

**Technische Universität München**  
**Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues**

Wirtschaftlichkeit automatischer und konventioneller Melksysteme  
im Vergleich

Dirk Hömberg

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. P. Wagner  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. A. Heißenhuber  
2. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. (AE Keszthely) J. Schön  
3. Apl. Univ.-Prof. Dr. H. Hoffmann

Die Dissertation wurde am 23.10.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 08.02.2002 angenommen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Rahmenbedingungen.....</b>	<b>3</b>
2.1	Wirtschaftliche Situation.....	3
2.2	Rechtsvorschriften .....	5
<b>3</b>	<b>Kennzeichen automatischer Melksysteme .....</b>	<b>8</b>
3.1	Aufbau und Funktion .....	8
3.1.1	Systemvarianten .....	8
3.1.2	Tierverkehr .....	11
3.1.3	Automatische Melksysteme in Verbindung mit Weidehaltung .....	13
3.2	Einsatzbereich .....	14
3.2.1	Entwicklung der Anlagenzahl .....	14
3.2.2	Gründe für den Einsatz automatischer Melkanlagen .....	15
3.2.3	Einsatzschwerpunkte .....	17
<b>4</b>	<b>Einfluß des Melksystems auf biologische Leistungen .....</b>	<b>20</b>
4.1	Milchleistung und Milchinhaltsstoffe .....	20
4.1.1	Zusammenhänge von Melkhäufigkeit und Milchleistung.....	21
4.1.2	Zusammenhänge von Ausmelkgrad und Milchleistung.....	23
4.1.3	Prognose systembedingter Milchleistungsunterschiede.....	26
4.2	Eutergesundheit.....	27
4.3	Milchqualität .....	29
<b>5</b>	<b>Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit des Melksystems .....</b>	<b>32</b>
5.1	Arbeitszeitbedarf in konventionell melkenden Betrieben.....	33
5.1.1	Tierbezogene Arbeiten .....	33
5.1.2	Anlagenbezogene Arbeiten .....	36
5.2	Arbeitszeitbedarf in automatisch melkenden Betrieben .....	38
5.3	Vergleich der Arbeitszeitbedarfswerte.....	42
<b>6</b>	<b>Kalkulationsgrundlagen.....</b>	<b>44</b>
6.1	Melkleistung automatischer Melksysteme.....	44
6.1.1	Einflußfaktoren.....	44
6.1.1.1	Melkdauer und Rüstzeiten.....	44
6.1.1.2	Anlagengröße .....	45
6.1.1.3	Effektive tägliche Betriebsdauer.....	45
6.1.1.4	Melkhäufigkeit .....	46
6.1.2	Leistungspotential ausgewählter Anlagen.....	47
6.2	Betriebsmittelverbrauch.....	49
6.2.1	Betriebsmittelverbrauch konventioneller Melksysteme.....	49
6.2.2	Betriebsmittelverbrauch automatischer Melksysteme.....	51
6.2.3	Betriebsmittelpreise.....	52
6.3	Kapitalbedarf.....	53
6.3.1	Kapitalbedarf konventioneller Melksysteme.....	54
6.3.1.1	Vorwarteraum .....	54
6.3.1.2	Melkstandgebäude.....	54

---

## Inhaltsverzeichnis

---

6.3.1.3 Melkanlage .....	55
6.3.1.4 Herdenmanagementsystem .....	56
6.3.1.5 Milchmengenmeßgeräte .....	57
6.3.1.6 Kraftfutteranlage .....	58
6.3.2 Kapitalbedarf automatischer Melksysteme .....	59
6.3.2.1 Melkraum .....	59
6.3.2.2 Melkanlage .....	59
6.3.2.3 Selektionstore .....	60
6.3.2.4 Selektionsräume .....	60
6.3.3 Kapitalbedarf in Abhängigkeit der Kuhzahl .....	61
6.4 Jahreskosten .....	62
6.4.1 Jahreskosten konventioneller Melksysteme .....	63
6.4.1.1 Vorwarteraum .....	63
6.4.1.2 Melkraum .....	63
6.4.1.3 Melkanlage .....	64
6.4.1.4 Herdenmanagementsystem .....	65
6.4.1.5 Milchmengenmeßgeräte .....	66
6.4.1.6 Kraftfutteranlage .....	67
6.4.2 Jahreskosten automatischer Melksysteme .....	69
6.4.2.1 Melkraum .....	69
6.4.2.2 Melkanlage .....	70
6.4.2.3 Selektionstore .....	72
6.4.2.4 Selektionsräume .....	72
6.4.3 Jahreskosten in Abhängigkeit der Kuhzahl .....	73
6.4.4 Kostenstruktur .....	74
6.5 Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch .....	75
<b>7 Wirtschaftlichkeitsvergleich .....</b>	<b>79</b>
7.1 Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	79
7.1.1 Einfluß der Herdengröße .....	79
7.1.2 Einfluß der Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen .....	80
7.1.3 Einfluß des Kalkulationszinssatzes .....	82
7.1.4 Einfluß des Ausstattungsniveaus der konventionellen Vergleichsanlagen .....	83
7.2 Arbeitszeiteinsparungen in automatisch melkenden Betrieben .....	85
7.3 Erforderlicher Lohnansatz zum Ausgleich der Mehrkosten .....	86
7.3.1 Einfluß der Herdengröße .....	86
7.3.2 Einfluß der Arbeitszeiteinsparungen .....	87
7.3.3 Einfluß von Milchleistungssteigerungen .....	89
7.4 Erforderliche Milchleistungssteigerungen .....	90
7.4.1 Einfluß des Grenzdeckungsbeitrags .....	90
7.4.2 Einfluß des Lohnansatzes .....	91
7.5 Kritische Preise automatischer Melkanlagen .....	93
7.5.1 Berechnungsgrundlagen .....	93
7.5.2 Einfluß eingesparter Arbeitskosten .....	96
7.5.3 Einfluß von Milchleistungssteigerungen .....	97
7.5.4 Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen .....	98
7.5.5 Erforderliche Preisänderungen .....	100

## Inhaltsverzeichnis

---

7.6	Kritische Kuhzahlen.....	101
7.7	Wirtschaftlichkeit von Herdenaufstockungen.....	104
<b>8</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>107</b>
8.1	Leistungen und Kosten im Vergleich zu Literaturangaben .....	107
8.1.1	Melkleistung automatischer Melksysteme .....	107
8.1.2	Kapitalbedarf automatischer Melksysteme .....	109
8.1.3	Jahreskosten automatischer Melksysteme.....	110
8.1.4	Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	112
8.1.5	Arbeitszeiteinsparungen in automatisch melkenden Betrieben.....	114
8.2	Wettbewerbsfähigkeit in Abhängigkeit der Systemvariante.....	116
8.3	Wirtschaftlichkeit von Herdenaufstockungen.....	117
8.4	Gewichtung der ökonomischen Einflußfaktoren .....	118
8.5	Bedeutung der Melkgeschwindigkeit.....	121
8.6	Bedeutung des Milchleistungsniveaus .....	122
8.7	Schlußfolgerungen .....	124
<b>9</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>127</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>131</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>136</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>.....</b>	<b>167</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der deutschen Milcherzeugerpreise zwischen 1984 und 1999 ...	3
Abbildung 2:	Entwicklung der Betriebsstrukturen in der westdeutschen Milchviehhaltung .	4
Abbildung 3:	Entwicklung Herdenstrukturen in der westdeutschen Milchviehhaltung .....	4
Abbildung 4:	Einboxenanlage .....	9
Abbildung 5:	Mehrboxenanlage .....	10
Abbildung 6:	Varianten des Tierverkehrs in automatisch melkenden Betrieben .....	11
Abbildung 7:	Entwicklung der Anzahl automatischer Melksysteme bis Frühjahr 2000 .....	15
Abbildung 8:	Beweggründe für den Kauf automatischer Melkanlagen .....	16
Abbildung 9:	Kuhzahlen und Milchleistungen automatisch melkender Betriebe in Bayern	18
Abbildung 10:	Regionale Verteilung der automatischen Melkanlagen im Freistaat Bayern .	19
Abbildung 11:	Milchsekretionsrate in Abhängigkeit der Zwischenmelkzeit .....	23
Abbildung 12:	Verteilung der Zwischenmelkzeiten in automatischen Melkanlagen .....	27
Abbildung 13:	Auf der Basis von Literaturangaben kalkulierter Arbeitszeitbedarf in ausgewählten Melkanlagen .....	43
Abbildung 14:	Anzahl der pro Melkeinheit und Stunde möglichen Melkvorgänge in Abhängigkeit von Milchmenge, Milchflußrate und Rüstzeiten .....	44
Abbildung 15:	Einfluß der stündlichen Melkleistung und täglichen Betriebsdauer auf die Anzahl der Melkvorgänge in automatischen Melkanlagen .....	46
Abbildung 16:	Einfluß der Melkleistung automatischer Melkanlagen und der Melkhäufigkeit auf die maximale Kuhzahl automatisch melkender Betriebe .....	47
Abbildung 17:	Kapitalbedarf ausgewählter Melkanlagen .....	61
Abbildung 18:	Jahreskosten der Kraftfutteranlagen bei unterschiedlichen Kuhzahlen .....	68
Abbildung 19:	Jahreskosten ausgewählter Melkanlagen .....	73
Abbildung 20:	Kostenstruktur ausgewählter Melkanlagen .....	75
Abbildung 21:	Mehrkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit der Herdengröße	80
Abbildung 22:	Anstieg der Jahreskosten verschiedener Melksysteme bei Anhebung des Kalkulationszinssatzes von 6,0 % auf 8,0 % .....	82
Abbildung 23:	Arbeitszeiteinsparung in automatisch melkenden Betrieben .....	85
Abbildung 24:	Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der Herdengröße .....	87
Abbildung 25:	Erforderliche Milchleistungssteigerungen in Abhängigkeit des Grenzdeckungsbeitrags .....	91
Abbildung 26:	Einfluß von Milchleistungssteigerungen auf die kritischen Preise .....	98
Abbildung 27:	Entwicklung der Deckungsbeiträge verschiedener Modellbetriebe bei Nutzung der freigesetzten Arbeitszeit zur Aufstockung der Herde .....	105
Abbildung 28:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur maximalen Herdengröße automatisch melkender Betriebe .....	108

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 29: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zum Kapitalbedarf automatischer Melksysteme .....	110
Abbildung 30: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten automatischer Melksysteme .....	112
Abbildung 31: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	113
Abbildung 32: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur Arbeitszeiteinsparung durch automatische Melksysteme .....	116
Abbildung 33: Melkkosten in Abhängigkeit des Milchleistungsniveaus .....	123

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Rechtliche Auflagen für Milcherzeuger mit automatischen Melksystemen .....	7
Tabelle 2:	Merkmale der zur Zeit bekannten automatischen Melksysteme .....	8
Tabelle 3:	Anzahl automatischer Melkanlagen im Jahr 1998 .....	15
Tabelle 4:	Expertenmeinungen zum Einsatzbereich automatischer Melkanlagen .....	17
Tabelle 5:	Beobachtete Milchleistungsänderung nach Übergang zum automatischen Melken .....	21
Tabelle 6:	Literaturangaben zur Entwicklung der Zellzahlen durch Übergang zum automatischen Melken .....	28
Tabelle 7:	Literaturangaben zur Entwicklung der Keimzahlen durch Übergang zum automatischen Melken .....	30
Tabelle 8:	Literaturangaben zur Entwicklung des Gefrierpunktes durch Übergang zum automatischen Melken .....	31
Tabelle 9:	Melkarbeiten in Abhängigkeit des Melksystems .....	32
Tabelle 10:	Resultate von Arbeitszeitstudien in konventionellen Melkanlagen .....	35
Tabelle 11:	Kalkulierter Arbeitszeitbedarf für das Melken in konventionellen Melkanlagen .....	35
Tabelle 12:	Zeitaufwand für Rüstarbeiten in einem Fischgrätenmelkstand mit 2x8 Plätzen .....	36
Tabelle 13:	Optimale Melkplatzzahl in Abhängigkeit der arbeitswirtschaftlichen Melkleistung .....	37
Tabelle 14:	Kalkulierter Rüstarbeitszeitbedarf ausgewählter Melkstandanlagen .....	37
Tabelle 15:	Literaturangaben zum Arbeitszeitaufwand automatisch melkender Betriebe.	40
Tabelle 16:	Arbeitszeitaufwand für einzelne Arbeitselemente des automatischen Melkens .....	41
Tabelle 17:	Spannweiten des Melkleistungspotentials automatischer Melkanlagen .....	45
Tabelle 18:	Leistungspotential automatischer Melkanlagen .....	48
Tabelle 19:	Betriebsmittelverbrauch konventioneller Melkanlagen .....	50
Tabelle 20:	Betriebsmittelverbrauch automatischer Melkanlagen .....	51
Tabelle 21:	Betriebsmittelpreise .....	52
Tabelle 22:	Kapitalbedarf für Melkstandgebäude .....	54
Tabelle 23:	Kapitalbedarf für konventionelle Melkanlagen .....	55
Tabelle 24:	Preise verschiedener Herdenmanagementprogramme .....	56
Tabelle 25:	Preisspanne verschiedener Milchmengenmeßgeräte .....	57
Tabelle 26:	Kapitalbedarf für Milchmengenmeßgeräte .....	57
Tabelle 27:	Kapitalbedarf für Kraftfutteranlagen .....	58
Tabelle 28:	Kapitalbedarf für Melkräume automatischer Melkanlagen .....	59

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 29:	Kapitalbedarf für Einboxenanlagen .....	59
Tabelle 30:	Kapitalbedarf für Mehrboxenanlagen .....	60
Tabelle 31:	Kapitalbedarf für Selektionstore automatischer Melkanlagen .....	60
Tabelle 32:	Jahreskosten der Vorwarteräume konventioneller Melksysteme .....	63
Tabelle 33:	Jahreskosten der Melkstandgebäude konventioneller Melksysteme .....	64
Tabelle 34:	Jahreskosten konventioneller Melkanlagen .....	65
Tabelle 35:	Jahreskosten von Herdenmanagementsystemen .....	66
Tabelle 36:	Jahreskosten der Milchmengenmeßgeräte konventioneller Melkanlagen .....	66
Tabelle 37:	Jahreskosten von Kraftfutteranlagen .....	67
Tabelle 38:	Jahreskosten der Melkräume automatischer Melkanlagen .....	69
Tabelle 39:	Jahreskosten von Einboxenanlagen .....	70
Tabelle 40:	Jahreskosten von Mehrboxenanlagen .....	71
Tabelle 41:	Jahreskosten der Selektionstore automatischer Melksysteme .....	72
Tabelle 42:	Jahreskosten der Selektionsräume automatischer Melksysteme .....	72
Tabelle 43:	Milchpreise in den verschiedenen Regionen der Bundesrepublik Deutschland .....	76
Tabelle 44:	Gleichgewichtspreise der Milchquotenbörsen im November 2000 .....	77
Tabelle 45:	Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch .....	78
Tabelle 46:	Kapitalkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit der Nutzungsdauer .....	81
Tabelle 47:	Veränderung der Mehrkosten automatischer Melkanlagen bei einer Anhebung der unterstellten Nutzungsdauer von acht auf zwölf Jahre .....	81
Tabelle 48:	Jahreskosten einzelner Komponenten konventioneller Melksysteme .....	84
Tabelle 49:	Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der eingesparten Arbeitszeit .....	88
Tabelle 50:	Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit von Milchleistungssteigerungen .....	89
Tabelle 51:	Erforderliche Milchleistungssteigerungen zum Ausgleich der Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	92
Tabelle 52:	Kritische Kapital- und Unterhaltskosten automatischer Melkanlagen .....	94
Tabelle 53:	Kritische Preise automatischer Melkanlagen .....	95
Tabelle 54:	Kritische Preise automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit des Lohnansatzes .....	96
Tabelle 55:	Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen .....	99
Tabelle 56:	Erforderliche Preisänderung automatischer Melkanlagen .....	100
Tabelle 57:	Kritische Kuhzahlen automatischer Melkanlagen .....	102
Tabelle 58:	Fixe Mehrkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit ihrer Nutzungsdauer .....	103

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 59:	Kritische Kuhzahlen automatischer Melkanlagen bei einer Nutzungsdauer von 12 Jahren.....	104
Tabelle 60:	Zusammenfassung der ermittelten Melkleistungen automatischer Melksysteme .....	107
Tabelle 61:	Zusammenfassung der errechneten Investitionssummen.....	109
Tabelle 62:	Zusammenfassung der errechneten Jahreskosten automatischer Melksysteme .....	111
Tabelle 63:	Zusammenfassung der errechneten Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	113
Tabelle 64:	Gegenüberstellung der von verschiedenen Autoren gewählten konventionellen Vergleichsanlagen .....	114
Tabelle 65:	Zusammenfassung der errechneten Arbeitszeiteinsparung automatischer Melksysteme .....	115
Tabelle 66:	Bedeutung verschiedener Einflußfaktoren für die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme.....	121
Tabelle 67:	Maximale Herdengröße automatisch melkender Betriebe in Abhängigkeit der Melkgeschwindigkeit.....	121
Tabelle 68:	Erforderliche Melkzeugzahl in Abhängigkeit der Melkgeschwindigkeit .....	122
Tabelle 69:	Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen .....	126
Tabelle 70:	Jährlicher Arbeitszeitbedarf in konventionellen Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen .....	136
Tabelle 71:	Jährlicher Arbeitszeitbedarf in automatischen Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen .....	137
Tabelle 72:	Jährliche Arbeitszeiteinsparung automatischer Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen .....	138
Tabelle 73:	Stündliches Melkleistungspotential automatischer Melksysteme in Abhängigkeit von Milchmenge, Milchflußraten und Rüstzeiten .....	139
Tabelle 74:	Einfluß der stündlichen Melkleistung und Betriebsdauer auf die tägliche Melkleistung automatischer Melkanlagen.....	139
Tabelle 75:	Maximale Kuhzahl automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit deren täglicher Melkleistung sowie der Melkhäufigkeit der Kühe .....	139
Tabelle 76:	Kapitalbedarf konventioneller Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen .....	140
Tabelle 77:	Kapitalbedarf automatischer Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen .....	141
Tabelle 78:	Jahreskosten konventioneller Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen .....	142
Tabelle 79:	Jahreskosten automatischer Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen .....	143
Tabelle 80:	Mehrkosten automatischer Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen .....	144

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 81:	Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der Kuhzahl .....	145
Tabelle 82:	Kapitalkosten konventioneller Melksysteme in Abhängigkeit des Zinssatzes .....	146
Tabelle 83:	Kapitalkosten automatischer Melksysteme in Abhängigkeit des Zinssatzes	148
Tabelle 84:	Kostenstruktur ausgewählter Melkanlagen .....	149
Tabelle 85:	Einfluß des Zinssatzes auf die Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	149
Tabelle 86:	Einfluß des Grenzdeckungsbeitrags auf die erforderlichen Leistungssteigerungen .....	149
Tabelle 87:	Einfluß von Milchleistungssteigerungen auf den kritischen Preis .....	150
Tabelle 88:	Fixe und proportionale Mehrkosten automatischer Melkanlagen.....	150
Tabelle 89:	Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x5 Plätze) bzw. 1 Einboxenanlage bei gleicher Jahresarbeitszeit .....	151
Tabelle 90:	Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) bzw. 2 Einboxenanlagen bei gleicher Jahresarbeitszeit .....	152
Tabelle 91:	Kuhzahlen in Betrieben mit Melkkarussell (18 Plätze) bzw. 3 Einboxenanlagen bei gleicher Jahresarbeitszeit .....	153
Tabelle 92:	Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x6 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (2 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit.....	154
Tabelle 93:	Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (3 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit.....	155
Tabelle 94:	Kuhzahlen in Betrieben mit Melkkarussell (18 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (4 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit.....	156
Tabelle 95:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x5 Plätze) auf 1 Einboxenanlage mit folgender Herdenaufstockung .....	157
Tabelle 96:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) auf 2 Einboxenanlagen mit folgender Herdenaufstockung ....	158
Tabelle 97:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Melkkarussell (18 Plätze) auf 3 Einboxenanlagen mit folgender Herdenaufstockung .....	159
Tabelle 98:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x6 Plätze) auf Mehrboxenanlage (2 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung .....	160
Tabelle 99:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) auf Mehrboxenanlage (3 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung .....	161
Tabelle 100:	Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Melkkarussell (18 Plätze) auf Mehrboxenanlage (4 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung	162
Tabelle 101:	Entwicklung der Deckungsbeiträge verschiedener Modellbetriebe bei Nutzung der freigesetzten Arbeitszeit zur Aufstockung der Herde .....	163
Tabelle 102:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur maximal möglichen Kuhzahl automatisch melkender Betriebe .....	164

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 103:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zum Kapitalbedarf automatischer Melksysteme .....	164
Tabelle 104:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten automatischer Melksysteme .....	164
Tabelle 105:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten von Vergleichsanlagen automatischer Melksysteme .....	165
Tabelle 106:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den jährlichen Mehrkosten automatischer Melksysteme .....	165
Tabelle 107:	Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur jährlichen Arbeitszeiteinsparung durch automatische Melksysteme .....	165
Tabelle 108:	Melkkosten in Abhängigkeit des Milchleistungsniveaus.....	166

## Formelverzeichnis

Formel 1:	Energiebedarf zum Erhitzen von Wasser .....	49
Formel 2:	Kapitalbedarf für Selektionsräume automatischer Melkanlagen .....	60
Formel 3:	Berechnung der jährlichen Kapitalkosten nach der Annuitätenmethode .....	62
Formel 4:	Ermittlung des Kalkulationszinssatzes .....	63
Formel 5:	Erforderlicher Lohnansatz .....	86
Formel 6:	Erforderliche Milchleistungssteigerungen .....	90
Formel 7:	Kritische Kapital- und Unterhaltskosten automatischer Melkanlagen .....	93
Formel 8:	Zusammenhänge zwischen Kapitalbedarf sowie Kapital- und Unterhaltskosten .....	94
Formel 9:	Kritische Preise automatischer Melkanlagen .....	94
Formel 10:	Änderung des kritischen Preises durch eingesparte Arbeitskosten .....	96
Formel 11:	Änderung der kritischen Preise automatischer Melkanlagen infolge von Milchleistungssteigerungen .....	97
Formel 12:	Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen .....	98
Formel 13:	Erforderliche Preisänderung automatischer Melkanlagen .....	100
Formel 14:	Kritische Kuhzahlen .....	101

## Abkürzungsverzeichnis

AKh	Arbeitskraftstunden	
AKmin	Arbeitskraftminuten	(Für standardisierte Bedingungen kalkulierter Arbeitszeitbedarf)
AKs	Arbeitskraftsekunden	
APh	Arbeitspersonenstunden	
APmin	Arbeitspersonenminuten	(Unter betriebsspezifischen Bedingungen gemessener Arbeitszeitaufwand)
APs	Arbeitspersonensekunden	
DM	Deutsche Mark	
kg	Kilogramm	

# 1 Einleitung

Die Milchviehhaltung ist für die deutsche Landwirtschaft von herausragender Bedeutung. So machten in der Bundesrepublik Deutschland im Wirtschaftsjahr 1998/99 die Erlöse aus dem Verkauf von Milch 27,5 % aller landwirtschaftlichen Verkaufserlöse aus [vgl. Agrarbericht der Bundesregierung 2000, Anhang, S.16]. Noch bedeutender ist die Milchproduktion mit 35,8 % des gesamten landwirtschaftlichen Produktionswertes im Freistaat Bayern [vgl. Bayerischer Agrarbericht 2000, S.257]. Trotz dieses hohen Stellenwerts und der seit 1984 geltenden Milchquotenregelung waren die Erlöse der Milchviehhalter in den letzten 15 Jahren überwiegend rückläufig. Auf Grund der damit verbundenen Notwendigkeit zur Rationalisierung stiegen die Herdengrößen stetig an, während die Anzahl der Milchviehbetriebe kontinuierlich zurückging.

