



"Energie- und arbeitszeitsparende Investitionen in der Milchviehhaltung"

Zukunftsweisende Fütterungstechnik im Milchviehbetrieb

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Dr. Bernhard Haidn

ALB-Hessen
Bad Hersfeld, 01. März 2021

Gliederung

- **Einleitung**
- **Stufen der Automatisierung der Fütterung**
- **Stand der Technik**
 - Aktuelle Entwicklungen
 - Arbeitssicherheit
 - Misch-/Verteilgenauigkeit
 - Digitalisierung der Fütterung
- **Aspekte zur Wirtschaftlichkeit**
 - Investitionsbedarf
 - Wartung- und Reparaturkosten
 - Arbeitszeitbedarf
 - Energiekosten
- **Bedeutung einer automatischen Fütterung für die Kuh**
- **Schlussfolgerungen & Zusammenfassung**

Einleitung

□ Struktur der Milchviehhaltung (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2022)

Betriebe	BR Deutschland		Bayern		Hessen	
	≥ ... Milchkühe	Haltungen	Tiere	Haltungen	Tiere	Haltungen
Alle	53.677	3.817.321	24.644	1.082.827	2.270	124.436
<50	28.602	595.543	15.983	369.622	1.362	21.427
≥50	25.075	3.221.778	8.661	713.205	908	103.009
≥100	10.668	2.207.013	1.649	230.349	392	66.011
≥200	2.992	1.171.783	124	35.488	78	23.619
≥500	578	477.946	6	5.236	5	3.404

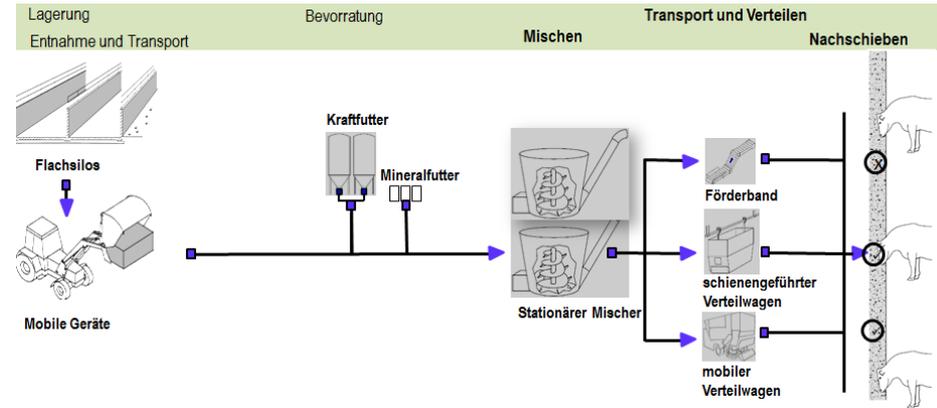
Einleitung

- ❑ Struktur der Milchviehhaltung
- ❑ Viele Entscheidungen des Landwirts
 - Arbeitswirtschaft
 - Tierschutz-, Umweltauflagen
 - Entwicklung der Produktpreise (Schwankungen) → Preisdruck
 - Tradition, Familie, Dorfverbund, Einkommenssicherung, langfristige Investition, sich schnell ändernde Rahmenbedingungen
- ❑ Triebfeder dieser Entwicklung ist der „Technischer Fortschritt“
- ❑ Zauberwort „Digitalisierung“
Viele Möglichkeiten, Verunsicherung
- ❑ Automatisierung
Melken, Laufflächenreinigung, Füttern, Einstreuen, Tierüberwachung

Stand der Technik

Stufen der Automatisierung

Automatisches Vorlegen



© LfL-Bayern, Haidn

Vorteile

- Automatisiertes mehrmals tägliches Füttern einer Leistungsgruppe
- Geringere zeitliche Bindung für das Füttern als bei Standardmechanisierung
- Kein Zwischenlager → Kosteneinsparung

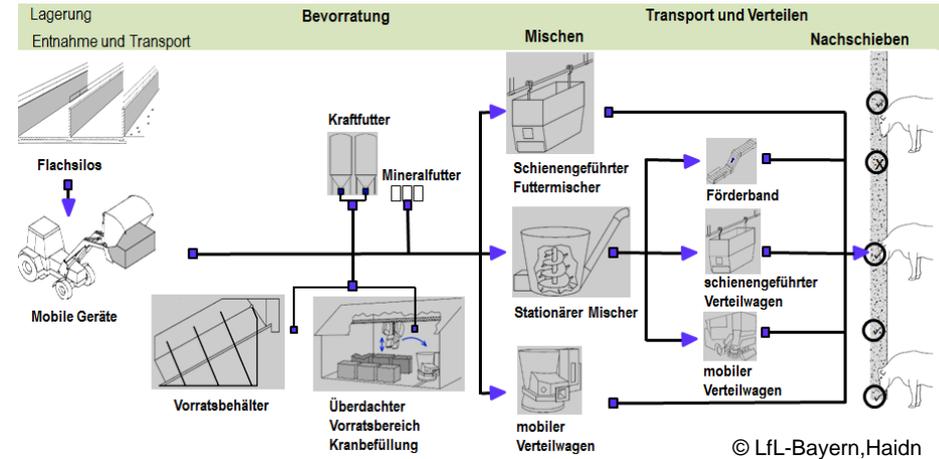
Nachteile

- Keine automatische Erstellung der Futtermischung
- Zeitliche Bindung für Mischungserstellung
- Futtermischung verbleibt längere Zeit im Mischer → Futtermittelfergerb?

