

Entwicklung von Berechnungsmodellen für die Einschätzung der Auslastung von Entmistungsrobotern

TUM - Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik
LfL - Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Franziska Albrecht

Juliana Mačuhová, Jochen Simon, Bernhard Haidn, Heinz Bernhardt

AKAL 2016 Hohenheim



Gliederung

- Stand des Wissens
- Ziel der Untersuchungen
- Planzeiten- und Kalkulationsmodellerstellung
 - Material und Methoden I
 - Ergebnisse I
- Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für Modellbetriebe
 - Material und Methoden II
 - Ergebnisse II
- Schlussfolgerungen

Gestaltung der Laufflächen und Bedeutung der Laufflächenverschmutzung

- Laufgänge verbinden die Funktionsbereiche Fressen, Liegen und Melken
- Bodenbeläge müssen trittsicher, rutschfest und gut zu reinigen sein
- DIN EN 12737 für Spaltenböden:
 - Auftrittsbreite mindestens 80 mm
 - Schlitzweiten maximal 35 mm, im Fressgang maximal 25 mm
- Klauenerkrankungen gehören zu den häufigsten Abgangsursachen in der Milchviehhaltung
- Auftreten von infektiösen Klauenerkrankungen bei feuchten und verschmutzten Laufflächen (BUCK et al., 2012; PÖLLINGER, 2001; MAGNUSSON et al., 2008)
- Ammoniak kann die Stabilität des Klauenhorns beeinträchtigen
- Regelmäßiges Abschieben kann infektiös bedingte Klauenerkrankungen reduzieren (DÖRFLER et al., 2014)

Stand des Wissens

Entmistungssysteme

Stationäre Entmistungssysteme:

- Klappschieber
- Kombischieber
- Faltschieber
- Tretmistschieber



Mobile Entmistungssysteme:

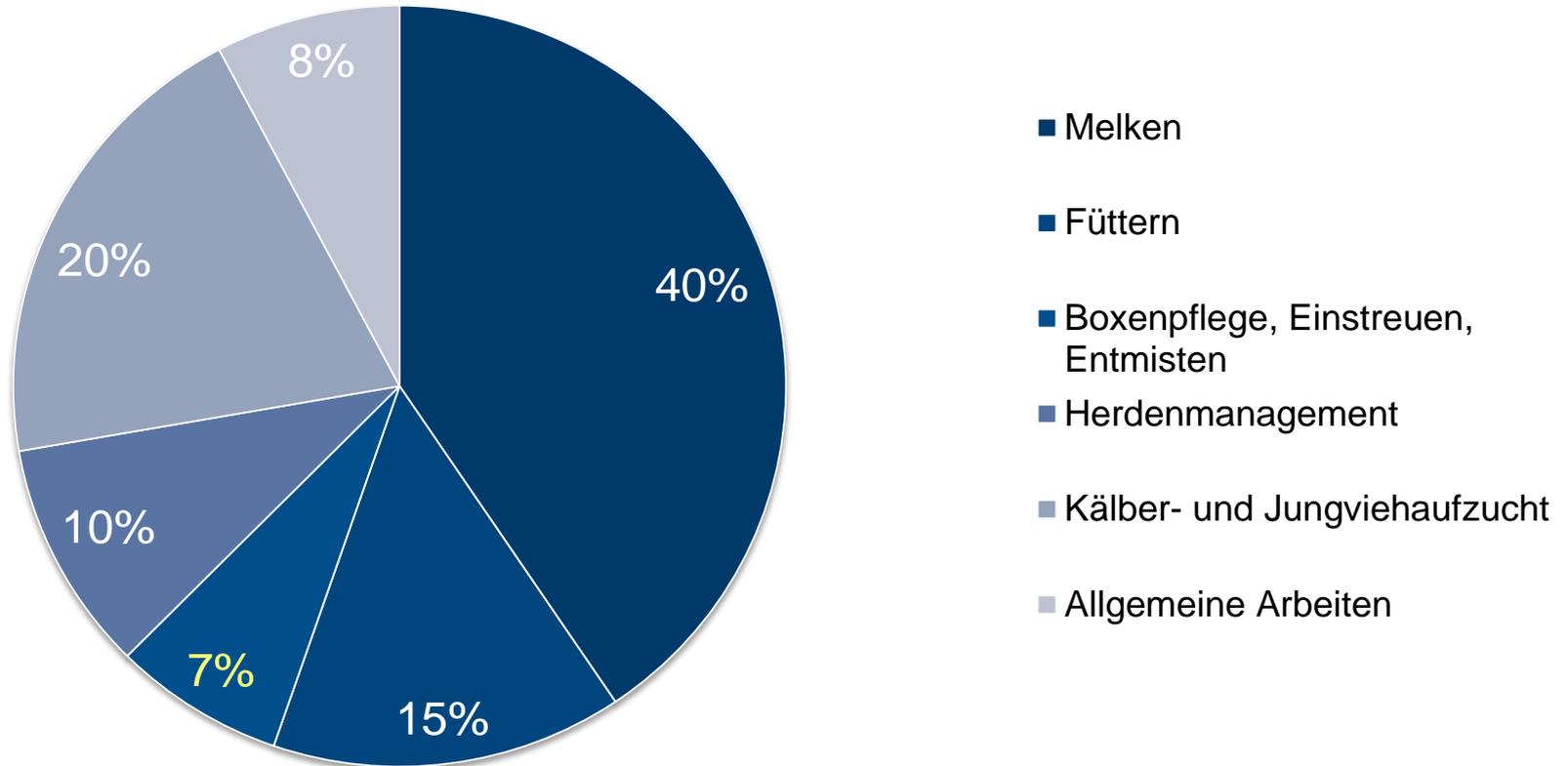
- personengeführt:
 - Einachsschlepper
 - Hoftracs
 - Traktoren
- Autonom:
 - **Entmistungsroboter**