Infolge dieses Strukturwandels nahm der ohnehin schon hohe Arbeitszeitbedarf in den verbleibenden Milchviehbetrieben so stark zu, daß nun in vielen Betrieben arbeitswirtschaftliche Engpässe bestehen. Beispielsweise werden zur Erledigung der Stallarbeiten<sup>1</sup> in einem konventionell melkenden Laufstallbetrieb mit 60 Kühen ca. 6½ Stunden pro Tag benötigt. Zwar steigt der Arbeitszeitbedarf mit wachsender Herdengröße auf Grund einer stärkeren Technisierung nur unterproportional, doch mit ca. acht Stunden pro Tag wird bei 80 Kühen eine kaum noch zu bewältigende Arbeitsbelastung erreicht [vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft 1998/99 (S.188-189)]. Den größten Teil dieser Arbeitszeit beansprucht mit über 60 % das Melken einschließlich der zugehörigen Nebenarbeiten [berechnet aus Angaben im KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.188-189)<sup>2</sup>]. Da die Melkarbeit gleichzeitig eine große physische Belastung darstellt, besteht seitens der Milchviehhalter ein ausgeprägtes Interesse, den Melkprozeß zu automatisieren. Verstärkend kommt hinzu, daß die Verringerung des Arbeitszeitbedarfs im Bereich der Milchviehhaltung während der letzten Jahrzehnte wesentlich geringer war als bei anderen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. So ging der Arbeitszeitbedarf für die Milchviehhaltung von 1960 bis 1990 nur um ca. 46 % zurück, während sich der Arbeitszeitbedarf für die Mastbullenhaltung im selben Zeitraum um 80 % verringerte. Noch ausgeprägter war der Rückgang des Arbeitszeitbedarfs mit 93 bzw. 95 % bei den Produktionsverfahren Legehennenhaltung bzw. Mastschweinehaltung [vgl. HEIBENHUBER und PAHL (1990, S.242)].

---

<sup>1</sup> Füttern, Einstreuen, Reinigen / Entmisten, Melken, Sonstiges (Geburtshilfe, Reproduktionsarbeiten)

<sup>2</sup> 80 Milchkühe, Laufstall mit eingestreuten Liegeboxen, Silagefütterung mit Blockschneider, Kraftfuttergabe über Transponderanlage und z.T. von Hand, Melkstand mit 2x5 Melkplätzen

Um die hohe Arbeitsbelastung der Milchviehhalter zu verringern, wurden ab 1985 automatische Melksysteme entwickelt, die nach ihrer Bauart in Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen unterteilt werden. Beide Systemvarianten unterscheiden sich bezüglich ihrer Melkleistung, Kosten und Gebäudeansprüche. Neben einer deutlichen Reduzierung und Flexibilisierung der Arbeitszeit werden von automatischen Melksystemen auch eine erhöhte Melkhäufigkeit sowie dadurch bedingte Verbesserungen von Milchleistung, Eutergesundheit und Milchqualität erwartet. Zudem können automatische Melksysteme einen Beitrag zur artgerechten Tierhaltung leisten, da sie den Kühen eine weitgehend freie Wahl der Melkzeitpunkte gestatten. Die Nachteile automatischer Melksysteme liegen in deren großem Kapitalbedarf, den hohen Betriebskosten und der permanent erforderlichen Verfügbarkeit qualifizierten Personals zur Behebung etwaiger Störungen. Darüber hinaus stellen automatische Melksysteme teilweise besondere Anforderungen an die bauliche Gestaltung der Milchviehställe. Ein weiterer Nachteil automatischer Melksysteme besteht darin, daß der Melkvorgang bislang nicht in Übereinstimmung mit den geltenden Milchhygienevorschriften abläuft.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme im Vergleich zu konventionellen Melksystemen zu analysieren, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, unter welchen Bedingungen und in welchen Betrieben die verschiedenen Systemvarianten rentabel eingesetzt werden können. Dazu werden nicht nur die technischen Merkmale automatischer Melksysteme erörtert, sondern auch die von ihnen zu erwartenden Auswirkungen auf biologische Leistungen, Arbeitszeitbedarf, Kapitalbedarf und Kosten analysiert. Im Anschluß erfolgt eine Berechnung der Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen sowie der zum Mehrkostenausgleich erforderlichen Lohnansätze und Milchleistungssteigerungen. Ferner wird die Bedeutung verschiedener Einflußfaktoren untersucht. Dies sind im einzelnen, die Herdengröße, die Nutzungsdauer automatischer Melksysteme, der Kalkulationszinssatz, das Ausstattungsniveau der konventionellen Vergleichsanlagen, der Grenzdeckungsbeitrag der Milchproduktion sowie die Melkgeschwindigkeit und das Milchleistungsniveau. Abschließend wird untersucht, ob es rentabel ist, die freigesetzte Arbeitszeit durch Herdenaufstockungen innerbetrieblich zu nutzen.

## 2 Rahmenbedingungen

### 2.1 Wirtschaftliche Situation

In der Europäischen Union werden die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Milcherzeugung durch die seit 1984 bestehende Kontingentierung der Produktionsmengen und die damit verbundene Einschränkung der betrieblichen Entwicklungsmöglichkeiten geprägt. Trotz der Milchquotenregelung belasten beachtliche Überschüsse den europäischen Milchmarkt. So lag der Selbstversorgungsgrad mit Kuhmilch in den Jahren 1995 -1999 zwischen 114 und 110 %. Wird diese Quote um den Verbrauch bereinigt, der nur durch Beihilfen zustande kam, ergeben sich Werte zwischen 127 und 119 % [vgl. RICHARTS (2000, S.27)]. Auf Grund dieser Überschüsse sank, wie aus Abbildung 1 hervorgeht, der Erzeugerpreis in den alten Bundesländern zwischen 1989 und 1999 um mehr als 0,10 DM je kg Milch ab.

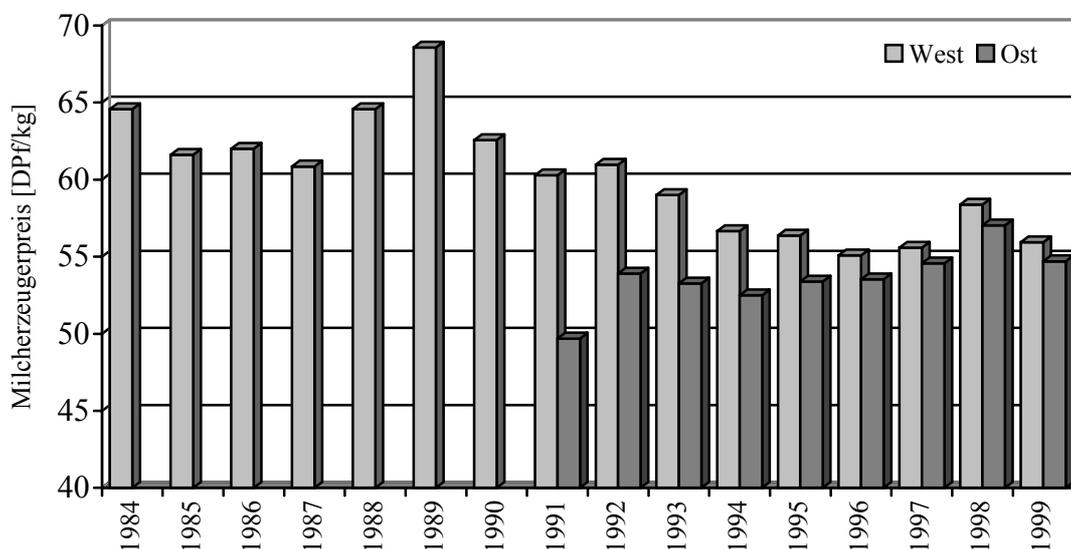


Abbildung 1: Entwicklung der deutschen Milcherzeugerpreise zwischen 1984 und 1999 <sup>1</sup>  
[Quelle: HOFFMANN und PAHL (1999, S.III-1); ab 1990: RICHARTS (2000, S.27)]

Die gesunkenen Milchpreise führten zu einem Strukturwandel in der Milchviehhaltung, der durch eine abnehmende Anzahl von Betrieben und einen gleichzeitigen Anstieg der Herdengrößen gekennzeichnet wird. Wie Abbildung 2 zu entnehmen ist, ging in Westdeutschland zwischen 1984 und 1999 der Anteil der Betriebe mit weniger als 30 Kühen um gut 20 % zurück, während sich der Anteil der Betriebe mit 30-49 Kühen mehr als verdoppelte. Mit einem Anstieg von 3,0 auf 11,2 % wuchs der Anteil der Betriebe mit 50-99 Kühen sogar nahezu auf das Vierfache an. Andere Verhältnisse liegen in Ostdeutschland vor. Hier hielten die meisten Betriebe bis 1990 entweder weniger als 30 oder mehr als 100 Kühe. Obwohl sich

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; bei 3,7 % Fett und 3,4 % Eiweiß; ab Hof

## Rahmenbedingungen

ab 1990 der Anteil der Betriebe mit 30-100 Kühen von 5 auf über 24 % erhöhte, wurden auch 1999 noch mehr als 88 % der ostdeutschen Kühe in Betrieben mit über 100 Tieren gehalten.

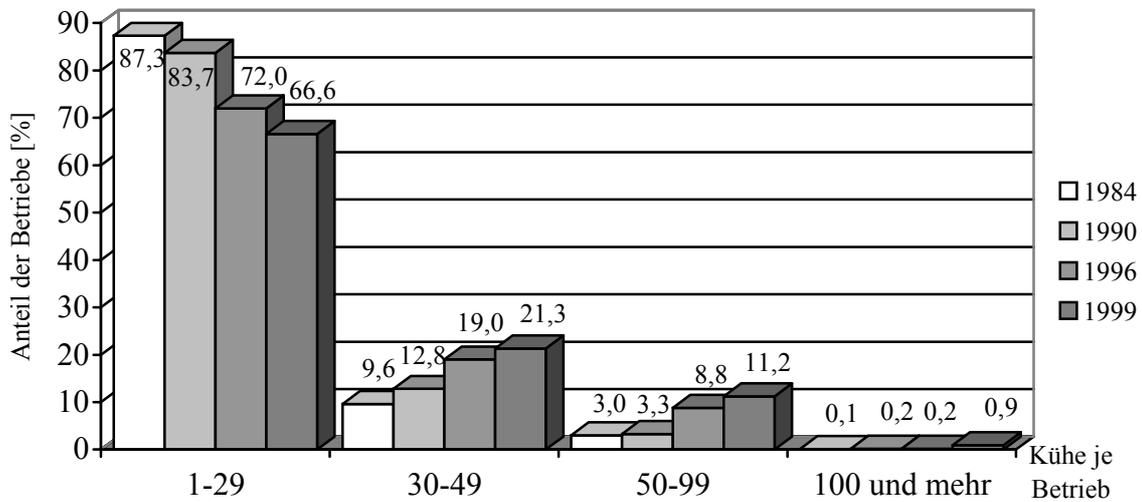


Abbildung 2: Entwicklung der Betriebsstrukturen in der westdeutschen Milchviehhaltung [Quelle: 1984-1996: HOFFMANN und PAHL (1999, S.III-1); 1999: KÜHN (2001)]<sup>1</sup>

Noch deutlicher zeigt sich der Trend zu größeren Herden, wie Abbildung 3 zu entnehmen ist, daran, daß in Westdeutschland 1999 nur noch knapp 38 % aller Kühe in Betrieben mit weniger als 30 Tieren gehalten wurden, während diese Quote 1984 noch bei fast 64 % lag. Entsprechend stieg der Anteil der Tiere in Betrieben mit 30-49 bzw. 50-99 Kühen deutlich an. Infolge der Liberalisierung der einzelbetrieblichen Quotenübertragung war der Strukturwandel ab 1990 besonders ausgeprägt.

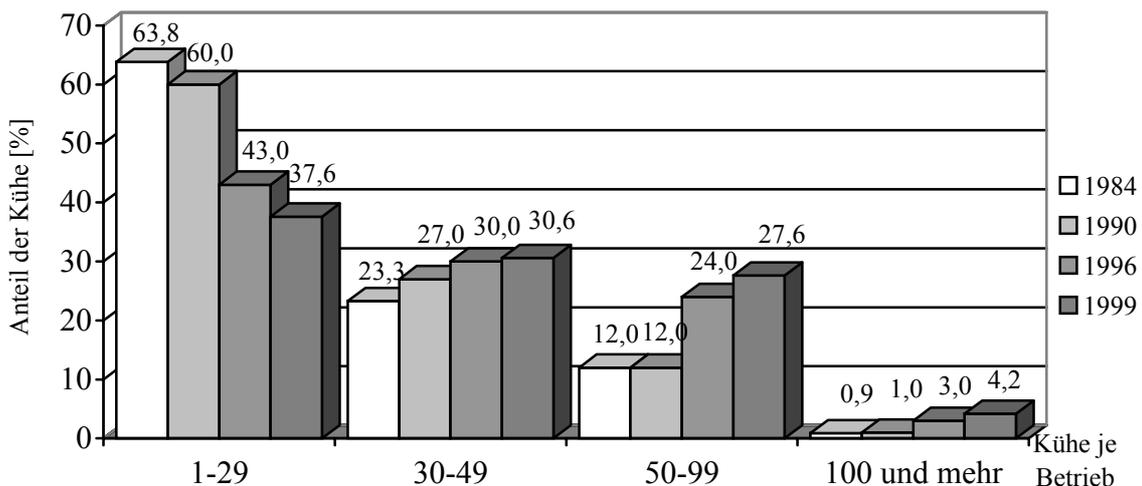


Abbildung 3: Entwicklung Herdenstrukturen in der westdeutschen Milchviehhaltung [Quelle: 1984-1996: HOFFMANN und PAHL (1999, S.III-1); 1999: KÜHN (2001)]<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Werte für 1999 ohne Stadtstaaten

Nach Einschätzung von HOFFMANN und PAHL (1999, S.III-4/5) wird der Milchmarkt auch in Zukunft erheblich unter Druck geraten. So ist in Zusammenhang mit den WTO-Verhandlungen und der geplanten Osterweiterung der Europäischen Union eine weitere Öffnung der Märkte zu erwarten. Dies wird zu einem weiteren Preis- und Einkommensdruck in der Milchviehhaltung und dadurch zu einer verstärkten Fortsetzung des beschriebenen Strukturwandels führen. Damit einhergehen wird auch eine weitere Verschärfung der arbeitswirtschaftlichen Belastung der Milchviehhalter.

### **2.2 Rechtsvorschriften**

Die rechtlichen Rahmenbedingungen der Milchgewinnung werden in der Verordnung über Hygiene und Qualitätsanforderungen an Milch und Erzeugnisse auf Milchbasis (Milchverordnung) vom 31. Juli 2000 sowie in Richtlinie 89/362/EWG der Kommission vom 26. Mai 1989 über die allgemeinen Hygienevorschriften für Milcherzeugerbetriebe geregelt. Die genannten Vorschriften definieren u.a. Anforderungen an den Erzeugerbetrieb, den Tierbestand und das Melken sowie die damit befaßten Personen. Im folgenden werden die für den Betrieb automatischer Melksysteme wesentlichen Inhalte dieser Vorschriften erläutert.

Von grundlegender Bedeutung für das Melken, gleichwohl ob mit konventionellen oder automatischen Melksystemen, sind die in Anlage 2 der Milchverordnung enthaltenen Anforderungen an den Erzeugerbetrieb. Insbesondere ist zu berücksichtigen, daß Räume, in denen Kühe gemolken werden, u.a. über leicht zu reinigende und desinfizierende Wandflächen und Fußböden, eine ausreichende Trinkwasserversorgung sowie eine ausreichende Abtrennung gegenüber Kontaminationsquellen und Liegeflächen verfügen müssen [vgl. BRENTRUP (1998, S.71)]. Da diese Vorschriften auch für automatisch melkende Betriebe gelten, sind automatische Melkanlagen grundsätzlich durch Aufstellen in einem umbauten Raum vom übrigen Stallbereich zu trennen [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.18)]. Dies gilt auch dann, wenn ein Melkraum aus technischer Sicht nicht erforderlich ist.

Einen ähnlichen Stellenwert wie die Anforderungen an den Erzeugerbetrieb haben die in Anlage 3 der Milchverordnung geregelten Anforderungen an das Melken und die damit befaßten Personen. Danach müssen Personen, die melken, die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze gesondert ermelken, um sich durch Prüfen des Aussehens von der einwandfreien Beschaffenheit der Milch zu überzeugen. Milch, die keine einwandfreie Beschaffenheit aufweist, ist gesondert zu ermelken und ebensowenig verkehrsfähig wie die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze (vgl. §3 und §18 Milchverordnung). Während die Absonderung der ersten Milchstrahlen für

automatische Melkanlagen kein Problem darstellt, ist die Abtrennung sinnfällig veränderter Milch momentan noch nicht sichergestellt, da die bislang verfügbaren Verfahren zur automatischen Beurteilung der Milchqualität keine ausreichende Erkennungssicherheit bieten [vgl. KNAPPSTEIN, BRÄUNIG, REICHMUTH (2000, S.77)].

Weiterhin ist für automatische Melksysteme von Bedeutung, daß nach Anlage 3 der Milchverordnung das Euter von Tieren, von denen Milch als Lebensmittel gewonnen wird, zu Beginn des Melkens sauber sein muß. Diese Forderung wird von den zur Zeit betriebenen automatischen Melkanlagen weitgehend erfüllt, da alle Systeme über Vorrichtungen zur Euterreinigung verfügen. Eine vollständige Gewährleistung sauberer Euter ist momentan jedoch nicht gegeben, da keines der automatischen Melksysteme die Sauberkeit der Euter kontrolliert. Somit ist nicht auszuschließen, daß Kühe gemolken werden, obwohl noch Restschmutz am Euter anhaftet. Zudem reinigen einige Anlagen lediglich die Zitzen, so daß von verunreinigten Euterböden weiterhin ein Schmutzeintrag in das Melksystem erfolgen kann.

Neben den erläuterten Anforderungen an den Erzeugerbetrieb sowie das Melken und die damit befaßten Personen regelt die Milchverordnung in Anlage 1 auch, daß nur Milch von Tieren ohne erkennbare Gesundheitsstörungen zur Ablieferung kommen darf. Während diese Anforderung beim konventionellen Melken durch eine Sichtkontrolle erfüllt wird, ist dies beim automatischen Melken nicht uneingeschränkt gewährleistet, da momentan noch keine ausreichend verlässlichen Verfahren zur automatischen Entdeckung von Gesundheitsstörungen verfügbar sind.

Auf Grund der aus rechtlicher Sicht bestehenden Unzulänglichkeiten automatischer Melksysteme wurden übergangsweise besondere Regelungen für den Betrieb automatischer Melkanlagen erlassen. Diese Regelungen sehen für die Betreiber automatischer Melkanlagen spezifische Auflagen vor. Insbesondere ist, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, eine regelmäßige Kontrolle der Milchleistungen, des Zellgehalts, der Tier- und Eutergesundheit sowie der Sauberkeit der Tiere durchzuführen. Bei Anzeichen von Gesundheitsstörungen sind die entsprechenden Tiere gezielt zu untersuchen und ggf. von der Milchablieferung auszuschließen. Zudem werden die Betreiber automatischer Melksysteme dazu verpflichtet, sämtliche Kontroll- und Untersuchungsdaten sowie die daraus abgeleiteten Maßnahmen zu dokumentieren und über 24 Monate aufzubewahren. Auf Verlangen sind diese Aufzeichnungen der zuständigen Behörde vorzulegen. Durch die hier geschilderten Auflagen sollen die Unzulänglichkeiten automatischer Melksysteme so kompensiert werden, daß in der Summe der Wirkung aller Maß-

## Rahmenbedingungen

nahmen die Ziele der Hygienevorschriften sicher erreicht werden [vgl. KNAPPSTEIN, BRÄUNIG, REICHMUTH (2000, S.75)].