Stand der Technik

Stufen der Automatisierung

- Automatisches Vorlegen
- Automatisches Mischen und Vorlegen



Vorteile

- Automatisiertes mehrmals tägliches Füttern aller Leistungsgruppen
- Keine zeitliche Bindung für das Füttern
- Jeweils frische Mischung mit Einzelkomponenten aus Zwischenlagern
- Günstiger Energieverbrauch

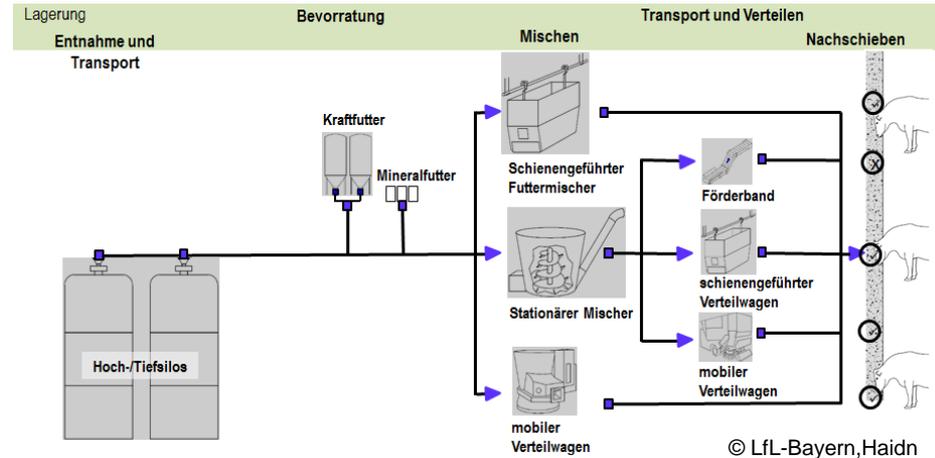
Nachteile

- Zwischenlager → Hohe Kosten, Futtermittelferderb
- Keine Vollautomatisierung
- Doppelmechanisierung

Stand der Technik

Stufen der Automatisierung

- Automatisches Vorlegen
- Automatisches Mischen und Vorlegen
- Automatische Entnahme, Mischen und Vorlegen



Vorteile

- Vollautomatisiertes mehrmals tägliches Füttern aller Leistungsgruppen
- Keine zeitliche Bindung für Futterbereitstellung und Füttern
- Jeweils frische Mischung direkt aus Silos (kein Zwischenlager)
- Gute Futterqualität

Nachteile

- Hoher Investitionsbedarf für Hoch-/Tiefsilos
- Hoher Elektro-Energieverbrauch (Entnahmefräsen, Saug- Druckgebläse) ?
- Geringe Kapazitäten bei der Futtereinlagerung

Stand der Technik

□ Aktuelle Entwicklungen

- **Flexibilität der Misch- und Verteileinheit**
Lasten von Schiene auf den Boden,
Fahrspurflexibilität
- **Autonomes Fahren**
 - LfL/Hirl, Schuitemaker, Strautmänn



© LfL-Bayern



Werkbild Schuitemaker

Stand der Technik

□ Aktuelle Entwicklungen

- Flexibilität der Misch- und Verteileinheit
Lasten von Schiene auf den Boden,
Fahrspurflexibilität
- Autonomes Fahren
 - LfL,
 - Wasserbauer



VARIANTE 1: MONTAGE SAUGZYKLON IM STALLBEREICH

(Befüllung des Fütterungsroboters Shuttle Eco direkt im Stall)



VARIANTE 2: SAUGZYKLON MIT MOBILEM GRUNDGESTELL IM AUSSENBEREICH

(Befüllung des Fütterungsroboters Shuttle Eco beim Fahrsilo)

Werkbilder Wasserbauer

□ Aktuelle Entwicklungen

- Flexibilität der Misch- und Verteileinheit
Lasten von Schiene auf den Boden,
Fahrspurflexibilität
- Autonomes Fahren
 - LfL,
 - Wasserbauer,
 - Tioliet