Kenndaten der Entmistungsroboter

Entmistungs-roboter	DeLaval RS 420	GEA SRone	Lely Discovery	Prinzing Pribot 100
Maße (L x B x H)	1430 x 730 x 640 mm Breite ohne Schieber	1050 x 850 x 560 mm Breite ohne Schieber	1285 x 860 x 575 mm Breite mit Schieber	1110 x 1250 x 530 mm Breite mit Schieber
Gewicht	460 kg	500 kg	303 kg	380 kg
Arbeitsbreite (Schiebeschild)	1,00 m - 1,90 m	1,40 / 1,70 / 2,00 m	0,86 m	1,20 m
Max. Fahrdauer; Ladedauer	18 h; 6 h	18 h; 6 h + 1x im Monat 12 h	4 h (ohne Zwischenladen); 6 h	18 h; 4 - 6 h
Ladestation	Bodenplatte	Wandpanel	Wandpanel, Bodensäule	Wandpanel
Orientierung im Stall	Transponder im Boden, Sensoren im Schiebeschild	Kantensensor entlang von Führungsschienen	Horizontales Führungsrad, Encoder, Gyroskop, Ultraschall, „Stoßpunkte“	Sensoren im Schiebeschild, Ultraschall
Räumgeschwindigkeit	Ca. 4 bzw. 5,5 m/min	Ca. 3 - 5 m/min	Ca. 10,8 m/min	Ca. 3 m/min

Arbeitszeitaufwand (in %) für die Innenwirtschaft (nach Mačuhová und Haidn, 2013)



