

Technisch-technologische Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von Melkstandanlagen in Fischgrätenform

Dr. agr. R. Bartmann, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

1. Zielstellung

Die Erzeugung von Milch mit hohen Gebrauchswerteigenschaften ist eine wichtige Aufgabe, mit der die Landwirtschaft zur bedarfsgerechten und stabilen Versorgung und gesunden Ernährung der Bevölkerung beiträgt.

In den 50er Jahren wurde in der DDR damit begonnen, das Handmelken der Kühe durch die Einführung von Melkmaschinen zu mechanisieren. Schon seit einigen Jahren wird durchgängig maschinell gemolken, entweder mit Kannen- und Rohrmelkanlagen im Stall oder in Melkstandanlagen, die bessere hygienische und Arbeitsbedingungen bieten sowie einen geringeren Arbeitszeitbedarf erfordern.

Die Milchgewinnung beansprucht auch beim heutigen Mechanisierungsniveau noch 50 bis 60 % des Gesamtarbeitszeitbedarfs in der Milchproduktion und ist damit der arbeitszeitaufwendigste Prozessabschnitt. Maßnahmen

zur Einsparung von Arbeitszeit und zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen durch weitere Mechanisierung und Automatisierung von Arbeitsgängen des Melkprozesses sowie die breitere Einführung von zunehmend leistungsfähigeren, technologisch fortschrittlicheren Melkanlagen (Melkstandanlagen, teilautomatisierte Melkstandanlagen) haben daher eine vorrangige Bedeutung.

In Tafel 1 wird der Mechanisierungsstand bei der Milchgewinnung in den Jahren 1981 und 1986 gegenübergestellt. Die Zunahme des Anteils der in Fischgrätenmelkständen (FGM) gemolkenen Kühe um 4,8 % ist positiv zu werten. Dieser Trend sollte im Rahmen von Rationalisierungsmaßnahmen in der Milchproduktion verstärkt fortgesetzt werden.

Ziel der Untersuchungen war es, durch rechnergestützte Modelluntersuchungen einen Beitrag zur optimalen Gestaltung künftiger

FGM zu leisten und Aussagen für die Planung und den Einsatz von FGM mit differenziertem Mechanisierungs- bzw. Automatisierungsniveau und abgestufter Größe bei unterschiedlichen Tierkapazitäten und Einsatzbedingungen sowie Orientierungslimite zur Automatisierungswürdigkeit einzelner Elemente des Melkprozesses in FGM für begründete Entwicklungsforderungen zu erarbeiten [1].

2. Untersuchungs-, Auswertungs- und Bewertungsmethode

Die Gewinnung der erforderlichen Aussagen für eine fundierte Abschätzung des Aufwands für die Vielzahl konzipierter FGM-Melkstandvarianten war nur mit Hilfe der EDV zu bewältigen. Die Softwareentwicklung und -nutzung für die technisch-technologischen Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von FGM (modifiziertes Programm DAPF/AULI, Programme MELK, SOME und SOM2) wurden in [2] beschrieben. Für die Berechnung der Kosten für Abschreibung und Instandhaltung wurden in Anlehnung an [3] Variable für Abschreibungs- und Instandhaltungssätze in Abhängigkeit von den jährlichen Einsatzstunden gemäß Tafel 2 verwendet und im Programm MELK realisiert.

Mit Hilfe des Programms SOME erfolgte eine Rangfolgesortierung der berücksichtigten Modellvarianten nach Einzelkriterien sowie in einem weiteren Auswertungsschritt mit dem Programm SOM2 eine Bewertung mit 5 gewichteten und zu einem Kriterienkomplex zusammengefaßten Einzelkriterien im Sinn der Gebrauchswert-Kosten-Analyse.