Tabelle 1: Rechtliche Auflagen für Milcherzeuger mit automatischen Melksystemen

Nr.	Maßnahme
1	Vor Inbetriebnahme des automatischen Melksystems ist die Eutergesundheit der Herde durch zwei zyto-bakteriologische Untersuchungen zu prüfen. Die zuständigen Behörden sind über die Inbetriebnahme und die Untersuchungsergebnisse zu informieren.
2	Die Betriebe sind verpflichtet, monatlich die Milchmenge und Zellzahl der Kühe überprüfen zu lassen. Bei der aktuellen Prüfung dürfen maximal 30 % der laktierenden Kühe mehr als 250.000 somatische Zellen je ml Milch im Gesamtemelk aufweisen.
3	Zusätzlich ist die Tankmilch zweimal im Monat auf den Zellgehalt zu untersuchen. Bei zwei aufeinanderfolgenden Proben dürfen im arithmetischen Mittel höchstens 300.000 und bei jeder Einzelprobe maximal 400.000 Zellen je ml Milch enthalten sein.
4	Werden die o.a. Grenzwerte überschritten ist die Eutergesundheit der verdächtigen Tiere bzw. bei gravierenden Überschreitungen die Eutergesundheit aller Tiere zu untersuchen.
5	Die allgemeine Tiergesundheit, die Eutergesundheit und die Sauberkeit der Tiere sind zweimal täglich im Rahmen von Stallbegehungen zu kontrollieren.
6	Mindestens zweimal am Tag sind die Daten des Melksystems, die Hinweise auf mögliche Gesundheitsstörungen geben, auszuwerten (z.B. Leitwertlisten).
7	Tiere, bei denen Hinweise auf Gesundheitsstörungen vorliegen, sind unverzüglich zu untersuchen bzw. bis zur Untersuchung von der Milchablieferung auszuschließen.
8	Alle Maßnahmen der Punkte 1-6 und daraus abgeleitete Maßnahmen sind zu dokumentieren. Die entsprechenden Aufzeichnungen sind über 24 Monate aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.
9	Der Betreiber hat sicherzustellen, daß die Euter vor dem Melken sauber sind. Dazu sind auch flankierende Maßnahmen, wie beispielsweise die tägliche Reinigung der Liegeflächen und das Enthaaren von Eutern, vorzunehmen.

[Quelle: KNAPPSTEIN, BRÄUNIG, REICHMUTH (2000, S.78), Darstellung geändert]

### 3 Kennzeichen automatischer Melksysteme

#### 3.1 Aufbau und Funktion

##### 3.1.1 Systemvarianten

Mit Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Varianten automatischer Melksysteme, die nicht nur unterschiedliche Gebäude- und Kapitalansprüche haben, sondern auch Einfluß auf den Tierverkehr ausüben. Während Einboxenanlagen autonome Melkeinheiten bilden, sind bei Mehrboxenanlagen zwei bis vier Melkplätze zu einer Anlage zusammengefaßt. Diesen ist teilweise eine separate Reinigungsbox vorgelagert. Neben diesen unterschiedlichen Bauformen weisen die zur Zeit bekannten Anlagen, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, weitere voneinander abweichende Merkmale auf.

Tabelle 2: Merkmale der zur Zeit bekannten automatischen Melksysteme

Merkmal		System Prolion	System Lely	System De Laval	System Westfalia
Hersteller bzw. Vertrieb		Prolion, Manus, Gascoigne-Melotte	Lely, Fullwood	De Laval	Westfalia
Boxenart		Ein- und Mehrboxenanlage	Einboxenanlage	Einboxenanlage	Ein- und Mehrboxenanlage
Ausrichtung der Kuh in Melkbox bzw. Grobposition		verstellbarer Futtertrog	Tastsensor	verstellbarer Futtertrog und Kotplatte	Ultraschallsensoren
Zitzenortung		Ultraschall	Laser	Bildverarbeitung mit Laserunterstützung	LED-Matrix mit Ultraschall
Melkbecheranordnung		Modul	Modul	Einzelbecher	Einzelbecher
Euterreinigung		kombinierter Reinigungs- und Melkbecher	Reinigungsrollen oder -bürsten	separater Reinigungsbecher inkl. Vorgemelk	separate Reinigungsbox
Milchqualität	Leitfähigkeit	Euterviertel	Euterviertel <sup>1</sup>	Euterviertel	Euterviertel
	optische Eigenschaften		Spektralsensor <sup>2</sup>	Infrarot (Viertel)	
Milchmengenerfassung		Gesamtgemelk	Gesamtgemelk, Viertelgemelk <sup>1</sup>	Viertelgemelk und Gesamtgemelk	Gesamtgemelk

[Quelle: SCHÖN, WENDL, PIRKELMANN (2000, S.12)]

Trotz der in Tabelle 2 dargestellten technischen Unterschiede ist der Melkablauf bei den verschiedenen Systemvarianten ähnlich. Beim Betreten der Melkanlage wird die Kuh identifiziert und in der Regel mit Kraftfutter versorgt. Die Kraftfuttergabe dient im wesentlichen als Lockmittel, um die Kühe zum häufigen Aufsuchen der Melkanlage anzuregen. Nach dem Eintreten der Kuh passen sich die Anlagen der Systeme *Prolion* und *De Laval* mittels verstellbarer Elemente rechnergesteuert an die Größe des Tieres an, um es so grob zu fixieren. Bei

<sup>1</sup> Bei Fullwood angekündigt

<sup>2</sup> Bei Lely angekündigt

den anderen Systemen soll die Fixierung der Kuh über fest auf dem Boden montierte Klauenroste gewährleistet werden. Die Position der Tiere wird bei diesen Anlagen mit Tast- bzw. Ultraschallsensoren erfaßt. Vor dem Melken werden die Zitzen mit gegenläufigen Reinigungsrollen, mit rotierenden Bürsten, in speziellen Reinigungsbechern oder in kombinierten Reinigungs- und Melkbechern gesäubert. Beim Ansetzen der Melkbecher erfolgt mittels Laser, Ultraschall, Lichtschranken oder Bildverarbeitung eine Zitzenortung, die sich z.T. auch auf gespeicherte Zitzenkoordinaten stützt. Nach dem Ansetzen sondern die automatischen Melksysteme eine geringe Milchmenge als Vorgemelk ab. Während des Melkens erfolgt eine Milchmengen- und Leitwertmessung. Die Meßdaten gehen in das elektronische Herdenmanagementsystem ein und dienen der Kontrolle von Milchqualität und Eutergesundheit. Für diesen Zweck kommen auch Sensoren zur Nahinfrarotmessung bzw. Spektralanalyse zum Einsatz. Bei Versiegen des Milchflusses werden die Melkbecher von den Zitzen abgenommen, ehe die Kuh aus der Melkbox entlassen wird. Dieser Vorgang wird in der Regel mit beweglichen Austreibvorrichtungen unterstützt.

Auf Grund der erwähnten Unterschiede, die Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen bezüglich ihrer Gebäude- und Kapitalansprüche sowie ihrer Bedeutung für den Tierverkehr aufweisen, werden beide Bauformen im folgenden näher erläutert. Wie Abbildung 4 zu entnehmen ist, zeichnen sich Einboxenanlagen durch eine kompakte Bauform aus.

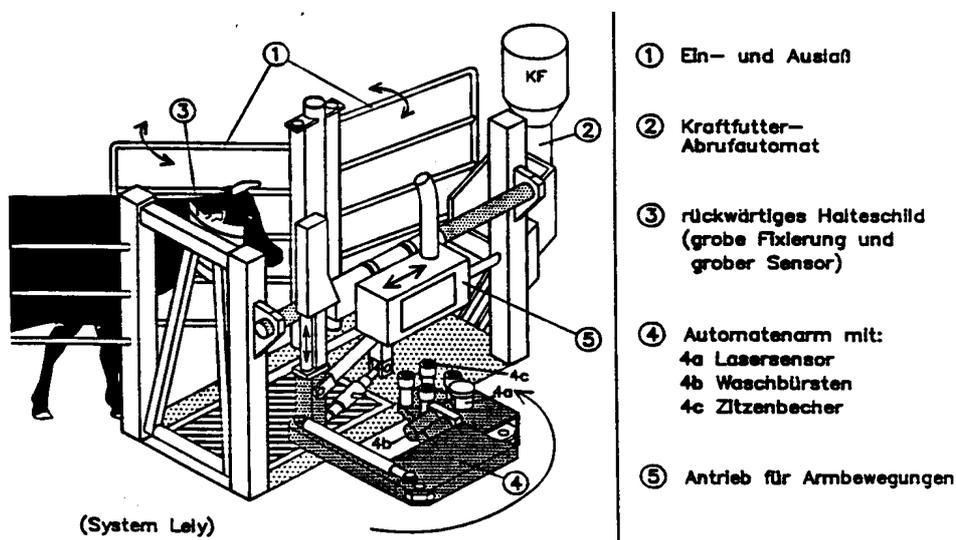


Abbildung 4: Einboxenanlage

[Quelle: SCHÖN, WENDL, PIRKELMANN (1997, S.11)]

In der in Abbildung 4 dargestellten Melkbox finden die Eutervorbereitung und der Melkvorgang statt. Der Ansetzautomat ist bei Einboxenanlagen an der Melkbox angebracht. Beim

System *Lely* ist er zudem fest mit dem Melkbechermodul verbunden. Beide Bauelemente verbleiben bei diesem System während des Melkens unter dem Euter der Kuh. Hingegen übernimmt der Ansetzautomat beim System *De Laval* während des Melkens die Führung der kombinierten Milch- und Pulsschläuche, nachdem er zuvor die Melkbecher einzeln aus einem Magazin entnommen und an die Zitzen angesetzt hat. Am Ende des Melkvorgangs werden die Zitzenbecher von den Zitzen abgenommen und beim System *Lely* zusammen mit dem Ansetzautomaten aus dem Bewegungsbereich der Kuh entfernt bzw. beim System *De Laval* in das Magazin eingezogen. Prinzipiell können Einboxenanlagen an beliebigen Punkten des Stalls installiert werden, wobei aus technischer Sicht auf einen separaten Melkraum verzichtet werden kann. Um jedoch den in Anlage 2 der Milchverordnung geregelten Anforderungen gerecht zu werden, sind auch Einboxenanlagen durch Aufstellen in einem umbauten Raum vom übrigen Stallbereich zu trennen [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.18)]. Im Interesse des Tierverkehrs sollte der Melkraum möglichst zentral im Stall angeordnet sein.

Gleiches gilt für Mehrboxenanlagen, die sich, wie Abbildung 5 verdeutlicht, im wesentlichen dadurch von Einboxenanlagen unterscheiden, daß ein einziger Automat an mehreren Melkplätzen die Melkbecher ansetzt.

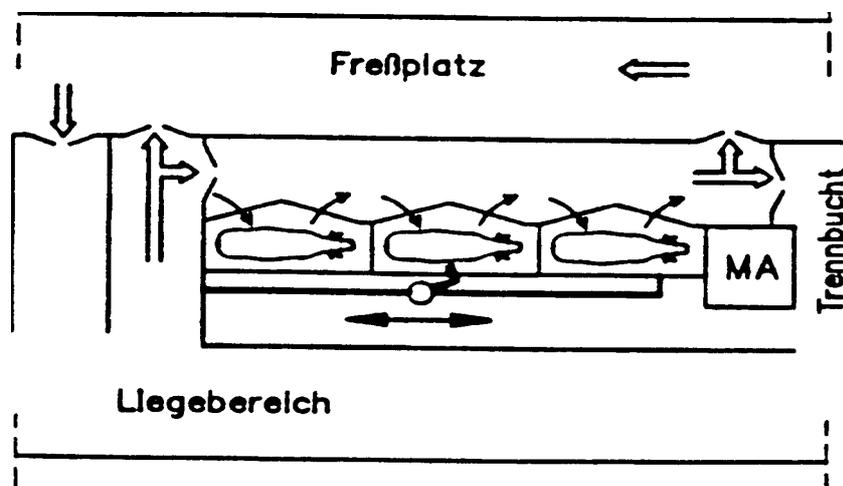


Abbildung 5: Mehrboxenanlage

[Quelle: SCHÖN, WENDL, PIRKELMANN (1997, S.15)]

Auf Grund der Mehrfachnutzung des Ansetzautomaten geht der pro Melkeinheit bestehende Kapitalbedarf bei Mehrboxenanlagen mit zunehmender Melkplatzzahl zurück. Jedoch beanspruchen Mehrboxenanlagen wegen des fahrbaren Ansetzautomaten und der benötigten Laufgänge pro Melkeinheit auch wesentlich mehr Platz als Einboxenanlagen. Ein weiterer Unterschied zu Einboxenanlagen besteht darin, daß bei Mehrboxenanlagen eine dezentrale Aufstel-

lung einzelner Melkboxen nicht möglich ist. Daher müssen die Kühe in großen Ställen teilweise lange Wege zurücklegen. Dies kann zu einer geringen Melkhäufigkeit führen.

### 3.1.2 Tierverkehr

Im Gegensatz zum konventionellen Melken erfolgt das automatische Melken nicht zu festen Zeiten. Statt dessen müssen die Kühe die Melkanlage selbständig aufsuchen. Um ein ausreichend häufiges Aufsuchen der Melkanlage zu gewährleisten, wird den Kühen üblicherweise in der Melkanlage Kraftfutter als Lockmittel angeboten. Die Lockfuttergabe kann durch frei wählbare Mindestzeitabstände oder Tageshöchstmengen begrenzt werden. Neben den Lockfuttergaben hat auch die Regelung des Tierverkehrs Einfluß auf die Anzahl der pro Kuh und Tag stattfindenden Anlagenbesuche und Melkvorgänge. Vorrangiges Ziel bei der Gestaltung des Tierverkehrs ist, daß sich die Kühe mehrmals täglich freiwillig melken lassen, ohne die Kapazität der Anlage durch zuviel Besuche ohne Melkung einzuschränken. Zudem sollen ein möglichst geringer Arbeitsaufwand für das Nachtreiben von Kühen und eine hinreichend hohe Grundfutteraufnahme realisiert werden. Prinzipiell sind, wie aus Abbildung 6 hervorgeht, drei Formen des Tierverkehrs zu unterscheiden.

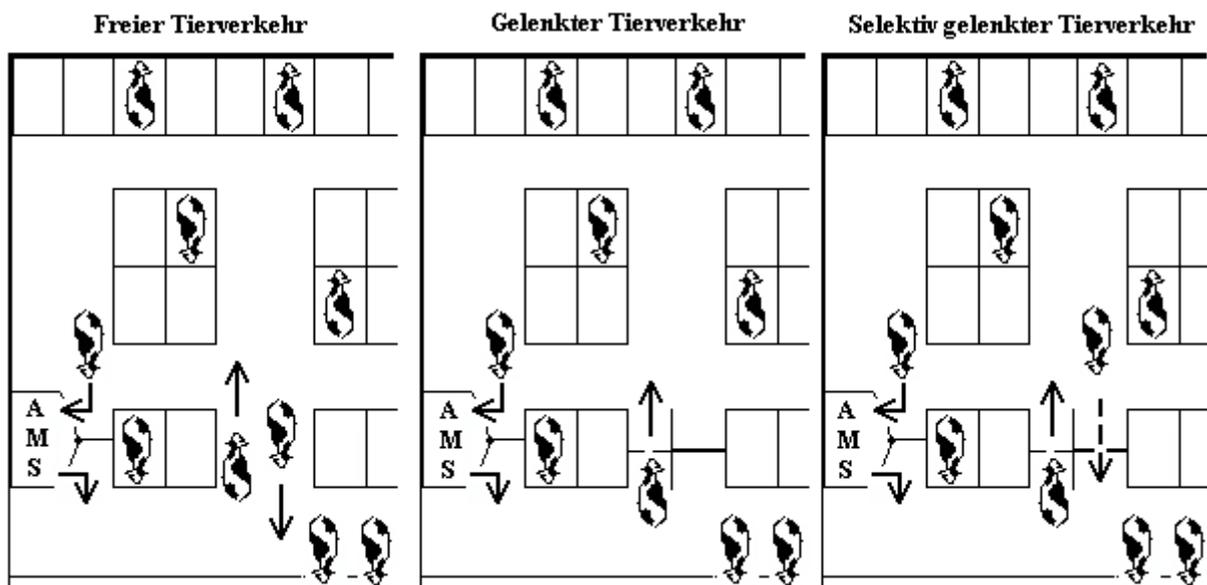


Abbildung 6: Varianten des Tierverkehrs in automatisch melkenden Betrieben

Beim freien Tierverkehr wird die Melkhäufigkeit ausschließlich über Lockfuttergaben und Nachtreiben gesteuert. Die Kühe haben hier stets freien Zugang zum Freßbereich und zum Melkbereich. Dagegen ist der Freßbereich beim gelenkten Tierverkehr nur über die Melkanlage zu erreichen. Zwischen Freß- und Liegebereich ist bei dieser Umtriebsform durch den Einsatz von Rücklaufsperrern lediglich ein Einbahnverkehr möglich. Dadurch wird erreicht, daß

Kühe, die eine einstellbare Zwischenmelkzeit überschritten haben, vor dem Besuch des Freßtischs gemolken werden. Voraussetzung des Verfahrens ist eine strikte Trennung der Funktionsbereiche des Stalls. Eine Kombination der beiden erläuterten Verfahren stellt der selektiv gelenkte Tierverkehr dar, bei dem die Kühe über dezentrale Selektionstore solange freien Zugang zum Freßbereich haben, bis sie eine einstellbare Zwischenmelkzeit überschritten haben. Ab diesem Zeitpunkt können sie den Freßbereich nur noch über die Melkanlage erreichen.

Die Vorteile des freien Tierverkehrs liegen darin, daß die Anlagenkapazität nur in geringem Maße durch Besuche ohne Melkung eingeschränkt wird. So beobachteten HARMS, WENDL und SCHÖN (2001, S.238) in einer Herde von ca. 50 Kühen bei freiem Tierverkehr pro Kuh und Tag 0,6 Besuche ohne Melkung, während bei gelenktem Tierverkehr pro Kuh und Tag 1,4 Besuche ohne Melkung zu verzeichnen waren. Allerdings stellten die Autoren bei freiem Tierverkehr auch nur 2,3 Melkvorgänge je Kuh und Tag fest, während die Kühe bei gelenktem Tierverkehr 2,6 mal pro Tag zum Melken kamen. Eine Sonderstellung nahm der selektiv gelenkte Tierverkehr bei den Untersuchungen von HARMS, WENDL und SCHÖN (2001, S.238) ein. Hier lag die Anzahl der Besuche ohne Melkung mit 0,7 pro Kuh und Tag fast auf gleichem Niveau wie beim freien Tierverkehr, während die Melkhäufigkeit identisch war mit der bei gelenktem Tierverkehr. Mithin kombiniert der selektiv gelenkte Tierverkehr die jeweiligen Vorteile der beiden anderen Umtriebsformen.

Außer in der Zahl der Besuche ohne Melkung und in der Melkhäufigkeit unterscheiden sich die verschiedenen Varianten des Tierverkehrs auch im Zeitbedarf für das Nachtreiben melk-unwilliger Kühe. In entsprechenden Versuchen stellten JAGTENBERG und DE KONING (1999, S.27, 28) fest, daß bei freiem Zugang zum Futtertisch deutlich mehr Tiere zur Melkanlage getrieben werden mußten als bei einer Lenkung des Tierverkehrs. Nach einer Eingewöhnungsphase betrug die Rate der nachzutreibenden Kühe 5 % bei freiem bzw. 1-2 % bei gelenktem Tierverkehr. Zum selektiv gelenkten Tierverkehr machen die Autoren zwar keine Angaben, jedoch ist auf Grund der Beobachtungen von HARMS, WENDL und SCHÖN (2001, S.238) davon auszugehen, daß bei selektiv gelenktem Tierverkehr ein ähnlicher Arbeitszeitbedarf für das Nachtreiben anfällt wie bei gelenktem Tierverkehr.

Weitere Unterschiede weisen die verschiedenen Formen des Tierverkehrs bezüglich der Anzahl der Freßperioden auf. So beobachteten JAGTENBERG und DE KONING (1999, S.29), daß die Anzahl der täglichen Futtertischbesuche bei selektiv gelenktem Tierverkehr gegenüber

gelenktem Tierverkehr von 4,8 auf 8,2 stieg. Analog stellten HARMS, WENDL und SCHÖN (2001, S.239) bei gelenktem Tierverkehr nur 6,6 Freßperioden je Kuh und Tag fest, während bei freiem Tierverkehr 8,9 Freßperioden zu verzeichnen waren. Der Wert für den selektiv gelenkten Tierverkehr lag mit 7,4 Freßperioden pro Kuh und Tag zwischen denen der beiden anderen Umtriebsformen. Bezüglich der Grundfutteraufnahme stellten die Autoren jedoch nur geringe Unterschiede zwischen den drei Varianten fest, die u.U. auch auf dem Fortschreiten des Laktationsstadiums beruhen. Mit einer Grundfutteraufnahme von 17,4 kg Trockenmasse je Kuh und Tag wurden bei selektiv gelenktem Tierverkehr die höchsten Werte erzielt. Bei freiem Tierverkehr lag die Grundfutteraufnahme bei 16,9 und bei gelenktem Tierverkehr bei 16,1 kg Trockenmasse je Kuh und Tag.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der selektiv gelenkte Tierverkehr in bezug auf Melkhäufigkeit, Besuche ohne Melkung, Arbeitsaufwand und Grundfutteraufnahme die günstigste Form des Tierverkehrs darstellt. Nachteilig ist jedoch, genauso wie beim gelenkten Tierverkehr, der zusätzliche Kapitalbedarf für die Selektionseinrichtungen.