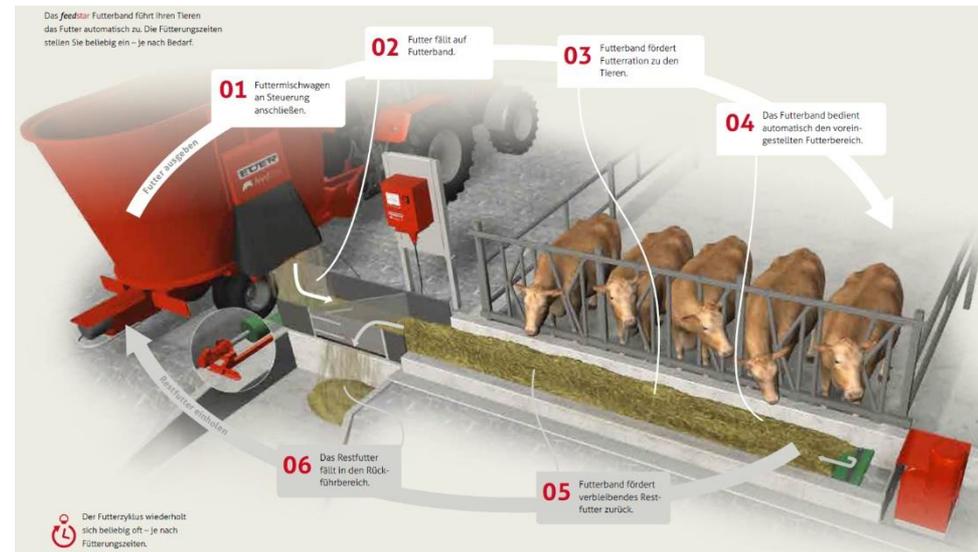
Werkbilder Trioliet



Stand der Technik

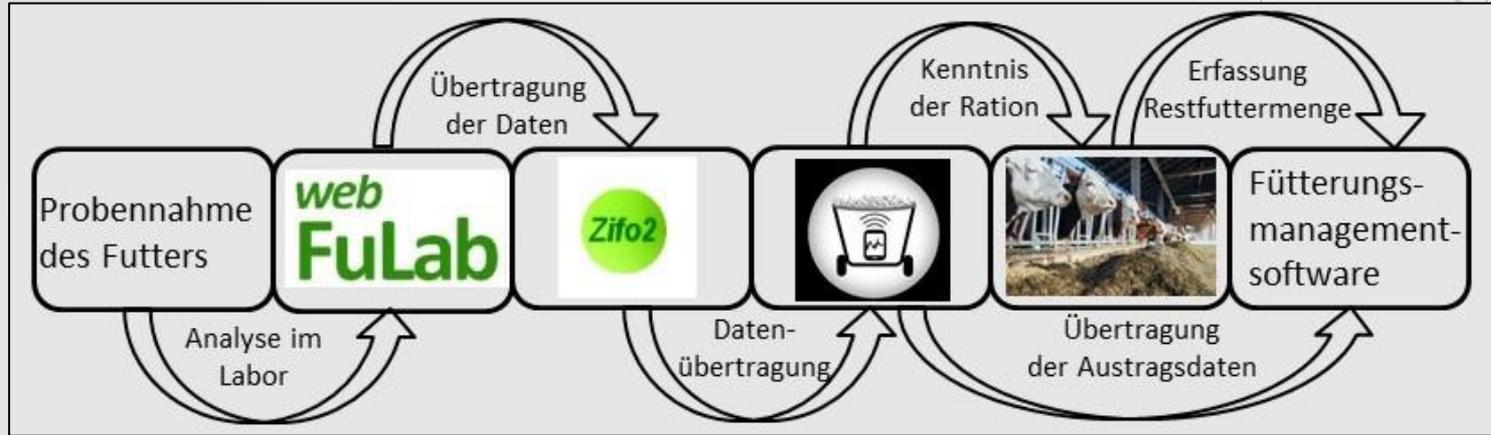
Aktuelle Entwicklungen

- Flexibilität der Misch- und Verteileinheit
Lasten von Schiene auf den Boden,
Fahrspurflexibilität
- Autonomes Fahren
- Kombination stationärer
Technik mit FMW
(Eder feedstar)
→ kostengünstige Lösung
auch für kleinere Betriebe,
→ Altgebäude
→ Flexibilität Zuordnung
Stallgebäude, Silos
→ Restfutterrückführung



Werkbilder Eder

DigiMilch DP3 – Digitalisierung der Futterkette



© LfL-Bayern, Beckmann

- Funktionierender Datenfluss → Fehlervermeidung (Wegfall der händischen Eingaben)
- Untersuchungen der eigenen Grobfuttermittel
- Automatische Weitergabe der relevanten Daten
- Automatische und exakte Erfassung der Futtermengen während des Fütterungsprozesses

Merkmale des SVLFG

Automatische Fütterungssysteme



Achten Sie auf:

- ❑ Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung für die Gesamtanlage
- ❑ Absicherung der Gefahrenbereiche
- ❑ Sicherheitsabstände zu selbstfahrenden Transportsystemen
- ❑ Not-Aus-Einrichtungen
- ❑ Einzugs- Scher- und Quetschstellen



2

Merkmale des SVLFG

Automatische Fütterungssysteme



Sicherheitsabstände > 500mm

des Futterbehälters zu feststehenden Bauteilen beachten, insbesondere an:

- ❑ Fressgittern und Stalleinrichtungen
- ❑ bei Tordurchgängen
- ❑ an Kurvenbahnen
- ❑ Stützen und Wänden
- ❑ Endlagen der Fahrbereiche
- ❑ an der Futterschiebevorrichtung
- ❑ zu abgestellten Maschinen und Gegenständen



□ Merkblatt des SVLFG

Automatische Fütterungssysteme



Not-Aus-Einrichtungen

für selbstfahrende Futterbehälter

- Erreichbarkeit – von allen Richtungen?
- Wirksamkeit – Zuverlässigkeit?
- Störungsanfälligkeit?
- Sicheres Wiedereingangssetzen?



Futternvorlagegenauigkeit

☐ Methode - Betriebe

- 21 Betriebe
- 6 Hersteller
- Zahlreiche Einflussgrößen
- 2 Wiederholungen je Betrieb
- Ca. 1.700 Futterproben

Automatische Schüttelbox



Bilder © LfL-Bayern



Futternvorlagegenauigkeit

Ergebnis - Mischgenauigkeit

- Strukturverteilung (Schüttelbox)
- Verteilung der Inhaltsstoffe (Futteranalysen)

Ergebnis:

- 5 % Abweichung im „Kasten“ als Grenzwert
- Alle Hersteller erfüllen die Anforderung

Mittlere Abweichung der Gewichtsanteile vom Startpunkt (%)

Hersteller Sieb		Gea / Mullerup		Hetwin / Lemmer Fullwood		Lely		Pellon		Trioliet		Wasserbauer			FuMi - Siloking	
		Betrieb	14	22	28	32	24	34	16	27	23	33	10	18	25	38
Kasten	F 1	3,8	6,8	2,7	7,7	3,6	1,0	2,0	8,8	2,3	3,8	1,9	3,5	3,2	0,8	7,7
	F 2	2,9	2,0	2,4	4,8	9,0	2,0	5,1	5,0	2,3	2,7	2,9	2,8	1,5	6,0	4,2
	∅	3,3	4,4	2,7	6,8	5,9	1,4	2,6	6,4	2,3	3,4	2,0	3,3	1,9	3,3	5,7
Kasten/ Hersteller		3,8		4,7		3,7		4,5		2,9		2,4			4,5	

Futtermittelveilgenauigkeit

Ergebnis - Austragsgenauigkeit

- Mengenverteilung am Futtertisch
- Soll – Ist-Wertvergleich

Ergebnis

- Große Streuung innerhalb Hersteller
- **Kein Grenzwert**, da Kühe den Fressplatz wechseln können

