

**Institut für Landtechnik der**

**T e c h n i s c h e n U n i v e r s i t ä t M ü n c h e n**

**Entwicklung einer Melk - Meß - Einrichtung zur Erfassung von  
Milchabgabeprofilen innerhalb der Pulszyklen bei abgestuften  
Druckverhältnissen**

**Werner L. Schmidt**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften genehmigten Dissertation.

**Vorsitzender: Prof. Dr. W. Groth**

**1. Prüfer: Prof. Dr. H.-L. Wenner**

**2. Prüfer: Prof. Dr. Dr. h.c. H. Karg**

Die Dissertation wurde am 11.8.1986 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau am 31.10.1986 angenommen.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Abbildungen	XI
Verzeichnis der Tabellen	XVI
Verzeichnis der Abkürzungen	XVII
Verzeichnis der Definitionen	XVII
<b>1. Einleitung und Problemstellung</b>	<b>1</b>
1.1 Hinführung	1
1.2 Ziel der Arbeit	6
<b>2. Literatur</b>	<b>8</b>
2.1 Erfassung von Milchflußprofilen über das Gewicht der Milch mit DMS-Technik	9
2.1.1 Ziel der Arbeit	9
2.1.2 Meßmethode	9
2.1.3 Ergebnisse	11
2.1.4 Schlußfolgerungen	13
2.2 Erfassung von Milchflußprofilen über die Geschwindigkeit der Milch mit Ultraschall-Doppler-Technik	19
2.2.1 Ziel der Arbeit	19
2.2.2 Meßmethode	19
2.2.3 Ergebnisse	22
2.2.4 Schlußfolgerungen	24
2.3 Erfassung von Milchflußprofilen über das Gewicht der Milch mit rotierenden Milchauffangbechern	27
2.3.1 Ziel der Arbeit	27
2.3.2 Meßmethode	27
2.3.3 Ergebnisse	30
2.3.4 Schlußfolgerungen	33

	Seite	
2.4	Erfassung von Milchflußprofilen über die Milchflußgeschwindigkeit im Zitzenkanal mit Ultraschall-Doppler-Technik	38
2.4.1	Ziel der Arbeit	38
2.4.2	Meßmethode	38
2.4.3	Ergebnisse	39
2.4.4	Schlußfolgerungen	40
2.5	Erfassung von Milchflußprofilen über die optische Dichte der Milch mit einem Infrarot-Sensor	43
2.5.1	Ziel der Arbeit	43
2.5.2	Meßmethode	43
2.5.3	Ergebnisse	45
2.5.4	Schlußfolgerungen	51
2.6.	Erfassung des Milchflusses über die Geschwindigkeit der Milch im kurzen Milchschauch mit Ultraschall-Doppler-Technik	57
2.6.1	Ziel der Arbeit	57
2.6.2	Meßmethode	57
2.6.3	Ergebnisse	57
2.6.4	Schlußfolgerungen	59
2.7	Zusammenfassende Betrachtung	61
<b>3.</b>	<b>Entwicklung einer Melk-Meß-Einrichtung zur Erfassung von Milchabgabeprofilen</b>	<b>64</b>
3.1	Anforderungen an eine Melk-Meß-Einrichtung	64
3.2	Melk- und meßtechnische Ausrüstung zur Einstellung und Überprüfung der Vakuumapplikation	66
3.2.1	Vakuumsystem	66
3.2.2	Pneumatisches Steuerteil	70
3.2.3	Elektronisches Steuerteil	71
3.2.4	Zitzenmodell	73
3.2.5	Flüssigkeits-Dosiereinrichtung	73

	Seite	
3.2.6	Datenaufzeichnung	74
3.2.7	Fehlerbeurteilung zur Einstellung und Überprüfung der Vakuumpplifikation	74
3.3	Erarbeitung kontrollierter Vakuumbedingungen mittels einer Milch-Luft-Trennung	75
3.3.1	Alternativen zur Milch-Luft-Trennung	82
3.3.1.1	Membranventil	82
3.3.1.2	Milchschleuse	90
3.4	Positionierung eines Meßwertaufnehmers zur Erfassung von Milchabgabeprofilen innerhalb der Pulszyklen	90
3.5	Vorstellung und Beurteilung des Meßsystems	93
3.5.1	Aufbau und Funktionsweise des Meßgefäßes	93
3.5.2	Meßprinzip	96
3.5.2.1	Auswahl der Elektroden	100
3.5.2.2	Kennlinie der Füllhöhe	100
3.5.2.3	Eichung bei konstanten Flüssen mit Wasser	103
3.5.3	Beurteilung von Milch-Flußkurven	112
3.5.3.1	Meßunsicherheit bei Milchabgabeprofilen	112
3.5.3.2	Zeitverzögerung beim Messen des Milchflusses und Bestimmung der Milchfließphase anhand von Milchabgabeprofilen	117
3.5.3.3	Flußverzerrungen bei Milchabgabeprofilen	125
3.5.4	Fehlerbeurteilung zur Messung von Milchabgabeprofilen mit der Melk-Meß-Anordnung	126
3.5.5	Verbesserungsmöglichkeiten der Meßmethode	130
3.5.6	Alternative Meßmethoden	131
3.5.6.1	Dehnungsmeßtechnik	131
3.5.6.2	Meßprinzipien zur Füllhöhenenerfassung	134
3.5.6.2.1	Kapazitives Meßverfahren	134
3.5.6.2.2	Weitere Meßverfahren	135
3.6	Zusammenfassende Betrachtung	136

	Seite
<b>4. Einsatz der entwickelten Meßmethode im praktischen Melkversuch</b>	137
4.1 Material und Methoden	137
4.1.1 Versuchsort und -zeit	137
4.1.2 Tiermaterial	137
4.1.3 Vakuuapplikationen während des Melkversuches	138
4.1.4 Eingewöhnungszeit der Tiere	141
4.1.5 Arbeitsablauf	142
4.1.6 Erfassung der Versuchsdaten	144
4.1.7 Auswertung der Versuchsdaten	146
4.2 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	148
4.2.1 Einordnung der im Melkversuch angewendeten Vakuuapplikationen	150
4.2.2 Schematische Darstellung und Diskussion der Entlastungsmechanismen	155
4.2.3 Darstellung und Diskussion der Zitzenverformung in der d-Phase der Pulszyklen	172
4.2.4 Physiologischer Exkurs	176
4.2.5 Darstellung und Diskussion der Milchabgabepprofile	178
4.2.5.1 Formen der Milchabgabepprofile	179
4.2.5.2 Zeitverzögerung und Milchfließphase	198
4.2.6 Zusammenfassende Betrachtung	205
<b>5. Schlußfolgerungen</b>	207
<b>6. Zusammenfassung</b>	214
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	216
<b>8. Kurzzusammenfassung</b>	225
<b>Summary</b>	225