Milchviehhaltung: 53 – 59 APh/Kuh und Jahr, inkl. Kälber- und Jungviehaufzucht

Arbeitszeitbedarf für die Entmistung im Liegeboxenlaufstall

- Personengeführt maximal zweimal tägliche Entmistung (bei Zeitmangel eher noch seltener)
- Gesamtarbeitszeitbedarf für zweimal tägliche Entmistung der Laufflächen inklusive Reinigung der Übergänge:
 - von Hand: 1,44 bis 1,00 AKmin/Kuh und Tag für 30 bis 60 Kühe
 - motorisiert und von Hand: 1,43 bis 0,36 AKmin/Kuh und Tag für 30 bis 250 Kühe
 - Deutlicher Degressionseffekt mit steigender Bestandsgröße
- Einsatz eines Entmistungsroboters kann den Arbeitszeitbedarf im Wesentlichen um diese Werte reduzieren
- Arbeitszeitbedarf für die manuelle Liegeboxenpflege bleibt auch bei Einsatz eines Entmistungsroboters konstant

Problem- / Zielstellung

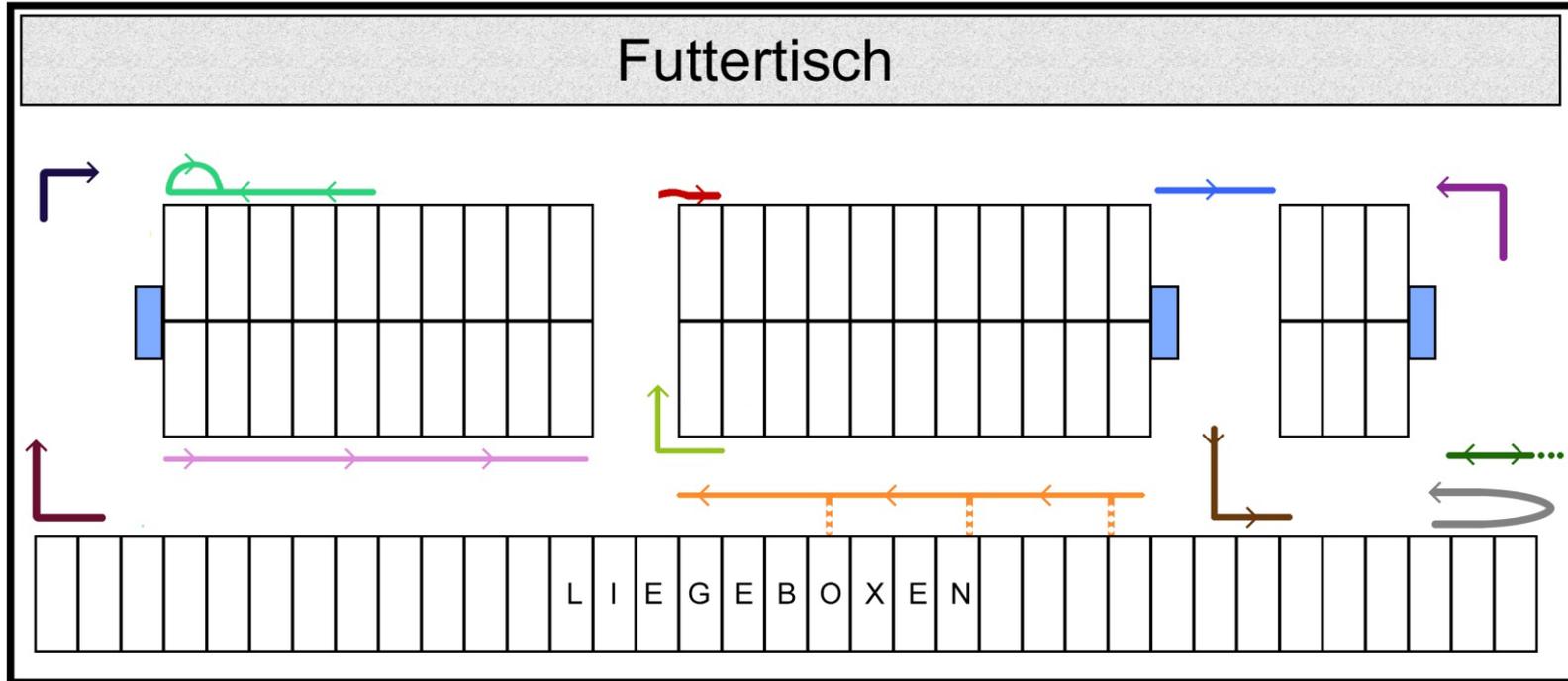
- Bislang keine Angaben zur Auslastung von Entmistungsrobotern in der Literatur
- Durchführung von Zeitstudien und Erstellung eines Kalkulationsmodells in MS-Excel zur Berechnung der Auslastung der drei Entmistungsroboter
- Vergleich: realer Zeitaufwand ↔ Zeitbedarf ermittelt durch Kalkulationsmodelle
- Überprüfung der Auslastung anhand von Modellbetrieben in Abhängigkeit des gewählten Entmistungsroboters, der Bestandsgröße und der zu reinigenden Stallbereiche