### **3.1.3 Automatische Melksysteme in Verbindung mit Weidehaltung**

Eine Kombination von automatischen Melksystemen und Weidehaltung ist nur möglich, wenn die Kühe selbständig mehrmals täglich in den Stall zurückkehren, da nur so eine ausreichend hohe Melkfrequenz ohne zusätzliche Arbeitsbelastung des Tierhalters gewährleistet ist. Die Literaturangaben zur Vereinbarkeit von automatischem Melken und Weidegang sind widersprüchlich. Nach Erkenntnissen von SCHÖN, WENDL und PIRKELMANN (1997, S.16) werden die arbeitswirtschaftlichen Vorteile automatischer Melksysteme bei Weidehaltung eingeschränkt. Auch ARTMANN und BOHLSSEN (1997, S.47) erwarten eine Beeinträchtigung des automatischen Melkens durch den Weidegang. Sie halten eine solche Kombination jedoch prinzipiell für möglich. Eine insgesamt positive Einschätzung nimmt NUNNENKAMP (1999) vor, der berichtet, daß bei entsprechender Gestaltung von Fütterung und Management eine ausreichende Melkhäufigkeit ohne zusätzliche Arbeitsbelastung erzielt werden kann. So fördert es den Tierverkehr, wenn Ergänzungsfuttermittel im Stall vorgelegt werden. Zudem ist es ratsam, den Tierverkehr im Stall zu lenken. Befinden sich die Kühe nur tagsüber für einige Stunden auf der Weide, sollte der Tierverkehr so gelenkt werden, daß die Tiere von der Weide in den Liegebereich und von dort über die Melkanlage zum Freßbereich gelangen.

Eine Alternative zu einer solchen Gestaltung des Tierverkehrs ist das sogenannte Zwei-Weiden-System, das sich bei 24-stündigem Weidegang bewährt hat [vgl. NUNNENKAMP

(1999, S.52-53)]. Bei diesem System werden die Kühe in zwei Gruppen auf zwei voneinander getrennten Weiden gehalten. Morgens werden zunächst alle Kühe in den Stall getrieben, wo sie freien Zugang zum Freßbereich und zur Melkanlage haben. Selektionstore am Stallausgang stellen sicher, daß Kühe mit langen Zwischenmelkzeiten gemolken werden, ehe sie den Stall wieder verlassen können. Zunächst sind die Ausgangstore so gestellt, daß die Kühe nur die 1. Weide aufsuchen können. Nachdem die Hälfte der Herde den Stall wieder verlassen hat, stellt der Tierhalter die Ausgangstore so um, daß alle weiteren Tiere beim Verlassen des Stalls auf die 2. Weide geleitet werden. Wenn alle Kühe den Stall wieder verlassen haben, erfolgt die Reinigung der Melkanlage und der Liegebuchten sowie die erneute Grundfuttervorlage. Anschließend wird die 1. Gruppe wieder in den Stall getrieben und nach dem Besuch des Freßbereichs automatisch gemolken. Nachdem sich diese Gruppe wieder vollständig auf ihrer Weide befindet, wird die 2. Gruppe in den Stall getrieben. Nachts haben alle Kühe der Herde freien Zugang zu den Weiden und zur Melkanlage.

In verschiedenen Betrieben mit unterschiedlichen Weidesystemen beobachtete NUNNENKAMP (1999, S.54) 2,3–3,0 Melkungen pro Kuh und Tag. Dies entspricht den Werten, die auch bei ganzjähriger Stallhaltung erreicht werden. Zusammenfassend ist somit festzustellen, daß eine Kombination von automatischen Melksystemen und Weidehaltung prinzipiell möglich ist. Voraussetzung ist das Vorhandensein arrondierter und stallnaher Weideflächen. Eine Portionsweide im herkömmlichen Sinne, bei der die Kühe tagsüber auf einem abgetrennten Teil der Koppel gehalten werden, ist jedoch nicht möglich. Als Alternative sollten mehrere, voneinander unabhängige Parzellen über Weidewege vom Stall aus erreichbar sein. Da über die Einflüsse der Weidehaltung auf Arbeitszeitbedarf und Wirtschaftlichkeit des automatischen Melkens derzeit keine einheitlichen und gesicherten Erkenntnisse vorliegen, wird die Weidehaltung in den weiteren Ausführungen nicht gesondert behandelt.

## **3.2 Einsatzbereich**

### **3.2.1 Entwicklung der Anlagenzahl**

Die Markteinführung automatischer Melksysteme erfolgte 1995 mit der Inbetriebnahme der ersten Anlagen der niederländischen Firmen Lely und Prolion. Nachdem sich der Verkauf zunächst auf die Niederlande konzentriert hatte, kamen zunehmend auch im übrigen Europa automatische Melkanlagen zum Einsatz. So befanden sich im Jahre 1997 sechs von insgesamt 100 automatischen Melksystemen in deutschen Milchviehbetrieben [vgl. SCHWEINBERGER

(1997, S.27)]. Die klassischen Melktechnikfirmen nahmen, wie in Tabelle 3 zu ersehen ist, 1998 erste automatische Melkanlagen in Betrieb.

Tabelle 3: Anzahl automatischer Melkanlagen im Jahr 1998

	Prolion		Lely	Fullwood	Westfalia	Alfa	Gascoigne
	Liberty	Freedom	Astronaut	Merlin	Leonardo	VMS	Zenith
Gesamtzahl	100	15	120	40	3	1	2
davon in der BRD	17	2	25	2	3	0	0

[Quelle: VEAUTHIER (1998, S. R4), Darstellung geändert]

Mittlerweile wurde der Vertrieb automatischer Melkanlagen weltweit ausgedehnt, so daß deren Anzahl nicht exakt ermittelt werden kann. WENDL et. al. (2000, a, S.3) geben für das Frühjahr 2000 die Gesamtzahl automatischer Melksysteme mit ca. 500 an. In Deutschland wurden zu diesem Zeitpunkt ca. 80 automatische Melksysteme betrieben, von denen sich 22 in bayerischen Betrieben befanden [WENDL (2000)]. Die Entwicklung der Anlagenzahl bis zum Frühjahr 2000 zeigt Abbildung 7.

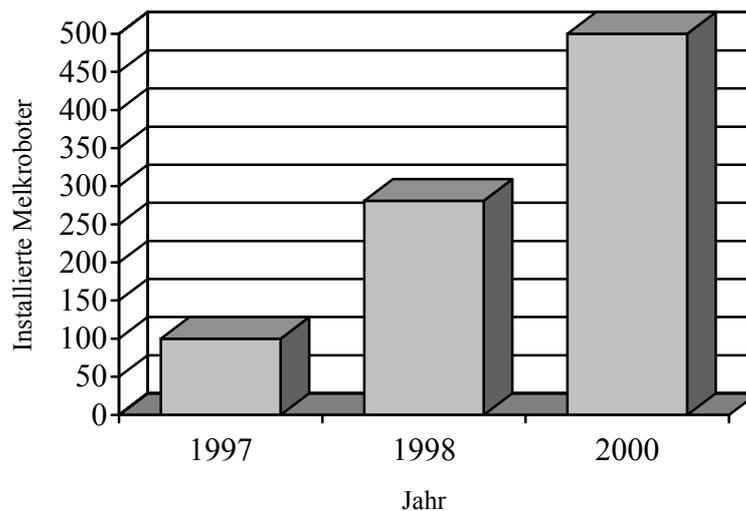


Abbildung 7: Entwicklung der Anzahl automatischer Melksysteme bis Frühjahr 2000

[Quelle: SCHWEINBERGER (1997); VEAUTHIER (1998); WENDL et. al. (2000, a)]

### 3.2.2 Gründe für den Einsatz automatischer Melkanlagen

Wie KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.48-49) bei Befragungen in 32 deutschen und niederländischen Betrieben feststellten, liegt der bedeutendste Grund für den Einsatz automatischer Melkanlagen in der zu erwartenden Arbeitsentlastung. Daneben gibt es, wie aus Abbildung 8 hervorgeht, weitere Gründe, die Landwirte dazu bewegen, in die neue Technik zu investieren. So wurden die sozialen Vorteile durch den Wegfall termingebundener Stallarbeiten als das zweitwichtigste Kriterium für den Einsatz automatischer Melkanlagen ange-

geben. Die befragten Landwirte legten dabei nicht nur Wert auf eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten, sondern auch auf einen Zugewinn an Freizeit. Ein weiterer wichtiger Grund für die Anschaffung der automatischen Melkanlage war für viele Betriebsleiter, daß in absehbarer Zeit eine Ersatzinvestition für die vorhandene Melktechnik anstand und davon ausgegangen wurde, daß die automatische Melkanlage nicht teurer sei als ein neuer Melkstand mitsamt Melkstandgebäude. Ebenfalls von ausschlaggebender Bedeutung ist für viele Milchviehhalter die erwartete Steigerung der Milchleistung und die erhoffte Verbesserung der Tiergesundheit infolge einer erhöhten Melkhäufigkeit.

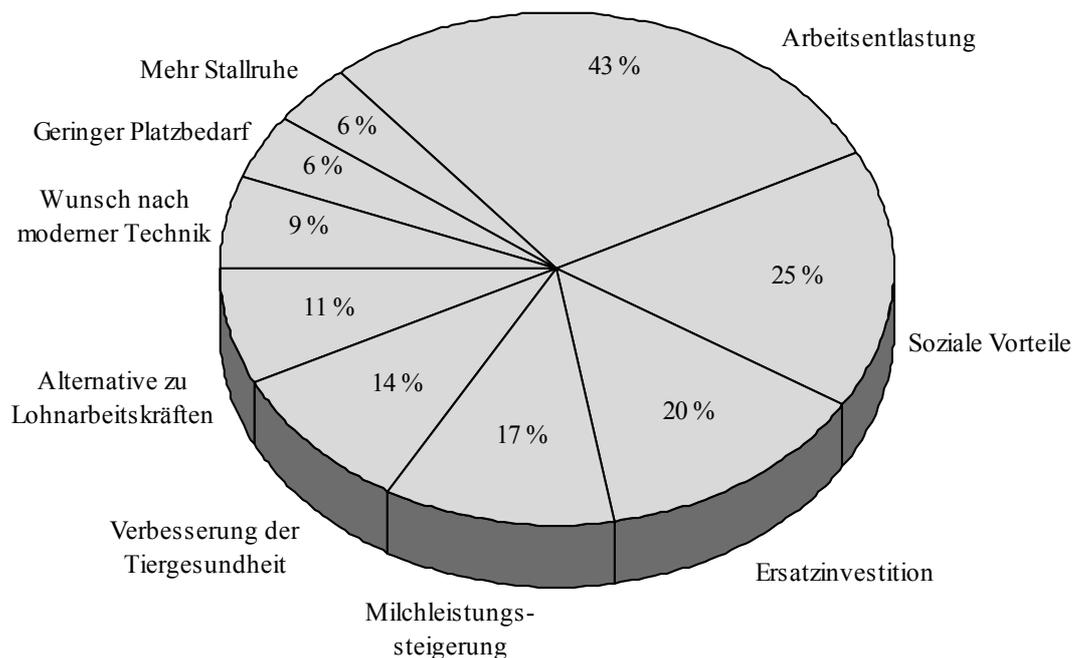


Abbildung 8: Beweggründe für den Kauf automatischer Melkanlagen <sup>1</sup>  
[Quelle: eigene Darstellung nach Daten von KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.48)]

Neben den bisher genannten Argumenten stellt Abbildung 8 weitere Gründe für den Einsatz automatischer Melksysteme dar, die jedoch von untergeordneter Bedeutung sind. So sehen einige Betriebsleiter in automatischen Melksystemen eine Alternative zu Lohnarbeitskräften. In diesem Zusammenhang spielen nicht nur die Kosten für Fremdarbeitskräfte, sondern auch die geringe Verfügbarkeit qualifizierten Personals eine entscheidende Rolle. Auch der Wunsch nach dem Einsatz moderner Technik, der geringe Platzbedarf automatischer Melkanlagen und die Erwartung verminderter Rangkämpfe innerhalb der Kuhherde bewegten einige Betriebsleiter dazu, dem automatischen Melksystem den Vorzug vor einer konventionellen Melkanlage zu geben. Eine Abnahme der Rangkämpfe wurde von den befragten Landwirten

<sup>1</sup> Ergebnisse einer Befragung in 32 deutschen und niederländischen Betrieben, Mehrfachnennungen möglich.

in automatisch melkenden Betrieben beobachtet und mit der Hoffnung auf mehr Ruhe im Stall verbunden. Sie wird allgemein darauf zurückgeführt, daß die Kühe nicht mehr vor dem Melken in einem Warteraum zusammengetrieben werden.

### 3.2.3 Einsatzschwerpunkte

Um die Struktur automatisch melkender Betriebe zu analysieren, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Umfrage unter Fachleuten aus Wissenschaft, Industrie, Vertrieb und Landwirtschaft durchgeführt. Die Experten wurden zu den aktuellen und künftig zu erwartenden Einsatzschwerpunkten automatischer Melkanlagen sowie zur wahrscheinlichen Entwicklung des Preisniveaus und Marktanteils automatischer Melksysteme befragt. Die Einschätzungen der befragten Fachleute waren recht einheitlich. Bezüglich der Betriebsstruktur und regionalen Verteilung automatischer Melkanlagen erwarteten die Experten für die Zukunft keine gravierenden Änderungen gegenüber der aktuellen Situation. Tabelle 4 faßt die Umfrageergebnisse zusammen.

Tabelle 4: Expertenmeinungen zum Einsatzbereich automatischer Melkanlagen<sup>1</sup>

<b>Aktuelle Schwerpunkte und Entwicklung des Einsatzes automatischer Melkanlagen</b>	
Vorherrschende Betriebsstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachstumsorientierte Familienbetriebe aller Größen- und Leistungsklassen</li> <li>• Familienbetriebe mit zusätzlichen Einkommensquellen außerhalb der Landwirtschaft</li> </ul>
Regionale Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleichmäßig in den Milchviehgebieten Westeuropas, mit Schwerpunkt in wachstumsorientierten Regionen</li> </ul>
Künftiges Preisniveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleichbleibend bis leicht sinkend</li> </ul>
Künftiger Marktanteil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 - 10% bei gleichbleibendem Preisniveau</li> <li>• über 50 % bei deutlichem Rückgang des Preisniveaus</li> </ul>

Aus den in Tabelle 4 wiedergegebenen Umfrageergebnissen geht hervor, daß automatische Melksysteme nach Meinung der Fachleute gleichmäßig in Betrieben aller Milchleistungsklassen zum Einsatz kommen werden. Lediglich einer der Befragten äußerte die Erwartung, daß Betriebe mit guten Milchleistungen den Einsatzschwerpunkt bilden werden. Da allgemein davon ausgegangen wird, daß sich die erhöhte Melkhäufigkeit des automatischen Melkens besonders in Betrieben mit hohen Milchleistungen positiv auswirkt, wäre zu erwarten gewesen, daß die Fachleute solche Betriebe als Einsatzschwerpunkt nennen würden. Offensichtlich nehmen die befragten Fachleute aber an, daß eine mögliche Milchleistungssteigerung nicht der ausschlaggebende Grund für den Einsatz automatischer Melksysteme ist. Diese Annahme

<sup>1</sup> Ergebnisse einer Umfrage unter 11 Fachleuten aus Wissenschaft, Industrie, Vertrieb und Landwirtschaft

wird durch die in Abbildung 8 dargestellten Umfrageergebnisse von KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.48) ebenso gestützt wie durch die in Abbildung 9 wiedergegebenen Daten 17 bayerischer Milchviehbetriebe. Letztere lassen erkennen, daß automatische Melksysteme in Betrieben mit sehr unterschiedlichem Milchleistungsniveau zum Einsatz kommen.

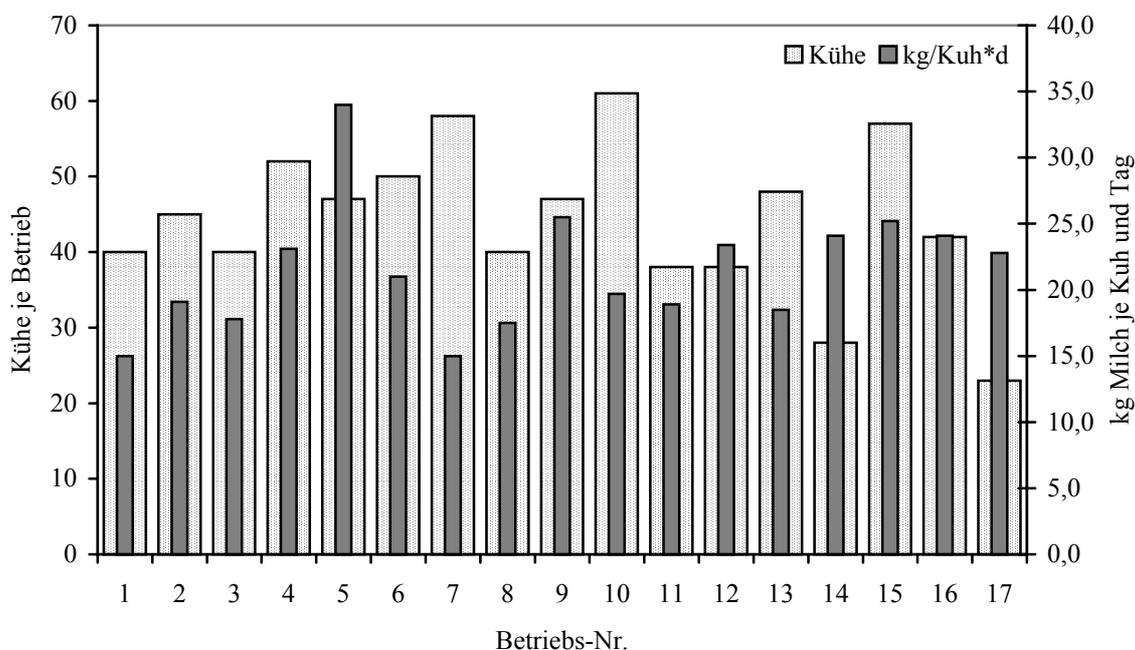


Abbildung 9: Kuhzahlen und Milchleistungen automatisch melkender Betriebe in Bayern [Quelle: WENDL et. al. (2000, a, S.7)]

Aus den in Abbildung 9 dargestellten Daten geht zudem hervor, daß auch die Kuhzahl der automatisch melkenden Betriebe, so wie von den befragten Fachleuten vermutet, erheblich variiert. Bezogen auf alle von WENDL et. al. (2000, a, S.3) untersuchten Betriebe wurden zwischen 23 und 75 Kühe gehalten. Die Milchleistung lag zwischen 5.500 und 8.500 kg je Kuh und Jahr. Ein ähnliche Spannweite weisen Umfrageergebnisse aus 33 norddeutschen und niederländischen Milchviehbetrieben auf [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.10, 60-61)]. Bei durchschnittlich 92 Kühen je Betrieb reichte die Spannweite der Herdengrößen von 55 bis zu 180 Kühen. Die mittlere Milchleistung betrug 7.930 kg je Kuh und Jahr. Große Unterschiede der Kuhzahlen und Milchleistungen waren auch zwischen den von BOHLSSEN und ARTMANN (1999, S.37) untersuchten Betrieben festzustellen. In den neun untersuchten Betrieben wurden 37 – 116 Kühe mit einer mittleren Milchleistung von 6.190 - 9.500 kg je Kuh und Jahr gehalten. Auch die Einschätzung der Experten zur regionalen Verteilung automatischer Melkanlagen wird durch Erhebungen bestätigt [SEDLMEYER und WENDL (2000)].

Wie in Abbildung 10 zu ersehen ist, verteilen sich im Frühjahr 2000 die in Bayern eingesetzten automatischen Melksysteme relativ gleichmäßig auf die bayerischen Milchviehregionen.