Tafel 1. Mechanisierungsstand bei der Milchgewinnung in der DDR in den Jahren 1981 und 1986 (prozentualer Anteil der Kuhplätze)

Melkanlagenart	Stand am		Veränderung
	31. 12. 1981	31. 12. 1986	
Karussellmelkstandanlagen	9,2	9,2	0
Melkstandanlagen in Fischgrätenform (FGM)			
FGM mit Nachmelk- und Melkzeugabnehmeroboter	0	3,3	+ 3,3
FGM mit Physiomatik	11,6	12,2	+ 0,6
FGM ohne Physiomatik	2,2	3,1	+ 0,9
FGM gesamt	13,8	18,6	+ 4,8
Rohrmelkanlagen (RMA)			
M620	k. A.	28,2	k. A.
M623	0	4,3	+ 4,3
M624	k. A.	27,0	k. A.
RMA gesamt	54,3	59,5	+ 5,2
Kannenmelkanlagen	21,1	11,8	- 9,3
sonstige Melkanlagen	1,6	0,9	- 0,7
gesamt	100,0	100,0	± 10,0
k. A. keine Angabe			

Tafel 2. Variable für Abschreibungs- und Instandhaltungssätze in Abhängigkeit von den jährlichen Einsatzstunden in Anlehnung an [3]

Einsatzstunden je Jahr	Einsatzstunden je Tag	Abschreibungssatz (Anteil an den Investitionen) %	Instandhaltungssatz (Anteil am Industrieabgabepreis) %
bis 3 000	8,2	6,7	6,7
3 001...3 600	8,21... 9,9	8,0	8,0
3 601...4 500	9,91...12,3	10,0	10,0
4 501...5 600	12,31...15,3	12,5	12,5
über 5 600	15,4	15,0	15,0

Tafel 3. Bestwerte 1985 und Zielparame-ter für Melkstandanlagen in Fischgrätenform (FGM); MP Melkplatz

Parameter		Bestwerte 1985	FGM 2 × 4/2 × 5	FGM 2 × 6 bis 2 × 8	FGM 2 × 10 2 × 12
		Herdengröße	St.	100...600	100...300
spezifischer Durchsatz	Kühe/AKh	42...48	42...52	46...60	48...64
Aufwand an lebendiger Arbeit	AKh/Kuh · a	21...25	18...20	15...18	13...15
spezifischer Elektroanschluß	kVA/MP	0,8...1,4	1,1...1,3	0,9...1,1	0,7...0,9
spezifischer Elektroenergieaufwand	kWh/MP · h	0,6...1,1	0,9...1,1	0,7...0,9	0,5...0,7
spezifischer Stahlaufwand	kg/MP	320...400	300...320	275...300	250...275
spezifischer Investaufwand ¹⁾	1 000 M/MP	10...14	10...15	10...15	10...15
spezifische Verfahrensteilkosten ²⁾	M/Tpl · a	≥ 340	≤ 320	≤ 300	≤ 280

1) unterer Wert gilt für FGM mit niedrigem Automatisierungsniveau und oberer Wert für weitgehend automatisierte FGM

2) bei Unterstellung von 10 M/AKh

Tafel 4. Relativwerte der Erfüllung der Zielkriterien durch die Modellvarianten

FGM-Größe	Zielkriterium	spezifischer Durchsatz	spezifischer Aufwand an lebendiger Arbeit	spezifischer Investaufwand	spezifischer Stahlaufwand	spezifischer Elektroenergieaufwand	spezifische Verfahrensteilkosten
MP	Kühe/AKh	AKh/Kuh · a	M/MP	kg/MP	kWh/MP · h	M/Tpl · a	
2 × 4	76	91	173	194	180	104	
2 × 5	119	104	132	179	162	115	
2 × 6	104	129	119	150	136	125	
2 × 7	122	146	107...166	132...199	101...170	131...153	
2 × 8	115	107...113	135...174	189...246	170...225	121...130	
2 × 10	104	115	115...117	174...179	109	130...131	
2 × 12	100...125	111...135	115...176	183...278	111...219	134...147	

