80.000 - 170.000 €), muss die Wirtschaftlichkeit für jeden Betrieb individuell ermittelt werden. Die Berechnung der jährlichen Arbeits- und Maschinenkosten zeigen, dass bei einer Herdengröße von 60 Tieren die Kosten für eine automatische Fütterung deutlich über denen der Futtermischwagen liegt. Bei einer Verdoppelung der Tierzahl steigen die jährlichen Kosten bei AFS eindeutig geringer und somit im Ganzen günstiger wird, als die Futtervorlage mit Futtermischwagen.

Darüber hinaus sollten möglichst alle Fütterungsgruppen inklusive Trockensteher und Jungtiere damit gefüttert werden können. Die Vorratsbehälter für die verschiedenen Futterkomponenten, insbesondere Raufutter, machen einen wesentlichen Anteil der Investition aus. Die Anzahl an eingesetzten Grundfutterkomponenten beeinflussen die Investitionskosten daher erheblich. Grundsätzlich ist ein AFS eine gute Möglichkeit den Arbeitszeitbedarf und die körperliche Arbeitsbelastung in der Milchviehhaltung zu optimieren.

Viele Betriebsleitende stellten fest, dass bei den Tieren deutlich weniger Stress auftritt. Rangniedere Tiere können ihrer Einschätzung nach dank des täglich mehrmaligen Fütterns auch bei mehr als einem Tier pro Fressplatz mehr und besseres Futter aufnehmen. Einige Betriebe mit automatischen Melksystemen stellen eine steigende Anzahl Melkungen pro Tag fest. Als Grund wird die höhere Aktivität der Herde durch das mehrmalige Füttern am Tag vermutet.

5. Ausblick

Ein Einfluss einer erhöhten Fütterungsfrequenz auf die Leistung, die Milchinhaltsstoffe und das Verhalten ist, besonders im Zusammenhang mit dem automatischen Fütterungssystem, noch nicht endgültig geklärt. Trotz des starken Anstiegs der Anzahl an automatischen Fütterungssystemen in der Praxis sind kaum gesicherte Daten zu den Auswirkungen dieser Anlagen vorhanden. Aus diesem Grund wird an der Forschungsanstalt ART in Tänikon zur Zeit ein Projekt zur Untersuchung der Einflüsse von AFS auf das Tier und den Mensch durchgeführt. Ziel ist, die Einflüsse der automatischen Fütterungssysteme auf das Tier und den Landwirt zu quantifizieren und dabei Werte für den tiergerechten und wirtschaftlichen Betrieb der Systeme zu definieren.

6. Literatur

Bisaglia C. et al. (2008): A simulated comparison between investment and labour requirements for a conventional mixer feeder wagon and an automated total mixed ration system; CRA-Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, Treviglio.

Gazzarin, C., Albisser Vögeli, G. (2010): Maschinenkosten 2010. Mit Kostenansätzen für Gebäudeteile und mechanische Einrichtungen; ART-Bericht (733), 2010, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.

Nydegger F. & Grothmann, A. (2009): Automatische Fütterungssysteme – Erhebung zum Stand der Technik. ART-Bericht 710, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.

Schick, M. (2006): Dynamische Modellierung landwirtschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsplanung. Habilitationsschrift. Universität Hohenheim.