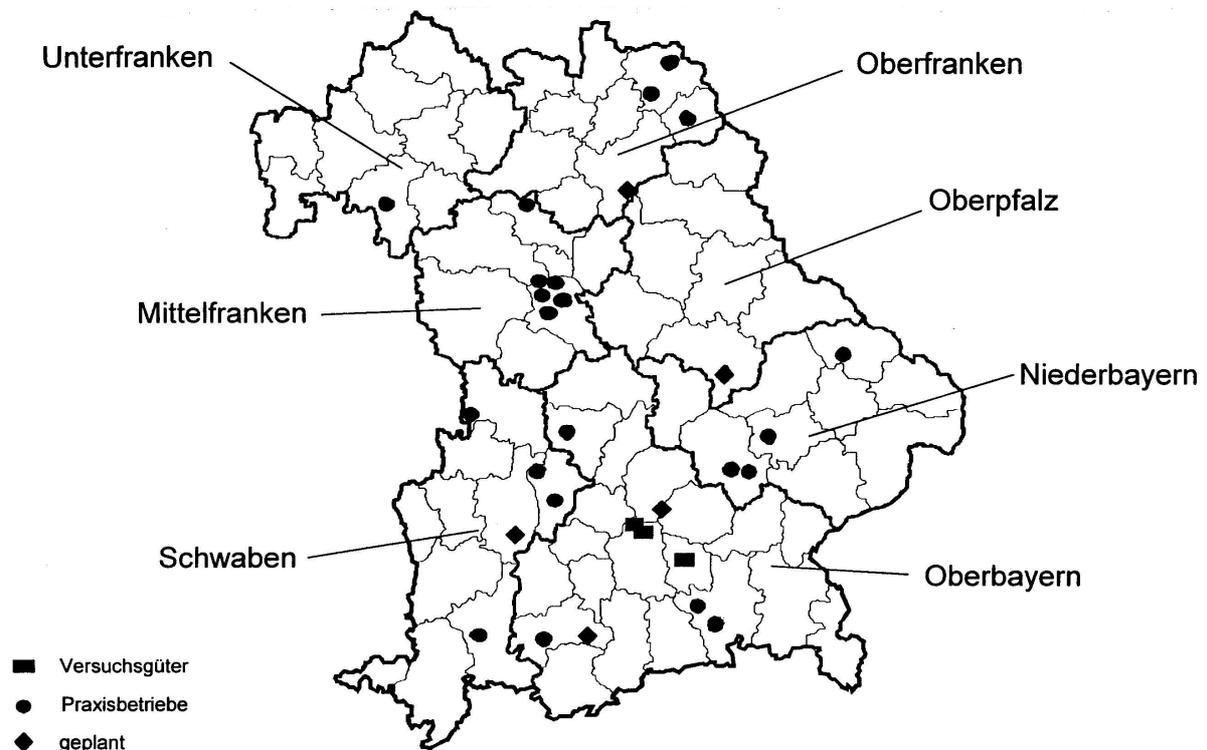


Abbildung 10: Regionale Verteilung der automatischen Melkanlagen im Freistaat Bayern  
[Quelle: Landtechnik Weihenstephan (Frühjahr 2000)]

Zusammenfassend ist festzustellen, daß automatische Melksysteme vermutlich hauptsächlich in westeuropäischen Familienbetrieben aller Größen- und Milchleistungsklassen zum Einsatz kommen werden.

## **4 Einfluß des Melksystems auf biologische Leistungen**

### **4.1 Milchleistung und Milchinhaltsstoffe**

Allgemein wird erwartet, daß es in automatisch melkenden Betrieben durch eine erhöhte Melkfrequenz zu Milchleistungssteigerungen kommt. Diese Annahme stützt sich auf zahlreiche Versuche in konventionell melkenden Betrieben, bei denen sich infolge erhöhter Melkhäufigkeit ein beachtlicher Anstieg der Milchleistungen zeigte. So zitiert ORDOLFF (1989, S.31) Autoren, die bei drei Melkzeiten pro Tag gegenüber zweimal täglichem Melken Milchleistungssteigerungen von 15 bzw. 20-24 % beobachteten. Bei täglich vier Melkungen stellten die zitierten Autoren sogar Mehrleistungen von bis zu 26 % fest. Mit eigenen Versuchen konnte ORDOLFF (1989, S.111, 116) die leistungsfördernde Wirkung verkürzter Zwischenmelkzeiten bestätigen. Die Versuchstiere wiesen bei täglich fünf Melkungen gegenüber den zweimal täglich gemolkenen Kontrolltieren signifikante Steigerungen der Milchleistungen von 18,1-22,6 % auf. Auch WOLF (2000, S.492) kommt auf Grund der Auswertung von Daten aus 106 Betrieben mit über 36.000 Kühen zu dem Schluß, daß die Milchleistung durch dreimal tägliches Melken gegenüber dem zweimal täglichem Melken um 15-20 % gesteigert werden kann.

Anders als bei den beschriebenen Zusammenhängen von Melkhäufigkeit und Milchleistung sind die Literaturangaben zu den Auswirkungen, die eine erhöhte Melkfrequenz auf die Milchinhaltsstoffe hat, widersprüchlich. So beobachteten WOLF und JAHNKE (1999, S.188) sowie WOLF (2000, S.487) bei dreimal täglichem Melken nicht nur eine höhere Milchleistung, sondern auch einen um 0,5 bzw. 0,3 % verminderten Fettgehalt der Milch. Dagegen zitiert ORDOLFF (1989, S.31) Versuche, in denen trotz höherer Melkfrequenzen bzw. Milchleistungen ein unveränderter Gehalt der Milchinhaltsstoffe festgestellt wurde. Bei einem weiteren von ORDOLFF (1989, S.32) beschriebenen Versuch wurde mit erhöhter Melkhäufigkeit sogar ein leicht erhöhter Fettgehalt ermittelt. Gänzlich andere Verhältnisse zeigten sich in den von ORDOLFF (1989, S.129) selbst durchgeführten Versuchen. Hier gingen der Fett- bzw. Eiweißgehalt mit den gestiegenen Milchleistungen um 0,4 bzw. 0,7 % zurück. Auf Grund der hier dargestellten Widersprüche wird im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, daß eventuelle systembedingte Milchleistungssteigerungen keinen Einfluß auf den Gehalt der Milchinhaltsstoffe haben.

### 4.1.1 Zusammenhänge von Melkhäufigkeit und Milchleistung

Wie in den vorhergehenden Ausführungen dargelegt wurde, ergab sich in konventionellen Betrieben bei erhöhter Melkhäufigkeit ein signifikanter Anstieg der Milchleistungen. Im folgenden ist zu klären, inwieweit solche Milchleistungssteigerungen für automatisch melkende Betriebe als gegeben angesehen werden können. Da in mehreren Fällen nach Übergang zum automatischen Melken eine erhöhte Milchleistung zu beobachten war [vgl. Tabelle 5], scheint dies der Fall zu sein. Eine eingehende Analyse der entsprechenden Berichte zeigt jedoch, daß die Umstellung des Melksystems üblicherweise mit der Änderung weiterer leistungsbestimmender Faktoren verbunden ist. So geben die in Tabelle 5 zitierten Autoren zu bedenken, daß auf Grund der zeitgleichen Änderung des Melksystems und anderer Parameter nicht festgestellt werden kann, inwiefern die beobachteten Leistungssteigerungen auf das neue Melkverfahren zurückzuführen sind. Mithin läßt ein Vergleich der in konventionell bzw. automatisch melkenden Betrieben erzielten Milchleistungen kaum Rückschlüsse auf systembedingte Leistungsunterschiede zu. Auf Grund dieser Problematik wird im folgenden analysiert, ob die physiologischen Prozesse, die bei häufigerem Melken zu Leistungssteigerungen führen, einen generellen Leistungsanstieg durch das automatische Melken erwarten lassen.

Tabelle 5: Beobachtete Milchleistungsänderung nach Übergang zum automatischen Melken

<b>Autor</b>	<b>Betriebe</b>	<b>Milchleistung</b>	<b>Zusätzlich geänderte Faktoren</b>
GRIMM (1998, S.9)	1	+ 14,9 %	Stallbau, Futterration, Fütterungstechnik
HARMS (1998, S.55)	1	+ 27,7 %	Rasse, Fütterung, Laktationsstadium
KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.62)	29	+ 7,3 %	Fütterung, Weidesystem, Haltung

Untersuchungen über die physiologischen Zusammenhänge von Melkintervall und Milchsekretionsrate machten u.a. WILDE und PEAKER (1990). Sie stellten fest, daß die Steuerung der Milchsekretion über lokale Mechanismen im Euterdrüsengewebe erfolgt. Die Reaktion des Eutergewebes auf häufigeres Melken stellt sich innerhalb weniger Stunden ein und hält so lange an, wie die höhere Melkfrequenz beibehalten wird. Wie WILDE und PEAKER (1990, S.237) weiter ausführen, ist die positive Wirkung erhöhter Melkfrequenzen unabhängig vom Laktationsstadium. Die Autoren beschreiben Versuche, in denen durch dreimaliges Melken sowohl im Früh- und Spitzenstadium als auch im Spätstadium der Laktation eine anhaltende Steigerung des Milchertrags erzielt wurde. Diese Aussagen werden durch WOLF und JAHNKE (1999, S.187) bestätigt, die bei dreimaligem Melken über die gesamte Laktationsperiode eine

gleichmäßige Milchleistungssteigerung beobachteten. Auch ORDOLFF (1989, S.31) beschreibt Versuche, in denen durch dreimal tägliches Melken während der gesamten Laktationsperiode Milchleistungssteigerungen von 11-15 % erzielt wurden.

Inwiefern die durch erhöhte Melkfrequenzen bedingten Milchleistungssteigerungen vom ursprünglichen Milchleistungsniveau abhängen, ist nicht eindeutig zu klären. Während WILDE und PEAKER (1990) sowie ORDOLFF (1989) diesbezüglich keine Angaben machen, beobachteten WOLF und JAHNKE (1999, S.188), daß der absolute und der relative Leistungsanstieg um so größer waren, je höher das Milchleistungsniveau vor Umstellen der Melkfrequenz war. Wie ausgeprägt diese Zusammenhänge sind, geben die Autoren jedoch nicht an. Auf Grund der von WILDE und PEAKER (1990) beschriebenen physiologischen Zusammenhänge ist davon auszugehen, daß die Milchbildungszellen nach vollständigem Entfernen des Inhibitors wieder ihr genetisch bedingtes Sekretionsmaximum erreichen. Mithin wäre der Anstieg der Milchleistung, entgegen den Angaben von WOLF und JAHNKE (1999, S.188), proportional zum ursprünglichen Milchleistungsniveau. Für diese Annahme spricht auch, daß das Ausmaß der durch häufigeres Melken erzielten Milchleistungssteigerungen allgemein in Prozent der Ausgangsleistung angegeben wird.

Die von WILDE und PEAKER (1990, S.235) beschriebene Erhöhung der Milchsekretionsrate erfolgt auch dann, wenn die zusätzlich entzogene Milch durch ein äquivalentes Volumen einer inerten Lösung ersetzt wird. Daraus schließen die Autoren, daß die Milchbildung nicht, wie allgemein vermutet, durch eine Verminderung des Euterinnendrucks angeregt wird. Vielmehr erfolgt die Stimulation der Milchsekretion durch das Entfernen eines Milchbestandteils, der negative Rückkopplungswirkungen auf die Alveolarzellen ausübt und dadurch die Milchsekretion limitiert. Dieser Inhibitor ist ein hitzelabiler Bestandteil des Molkenproteins, der schnell, reversibel und in Abhängigkeit seiner Konzentration wirkt. Die genauen Zusammenhänge zwischen Milchentzug und Inhibitorkinetik sind nicht bekannt. Auf Grund der dosisabhängigen Wirkung des Inhibitors wird jedoch davon ausgegangen, daß die Inhibitorkonzentration in der Milch mit zunehmender Zwischenmelkzeit ansteigt. Es könnte aber auch sein, daß der Inhibitor bei seiner Sekretion zunächst inaktiv ist und seine hemmende Wirkung erst mit zunehmender Zwischenmelkzeit entfaltet. In jedem Fall halten kurze Melkintervalle den Gehalt an wirksamem Inhibitor im Euter gering und führen so zu einer Stimulation der Milchsekretion. Letzteres läßt sich u.a. anhand der in Abbildung 11 dargestellten Untersuchungsergebnisse von IPEMEA et. al. (1997) belegen. Die Autoren werteten über vier

Monate das Melkverhalten und die Milchleistungen von 24 Kühen aus, die in einer Zwei-boxenanlage gemolkenen wurden. Dabei zeigte sich, daß bei Zwischenmelkzeiten von weniger als neun Stunden beachtliche Steigerungen der Milchsekretionsraten eintreten. Die in Abbildung 11 dargestellten Daten lassen jedoch auch erkennen, daß verlängerte Melkintervalle zu einem Rückgang der Milchsekretionsraten führen, der teilweise deutlich stärker ausgeprägt ist als die Steigerung der Milchsekretion infolge verkürzter Melkintervalle. Daraus ist abzuleiten, daß für eine Steigerung der täglichen Milchleistungen nicht nur die Anzahl der pro Tag stattfindenden Melkvorgänge, sondern auch die Gleichmäßigkeit der Melkintervalle von Bedeutung ist. Diese Erkenntnis wird durch Versuche bestätigt, in denen Kühe bei gleichmäßigen Zwischenmelkzeiten von 12 Stunden 4 % mehr Milch gaben als Kühe, deren Melkintervalle zwischen 9 und 16 Stunden schwankten [vgl. LANSER (2000, S.89)].

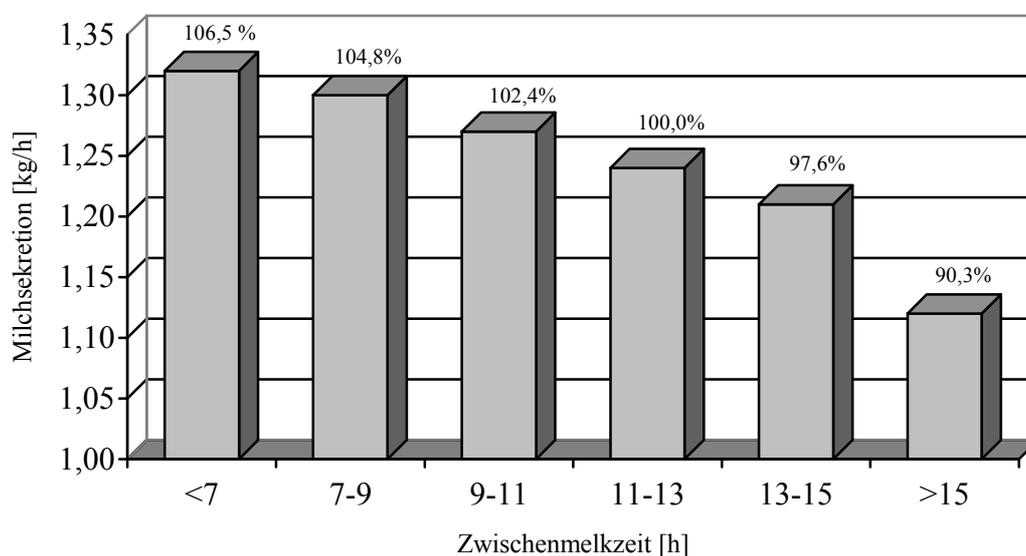


Abbildung 11: Milchsekretionsrate in Abhängigkeit der Zwischenmelkzeit [Quelle: IPEMA et. al. (1997, S.294)]

Zusammenfassend ist festzustellen, daß signifikante Milchleistungssteigerungen als Folge automatischen Melkens nur dann zu erwarten sind, wenn die Kühe das automatische Melksystem in gleichmäßigen Intervallen von maximal neun Stunden aufsuchen.

### 4.1.2 Zusammenhänge von Ausmelkgrad und Milchleistung

In einigen der von WILDE und PEAKER (1990, S.236) beschriebenen Arbeiten wurde nachgewiesen, daß die Milchsekretionsraten mit steigendem Restmilchanteil zurückgehen, da unvollständiges Melken die Inhibitorkonzentration im Euter nur unzureichend vermindert. Somit hängt die Milchleistung nicht nur von der Melkfrequenz sondern auch von der Vollständigkeit des Milchentzugs ab. Diese wird wiederum von anatomischen Faktoren, wie beispielsweise

dem Verhältnis von Zisternenvolumen zu Alveolenvolumen, und von der verwendeten Melktechnik beeinflußt. In diesem Zusammenhang kommt dem sogenannten Nachgemelk große Bedeutung zu. Als Nachgemelk wird die Milchmenge bezeichnet, die am Ende des Melkvorgangs nur durch Belasten der Melkbecher gewonnen werden kann. Die Vorgänge, die zum Entstehen des Nachgemelks führen, wurden von MELLINGER (1988) mit Hilfe von Röntgenfilmen untersucht. Es zeigte sich, daß der Euterinnendruck mit fortschreitender Euterentleerung zurückgeht, wodurch das zuvor straffe Eutergewebe erschlafft. In der Folge kommt es zu einer Verengung des Übergangs zwischen Euterzisterne und Zitzenzisterne. Die Verengung dieser sogenannten Euter-Zitzen-Passage kann auf zwei Arten entstehen. Im ersten Fall kommt es im Bereich des Zitzengummis zu einer pulsierenden Bewegung der Zitzenwände und dadurch zu einer zeitweiligen Verengung der Euter-Zitzen-Passage. Im zweiten Fall findet im Euterbereich oberhalb des Zitzengummis eine vermehrte Ansammlung erschlafften Gewebes statt, welches die Euter-Zitzen-Passage teilweise versperrt. Als Folge beider Vorgänge wird der Milchfluß zwischen Euterzisterne und Zitzenzisterne behindert, so daß der Milchnachfluß in die Zitze langsamer vonstatten geht als der Milchentzug aus der Zitze. Dadurch vermindert sich der Druck in der zeitweise leeren Zitze so stark, daß sich der Zitzendurchmesser nicht mehr an das pulszyklisch ändernde Zitzengummivolumen anpassen kann. Dies führt dazu, daß die Haftreibung zwischen Zitzenwand und Zitzengummischicht zurückgeht. Zuletzt gleitet der Melkbecher an der Zitze nach oben, wobei er Zitzengewebe einsaugt. Erst diese Positionsänderung des Melkbeckers bewirkt den vollständigen und endgültigen Verschuß der Euter-Zitzen-Passage und das komplette Versiegen des Milchflusses. Durch Belasten des Melkbeckers wird seine Positionsänderung rückgängig gemacht und das Zitzengewebe in Längsrichtung gestrafft. Hierdurch wird die Euter-Zitzen-Passage teilweise wieder geöffnet, so daß die aus den Alveolen nachlaufende Milch ermolken werden kann.

Der Umfang des Nachgemelks wird von anatomischen und melktechnischen Faktoren beeinflußt. So begünstigen extreme Zitzenabmessungen große Nachgemelke, da die Zitzen nicht in die Zitzengummis passen und somit Zitzenmassage und Zitzengummihaftung beeinträchtigt werden. Auch bei großen Zisternenvolumina, die besonders bei Altkühen auftreten, sind umfangreiche Nachgemelke zu verzeichnen, weil das Gewebe mit abnehmender Euterfüllung stark erschlafft. Geringe Nachgemelkmengen lassen sich hingegen durch eine vollwertige Vorstimulation erzielen. Dadurch werden die maximale Oxytocinausschüttung, die Aufweitung der Milchgänge und die Straffung der Zitzen gefördert und somit die Voraussetzungen für guten Melkbeckersitz, ausreichende Haftreibung und hohen Milchfluß geschaffen. Weite-

ren Einfluß auf den Umfang der Nachmelke üben die Konstruktionsmerkmale der Zitzen-gummis und die Zitzenkondition aus. So sollten die Zitzengummiabmessungen auf die Zitzen-größe abgestimmt und die Zitzen vor dem Ansetzen der Melkbecher trocken sein. Außerdem lassen sich die Nachmelke auch durch auf den natürlichen Milchfluß angepaßte Saugphasen und Pulszahlen begrenzen. Der Einfluß der Melkintervalle auf den Umfang des Nachmelks ist umstritten. Häufig wird unterstellt, daß bei mehrmals täglichem Melken die Nachmelk-mengen auf ein vernachlässigbares Maß sinken würden. Da die von MELLINGER (1988) be-schriebenen Wechselwirkungen zwischen Eutergewebe und Vakuumapplikation sich zu Ende eines jeden Melkvorgangs wiederholen, dürfte diese Annahme jedoch nicht zutreffen.

Selbst bei optimaler Gestaltung aller Einflußfaktoren sind bei einem Großteil der Kühe bedeu-tende Nachmelke festzustellen. So ist nach KILIAN (1998, S.6) mit durchschnittlich 400 g Restmilch zu rechnen. Im Mittel ihrer Versuche gewann sie durch Belasten des Melkzeugs 440 und durch Nachmelken von Hand 540 g Nachmelk pro Kuh und Melkzeit (S.36). Die Versuchsergebnisse von WALLSTABE et. al. (1989, S.444) weisen über drei Laktationen mittlere Nachmelke von 210 bis 640 g pro Tier und Melkvorgang aus, wobei die Werte in der 2. und 3. Laktationsperiode gut doppelt so hoch waren wie in der 1. Laktation. Bei den von EBENDORFF et. al. (1986, S.176) zitierten Literaturangaben reichen die mittleren Nachge-melke von 200 bis 700 g. Zusammenfassend ist von durchschnittlich 500 g Nachmelk je Kuh und Melkzeit bei Extremwerten zwischen 100 und über 1000 g auszugehen.

Bei Unterlassen des Nachmelkens und täglich zwei Melkzeiten entsteht somit zunächst ein direkter Minderertrag von ca. 1 kg je Kuh und Tag. Weitere Leistungseinbußen werden da-durch hervorgerufen, daß der mit der Restmilch im Euter verbleibende Inhibitor eine Ver-ringerung der Milchsekretion bewirkt. Entsprechendes beobachteten EBENDORFF et. al. (1986, S.177) bei Halbeuterversuchen über vier Laktationen. In diesen Versuchen überstieg der Ertragsverlust der nicht nachgemolkenen Euterhälften bereits während der ersten Laktations-periode die Nachmelkmengen der Kontrolleuterhälften. Langfristig erfolgt zudem eine Rückbildung des Milchbildungsgewebes und eine Verringerung der Persistenz, da sich die Euterzellpopulation an die Milchsekretionsrate anpaßt [vgl. WILDE und PEAKER (1990, S.236)]. Auch diese Aussage wird durch die Versuchsergebnisse von EBENDORFF et. al. (1986, S.177) bestätigt. Die Autoren beobachteten, daß die Leistungsverluste durch unter-lassenes Nachmelken sowohl innerhalb als auch zwischen den Laktationsperioden anstiegen. Im Mittel der vier Laktationen führte der Verzicht auf das Nachmelken zu signifikanten

Milchleistungsverlusten von 10 %. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen WALLSTABE et. al. (1989, S.445). Im Durchschnitt von drei Laktationsperioden stellten sie bei unterlassenen Nachmelken signifikante Milchleistungsverluste von 7 % fest, die im Laufe der Laktationsperioden anstiegen und sich nahezu verdoppelten, wenn zusätzlich auf eine Stimulation verzichtet wurde. Sie beobachteten außerdem, daß die normale Rückbildung der Alveolarzellen durch im Euter verbleibende Nachmilch beschleunigt wird.