- Zeitstudien wurden auf dem Niveau einzelner Elemente durchgeführt
- Ermittlung einzelner Elemente und deren Einflussgrößen
- Statistische Auswertung und Erstellung von Planzeiten
 - Relativer halber Vertrauensbereich bis 10 % angestrebt
- Erstellung des Kalkulationsmodells in MS-Excel

Kenndaten der Versuchsbetriebe

Entmistungsroboter	Prinzing Pribot 100		Lely Discovery		DeLaval RS 420	
	A	B	C	D	E	F
Betrieb						
Tierbestand	80	46	65	65	140	120
Anzahl Liegeboxen	86	56	55	65	140	120
Ausführung der Liegeboxen	Hochboxen	Beides	Tiefboxen	Tiefboxen	Hochboxen	Tiefboxen
Anzahl Liegereihen	3	3	3	3	3	4
Anzahl Strecken	2	2	1	2	1	4
Standort der Ladestation	Vorwarte- raum	Außerhalb Kuhbereich	Vorwarte- raum	Stallwand	Liege- box	Liege- box
Arbeitsbreite (Schiebeschild) (m)	1,20	1,20	0,86	0,86	1,20	1,60
Laufgangbreite (m)	2,50	2,50	2,10	2,40	2,20	2,60
Fressgangbreite (m)	3,50	3,50	3,50	3,40	3,50	3,20
Breite Übergänge (m)	2,50	2,50-3,00	2,50-3,00	2,40	2,00-3,00	2,50
Melktechnik	Melkstand	Melkstand	Melkstand	AMS	AMS	AMS

Skizze der in den Zeitstudien gemessenen Elemente



- | | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| „Kehrtwende“ | „Gerade aus“ | „180° Parallelspur“ |
| „Taktiler Wand fahren“ | „Wand vorne“ | „gerade-90°-gerade“ |
| „Sonarfahrt“ | „Rückwärts“ | „TWF-90°-TWF (Außenkurve)“ |
| „TWF-90°-gerade“ | „TWF-90°-TWF“ (Innenkurve) | „gerade-90°-TWF“ |
| Wassertränke | | |

Übersicht einiger Planzeiten der untersuchten Entmigungsroboter

	Planzeit	n	\bar{x} (cmin)	Xmin (cmin)	Xmax (cmin)	Median (cmin)	SD (cmin)	VK (%)	ϵ (%)	n'	
Lely Discovery	Taktiler Wand Fahren	50	6,18	4,36	7,91	6,22	0,68	11,06	3,14	0	
	Geradeaus Fahren	36	7,06	5,00	9,62	7,04	1,21	17,17	5,81	0	
	Sonarfahrt	9	6,53	6,12	7,01	6,49	0,33	4,99	3,84	0	
Prinzing Pribot 100	Taktiler Wand Fahren	41	35,72	29,99	41,82	35,82	3,19	8,93	2,82	0	
	Geradeaus Fahren	63	36,01	29,23	41,43	35,48	2,30	6,38	1,61	0	
	Sonarfahrt	8	35,91	34,06	39,57	34,89	2,13	5,92	4,95	0	
DeLaVal RS 420	1,20 m	Taktiler Wand Fahren	35	17,41	12,00	21,60	17,20	2,34	13,46	4,62	0
		Geradeaus Fahren	14	20,82	16,40	25,56	21,40	3,13	15,06	8,69	0
	1,60 m	Taktiler Wand Fahren	14	12,89	10,15	16,40	12,44	1,76	13,66	7,88	0
		Geradeaus Fahren	6	15,53	11,92	17,69	15,87	2,03	13,11	13,76	10,00