Austragsgewichte und Abweichungen von der Sollmenge nach Betrieb und Hersteller

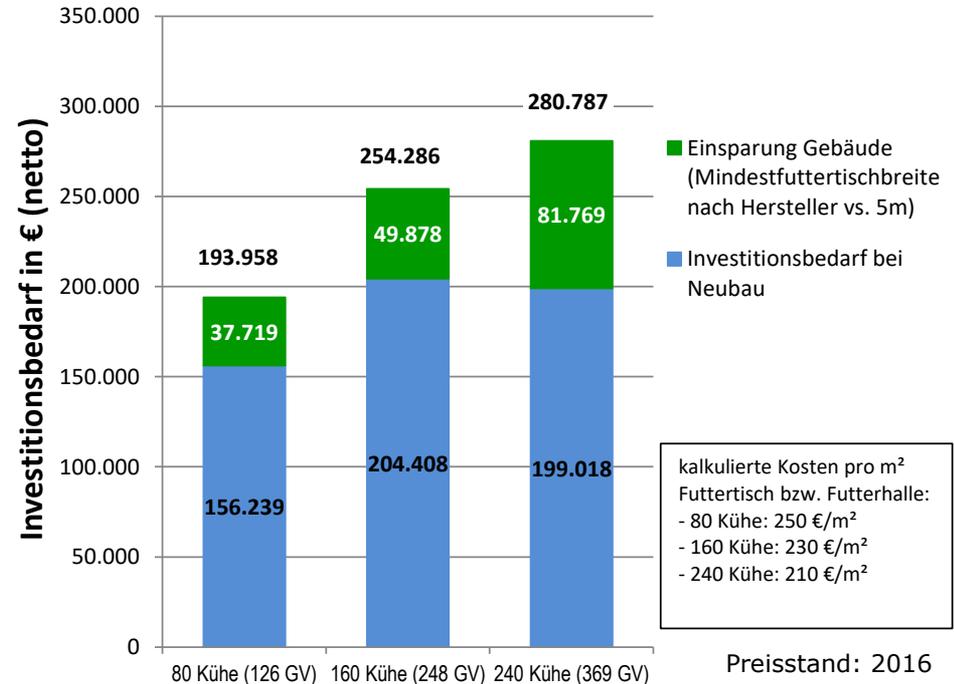
Hersteller	Gea / Mullerup		Hetwin / Lemmer Fullwood		Lely		Pellon		Schauer	Trioliet		Wasserbauer			Ø AFS	
Betrieb	14	22	28	32	24	34	16	27	7	23	33	10	18	25		
Anzahl Messstellen	7	7	5	5	7	6	5	5		5	7	5	7	6		
Mittleres Austragsgewicht (kg)																
F1	Median	2,91	6,44	7,82	2,99	6,61	11,64	14,63	6,40	3,89	6,34	9,22	6,52	5,45	13,21	7,43
	Soll / Kiste	5,48	8,30	15,13	6,60	8,75	11,22	18,50	n.b.	7,53	19,80	8,81	11,70	6,29	13,55	10,9
F2	Median	2,74	5,10	9,68	3,47	8,89	11,23	13,97	5,94	6,52	13,03	10,15	6,09	5,58	10,59	8,07
	Soll / Kiste	5,13	8,10	16,68	6,68	8,83	11,24	19,32	n.b.	6,98	19,85	9,17	10,65	6,29	13,49	11,0
Ø Abs. Abweichung Soll : F1 u 2		2,48	2,43	7,16	3,41	1,04	0,20	4,61	n. b.	2,05	10,14	0,69	4,87	0,77	1,62	3,2
Rel. Abweichung (%) Soll : F1 u 2		46,8	29,6	45,0	51,4	11,8	1,8	24,4	n. b.	28,2	51,2	7,6	43,6	12,3	12,0	28,1

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

Investitionsbedarf

- Kalkulation auf Basis von Herstellerangeboten für Modellbetriebe
- Berechnungen geben tatsächlich getätigte Investitionen wieder (Umfrage 2016, C. Leicher, A. Stülpner)

Investitionsbedarf bei Neubau
incl. Futterhalle



Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- **Reinigung, Wartung, Reparaturen**
Ergebnisse (C. Leicher, A. Stülpner, Umfrage 2016)
 - **Wartung, Reparaturkosten**

Kosten für Wartung und Reparaturen (22 Betriebe)

Anteil am Investitionsaufwand	
Alle 22 Betriebe	1,39 %
Jahr 1-2	0,26 %
Jahr 3-4	1,65 %
Jahr 5-6	1,15 %
≥ Jahr 7	1,42 %

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- **Reinigung, Wartung, Reparaturen**
Ergebnisse (C. Leicher, A. Stülpner, Umfrage 2016 in 22 Betrieben)
 - **Wartung, Reparaturkosten**

Arbeitszeitaufwand für Wartung und Reparaturen

Zeitaufwand/GV/Jahr (APh)	
Ø Alle Betriebe	0,17
Spannweite	0,05 – 0,29

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

Investitionsbedarf

Reinigung, Wartung, Reparaturen

Ergebnisse (C. Leicher, A. Stülpner, Umfrage 2016 in 22 Betrieben)

- Wartung, Reparaturkosten
- Arbeitszeitaufwand Reinigung von Futtertisch und Futterlager

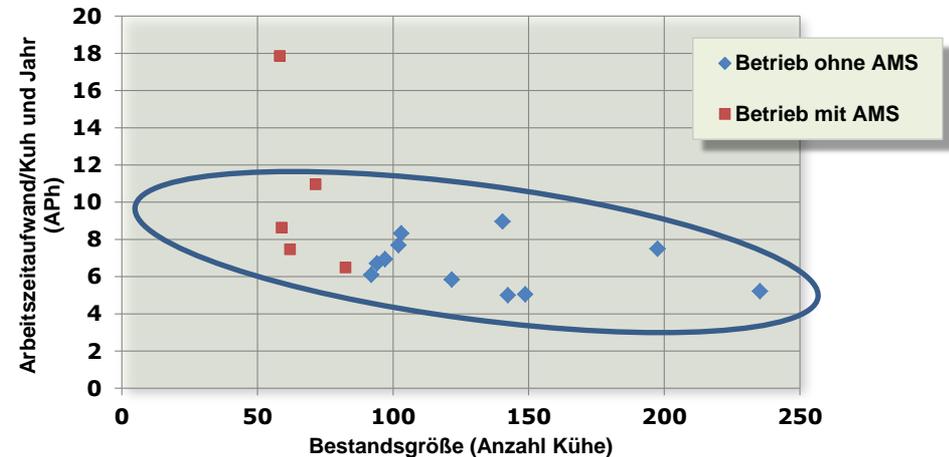
Arbeitszeitaufwand für Reinigung von Futtertisch und Futterlager