Die beschriebenen Zusammenhänge zwischen Ausmelkgrad und Milchleistung machen deutlich, daß maximale Milchleistungen nur zu erzielen sind, wenn die Euter vollständig ausgemolken werden. Daher ist es notwendig solche Tiere nachzumelken, deren Euteranatomie das Auftreten hoher Restmilchmengen begünstigt. Somit sollten auch automatische Melkanlagen mit Nachmelkvorrichtungen ausgestattet sein.

### **4.1.3 Prognose systembedingter Milchleistungsunterschiede**

Wie zuvor eingehend erläutert, sind signifikante Milchleistungssteigerungen gegenüber fachgerechtem konventionellen Melken nur bei gleichmäßig kurzen Zwischenmelkzeiten und vollständigem Ausmelken der Euter zu erwarten. Eine Analyse der beim automatischen Melken auftretenden Zwischenmelkzeiten nahm u.a. DE KONING (1999) vor. Er wertete über drei Wochen in einer Einboxenanlage des Typs Lely das Melkverhalten von 58 Kühen aus. Die durchschnittliche Melkfrequenz lag bei 2,6 Melkungen je Kuh und Tag. Dies entspricht einer Zwischenmelkzeit von 9,2 Stunden. Wie Abbildung 12 zu entnehmen ist, wiesen die Melkintervalle große Spannweiten auf. Lediglich bei 45 % der Melkungen betrug der Zeitabstand weniger als neun Stunden. In 15 % der Fälle waren die Intervalle mindestens 13 Stunden lang. Der Autor beobachtete zudem, daß selbst Kühe mit einer Jahresmilchleistung von mehr als 10.000 kg die Melkanlage nicht stets freiwillig mehrmals pro Tag aufsuchten. Dies widerlegt die weit verbreitete Auffassung, daß besonders Hochleistungskühe häufig und gezielt zum Melken gingen. Ähnliche Werte wie DE KONING ermittelte HARMS (1998) in einer automatischen Melkanlage gleichen Typs. Er analysierte über zehn Monate 34.117 Melkungen, deren Daten ebenfalls in Abbildung 12 dargestellt werden. Im Durchschnitt wurden Zwischenmelkzeiten von 10,7 Stunden mit einer Standardabweichung von 5,1 Stunden festgestellt. Der Anteil der Melkungen mit einem Zeitabstand von bis zu neun Stunden betrug 42 %. Bei 23 % der Melkungen war eine Zwischenmelkzeit von 13 Stunden und mehr zu verzeichnen. Auch bei den Melkfrequenzen, die von BOHLSSEN und ARTMANN (1999, S.37) im Rahmen ihrer Arbeitszeitstudien ermittelt wurden, sind erhebliche Abweichungen festzustellen. Die Durchschnitts-

werte der einzelnen Betriebe reichen von 2,1 bis 3,6 Melkungen je Kuh und Tag. Dies entspricht Zwischenmelkzeiten von 11,4 - 6,7 Stunden.

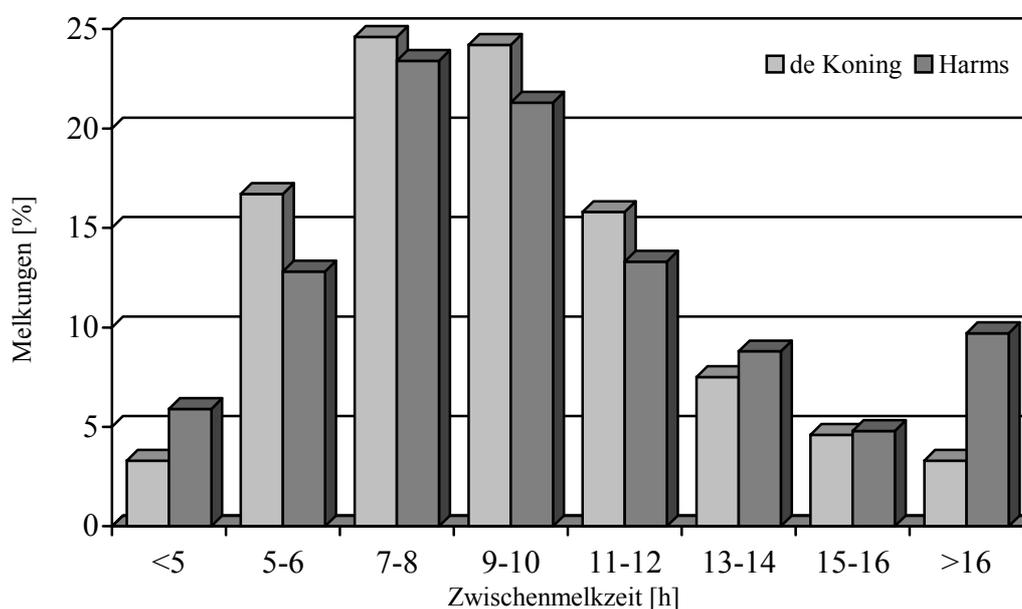


Abbildung 12: Verteilung der Zwischenmelkzeiten in automatischen Melkanlagen [Quelle: DE KONING (1999, S.43); HARMS (1998, S.58), Darstellung geändert]

Die erläuterten Daten zeigen, daß die Melkintervalle beim automatischen Melken ungleichmäßig verteilt und zum Teil relativ lang sind. Häufig sind mehr als neun, teilweise auch über zwölf Stunden Zwischenmelkzeit festzustellen. Somit können Leistungssteigerungen, wie sie vom dreimaligen Melken in konventionellen Melksystemen bekannt sind, für das automatische Melken nicht generell unterstellt werden. Darüber hinaus sind sogar Minderleistungen gegenüber dem konventionellen Melken nicht auszuschließen, da bislang beim automatischen Melken auf Grund fehlender Nachmelkvorrichtungen eine vollständige Euterentleerung nicht gewährleistet ist. Auf Grund dieser Zusammenhänge ist es nicht möglich, Milchleistungsänderungen, die durch den Übergang vom konventionellen zum automatischen Melken bedingt sind, verlässlich vorherzusagen.

## 4.2 Eutergesundheit

Allgemein wird erwartet, daß automatisch gemolkene Kühe infolge erhöhter Melkhäufigkeit gegenüber konventionell gemolkene Kühen eine bessere Eutergesundheit haben. Maßstab für die Eutergesundheit ist der Gehalt somatischer Zellen in der Milch. Eine gesunde Milchdrüse weist nach WENDT et. al. (1998, S.49) durchschnittlich 100.000 somatische Zellen je ml Milch auf, wobei Schwankungen bis zu 250.000 Zellen je ml noch als physiologisch normal

gelten. Die Entwicklung des Milchzellgehaltes bei zunehmender Melkhäufigkeit untersuchten u.a. HOGVEEN und WEMMENHOVE (1999, S.45) in Betrieben mit konventioneller Melktechnik. Bei dreimal täglichem Melken betrug der Durchschnittswert 169.000 Zellen je ml, während bei zwei Melkungen pro Tag nur geringfügig höhere Mittelwerte von 178.000 Zellen je ml beobachtet wurden. Auch ORDOLFF (1989, S.127) fand keinen bedeutenden Zusammenhang zwischen Zellzahl und Melkintervall. Eine Verbesserung der Eutergesundheit durch häufigeres Melken ist somit fraglich. Hingegen könnte das individuelle Melken der einzelnen Euterviertel, das in automatischen Melkanlagen üblich ist, tatsächlich eine bessere Eutergesundheit bewirken, da durch diese Technik Blindmelkzeiten und die Übertragung von Krankheitserregern vermindert werden.

Jedoch sind auch negative Auswirkungen des automatischen Melkens auf die Eutergesundheit nicht auszuschließen. So entfällt die generelle visuelle Euterkontrolle und die damit verbundene Früherkennung von Störungen der Eutergesundheit. Verfahren zur automatischen Beurteilung der Eutergesundheit bieten bislang nur unzureichenden Ersatz. Zudem kann trotz automatischer Zitzenreinigung nicht stets eine ausreichende Euterhygiene gewährleistet werden. Des weiteren können extrem lange oder kurze Melkintervalle erhöhte Eutergewebsbelastungen und folgende Eutererkrankungen hervorrufen. Letztendlich ist auch eine Beeinträchtigung der Eutergesundheit infolge des unterlassenen Nachmelkens möglich. So stellten EBENDORFF et. al. (1986, S.178) in nicht nachgemolkenen Eutervierteln ab der 2. Laktationsperiode signifikant höhere Erkrankungsraten fest. Die Literaturangaben zum Einfluß des automatischen Melkens auf die Eutergesundheit sind widersprüchlich. Dementsprechend lassen die in Tabelle 6 dargestellten Daten keine eindeutigen Abhängigkeiten der Zellzahlen vom Melksystem erkennen. Daher wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit von einer unveränderten Eutergesundheit ausgegangen.

Tabelle 6: Literaturangaben zur Entwicklung der Zellzahlen durch Übergang zum automatischen Melken

Autor	Betriebe	Zellen je ml Milch	
		vor Umstellung	nach Umstellung
HOGVEEN und WEMMENHOVE (1999, S.45)	28	233.000	237.000
	Molkereidaten	206.000	206.000
KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.67, 70)	32	244.000	205.000
	Molkereidaten	250.000	250.000
WENDL et. al. (2000, b, S.99)	13	202.000	197.000

### 4.3 Milchqualität

Da die Qualität der Anlieferungsmilch ein Kriterium für deren Bezahlung ist, kommt einem eventuellen Einfluß des Melksystems auf die Milchqualität wirtschaftliche Bedeutung zu. Auf Grundlage der von BRENTRUP (1998, S.72) erläuterten Milch-Güteverordnung erfolgt die Bezahlung von Rohmilch u.a. anhand des Zell-, Keim-, Fremdwasser- und Hemmstoffgehalts. So sind laut Milch-Güteverordnung Milchgeldabzüge von mindestens 2,0 Pf je kg vorzunehmen, wenn der geometrische Mittelwert des Zellgehaltes im Abrechnungsmonat und in den drei vorausgegangenen Monaten größer als 400.000 je ml ist. Abzüge von mindestens 4,0 Pf je kg Milch erfolgen, wenn im geometrischen Mittel von zwei aufeinander folgenden Monaten mehr als 100.000 Keime je ml festgestellt werden. Ein erhöhter Fremdwassergehalt führt ebenso zum Verlust der Verkehrsfähigkeit wie der Nachweis von Hemmstoffen in der Milch. Maßstab für den Fremdwassergehalt ist der Gefrierpunkt der Milch, der mit zunehmendem Wasseranteil steigt. Der Grenzwert für die Verkehrsfähigkeit von Rohmilch liegt bei einem Gefrierpunkt von  $-0,515^{\circ}\text{C}$ . Bei Nachweis von Hemmstoffen in der Milch wird der Auszahlungspreis im Monat der Feststellung um 0,10 DM pro kg Milch gekürzt. Bei mehrfachem Hemmstoffnachweis innerhalb eines Monats erfolgen diese Abzüge gesondert für jeden Nachweis.

Wie dargestellt wurde, ist zur Zeit nicht zu erkennen, daß automatische Melksysteme einen signifikanten Einfluß auf die Eutergesundheit haben. Daher wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, daß der Qualitätsparameter Zellzahl in automatisch melkenden Betrieben gleich ist wie in konventionell melkenden Betrieben. Bezüglich des Keimgehalts scheinen durch das automatische Melken eher negative Einflüsse gegeben zu sein, da Milchreste teils längere Zeit ungekühlt in den Gummiteilen und Rohrleitungen der automatischen Melkanlagen verbleiben. Zudem befindet sich die direkt nach der Milchabholung ermolzene Milch solange ungekühlt im Milchlagertank, bis dessen Füllstand ausreicht, um die Kühlung ohne Gefahr einer Tankvereisung zu beginnen. Schließlich ist auch eine Kontamination der Melkanlage durch unvollständig gereinigte Euter nicht auszuschließen. Tatsächlich beobachteten die in Tabelle 7 zitierten Autoren im Mittel der jeweils untersuchten Betriebe nach Übergang zum automatischen Melken einen leichten Anstieg der Milchkeimzahlen. Dagegen gibt SEDLMEYER (1999, S.35, 65) an, daß bei ordnungsgemäßem Betrieb mit automatischen Melksystemen Qualitätsmilch produziert werden kann, die den technisch unvermeidbaren Gehalt von 10.000 Keimen je ml aufweist. Der Autor stützt sich bei seiner Aussage u.a. auf die Auswertung von 16 Sammelmilchproben, die über einen Zeitraum von acht Monaten in einem automatisch

melkenden Betrieb gezogen wurden. Lediglich bei zwei dieser Proben wurde ein erhöhter Keimgehalt von ca. 50.000 Keimen je ml Milch ermittelt, den der Autor mit Störungen des Reinigungssystems bzw. Manipulationen begründet (S.34). Die übrigen Werte beliefen sich auf ca. 10.000 Keime je ml Milch. Weiterhin stellt SEDLMEYER (1999, S.30) fest, daß der Keimgehalt der Milchreste, die an den Rohrleitungen der Melkanlage anhaften, für eine massive Kontamination der Rohmilch zu gering ist. In diesem Zusammenhang verweist er darauf, daß sich Mikroorganismen erst ca. nach zwei Stunden an ihre Umwelt adaptieren (S.35). Auf Grund dieser Adaptionsphase und der regelmäßigen Zufuhr frisch ermolkenener Milch ist davon auszugehen, daß die Voraussetzungen für ein bedeutendes Keimwachstum in ordnungsgemäß betriebenen Anlagen trotz anhaftender Milchreste nicht vorliegen. Dementsprechend kommt SEDLMEYER (1999, S.66) zu dem Schluß, daß nicht die an den Rohrleitungen anhaftenden Milchreste, sondern stehende Flüssigkeitsreste ein Hygieneproblem darstellen. Solche Reste können durch eine entsprechende Leitungsführung und das regelmäßige Freiblasen der Leitungen vermieden werden.

Im Gegensatz zu dem relativ einheitlichen Keimzahlniveau der in Tabelle 7 dargestellten Mittelwerte weisen, wie WENDL et. al. (2000, b, S.97) feststellen, die Keimzahlen der einzelnen Betriebe eine größere Streubreite auf. Die Autoren merken jedoch an, daß diese Schwankungen zum Teil die zwangsläufige Folge kürzlich erfolgter Umbaumaßnahmen sind. Außerdem weisen die Autoren darauf hin, daß die Keimzahlen je nach Haltungsbedingungen auch unabhängig vom Melksystem über das ganze Jahr hinweg schwanken können. Insgesamt ist festzustellen, daß das automatische Melken die Milchhygiene keinesfalls so stark beeinflußt, daß dies ökonomische Folgen hätte. Daher wird in den folgenden Kalkulationen dieser Arbeit für automatisch melkende Betriebe dieselbe Keimzahl unterstellt wie für konventionell melkende Betriebe.

Tabelle 7: Literaturangaben zur Entwicklung der Keimzahlen durch Übergang zum automatischen Melken

Autor	Betriebe	Keime je ml Milch	
		vor Umstellung	nach Umstellung
HOGVEEN und WEMMENHOVE (1999, S.45)	28	8.230	16.300
KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.68)	32	13.500	18.700
WENDL et. al. (2000, b, S.97)	13	23.000	24.000

Der Fremdwassergehalt der Milch ist in Betrieben mit automatischen Melkanlagen tendenziell erhöht, da die Melkanlagen häufig zwischengespült und die Zitzen naß gereinigt werden.

---

## Einfluß des Melksystems auf biologische Leistungen

---

Dementsprechend stellten die in Tabelle 8 zitierten Autoren nach Inbetriebnahme automatischer Melkanlagen ein Anstieg des Gefrierpunktes fest. Die Gefrierpunktsteigerungen führten jedoch noch nicht zu einer Beeinträchtigung der Milchqualität. Daher wird auch dieser Parameter in den weiteren Berechnungen der vorliegenden Arbeit für konventionelle und automatische Melksysteme als gleichwertig angesehen.

Tabelle 8: Literaturangaben zur Entwicklung des Gefrierpunktes durch Übergang zum automatischen Melken

Autor	Betriebe	Gefrierpunkt [°C]	
		vor Umstellung	nach Umstellung
HOGVEEN und WEMMENHOVE (1999, S.45)	28	-0,532	-0,520
KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.66)	32	-0,523	-0,517

## 5 Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit des Melksystems

Außer im Umfang des Arbeitszeitbedarfs unterscheiden sich konventionelle und automatische Melksysteme, wie Tabelle 9 zu entnehmen ist, auch bezüglich der Tätigkeitsmerkmale. Während in Betrieben mit konventionellen Melksystemen überwiegend manuelle Tätigkeiten zu verrichten sind, fallen in Betrieben mit automatischen Melksystemen vermehrt Kontroll- und Betreuungsaufgaben an. Gemeinsam ist beiden Melksystemen jedoch, daß sich die Tätigkeiten in tierbezogene und anlagenbezogene Arbeiten unterteilen lassen. Diese Tätigkeitsbereiche werden im folgenden für beide Melksysteme separat erläutert.

Tabelle 9: Melkarbeiten in Abhängigkeit des Melksystems

Melkarbeiten in konventionell melkenden Betrieben	Melkarbeiten in automatisch melkenden Betrieben
<p><b>Rüstarbeiten vor Melkbeginn</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Milchtanks</li> <li>• Milchfilter einsetzen</li> <li>• Melkzeuge vom Spülsystem trennen</li> <li>• Melkeimer vorbereiten</li> </ul> <p><b>Treibarbeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treibwege vorbereiten</li> <li>• Tiere zum Melkstand treiben</li> </ul> <p><b>Arbeiten beim Melkvorgang</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiere in den Melkstand einlassen</li> <li>• Vormelken</li> <li>• Euterreinigung</li> <li>• Stimulieren</li> <li>• Melkzeuge ansetzen und ausrichten</li> <li>• Euterkontrolle, ggf. Nachmelken</li> <li>• Melkzeuge abnehmen</li> <li>• Zitzen dippen</li> <li>• Tiere aus dem Melkstand lassen</li> <li>• Absondern nicht verkehrsfähiger Milch</li> <li>• Tierbehandlung</li> </ul> <p><b>Rüstarbeiten nach Melkende</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melkzeuge an das Spülsystem anschließen</li> <li>• Melkzeuge äußerlich reinigen</li> <li>• Milchfilter entfernen</li> <li>• Spüleleitung anstecken, Spülvorgang starten</li> <li>• Eutertücher entsorgen</li> <li>• Melkstand und Milchkammer reinigen</li> </ul>	<p><b>Anlagenbetreuung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionskontrolle</li> <li>• Melkbeobachtungen</li> <li>• Äußerliche Anlagenreinigung</li> <li>• Milchfilter wechseln</li> <li>• Spülvorgang starten</li> <li>• Beseitigung von Störungen</li> </ul> <p><b>Herdenüberwachung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle der Zwischenmelkzeiten, Milchleistungen und Leitwerte</li> <li>• Dateneingabe am PC</li> </ul> <p><b>Treibarbeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auffinden der zu treibenden Kühe</li> <li>• Tiere zum Melkstand treiben</li> </ul> <p><b>Tierbetreuung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Tierkontrolle</li> <li>• Gezielte Kontrolle auffälliger Tiere</li> <li>• Behandlung erkrankter Tiere</li> </ul> <p><b>Sonderarbeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuelles Ansetzen der Melkbecher bei Problemtieren</li> <li>• Anlernen von Kühen</li> <li>• Erfassung von Zitzenkoordinaten</li> <li>• Absonderung von Kolostralmilch für Fütterungszwecke</li> </ul>

## **5.1 Arbeitszeitbedarf in konventionell melkenden Betrieben**

### **5.1.1 Tierbezogene Arbeiten**

Die tierbezogenen Arbeiten umfassen in konventionell melkenden Betrieben nicht nur den Melkvorgang, sondern auch das Treiben samt der zugehörigen Nebenarbeiten. Der Zeitbedarf für die Treibarbeiten wird im wesentlichen von den stallbaulichen Gegebenheiten beeinflusst. Nach KAUFMANN (1997, S.24) ist für das Treiben mit einem Arbeitszeitbedarf von 0,5 AKmin je Kuh und Tag zu rechnen. ORDOLFF (1997, a, S.38) gibt mit 0,6 AKmin je Kuh und Tag einen ähnlichen Wert an. Da die Treibarbeiten nur während der Laktationsperiode anfallen, ergibt sich bei einem Arbeitszeitbedarf von 0,5 AKmin je Kuh und Tag sowie jährlich 305 Laktationstagen ein Gesamtwert von 2,5 AKh pro Kuh und Jahr. Dieser Wert wird Eingang in die folgenden Kalkulationen der vorliegenden Arbeit finden.

Der Arbeitszeitbedarf für das Ein- und Auslassen der Kühe wird hauptsächlich durch die Gegebenheiten in Stall und Melkstand bestimmt. Beispielsweise wirkt sich das Vorhandensein eines Vorwarteraums günstig auf den Arbeitszeitbedarf aus, da nur wenig Kühe in den Melkstand getrieben werden müssen. Daher sollte bei Neu- und Umbauten ein Vorwarteraum vorgesehen werden, der zum Melkstand hin leicht ansteigt und dessen Größe sich nach der Herden- bzw. Gruppengröße richtet. Zudem kann der Arbeitszeitbedarf für den Tierwechsel in Fischgräten- und Parallelmelkständen durch Schnellaustriebe minimiert werden. In entsprechenden Melkständen schwenken die Begrenzungsrahmen nach dem Melken hoch, so daß alle Kühe einer Gruppe den Melkstand gleichzeitig verlassen können.