Tafel 5. Erreichte Bestwerte der FGM-Modellvarianten

Kriterium	Wertgröße	FGM-Größe MP
spezifischer Aufwand an lebendiger Arbeit	AKh/Kuh · a	2 × 12
	11,1... 12,5	2 × 7
	12,3... 12,9	2 × 10
spezifischer Elektroenergieaufwand	kWh/Tpl · a	2 × 12
	36,9... 44,2	2 × 8
	46,2... 51,3	2 × 7
spezifische Verfahrensteilkosten	M/Tpl · a	2 × 12
	190,7...198,8	2 × 7
	196,6...213,4	2 × 10
	213,5...216,7	2 × 8
	229,9...235,8	2 × 6
	239,9...257,0	2 × 5
spezifischer Stahlaufwand	kg/MP	2 × 12
	99	2 × 4
spezifischer Investaufwand bei Zuordnung von 30 bis 40 Tpl/MP	M/MP	353...435

Tafel 6. Vorteilhafte Kombinationen von Herden- und Melkstandgrößen

Herdengröße Tpl	FGM-Größe MP
200	2 × 6 (2 × 5)
300	2 × 6 (2 × 5)
400	2 × 6 (2 × 8)
500	2 × 8
600	2 × 12 (2 × 10)
800	2 × 12 (2 × 10)

3. Hauptergebnisse

Entsprechend den im Algorithmus [2] ersichtlichen Zusammenhängen fällt das Resultat einer Modellvariante für die 5 Bewertungskriterien

- Aufwand an lebendiger Arbeit je Kuh und Jahr
- Investaufwand je Melkplatz
- Stahlaufwand je Melkplatz
- Elektroenergieaufwand je Melkplatz und Stunde
- Verfahrensteilkosten je Tierplatz und Jahr desto günstiger aus,
- je größer die Herde ist, die mit der gegebenen Melkstandkapazität je Schicht gemolken werden kann, d. h., je besser die Melkstandauslastung ist

- je weniger Arbeitskräfte je Schicht erforderlich sind
- je größer der Durchsatzfaktor bzw. der spezifische Durchsatz je Melkplatz und Stunde ist
- je länger die Schichtzeit als Melkzeit genutzt wird, jedoch nicht über 8 Stunden je Schicht
- je kleiner der Industrieabgabepreis, der Investfaktor, der Stahl- und Elektroenergieaufwand für die betreffende Melkstandausrüstungsvariante sind.

Diese Einflußfaktoren haben teilweise gegensätzliche Wirkungen auf das Ergebnis, wie z. B. Aufwand an lebendiger Arbeit und Invest-, Stahl- und Energieaufwand.

Mit Hilfe der Berechnungen galt es, für das jeweilige Einzelkriterium oder den gewichteten Kriterienkomplex die günstigsten Kompromißlösungen als Bestvarianten zu bestimmen.

Als Maßstab dienten die Zielparame-ter für 3 Größenklassen von Fischgrätenmelkstandanlagen, die in Tafel 3 zusammengestellt sind.

Tafel 4 zeigt die relative Erfüllung der Zielkriterien durch die Modellvarianten. Bis auf den spezifischen Durchsatz je Melker bzw. die Melkerleistung und den spezifischen Aufwand an lebendiger Arbeit beim Melkstand mit 2 × 4 Melkplätzen wurden bei allen Ziel-

kriterien und allen Melkstandgrößen die angestrebten Zielstellungen überboten. Trotz höherer Anforderungen an die größeren Melkstände erreichen sie ein hohes Maß der Überbietung. Bestwerte der Einzelkriterien bei jeweiliger Erfüllung aller anderen Zielparame-ter, die von den Modellvarianten erreicht worden sind, weist Tafel 5 aus.

Als günstigste Melkstandgrößen erwiesen sich sowohl hinsichtlich der Bewertung nach Einzelkriterien wie auch nach 5 gewichteten Gebrauchswertkriterien die Fischgrätenmelkstände mit 2 × 12, 2 × 6 und 2 × 10 Melkplätzen.