Zeitaufwand/GV/Jahr (APh)	
Ø Alle Betriebe	0,57
Ø Mittlere (41 – 120 Kühe)	0,75
Ø Große (121 – 200 Kühe)	0,17

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- Reinigung, Wartung, Reparaturen
- Arbeitszeitbedarf**
 - Konventionelle Fütterung** mit FMW: 11 – 4,5 AKh/Kuh und Jahr (Mačuhová et. al. 2011)
 - Lüpschen GbR mit FMW 5,7 APh/GV und Jahr (Lüpschen 2022)¹⁾

Arbeitszeitaufwand für Fütterungsarbeiten bei Mischwagenfütterung



¹⁾ Lüpschen J. M. (2022): Masterarbeit, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- Reinigung, Wartung, Reparaturen
- Arbeitszeitbedarf**

- Konventionelle Fütterung mit FMW

- AFS Fütterung:**

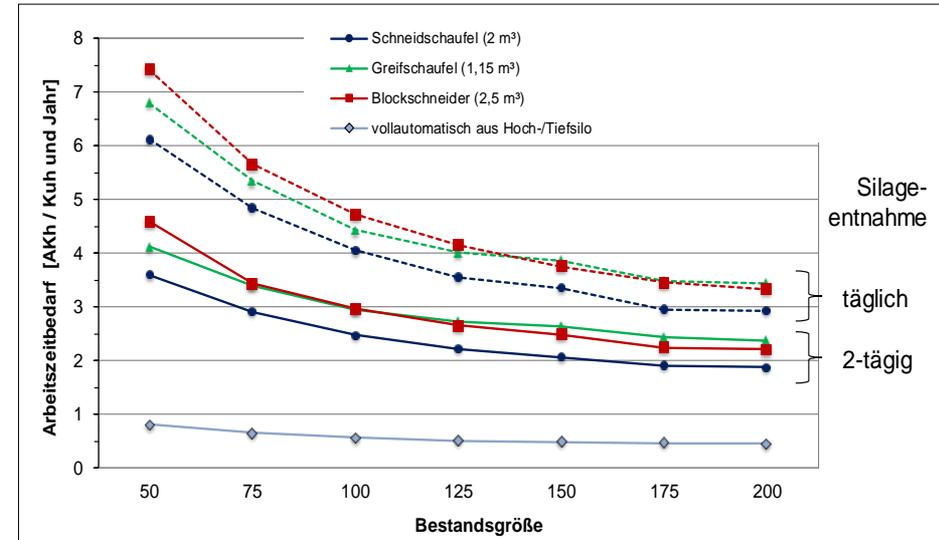
- täglich: 7 – 3 AKh/Kuh und Jahr
- 2-tägig: 4 – 2 AKh/Kuh und Jahr

(Mačuhová et. al. 2013)

Lüpschen GbR (250 GV)

- 3,11 APh/GV (Lüpschen 2022)¹⁾

Arbeitszeitbedarf für Fütterungsarbeiten mit AFS



Annahmen: 50 m zwischen Silo und Vorratsbehälter

Trog räumen und Futterküche kehren 1 mal täglich

Futternachschieben automatisch

Stroh, Heu, Mineralkomponente Bevorratung nach Bedarf

¹⁾ Lüpschen J. M. (2022): Masterarbeit, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- ❑ Investitionsbedarf
- ❑ Reinigung, Wartung, Reparaturen
- ❑ Arbeitszeitbedarf
- ❑ **Energieverbrauch**
 - Elektroenergieverbrauch
Erfassung in 3 Betrieben seit 2013
mit unterschiedlicher Technik und
Automatisierungsgrad

Jährlicher Elektroenergieverbrauch

Be- trieb	Zeitraum	Kuh- zahl	GV- Zahl	Energiever- brauch/GV/a (kWh)	Energie- kosten/GV/a ¹⁾ (Euro)
1	01.06.2013 – 31.12.2015	95	120	30,7	6,75
	01.01.2016 – 29.07.2018	140	200	23,7	5,18
2	01.06.2013 – 31.12.2014	140	140	103,2	22,70
	23.08.2017 – 29.07.2018	155	240	89,1	19,59
3	11.10.2013 – 31.12.2015	150	230	87,4	19,19
	01.01.2016 – 31.07.2018	160	250	104,0	22,88
Lüpschen GbR (2021 -2022) ²⁾		194	250	104,2	23,67