Planzeiten:

- Lely Discovery bei allen Elementen mit Abstand die höchste Geschwindigkeit
- DeLaval RS 420 benötigt die doppelte Zeit des Lely Discovery
- Prinzing Pribot 100 benötigt die fünffache Zeit des Lely Discovery

- Planzeitwert ist der arithmetische Mittelwert, keine Planzeitfunktion mittels Regressionsanalyse
- der relative halbe Vertrauensbereich $\varepsilon = 10 \%$ wird von den meisten Planzeiten eingehalten
 - nur bei einzelnen Elementen wird er überschritten, sodass weitere Zeitmessungen für diese Planzeit notwendig werden

Modellprüfung anhand von Echt-Daten:

Entmisteroboter	Prinzing Pribot 100				Lely Discovery		DeLaval RS 420 *	
	A		B		D		1,20 m	1,60 m
Betrieb	A		B		D		E	F
Strecke	1	2	1	2	1	2	1	1
Echt-Daten								
Gemessene Gesamtzeit (Mittelwert) (min)	34,63	43,56	22,88	29,02	10,90	5,62	65,74	24,81
Anzahl Messwerte	1	1	2	3	7	1	1	1
Minimum	-	-	22,63	28,90	10,70			
Maximum			23,12	29,21	11,14			
Standardabweichung	-	-	0,35	0,16	0,18	-	-	-
Errechnete Gesamtzeit (min)	33,99	41,09	22,91	27,99	10,64	5,58	65,00	22,57
Differenz Gesamtzeit ¹⁾ (min)	- 0,64	- 2,47	+ 0,03	- 1,03	- 0,26	- 0,04	- 0,74	- 2,24
Differenz Gesamtzeit ¹⁾ (%)	- 1,85	- 5,67	+ 0,13	- 3,55	- 2,39	- 0,71	- 1,13	- 9,03

→ Planzeiten und Kalkulationsmodell sind praxistauglich

Vergleich der rechnerisch möglichen Reinigungsleistung nach Herstellerangaben und gemessener Reinigungsleistung

Roboter	Prinzing Pribot 100	Lely Discovery	DeLaval RS 420 *	
			1,20 m	1,60 m
Durchschnittsgeschwindigkeit laut Hersteller (m/min)	3,00	10,8	4 bzw. 5,5	4 bzw. 5,5
Rechnerische Reinigungsleistung pro Stunde laut Hersteller (m ² /h)	216	536,64	288 bzw. 396	384 bzw. 528
Durchschnittsgeschwindigkeit laut Messung (m/min)	2,42	13,37	5,21	5,42
Rechnerische Reinigungsleistung pro Stunde laut Messung (m ² /h)	174,24	689,89	375,12	520,32
Differenz der Reinigungsleistung pro Stunde ¹⁾ (%)	+ 23,97	- 22,21	- 23,22 bzw. + 5,57	- 26,20 bzw. + 1,48

¹⁾ Differenz zwischen Herstellerangaben und gemessener Reinigungsleistung

* DeLaval RS 420 mit 1,20 m und 1,60 m Schieberbreite

Beschreibung der Modellbetriebe

• jeweils fünf Strecken:

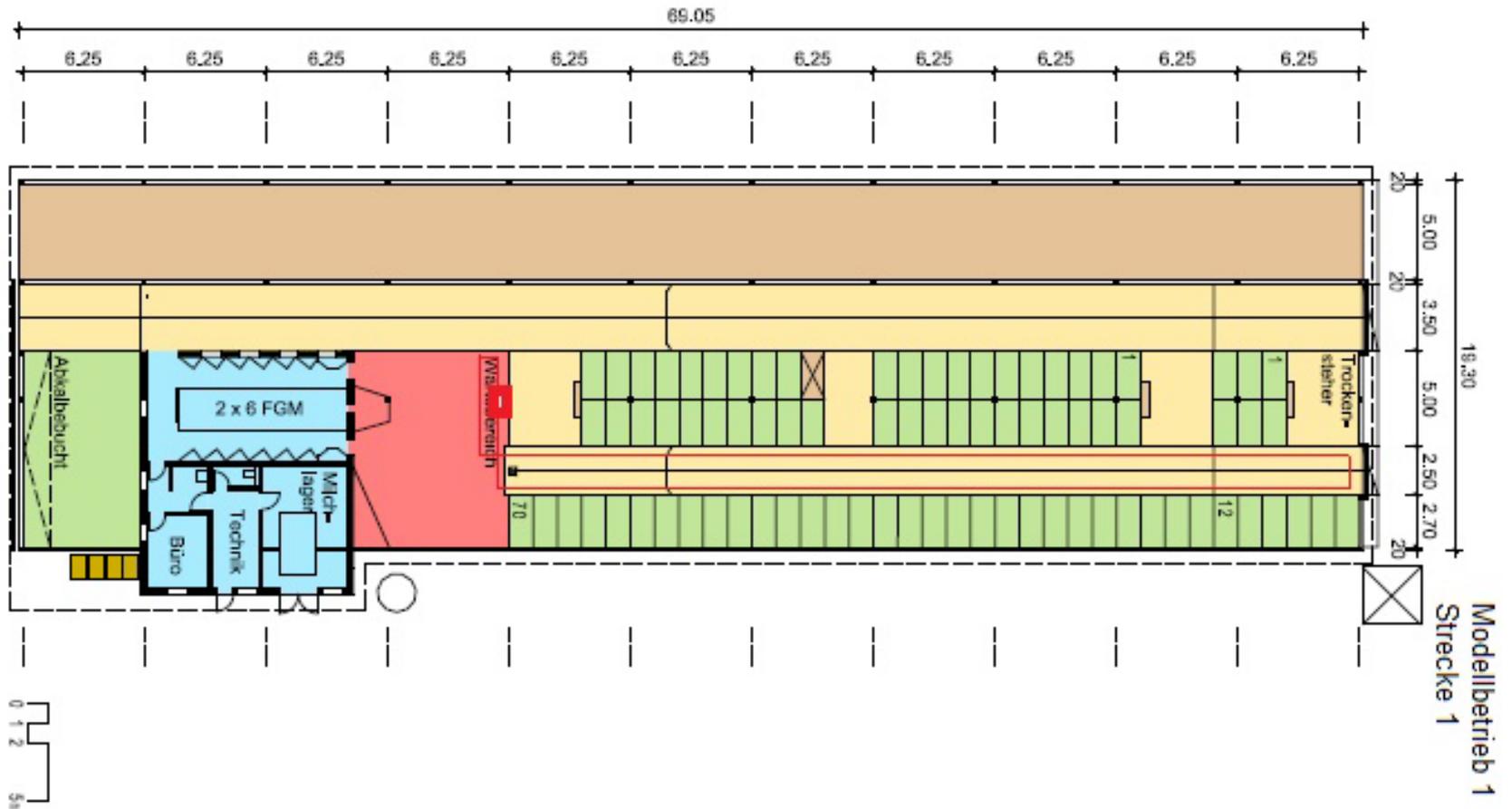
1. Laufgang nur entlang der Liegeboxen reinigen
2. Laufgang nur entlang der Liegeboxen, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge entlang der Wand reinigen
3. Laufgang auf gesamter Breite, Fressgang nur entlang der Liegeboxen, Übergänge nicht reinigen
4. Laufgang auf gesamter Breite, Fressgang auf gesamter Breite, Übergänge entlang der Wand reinigen
5. gesamte Laufflächen reinigen