Vorteilhafte Kombinationen von Herden- und Melkstandgrößen sind in Tafel 6 zusammen- gestellt.

Die FGM-Größe 2 × 4 Melkplätze und die Herdengröße von 100 Tieren erreichte mit keiner Modellvariante die Erfüllung aller Ziel- parame-ter.

Die Ergebnisse lassen folgende Zusammen- hänge erkennen:

- Der Einfluß des Investfaktors von 1,25 oder 1,35 auf die Höhe der spezifischen Verfahrensteilkosten ist mit 3 bis 4 M/ Tpl · a gering.
- Der spezifische Investaufwand in M/Tpl nimmt mit abnehmender Auslastung des Melkstands erheblich zu, er beträgt z. B. für den FGM mit 2 × 12 Melkplätzen bei 800 Tpl 370 bis 400 M/Tpl bei 600 Tpl 494 bis 543 M/Tpl bei 400 Tpl 740 bis 800 M/Tpl. Die Reduzierung der Melkstandauslastung auf die Hälfte führt zur Verdoppelung des spezifischen Investaufwands.
- Unterschiedlicher AK-Besatz und Durch- satz können sich hinsichtlich des spezifi- schen Aufwands an lebendiger Arbeit kompensieren, so daß sie zum gleichen Resultat führen. Zum Beispiel ergeben für den FGM mit 2 × 12 Melkplätzen 2 Mel- ker, 0 Treiber, Durchsatzfaktor 4 und 2 Melker, 0,5 Treiber, Durchsatzfaktor 5 in beiden Fällen einen spezifischen Aufwand von 13,5 AKh je Kuh und Jahr.
- Der spezifische Stahlaufwand zeigt eine deutliche Konzentrationseffektwirkung zur Melkstand- und Herdengröße. Bestwerte mit 3,0 bis 3,4 kg/Tpl basieren alle auf dem FGM mit 2 × 12 Melkplätzen und 800 zugeordneten Kühen.
- Für das Kriterium minimaler spezifischer Elektroenergieaufwand in kWh/Tpl · a ist die Konzentrationseffektwirkung nicht so stark ausgeprägt wie beim spezifischen Stahlaufwand. Zwar erreicht auch hier der FGM 2 × 12 mit Ausrüstungsvariante 86 mit 36,9 kWh/Tpl · a bei 800 Tpl Rang 1, jedoch erhöht sich der spezifische Elektroenergieaufwand bei 600 Tpl lediglich auf 38,9 kWh/Tpl · a (105%) und bei 400 Tpl auf 42,8 kWh/Tpl · a (116%).
- Der Einfluß der Herdenkonzentration auf die spezifischen Verfahrensteilkosten ist im Vergleich zum Einfluß auf den spezifi- schen Investaufwand gering. Zum Beispiel führt beim FGM 2 × 5 mit 400 Tpl die Reduzierung der Herdengröße um 25% auf 300 Tpl zur Erhöhung des spezifischen Investaufwands um 33,4%, d. h. von 285 auf 380 M/Tpl. Die spezifischen Verfahrensteilkosten erhöhen sich in diesem Fall ledig- lich um 1,5%, und zwar von 278 auf 282 M/Tpl · a.
- Der Einfluß des Elektroenergiepreises für die FGM der mittleren Klassengröße – ob 0,30 oder 0,20 M/kWh kostenwirksam

werden – auf die Verfahrensteilkosten bewegt sich zwischen 5 und 13 M/Tpl · a, was einem Bereich von 1,5 bis 4% der spezifischen Verfahrensteilkosten je Kuh und Jahr entspricht.

– Die beim FGM 2 × 7 berechneten Modellvarianten mit ein und derselben FGM-Ausrüstungsvariante lassen den Einfluß von Herdengrößen mit 300, 400 und 500 Tieren, von Arbeitsorganisation und Durchsatzfaktor (1 AK, n = 4/h bzw. 1,5 AK, n = 5/h) sowie vom Investfaktor (1,25 bzw. 1,35) auf die Höhe der spezifischen Verfahrensteilkosten erkennen. Die dabei maximal auftretende Differenz zwischen 213,4 M/Tpl · a und 196,6 M/Tpl · a beträgt 16,8 M/Tpl · a und ist als gering einzuschätzen.