Anders als beim Tierwechsel hängt der Zeitbedarf für die direkt am Tier zu verrichtenden Melkarbeiten in erster Linie von der Art der auszuführenden Tätigkeiten, der Ausstattung des Melkstands sowie den anatomischen Merkmalen der Tiere und den Haltungsbedingungen ab. Im einzelnen sind folgend dargestellte Tätigkeiten Bestandteil einer fachgerechten Melkroutine. Vor dem Melken sind die ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze gesondert zu melken, um sich durch Prüfen des Aussehens von der einwandfreien Beschaffenheit der Milch jeder Kuh zu überzeugen. Wie BRENTRUP (1998, S.71,73) erläutert, ist dieses Vormelken nicht nur nach Anlage 3 der Milchverordnung vorgeschrieben, sondern es erlaubt auch eine Beurteilung der Milchqualität und die Früherkennung von Störungen der Eutergesundheit. Im Anschluß an das Vormelken ist, falls nötig, eine Euterreinigung vorzunehmen, um in Übereinstimmung mit der Milchverordnung nur Tiere mit sauberen Eutern zu melken. Der Zeitbedarf zum Reinigen der Euter hängt im wesentlichen vom Grad der Euterverschmutzung ab, der seinerseits von

der Stallhygiene beeinflußt wird. Nach Abschluß der Euterreinigung ist durch Massage der Zitzen die mit dem Vormelken eingeleitete Vorstimulation zu vollenden, um die vollständige Melkbereitschaft zu erstellen. Die Stimulation muß so lange vorgenommen werden, bis ausreichend Oxytocin freigesetzt und durch dessen Wirkung genügend Milch aus den Alveolen in die Zisternen verlagert wurde. Als Standardwert gilt eine Gesamtstimulationsdauer von 60 Sekunden. Die Länge der notwendigen Reststimulation hängt davon ab, wie lange zuvor das Vormelken und die Euterreinigung gedauert haben. Durch Einsatz entsprechender Pulsatoren kann die Stimulation automatisiert werden. An die beschriebene Eutervorbereitung schließt sich das Ansetzen und Ausrichten des Melkzeugs an. Der dafür anfallende Zeitbedarf hängt hauptsächlich von anatomischen Merkmalen der Kühe ab. So dauert das Ansetzen in der Regel um so länger, je geringer der Abstand zwischen Euter und Standfläche ist. Im Anschluß an die Hauptmelkphase ist durch Hinunterdrücken des Melkzeugs die lose Restmilch aus den Zisternen zu ermelken. Der Arbeitszeitbedarf für dieses Nachmelken wird von Menge und Milchflußrate des Nachgemelks bestimmt. Bei Verwendung einer Nachmelkautomatik kann dieser Arbeitsschritt weitgehend entfallen. Nach dem Ausmelken der Kuh erfolgt die Melkzeugabnahme, die ebenfalls automatisiert werden kann. Als Abschluß des Melkvorgangs werden die Zitzen üblicherweise mit einem Pflege- und Desinfektionsmittel besprüht bzw. in ein solches eingetaucht. Auch dieses sogenannte Zitzendippen kann automatisiert werden.

Neben den beschriebenen Tätigkeiten fallen beim Melken Sonderarbeiten an, wie die Behandlung von Euterkrankheiten oder das Absondern nicht verkehrsfähiger Milch. Anfall und Dauer dieser Tätigkeiten schwanken stark und sind von zahlreichen Faktoren abhängig, wie beispielsweise der Anzahl frischlaktierender Kühe. Weiterer Zeitbedarf entsteht für das Zurücklegen von Wegen. In diesem Zusammenhang sind besonders der Melkstandtyp und die Arbeitsorganisation von Bedeutung. So ist es günstiger, alle direkt nacheinander anfallenden Tätigkeiten, wie beispielsweise Eutervorbereitung und Ansetzen, an einer Kuh zu beenden, statt einzelne Arbeitsgänge nacheinander an mehreren Kühen auszuführen.

Auf Grund der zahlreichen Einflußfaktoren weisen die Ergebnisse von Arbeitszeitstudien eine große Spannweite auf, zumal in der landwirtschaftlichen Praxis häufig einzelne Tätigkeiten nicht oder nur teilweise ausgeführt werden. So stellte ORDOLFF (1994, S.275-276) bei Arbeitszeiterhebungen in verschiedenen Melkständen stark voneinander abweichende Werte fest, die in Tabelle 10 zusammengefaßt sind. Die beobachteten Unterschiede im Arbeitszeitaufwand belegen, daß in der landwirtschaftlichen Praxis noch erhebliche Rationalisierungspo-

## Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit des Melksystems

tentiale bestehen. Diese können u.a. durch eine Optimierung der Haltungsbedingungen und des Melkablaufs genutzt werden.

Tabelle 10: Resultate von Arbeitszeitstudien in konventionellen Melkanlagen

Melkstandtyp	Arbeitszeitaufwand einzelner Arbeitselemente [APs / Kuh]					
	Tierwechsel	Eutervorbereitung	Ansetzen	Nachmelken, Abnehmen <sup>1</sup>	Nachtreiben	Sonstiges
Fischgräte, 2x12	11,88	24,28	14,70	12,86	0,29	22,46
Fischgräte, 2x12	10,70	22,17	9,42	16,92	1,02	24,06
Fischgräte, 2x10	8,66	16,20	10,72	48,18	7,56	25,14
Fischgräte, 2x12	6,52	15,50	8,00	1,96	6,53	14,13
Fischgräte, 2x14	4,93	15,43	9,69	18,42	5,66	12,49
Parallel, 2x16	3,35	32,58	10,14	7,58	10,23	18,79
Parallel, 2x16	7,74	13,81	9,61	6,21	1,93	14,30
Karussell, 2x22	1,76	23,84	9,83	1,39	0,00	7,92
Karussell, 1x22	0,90	23,05	9,81	6,26	14,07	12,05
Tandem, 2x5	3,19	7,12	9,87	3,15	2,07	20,40
<b>Mittelwert</b>	<b>5,96</b>	<b>19,40</b>	<b>10,18</b>	<b>12,29</b>	<b>4,94</b>	<b>17,17</b>

[Quelle: ORDOLFF (1994, S.275-276), Darstellung geändert]

Trotz der heterogenen Resultate von Arbeitszeitstudien lassen sich für das Melken in konventionellen Melkanlagen verlässliche Arbeitszeitplanzahlen angeben. Diese beziehen sich u.a. auf standardisierte Arbeitsabläufe und genau festgelegte Arbeitsbedingungen [vgl. AUERNHAMMER (1998, S.104)]. Bei guter Euterhygiene kann in Abhängigkeit von Typ und Ausstattungsniveau der Melkanlage von den in Tabelle 11 dargestellten Planzahlen ausgegangen werden.

Tabelle 11: Kalkulierter Arbeitszeitbedarf für das Melken in konventionellen Melkanlagen

	Fischgrätenmelkstand			Karussell
	ohne Abnahmeautomatik	mit Abnahmeautomatik	zusätzlich mit Schnellaustrieb	
AKmin je Kuh und Melkzeit	1,17	1,05	0,91	0,74
AKh je Kuh und Jahr <sup>2</sup>	11,9	10,7	9,3	7,5

[Quelle: in Anlehnung an ORDOLFF (1997, a, S.31)]

<sup>1</sup> einschließlich evtl. Zitzendippen

<sup>2</sup> bei zwei Melkzeiten pro Tag und 305 Laktationstagen pro Jahr

### 5.1.2 Anlagenbezogene Arbeiten

Die anlagenbezogenen Arbeiten in konventionell melkenden Betrieben umfassen die Vorbereitung und die abschließende Reinigung von Melkstand, Melkanlage und Milchlagerbehälter. Wie Tabelle 12 zu entnehmen ist, wird die in diesem Zusammenhang insgesamt aufzuwendende Arbeitszeit wesentlich durch die Tätigkeiten bestimmt, die an den einzelnen Melkzeugen bzw. Melkplätzen zu verrichten sind.

Tabelle 12: Zeitaufwand für Rüstarbeiten in einem Fischgrätenmelkstand mit 2x8 Plätzen

Tätigkeit	Dauer [APmin]
Milchtank vorbereiten, Milchleitung umstecken	1,85
Milchfilter einsetzen	0,98
Melkzeuge vom Spülsystem nehmen	0,72
Melkeimer vorbereiten	1,02
Melkzeuge an das Spülsystem anschließen	2,94
Melkzeuge äußerlich reinigen	4,33
Milchfilter entfernen	1,16
Spüleleitung umstecken, Spülautomaten anstellen	4,05
Eutertücher entsorgen	1,13
Melkplätze mit dem Hochdruckreiniger reinigen	13,76
Milchkammer reinigen	6,10
<b>Summe</b>	<b>38,04</b>
<b>Summe pro Melkplatz</b>	<b>2,38</b>

[Quelle: SCHLEITZER (1997, S.44), Darstellung geändert]

Mit ungefähr 2½ Minuten je Melkplatz und Melkzeit stimmt der in Tabelle 12 wiedergegebene Gesamtwert weitgehend mit den von ORDOLFF (1997, a, S.38) für zweimal tägliches Melken angegebenen Planzahlen von 4,5-5,0 AKmin je Melkplatz und Tag überein. Daher wird im folgenden Teil dieser Arbeit für die Rüstarbeiten in konventionellen Melksystemen ein Arbeitszeitbedarf von 5,0 AKmin je Melkplatz und Tag bzw. von 30,42 AKh je Melkplatz und Jahr veranschlagt.

Aus diesen Werten ist in Verbindung mit der Anzahl der Melkplätze der Rüstarbeitszeitbedarf für die gesamte Melkanlage abzuleiten. Da bezüglich der Melkplatzzahl keine Standardwerte vorliegen, wird für die folgenden Kalkulationen dieser Arbeit die als optimal anzusehende Melkplatzzahl zugrundegelegt. Diese ist dort gegeben, wo die arbeitswirtschaftliche Melkleistung des Melkpersonals und die technische Melkleistung der Melkanlage annähernd gleich groß sind. Während sich die arbeitswirtschaftliche Melkleistung direkt aus den in Tabelle 11

angegebenen Planzahlen ergibt, wird die technische Melkleistung durch die pro Melkvorgang zu ermelkende Milchmenge, die mittleren Milchflußraten sowie den Zeitbedarf für Kuhwechsel, Arbeitserledigung und Warten bestimmt. Bei Gruppenmelkständen ist mit einer durchschnittlichen Melkleistung von ca. 5,0 Kühen je Melkeinheit und Stunde zu rechnen [vgl. ORDOLFF (1997, a, S. 31,36)]. Das Melkleistungspotential von Karussellmelkanlagen ist mit 4,5 Kühen je Melkeinheit und Stunde [vgl. ORDOLFF (1997, a, S. 31)] etwas geringer, da die Drehgeschwindigkeit des rotierenden Tragrings auf die langsamsten Kühe der Herde abzustimmen ist. Weiterhin ist bei der Berechnung der optimalen Melkplatzzahl zu berücksichtigen, daß konventionelle Melkanlagen üblicherweise mit einer geraden Anzahl an Melkplätzen angeboten werden. Folglich sind die berechneten Werte auf die nächst gerade Zahl zu runden. Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge ergeben sich die in Tabelle 13 wiedergegebenen optimalen Melkplatzzahlen.

Tabelle 13: Optimale Melkplatzzahl in Abhängigkeit der arbeitswirtschaftlichen Melkleistung

	Fischgrätenmelkstand			Karussell
	ohne Abnahmeautomatik	mit Abnahmeautomatik	zusätzlich mit Schnellaustrieb	
Arbeitszeitbedarf [AKmin/Kuh] <sup>1</sup>	1,17	1,05	0,91	0,74
Kühe pro AKh <sup>2</sup>	51,3	57,1	65,9	81,1
Kühe pro Melkplatz u. Stunde	5,0			4,5
<b>Optimale Melkplatzzahl <sup>3</sup></b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>18</b>

Für die in Tabelle 13 dargestellten Melkstandvarianten ergeben sich schließlich die Tabelle 14 zu entnehmenden Arbeitszeitbedarfswerte.

Tabelle 14: Kalkulierter Rüstarbeitszeitbedarf ausgewählter Melkstandanlagen <sup>4</sup>

Melkstandvariante		AKh pro Jahr
Fischgrätenmelkstand	10 Plätze	304
	12 Plätze	365
	14 Plätze	426
Karussell, 18 Plätze		548

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 11

<sup>2</sup> = 60 [AKmin/AKh] / Arbeitszeitbedarf [AKmin/Kuh]

<sup>3</sup> = Kühe pro AKh / Kühe pro Melkplatz und Stunde; gerundet auf gerade Werte

<sup>4</sup> = Melkplatzzahl \* 30,42 AKh je Melkplatz und Jahr

## 5.2 Arbeitszeitbedarf in automatisch melkenden Betrieben

Die tierbezogenen Arbeiten in automatisch melkenden Betrieben umfassen die Arbeitselemente Herdenüberwachung, Treiben, Tierbetreuung und Sonderarbeiten. Da in Betrieben, in denen automatisch gemolken wird, ein regelmäßiger Kontakt zu allen Kühen nicht gegeben ist, kommt der Herdenüberwachung wesentliche Bedeutung für die Aufrechterhaltung von Milchleistung und Tiergesundheit zu. Wichtige Hilfsmittel für diese Aufgabe sind die Datenauswertungen der elektronischen Herdenmanagementsysteme. Anhand entsprechender Listen sind dreimal täglich die Zwischenmelkzeiten zu kontrollieren, um eine ausreichend hohe Melkfrequenz zu gewährleisten. Wird die Melkhäufigkeit weniger als dreimal täglich kontrolliert, besteht nach VEAUTHIER (1999, b, S.57) die Gefahr, daß die Zwischenmelkzeiten von kranken bzw. trägen Tieren auf bis zu annähernd 24 Stunden ansteigen. Dies würde zur Verschlechterung von Milchleistung und Eutergesundheit führen. Ebenfalls mehrmals täglich sind mit Hilfe des Herdenmanagementsystems die Milchleistungen und Milchleitwerte zu kontrollieren, um frühzeitig Störungen der Eutergesundheit zu erkennen. Im Zusammenhang mit der Herdenkontrolle sind auch Dateneingaben vorzunehmen. Der Zeitbedarf für die Herdenkontrolle wird durch die Kuhzahl und die Qualität des Herdenmanagementsystems bestimmt. Positiv wirkt es sich in diesem Zusammenhang beispielsweise aus, wenn nicht die Zwischenmelkzeiten oder Milchleitwerte aller Tiere, sondern nur die Werte außerhalb gewisser Grenzen als Listen ausgegeben werden. Solche Alarmlisten erlauben ein schnelles Erkennen von Problemtieren.

Auf Basis der Herdenüberwachungsdaten sind die Tiere mit übermäßig langen Zwischenmelkzeiten zur Melkanlage zu treiben. Das Nachtreiben überfälliger Kühe beansprucht häufig den größten Teil der in automatisch melkenden Betrieben anfallenden Melkarbeitszeit. Einfluß auf die Dauer der Treibarbeiten hat zunächst die Anzahl der Tiere mit zu langen Melkintervallen. Diese wird wiederum von zahlreichen Faktoren beeinflusst, wie beispielsweise den stallbaulichen Gegebenheiten, der Futterrationsgestaltung, der Herdengröße und der Auslastung der Melkanlage. So stellen BOHLSSEN und ARTMANN (1999, S.39) fest, daß bei hoher Anlagenauslastung rangniedere Tiere vor der Melkanlage verdrängt werden, so daß die Anzahl der Tiere mit langen Zwischenmelkzeiten entsprechend groß wird. Weiteren Einfluß auf die Dauer der Treibarbeiten haben Länge und Häufigkeit der zurückzulegenden Wege. BOHLSSEN und ARTMANN (1999, S.38) beobachteten, daß besonders in Betrieben mit Einboxenanlagen einzelne Kühe zur Melkanlage getrieben werden mußten und so die Wege entsprechend oft zurückzulegen waren. Vorteilhaft ist es dagegen, überfällige Kühe zu einem

Zeitpunkt zur Melkanlage zu treiben, wo diese vom Rest der Herde nur gering frequentiert wird.

Auch die Tierbetreuung stützt sich teilweise auf die Datenauswertungen, die im Rahmen der Herdenüberwachung vorgenommen werden. So ist anhand der Milchleistungsdaten und der Leitwertdaten eine gezielte Kontrolle auffälliger Tiere vorzunehmen. Dazu müssen die entsprechenden Tiere zunächst aus der Herde separiert werden. Anschließend sind die Euter einer visuellen und taktilen Kontrolle sowie einem Schalmtest zu unterziehen. Der Arbeitszeitbedarf für Euterkontrollen und Behandlungen ist bedeutend größer als in konventionellen Melkanlagen, wo Eutererkrankungen meist beim Melken erkannt werden und die Tiere bereits am Melkplatz fixiert sind, so daß sie umgehend behandelt werden können. Zeitsparend wirkt es sich aus, wenn Tiere mit auffälligen Milchmengendaten bzw. Leitwertdaten beim Verlassen der Melkanlage automatisch in einen Selektionsraum geleitet werden. Zusätzlich zu der gezielten Kontrolle auffälliger Tiere sollte mehrmals täglich eine allgemeine Kontrolle aller Tiere erfolgen. Teilweise können dabei auch andere Arbeiten, wie beispielsweise die Reinigung der Liegebuchten, verrichtet werden. Die Dauer dieser Kontrollarbeiten richtet sich hauptsächlich nach der Kuhzahl.

Neben den dargestellten Routinetätigkeiten fallen in unregelmäßigen Abständen Sonderarbeiten an. So kann es notwendig sein, bei einzelnen Tieren die Melkbecher manuell an die Zitzen anzusetzen. Gründe dafür sind beispielsweise Euterschwellungen oder unregelmäßige Zitzenstellungen, die den automatischen Ansetzvorgang behindern. Sofern die betreffenden Kühe nicht vom Rest der Herde getrennt gehalten werden, sind sie zunächst aus der Herde zu isolieren und zur Melkanlage zu treiben, was mit entsprechendem Zeitbedarf verbunden ist. Weitere Sonderarbeiten sind das Anlernen von Kühen, die Erfassung der Zitzenkoordinaten neuer Kühe und das Separieren von Milch für Fütterungszwecke. Häufigkeit und Dauer dieser Tätigkeiten sind nur von untergeordneter Bedeutung.

Im Vergleich zu den tierbezogenen Arbeiten sind die anlagenbezogenen Arbeiten in automatisch melkenden Betrieben weniger vielfältig. Mindestens einmal pro Tag ist die Melkanlage zu überprüfen, um ihre einwandfreie Funktion zu gewährleisten. Neben einer Inspektion der wesentlichen Bauteile sollten dabei mehrere Melkbeobachtungen erfolgen. Ebenfalls täglich ist eine Reinigung von Melkstand und Melkanlage durchzuführen. Der Zeitbedarf für diese Tätigkeiten wird im wesentlichen von der Anzahl der Melkboxen bestimmt. Die Herdengröße ist hier hingegen kaum von Bedeutung. Pro Tag 2-3 mal sind die Milchfilter zu

wechseln und der Spülvorgang zu starten. In diesem Zusammenhang können besonders in größeren Mehrboxenanlagen beachtliche Wartezeiten auftreten, wenn vor Ausführung der eigentlichen Arbeiten gewartet werden muß, bis an allen Melkplätzen der Melkvorgang beendet ist. Ebenfalls zu den anlagenbezogenen Tätigkeiten zählt die Beseitigung etwaiger Störungen. Da solche Störungen relativ selten und in unregelmäßigen Abständen auftreten, ist der entsprechende Zeitbedarf nur schwer zu erfassen.

Auf Grund der erläuterten Einflußfaktoren weisen die Resultate von Arbeitszeitstudien, die in automatisch melkenden Betrieben durchgeführt wurden, sowohl innerhalb der untersuchten Betriebe als auch zwischen den Betrieben starke Variationen auf. Tabelle 15 gibt einen Überblick von Literaturangaben zum Arbeitszeitaufwand automatisch melkender Betriebe.

Tabelle 15: Literaturangaben zum Arbeitszeitaufwand automatisch melkender Betriebe

Autor		Aph pro Kuh und Jahr	APmin pro Kuh und Tag
Artmann u. Bohlsen	Betrieb A	18,30	3,01
	Betrieb B	8,20	1,35
Harms <sup>1</sup>	Minimum	4,55	0,75
	Maximum	15,41	2,53
Liebler		7,50	1,23
Schleitzer		7,70	1,27
Sonck <sup>2</sup>	günstig	8,40	1,38
	ungünstig	18,90	3,11
<b>Mittelwert</b>		<b>11,12</b>	<b>1,83</b>

[Quelle: HARMS (1999, S.50), Darstellung geändert]

Den Zeitaufwand für die einzelnen Arbeitselemente des automatischen Melkens untersuchten u.a. BOHLSSEN und ARTMANN (1999). Aus den in Tabelle 16 wiedergegebenen Untersuchungsergebnissen ist zu ersehen, daß in Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen für die anlagenbezogenen Arbeiten ein ähnlich großer Arbeitszeitaufwand je Melkbox ermittelt wurde. Je Kuh war der entsprechende Arbeitszeitaufwand in Mehrboxenanlagen jedoch höher als in Einboxenanlagen. Die Ursache ist darin zu sehen, daß in Mehrboxenanlagen pro Melkbox weniger Kühe gemolken werden als in Einboxenanlagen. Wie den in Tabelle 16 dargestellten Daten weiter zu entnehmen ist, beanspruchten die tierbezogenen Arbeiten durchschnittlich fast eine Minute je Kuh und Tag. Ebenso wie bei den anlagenbezogenen Tätigkeiten sind

---

<sup>1</sup> Spannweite von vier Betrieben

<sup>2</sup> Unter ungünstigen Verhältnissen versteht der Autor einen hohen Anteil an Weidezeiten.