• auf vier verschiedenen Modellbetrieben:

1. 82 Liegeboxen, dreireihig, Melkstand im Stallgebäude
5. 176 Liegeboxen, 2x3 Liegereihen, Futtertisch kann überquert werden, Melkstand separat
11. 211 Liegeboxen, 2x3 Liegereihen, Futtertisch kann überquert werden, Melkstand separat
14. 159 Liegeboxen, vierreihig, zwei AMS

DeLaval RS 420 mit 1,60 m Schieberbreite war nicht Bestandteil der Modellkalkulationen

Eine Beispielstrecke (Modellbetrieb 1, Strecke 1)



Zeitbedarf (in min) der Entmistungsgroberer in den Modellbetrieben

Modellbetrieb	Strecke	Prinzing Pribot 100		Lely Discovery		DeLaval RS 420 (1,20 m)	
		K	H	K	H	K	H
Modellbetrieb 1 (82 Liegeboxen)	Strecke 1	37,13	33,50	7,14	9,54	19,08	18,27
	Strecke 5	160,83	144,45	37,85	50,10	83,35	78,80
Modellbetrieb 5 (176 Liegeboxen)	Strecke 1	97,58	87,17	18,95	24,90	50,40	47,55
	Strecke 5	305,63	275,17	76,26	99,72	159,13	150,09
Modellbetrieb 11 (211 Liegeboxen)	Strecke 1	102,46	92,35	19,54	26,35	52,41	50,37
	Strecke 5	323,85	293,12	79,40	105,60	167,28	159,88
Modellbetrieb 14 (159 Liegeboxen)	Strecke 1	128,83	110,83	22,67	31,25	64,32	60,45
	Strecke 5	321,86	285,63	76,66	96,18	166,01	155,80

K = Zeitbedarf gemäß Kalkulationsmodell, H = Zeitbedarf gemäß Herstellerangabe

Anzahl Fahrten der Entmistungsroboter pro Tag in den Modellbetrieben

Modellbetrieb	Strecke	Prinzing Pribot 100		Lely Discovery		DeLaval RS 420 (1,20 m)	
		K	H	K	H	K	H
Modellbetrieb 1 (82 Liegeboxen)	Strecke 1	29	32	121	90	56	59
	Strecke 5	6	7	22	17	12	13
Modellbetrieb 5 (176 Liegeboxen)	Strecke 1	11	12	45	34	21	22
	Strecke 5	3	3	11	8	6	7
Modellbetrieb 11 (211 Liegeboxen)	Strecke 1	10	11	44	32	20	21
	Strecke 5	3	3	10	8	6	6
Modellbetrieb 14 (159 Liegeboxen)	Strecke 1	8	9	38	27	16	17
	Strecke 5	3	3	11	8	6	6

K = Häufigkeit gemäß Kalkulationsmodell, H = Häufigkeit gemäß Herstellerangabe

Fahrzeit pro Tag: Lely Discovery: 14,4 h
 Prinzing Pribot 100: 18 h
 DeLaval RS 420: 18 h

Schlussfolgerung

Arbeitswirtschaftliche Sicht

- Planzeiten und Kalkulationsmodell sind praxistauglich und können für die Bestimmung der Auslastung der Entmistungsroboter herangezogen werden
- Arbeitszeiterparnis (nach MORIZ,2003):
 Bsp.: 60 Kühe, zweimal tägliches Abschieben der Laufflächen ohne Übergänge
 - Handschieber (0,8 m): 5,05 AKh/Kuh und Jahr
 - Einachsschlepper (1 m): 4,44 AKh/Kuh und Jahr
 - Hoflader bzw. Traktor (2 m): 3,41 - 3,53 AKh/Kuh und Jahr
- Entmistungsroboter: Arbeitszeit nur während Ein- und Umprogrammierung neuer Strecken, Reinigung, Wartung und Behebung von Störungen
- weiterer Vorteil: regelmäßige, häufige Reinigung der Laufflächen gemäß Stundenplan
 - Laufflächen sauber und trocken
 - beeinflusst Klauengesundheit positiv