¹⁾ Annahme: 0,22 Euro/kWh

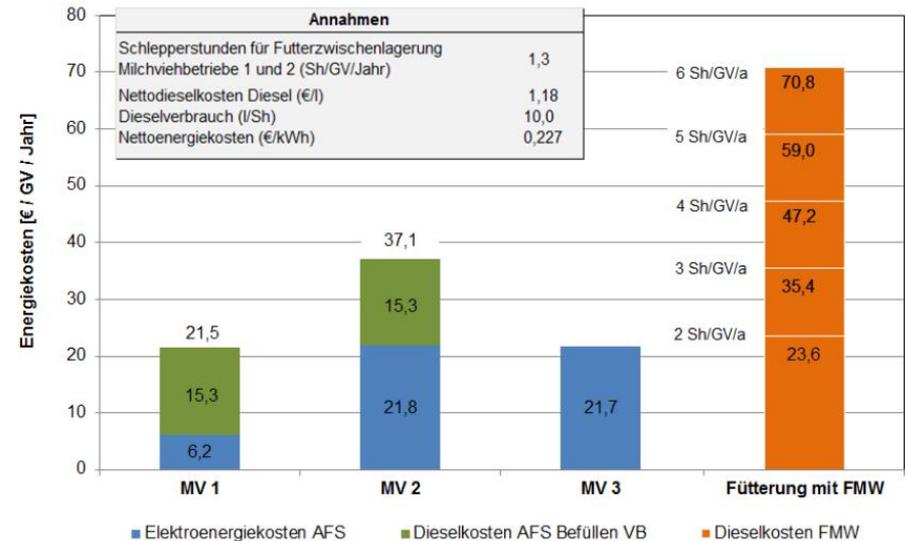
²⁾ Lüpschen J. M. (2022): Masterarbeit, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- Reinigung, Wartung, Reparaturen
- Arbeitszeitbedarf
- Energieverbrauch**
 - Elektroenergieverbrauch
Erfassung in 3 Betrieben seit 2013
mit unterschiedlicher Technik und
Automatisierungsgrad
Lüpschen GbR, 250 GV¹⁾
 - 29,6 €/GV und Jahr (AMS)
 - 105,8 €/GV und Jahr (FMW)

¹⁾ Lüpschen J. M. (2022): Masterarbeit, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

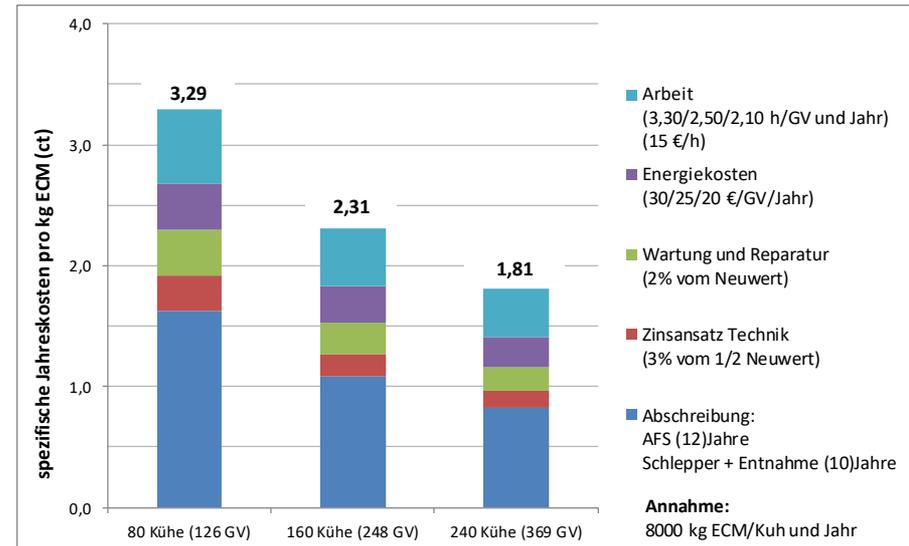
Jährliche Energiekosten



Aspekte zur Wirtschaftlichkeit

- Investitionsbedarf
- Reinigung, Wartung, Reparaturen
- Arbeitszeitbedarf
- Energieverbrauch
- Spezifische Verfahrenskosten**

Jährliche spez. Verfahrenskosten



Kostenvergleich Lüpschen GbR

Lüpschen J. M. (2022): Masterarbeit, Universität Bonn, Institut für Landtechnik

	Kosten/GV und Jahr		
	AFS €	FMW €	rel. Anteil %
Investition/ - Annuität - Versicherung	235,83 3,44	96,17 4,09	245 84
Arbeitskosten	78,26	143,00	55
Energiekosten	29,60	105,80	28
Mehrerlös (Milch)	-195,98		105
Gesamtkosten			
je GV und Jahr	151,10	349,06	43
je kg Milch	0,0132	0,0318	43

Annahmen	
Tierbesatz	250 GV
Kuhzahl	244 Kühe
Strom (netto)	0,227€/kWh
Diesel	1,18€/l
Arbeitskosten	25€/h
Milchpreis	0,4€/kg