– Niedrige spezifische Verfahrensteilkosten als wichtiges ökonomisches Kriterium sind sowohl bei Verfahrensvarianten mit relativ geringem spezifischen Investaufwand von 8000 bis 10000 M/MP und dementsprechend niedrigem Mechanisierungs- bzw. Automatisierungsniveau in Verbindung mit relativ hohem spezifischen Aufwand an lebendiger Arbeit von 14 bis 20 AKh/Kuh · a als auch umgekehrt bei solchen mit niedrigem spezifischen Arbeitszeitaufwand von 6 bis 13 AKh/Kuh · a und hohem spezifischen Investaufwand von 12000 bis 35000 M/MP erreichbar.

Die Bestlösungen der FGM-Modellvarianten sind technisch charakterisiert durch

- automatische Stimulation (Physiomatic-Druckluftsystem oder alternierendes Pulsfrequenz-Stimulationsverfahren – APF)
- automatische Milchflußüberwachung, automatisches Nachmelken und automatische Melkzeugabnahme (Nachmelk- und Melkzeugabnahmeroboter – NAR)
- dem Melkstand vorgeschaltete Euterreinigungsboxen

- mechanisierten Tiereintrieb in den Melkstand
- automatische Tiererkennung
- automatische Milchmengenmessung und Milchprobenahme
- Eutergesundheits-Kontrollsystem
- Betriebsdaten-Überwachungssystem.

4. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Die vom Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben erarbeiteten EDV-Programme DAPF/AULI, MELK, SOME und SOM2 für die Modelluntersuchungen zur optimalen Gestaltung von Fischgrätenmelkstandanlagen haben sich bewährt.

Die Methode der Verfahrensvariantenbildung mit vorgegebenen Konstanten und Variablen, der Vergleich von Zwischenergebnissen mit vorgegebenen Grenzwerten und die Rangfolgesortierung der berücksichtigten Varianten nach bestimmten Einzelkriterien und mehreren gewichteten Kriterien zur Bewertung der Ergebnisse durch den Rechner selbst sind auf ähnliche Aufgaben technologischer Untersuchungen mit einer großen Anzahl zu berechnender Varianten mit diesen entwickelten EDV-Programmen übertragbar und nutzbar.

Die bei den Modellrechnungen als günstigste Melkstandgrößen ausgewiesenen Fischgrätenmelkstände mit 2 × 12, 2 × 6, 2 × 8 und 2 × 10 Melkplätzen sollten als Vorzugsgrößen bei Rationalisierungs- und Rekonstruktionsmaßnahmen für Milchproduktionsanlagen vorgesehen werden.

Fischgrätenmelkstandanlagen sollten grundsätzlich mit automatischer Stimulation (APF-Stimulationsverfahren), automatischer Milchflußüberwachung (Kippschalen-Milchmengenmesser) und automatischer Nachmelk- und Melkzeugabnahmeeinrichtung (Nachmelk- und Melkzeugabnahmeroboter) ausgerüstet werden.

Ergänzungen durch weitere Baugruppen, wie Konzentratfütterungsanlage, Produktionskontrollsystem, Euterreinigungsbox, mechanisches Treibegatter u. a., sind zu ermöglichen und fallweise zu prüfen.

5. Zusammenfassung

Berichtet wird über Ergebnisse rechnergestützter Modelluntersuchungen zur optimalen Verfahrensgestaltung beim Einsatz von Melkstandanlagen in Fischgrätenform.