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



- **Buck, M.; Wechsler, B.; Gygax, L.; Steiner, B.; Steiner, A.; Friedli, K. (2012):** Wie reagieren Kühe auf den Entmistungsschieber - Untersuchungen zum Verhalten und zur Herzaktivität. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, ART-Bericht.750, S. 1-8. Tänikon.
- **DeLaval GmbH (o.J.):** Prospekt Spaltenreinigungsroboter RS 420.
- **Dörfler, R. L.; Köstler, C.; Bernhardt, H.; Petermeier, H. (2014):** The impact of the cleaning effect of scraper robots on claw health in dairy cows. In: Engineering for improving resource efficiency, International Conference of Agricultural Engineering AgEng 2014 Zurich, 6.-10. Juli 2014 in Zürich, S. 1-8.
- **GEA Farm Technologies (2010):** Spaltenroboter SRone - Betriebsanleitung / Montageanleitung / Ersatzteilliste (Originalanleitung).
- **GEA Farm Technologies (o.J.):** SRone: tsb - technical sales brochure - Der bedienerfreundliche Spaltenroboter von GEA FARM Technologies.
- **JOZ BV (2011):** Betriebsanleitung Stallreinigungsroboter JOZ-Tech Typ JT200.
- **Lange, H. (2012):** Betriebsanleitung PRIBOT 100 - Selbstfahrender Entmistungsschieber.
- **Lely Industries N.V. (2010):** Lely Discovery - Stallreiniger (Mobile Barn Cleaner) - Handbuch.
- **Mačuhová, J. und Haidn, B. (2013):** Zeit ist Geld! - Zukunfts-Strategien für bayerische Milchviehbetriebe. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt.27.09.2013, S. 52-54
- **Magnusson, M.; Herlin, A. H.; Ventorp, M. (2008a):** Effect of alley floor cleanliness on free-stall and udder hygiene. J. Dairy Sci.91, S. 3927-3930.
- **Magnusson, M.; Ventorp, M.; Nilsson, C. (2008b):** Drainage capacity of concrete slatted floors. Agric. Eng. Int. The CIGR Ejournal Vol. X. March BC 06 010:0-10.
- **Moriz, C. (2003):** Abschlussbericht: Kosten und Arbeitszeitbedarf für mobile Entmistungsverfahren - KTBL-Arbeitsprogramm, Kalkulationsunterlagen 2003, Kennziffer 4d 03b. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon, S. 10, 14 19, 20, 41, 42, 51-53, 56, 57. Tänikon.
- **Pöllinger, A. (2001):** Bewertung von Entmistungsverfahren in Rinderlaufställen. In: Stallbau - Stallklima - Verfahrenstechnik - Aktuelle Fragen des landwirtschaftlichen Bauens, Bautagung Raumberg-Gumpenstein, 19.-20. Juni 2001 in Raumberg-Gumpenstein, S. 35-42.
- **SUMAG Landmaschinen-Service GmbH (2014):** Sumag Spaltenschieber. <http://www.sumag.ch/spaltenschieber#allg>, Stand: 08.10.14.
- **Westermann GmbH & Co KG (2014):** Westermann Cleanmeleon 2; Westermann Cleanmeleon 800. http://www.westermann-radialbesen.de/produkte/spaltenschieber/cleanmeleon_800_elektro/cleanmeleon_800_elektro_cma_800_elektro.html; http://www.westermann-radialbesen.de/produkte/spaltenschieber/cleanmeleon_2_spaltenschieber/cleanmeleon_2_spaltenschieber.html, Stand: 09.08.2014