Bedeutung einer automatischen Fütterung für das Rind

□ Auswirkungen auf die Pansenphysiologie und das Wohlbefinden

□ Einfluss auf die Leistung

- Versuchsdurchführung schwierig
- Ergebnisse uneinheitlich

Literatur

ALZAHAL ET AL. (2006):
Keine signifikanten Effekte einer dreimaligen gegenüber einer zweimaligen Futtervorlage auf die Futteraufnahme und die Milchleistung

HART ET AL (2014)
Höhere Trockenmasseaufnahme bei drei statt einer oder zwei Fütterungen pro Tag

BAVA ET AL. (2012)
Keine höhere Futteraufnahme bei zwei statt einer bzw. drei statt zwei Futtervorlagen unter herkömmlichen und Hitzestress Bedingungen, aber etwas höhere Milchleistung

Bedeutung einer automatischen Fütterung für das Rind

□ Auswirkungen auf die Pansenphysiologie und das Wohlbefinden

□ Einfluss auf die Leistung

□ **Auswirkungen auf das Tierverhalten** (Oberschätzl-Kopp, 2018)

- Tierindividuelle, positionsbasierte Auswertung des Tierverhaltens
- Höhere Fütterungsfrequenz
→ kürzere Fressplatzaufenthalte

	Aufenthaltsdauer/Kuh/d [hh:mm:ss]		
	6x Füttern	2x Füttern	Differenz ¹⁾
Fressplatz	04:03:58 ^a	02:38:56 ^b	01:25:01
Fressstand	01:27:03 ^a	02:13:56 ^b	-00:46:53
Fressgang	01:25:37 ^a	01:36:06 ^b	-00:10:30
Fressstand & Fressgang	03:02:53 ^a	04:06:04 ^b	-01:03:11
Gesamter Fressbereich	07:18:40 ^a	07:00:18 ^b	00:18:22
Liegebereich	14:23:35 ^a	14:19:01 ^a	00:04:34

^{a, b)} signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsphasen (p<0,05)
¹⁾ Differenz aus Median in Versuchsphase 1 und Versuchsphase 2

Bedeutung einer automatischen Fütterung für das Rind

- ❑ Auswirkungen auf die Pansenphysiologie und das Wohlbefinden
- ❑ Einfluss auf die Leistung
- ❑ **Auswirkungen auf das Tierverhalten** (Oberschätzl-Kopp, 2018)
 - Tierindividuelle, positionsbasierte Auswertung des Tierverhaltens
 - Höhere Fütterungsfrequenz
 - Fütterungsfrequenz und Futternachschieben

4-mal Füttern + 3-mal Futternachschieben vs. 7-mal Füttern

Ergebnis:

→ Deutlich geringerer Anteil Tiere am Fressplatz bis 60 min nach dem Nachschieben

→ Längere Futteraufnahme

→ Geringere Wartezeiten vor dem AMS

Bedeutung einer automatischen Fütterung für das Rind

□ Auswirkungen auf die Pansenphysiologie und das Wohlbefinden

□ Einfluss auf die Leistung

□ **Auswirkungen auf das Tierverhalten** (Oberschätzl-Kopp, 2018)

- Tierindividuelle, positionsbasierte Auswertung des Tierverhaltens
- Höhere Fütterungsfrequenz
- Fütterungsfrequenz und Futternachschieben
- Dynamische Steuerung der Futtevorlagezeiten

statische vs. dynamische Futtevorlagezeiten

→ Anpassung des Futteraufnahmeverhaltens im Tagesverlauf, längere Ruhezeiten

→ Jahreszeitliche Anpassung, v.a. im Sommer bei Hitzestress gleichmäßigere Besuche

Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

- ❑ Strukturentwicklung erfordert langfristige betriebliche Anpassungen
- ❑ Digitalisierung/Automatisierung sind Hilfsmittel zur Arbeitsentlastung und zu mehr Flexibilität in der Betriebsorganisation
- ❑ Automatische Fütterungssysteme: finden mehr und mehr Eingang in die Milchviehbetriebe; Viele verschiedene Systeme am Markt, es gilt die beste betriebliche Lösung zu finden; Qualität der Technik wurde deutlich verbessert; Geräte und Anlage sind sehr zuverlässig
- ❑ Selbstfahrende Futtermischwägen haben sich aus Sicherheitsgründen noch nicht durchgesetzt
- ❑ Hoher Investitionsbedarf, aber deutliche Energie- und Arbeitszeiteinsparung
→ Wirtschaftlich gegenüber dem FMW
- ❑ Betriebe werden zukünftig mehr in Automatisierung investieren; (Arbeitszeit, Fachkräftemangel)
- ❑ Es fehlen Untersuchungen zur Physiologie und zu den Auswirkungen auf das Tierwohl in Betriebsvergleichen mit und ohne AFS



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

www.lfl.bayern.de