Als günstigste Melkstandgrößen erwiesen sich FGM mit 2 × 6, 2 × 8, 2 × 10 und 2 × 12 Melkplätzen. FGM sollten grundsätzlich mit automatischer Stimulation, automatischer Milchstromüberwachung und automatischer Nachmelk- und Melkzeugabnahmeeinrichtung ausgerüstet werden. Komplettierungen sind mit Konzentratfütterungsanlagen und Ausrüstungen zur Euterwäsche möglich.

Forschungsarbeiten zu weiteren Automatisierungsschritten sind zum Tiereintrieb in den FGM, zur Eutervorbereitung (Vormelkprobe und Euterreinigung), zum Melkzeugansetzen, zur Betriebsdatenüberwachung und zur Eutergesundheitskontrolle erforderlich.

Literatur

- [1] Bartmann, R.: Technisch-technologische Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von Melkstandanlagen in Fischgrätenform (FGM). AdL der DDR Berlin, Dissertation A 1987.
- [2] Mörtl, W.; Kraut, D.; Bartmann, R.: Methodik und rechentechnische Realisierung der optimalen Gestaltung von Melkstandanlagen in Fischgrätenform. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 12, S. 563–566.
- [3] Zipper, J.: Modellierung von Melkprozessen bei Neukonstruktion und Rationalisierungslösungen in Milchproduktionsanlagen. Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Forschungsabschlußbericht 1985 (unveröffentlicht). A 5383

Wechselbeziehungen zwischen Verfahrensänderungen und baulicher Lösung bei der Rekonstruktion und Rationalisierung von Milchviehanlagen

Prof. Dr. sc. techn. J. Seele, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Architektur

Vorbemerkungen

In Tierproduktionsanlagen durchgeführte Rationalisierungs- und Rekonstruktionsmaßnahmen umfassen aufgrund ihrer Zielstellungen

– Steigerung von Leistung und Arbeitsproduktivität, Erhöhung des Produktionsumfanges und Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Werktätigen – meist Veränderungen hinsichtlich der Gestaltung von Verfahrenslösungen und Ausrüstungstechnik. Der Umfang der Maßnahmen reicht dabei vom Ausrüstungsersatz bis zur komplexen Rationalisierung mit Erweiterungscharakter.

Entsprechend der spezifischen Zielstellung des jeweiligen Vorhabens werden z. B. bei Milchviehanlagen Veränderungen vorgenommen, die in vielen Fällen folgende Umgestaltungen zum Gegenstand haben:

- Umstellung von Anbinde- auf Laufstallhaltung in Verbindung mit dem Einsatz des Fischgrätenmelkstands
- Umstellung von Güllewirtschaft auf Strohdungswirtschaft
- Einsatz teilstationärer oder mobiler Mechanisierungslösungen für Fütterung und Entmistung.

Als Entscheidungshilfen werden dazu in Katalogen und Publikationen Verfahrenskombinationen als Vorzugslösungen angeboten, die u. a. eine maximale Ausnutzung vorhandener Gebäudesystemabmessungen ermöglichen sollen.

Im Hinblick auf eine hohe Effektivität der vorgesehenen Maßnahmen sollte bereits bei den ersten Planungsüberlegungen eine komplexe Analyse möglicher baulicher Konsequenzen von Verfahrensänderungen vorge-

nommen werden. Nachfolgend werden dazu einige Betrachtungen angestellt, die sich sowohl auf das Stallgebäude als auch auf die Gesamtanlagegestaltung beziehen.

Verfahrensänderungen und bauliche Konsequenz für Stallgebäude

Ausgehend von den o. g. drei Umgestaltungsaspekten sind die in Tafel 1 dargestellten komplexen Zusammenhänge zu beachten. In baulicher Hinsicht ergeben sich vor allem Auswirkungen auf

- Möglichkeiten der Grundflächenausnutzung bzw. Flächenminimierung, ausgedrückt in m²/Tierplatz oder in Veränderungen der Tierplatzkapazität des Stalles
- Erfordernisse der Stallraumgeometrie einschließlich notwendiger lichter Raumhöhen und Torabmessungen