## Arbeitszeitbedarf in Abhängigkeit des Melksystems

auch hier zwischen den einzelnen Betrieben große Abweichungen festzustellen. Ferner zeigt sich, daß der Arbeitszeitaufwand für tierbezogene Arbeiten in Mehrboxenanlagen tendenziell höher war als in Einboxenanlagen. Dies beruht hauptsächlich darauf, daß in Betrieben mit Mehrboxenanlagen mehr Zeit für das Treiben von Kühen aufzuwenden war. Die Datenbasis reicht jedoch nicht aus, um von generellen Systemunterschieden ausgehen zu können.

Tabelle 16: Arbeitszeitaufwand für einzelne Arbeitselemente des automatischen Melkens

	Mehrboxenanlagen				Einboxenanlagen					Mittelwert
	A	B	D	D	E	F	G	H	I	
Melkboxen	4	3	3	2	1	1	1	1	2	
Gemolkene Kühe	116	78	81	47	45,6	37,3	71,6	56,5	74,0	67,4
Kühe je Box	29,0	26,0	27,0	23,5	45,6	37,3	71,6	56,5	37,0	39,3
<b>Tierbezogene Arbeiten [APmin je Kuh und Tag]</b>										
Ansetzen / Anlernen	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2
Wartezeit	0,2	0,2	0,0	0,5	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2
Treiben	0,8	0,4	0,3	0,5	0,0	0,1	0,2	0,5	0,1	0,3
Kuhkontrolle	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1
Behandlung	0,1	0,1	0,1	0,0			0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstiges	0,4	0,1	0,1	0,0			0,1	0,2	0,3	0,2
<b>Summe</b>	<b>1,9</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>
<b>Anlagenbezogene Arbeiten [APmin je Tag]</b>										
AMS-Kontrolle	86	37	40	16	15	5	25	15	20	28,8
AMS-Reinigung	36	48	62	23	6	5	6	21	13	24,4
Gesamtsumme	122	85	102	39	21	10	31	36	33	53,2
<b>Summe je Melkbox</b>	<b>30,5</b>	<b>28,3</b>	<b>34,0</b>	<b>19,5</b>	<b>21,0</b>	<b>10,0</b>	<b>31,0</b>	<b>36,0</b>	<b>16,5</b>	<b>25,2</b>
Summe je Kuh	1,1	1,1	1,3	0,8	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4	0,7
<b>Gesamt je Kuh</b>	<b>3,0</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>

[Quelle: BOHLSSEN; ARTMANN (1999, S.37-38), Darstellung geändert]

Auf Grund der bislang relativ geringen Verbreitung und Einsatzdauer automatischer Melksysteme liegen zur Zeit noch keine statistisch abgesicherten Arbeitszeitbedarfswerte vor [vgl. LIEBLER et. al. (2000, S.119)]. Da gleichzeitig festzustellen ist, daß die in Tabelle 16 dargestellten Gesamtwerte mit den in Tabelle 15 wiedergegebenen Literaturdaten weitgehend übereinstimmen, stützen sich die folgenden Kalkulationen der vorliegenden Arbeit auf die in Tabelle 16 angegebenen Daten. Dementsprechend wird im folgenden für die tierbezogenen Arbeiten ein Arbeitszeitbedarf von 1,0 AKmin pro Kuh und Tag veranschlagt. Dies entspricht

bei einer Laktationsperiode von 305 Tagen einem Wert von 5,1 AKh pro Kuh und Jahr. Weiterhin wird für beide Systemvarianten ein Arbeitszeitbedarf von 25 AKmin je Melkbox und Tag bzw. 152 AKh pro Melkbox und Jahr unterstellt.

### **5.3 Vergleich der Arbeitszeitbedarfswerte**

Aus den erläuterten Planzahlen ergeben sich unter Berücksichtigung von Herdengröße, Melkanlagenvariante und Melkplatzzahl die in Abbildung 13 dargestellten Arbeitszeitbedarfswerte. Ein Vergleich der Melksysteme zeigt, daß in konventionellen Betrieben bei gleicher Kuhzahl ein deutlich größerer Arbeitszeitbedarf besteht als in automatisch melkenden Betrieben. Weiterhin fällt auf, daß der pro Kuh bestehende Arbeitszeitbedarf in konventionellen Betrieben sowohl mit zunehmender Anlagenauslastung als auch mit steigender Anzahl der Melkplätze geringer wird. So besteht für das Melken in einem Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen je nach Auslastungsgrad ein Arbeitszeitbedarf von 16-18 AKh je Kuh und Jahr, wogegen sich für ein Melkkarussell mit 12½-14 AKh je Kuh und Jahr deutlich geringere Werte ergeben. Das Ausmaß dieser Degressionseffekte ist um so höher, je kleiner die Herden bzw. Anlagen sind. Als Ursache für den beschriebenen Rückgang des Arbeitszeitbedarfs ist anzusehen, daß sich die Dauer der anlagenbezogenen Tätigkeiten auf eine größere Tierzahl verteilt. Dagegen sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen großen Anlagen auf den höheren Technisierungsgrad großer Melkstandanlagen und den damit verbundenen Rückgang des beim Melken anfallenden Arbeitszeitbedarfs zurückzuführen.

Anders als bei konventionellen Melksystemen nimmt der pro Kuh bestehende Arbeitszeitbedarf bei automatischen Melksystemen im wesentlichen nur mit deren Auslastung, nicht jedoch mit ihrer Größe ab. So ist für Einboxenanlagen unabhängig von der Anzahl der Melkeinheiten je nach Auslastung ein Arbeitszeitbedarf von 7-9 AKh je Kuh und Jahr festzustellen. Für Mehrboxenanlagen liegen die Werte unabhängig von der Melkplatzzahl bei 8-10 AKh je Kuh und Jahr. Der mit zunehmender Anlagenauslastung verbundene Rückgang des Arbeitszeitbedarfs hat dieselben Gründe wie bei konventionellen Melksystemen. Dagegen ist die Ursache für den gleich großen Arbeitszeitbedarf unterschiedlich großer Melkautomaten darin zu sehen, daß die Dauer der tierbezogenen Arbeiten in automatisch melkenden Betrieben nicht von der automatischen Melkanlage, sondern von anderen Faktoren beeinflusst wird. Dies sind beispielsweise der Anteil von Kühen mit langen Zwischenmelkzeiten, die Anzahl zu kontrollierender bzw. zu behandelnder Kühe, die Länge der Treibwege und die Gestaltung des Tierverkehrs. Der bei Einboxenanlagen im Vergleich zu Mehrboxenanlagen etwas geringere Arbeits-

zeitbedarf ist schließlich darauf zurückzuführen, daß in Einboxenanlagen pro Melkbox mehr Kühe gemolken werden können, wodurch sich die Dauer der anlagenbezogenen Tätigkeiten auf eine größere Kuhzahl verteilt.

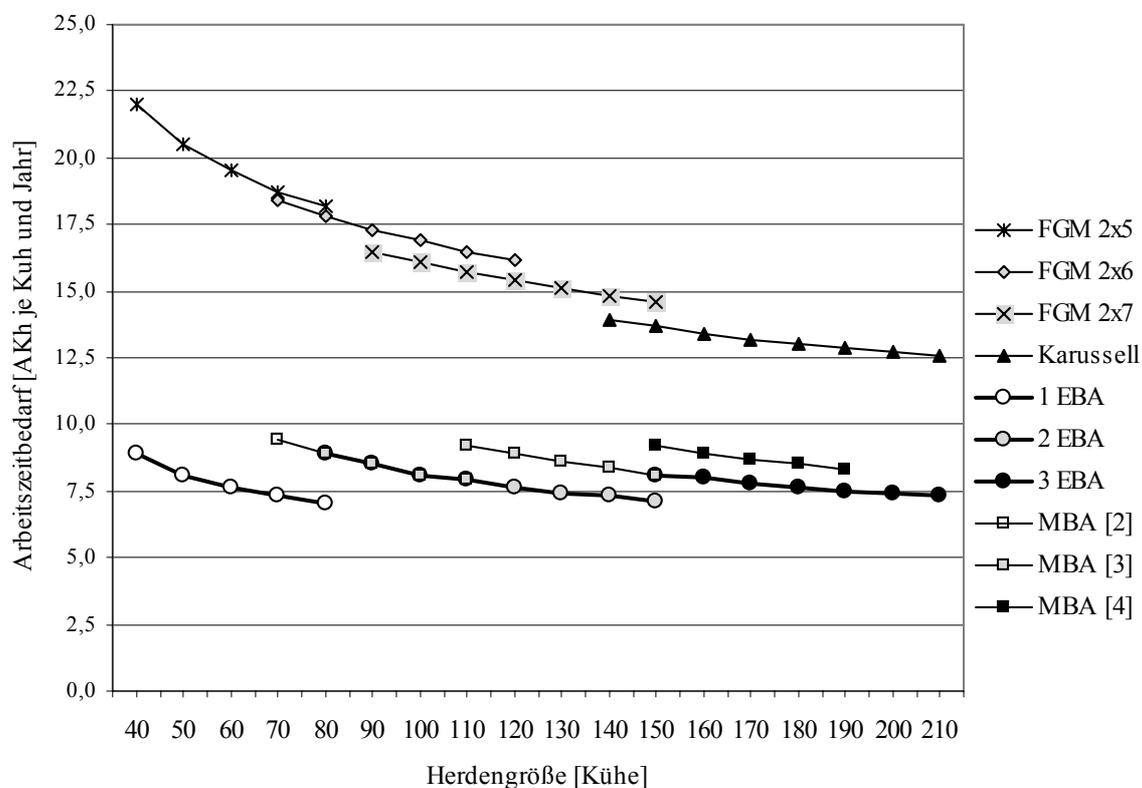


Abbildung 13: Auf der Basis von Literaturangaben kalkulierter Arbeitszeitbedarf in ausgewählten Melkanlagen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> FGM = Fischgrätenmelkstand; Melkkarussell mit 18 Melkplätzen; EBA = Einboxenanlage; MBA-x = Mehrboxenanlage mit x Melkplätzen vgl. Tabelle 70 und Tabelle 71

## 6 Kalkulationsgrundlagen

### 6.1 Melkleistung automatischer Melksysteme

#### 6.1.1 Einflußfaktoren

##### 6.1.1.1 Melkdauer und Rüstzeiten

Die Anzahl der pro Melkeinheit und Stunde möglichen Melkvorgänge wird zunächst durch die tierindividuelle Melkdauer beeinflusst. Diese ergibt sich aus der zu ermelkenden Milchmenge und der Milchflußrate. Beide Parameter weisen in Abhängigkeit von genetischen Faktoren, Fütterung, Haltungsbedingungen, Melkhäufigkeit und Melktechnik eine große Spannweite auf. Neben der eigentlichen Melkdauer hat auch der Zeitbedarf, der pro Melkvorgang für Kuhwechsel, Eutervorbereitung, Ansetzen und Abnehmen der Melkbecher anfällt, Einfluß auf das stündliche Leistungspotential automatischer Melksysteme. Das Ausmaß dieser Rüstzeiten hängt im wesentlichen von der Systemvariante und der Arbeitsgeschwindigkeit des Ansetzautomaten ab. Wie aus Abbildung 14 hervorgeht, steigt das stündliche Melkleistungspotential mit der Höhe der Milchflußraten an. Hingegen führen höhere Milchmengen und längere Rüstzeiten zu einer Abnahme der pro Melkeinheit und Stunde möglichen Melkvorgänge.

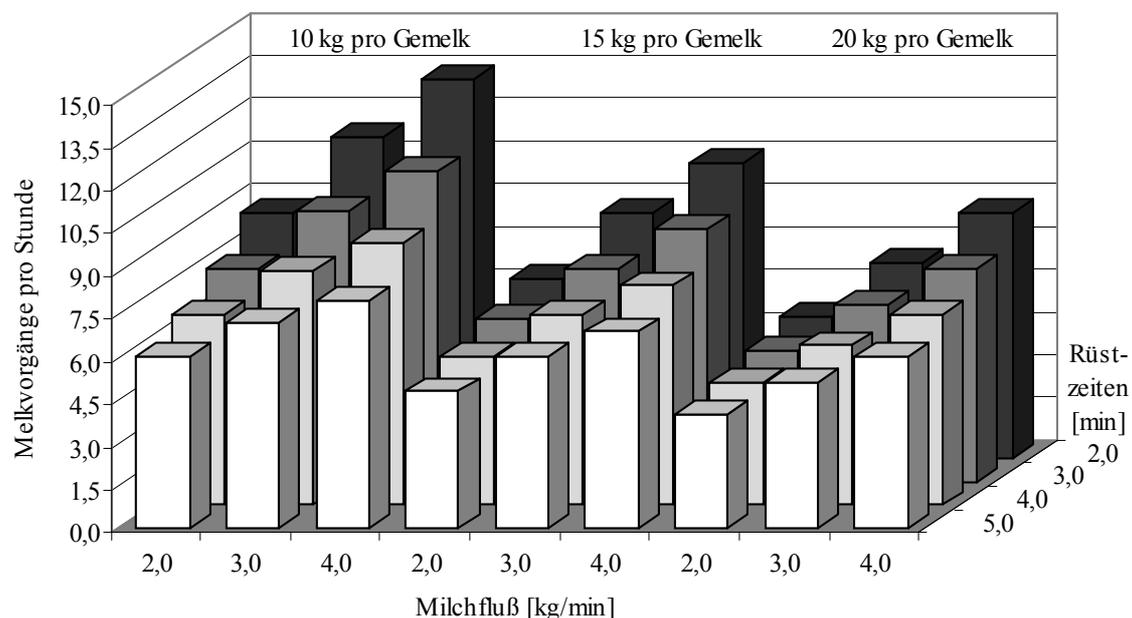


Abbildung 14: Anzahl der pro Melkeinheit und Stunde möglichen Melkvorgänge in Abhängigkeit von Milchmenge, Milchflußrate und Rüstzeiten<sup>1</sup>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 73

### 6.1.1.2 Anlagengröße

Aus der pro Melkeinheit und Stunde möglichen Melkleistung und der Anzahl der Melkeinheiten ergibt sich das stündliche Leistungsvermögen des gesamten automatischen Melksystems. Im Mittel ist nach SCHÖN, WENDL und PIRKELMANN (2000, S.12) mit den in Tabelle 17 wiedergegebenen Melkleistungen zu rechnen. Wie zu erkennen ist, weisen die jeweiligen Werte eine erhebliche Spannweite auf, die im wesentlichen auf die erläuterten Abhängigkeiten von der Milchmenge und Milchflußrate zurückzuführen ist. Eine eingehende Analyse zeigt, daß in Einboxenanlagen pro Stunde und Melkeinheit mehr Kühe gemolken werden können als in Mehrboxenanlagen. Dies beruht darauf, daß Kuhwechsel und Ansetzvorgang in den kompakten Einboxenanlagen schneller ablaufen als in Mehrboxenanlagen. Bei letzteren sinkt die Anzahl der pro Melkplatz und Stunde möglichen Melkvorgänge mit der Anlagengröße. Ursache ist, daß die Fahrzeiten des Ansetzarms mit der Anzahl der Melkplätze ansteigen.

Tabelle 17: Spannweiten des Melkleistungspotentials automatischer Melkanlagen

Systemvariante	Melkplätze	Kühe je Stunde
Einboxenanlagen	1	6-8
Mehrboxenanlagen	2	7-11
	3	10-14
	4	14-18

[Quelle: SCHÖN, WENDL und PIRKELMANN (2000, S.12)]

### 6.1.1.3 Effektive tägliche Betriebsdauer

Anhand der Stundenleistungen automatischer Melkanlagen läßt sich die Anzahl der pro Tag möglichen Melkvorgänge ableiten. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß ein Teil der potentiellen Melkzeit auf Grund des Zeitbedarfs für Störungen, Reinigungspausen und Besuche ohne Melkung nicht genutzt werden kann. Zudem frequentieren die Kühe die Melkanlage im Tagesverlauf unterschiedlich stark, so daß diese nicht stets voll ausgelastet ist [vgl. HARMS (1998, S.86)]. Insgesamt wird die theoretisch mögliche Melkleistung somit nur teilweise ausgeschöpft. Beispielsweise gehen DE KONING und JAGTENBERG (1999, S.40) davon aus, daß die effektive Betriebsdauer automatischer Melkanlagen gut 19 Stunden pro Tag beträgt, so daß nur ca. 80 % der theoretischen Melkleistung genutzt werden.

Abbildung 15 faßt die oben erläuterten Abhängigkeiten von Stundenleistung, effektiver Betriebsdauer und resultierender Anzahl der täglich möglichen Melkvorgänge zusammen. Wie zu erkennen ist, steigt die Anzahl der pro Tag möglichen Melkvorgänge mit der Stunden-

leistung und der effektiven Betriebsdauer der automatischen Melkanlage an. So können bei einer täglichen Betriebsdauer von 19 Stunden 152 statt 133 Melkungen pro Tag durchgeführt werden, wenn die Melkleistung der Anlage nicht 7,0, sondern 8,0 Kühe pro Stunde beträgt. Ein solcher Anstieg der Melkleistung entspricht einer Verkürzung der Prozeßdauer von ungefähr einer Minute je Kuh, die z.B. auf schnelleren Kuhwechselln oder höheren Milchflußraten basieren kann. Analog erhöht sich bei einer Melkleistung von 7,0 Kühen je Stunde die Anzahl der täglich möglichen Melkvorgänge von 133 auf 140, wenn die effektive Betriebsdauer der automatischen Melkanlage von 19 auf 20 Stunden pro Tag steigt.

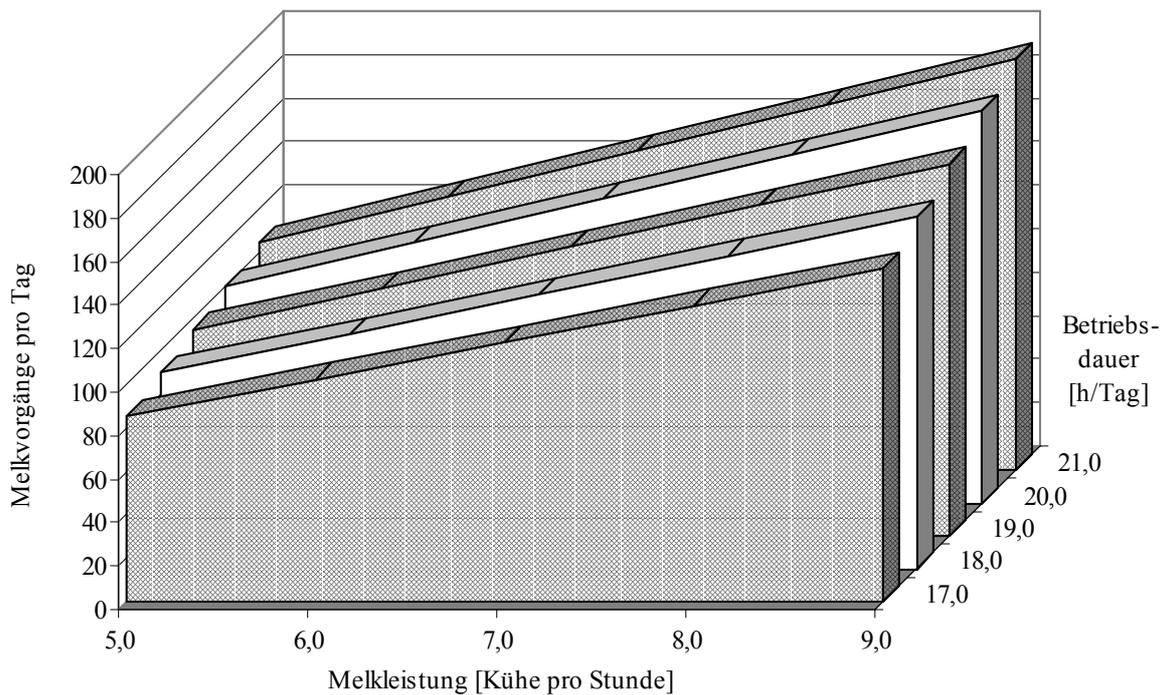


Abbildung 15: Einfluß der stündlichen Melkleistung und täglichen Betriebsdauer auf die Anzahl der Melkvorgänge in automatischen Melkanlagen <sup>1</sup>

#### 6.1.1.4 Melkhäufigkeit

Aus der Anzahl der täglichen Melkvorgänge und der Melkhäufigkeit der Kühe ergibt sich die maximal mögliche Anzahl laktierender Kühe, aus der unter Berücksichtigung des Anteils trockenstehender Kühe die maximale Herdengröße abgeleitet werden kann. Im Mittel ist davon auszugehen, daß ungefähr 1/6 der Kühe trocken steht [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.16)]. Wie Abbildung 16 verdeutlicht, geht die maximale Kuhzahl mit der Melkhäufigkeit der Kühe zurück. So können bei täglich 150 Melkvorgängen nur 50 statt 56 laktierende Kühe gehalten werden, wenn die Melkhäufigkeit von 2,7 auf 3,0 Melkungen je Kuh und Tag

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 74

steigt. Hingegen erhöht sich die Anzahl der maximal zu haltenden Kühe mit der Tagesleistung der automatischen Melkanlage. Beispielsweise steigt bei 3,0 Melkungen je Kuh und Tag die maximale Tierzahl von 50 auf 57 laktierende Kühe an, wenn die Tagesleistung des automatischen Melksystems nicht bei 150, sondern bei 170 Melkvorgängen liegt.

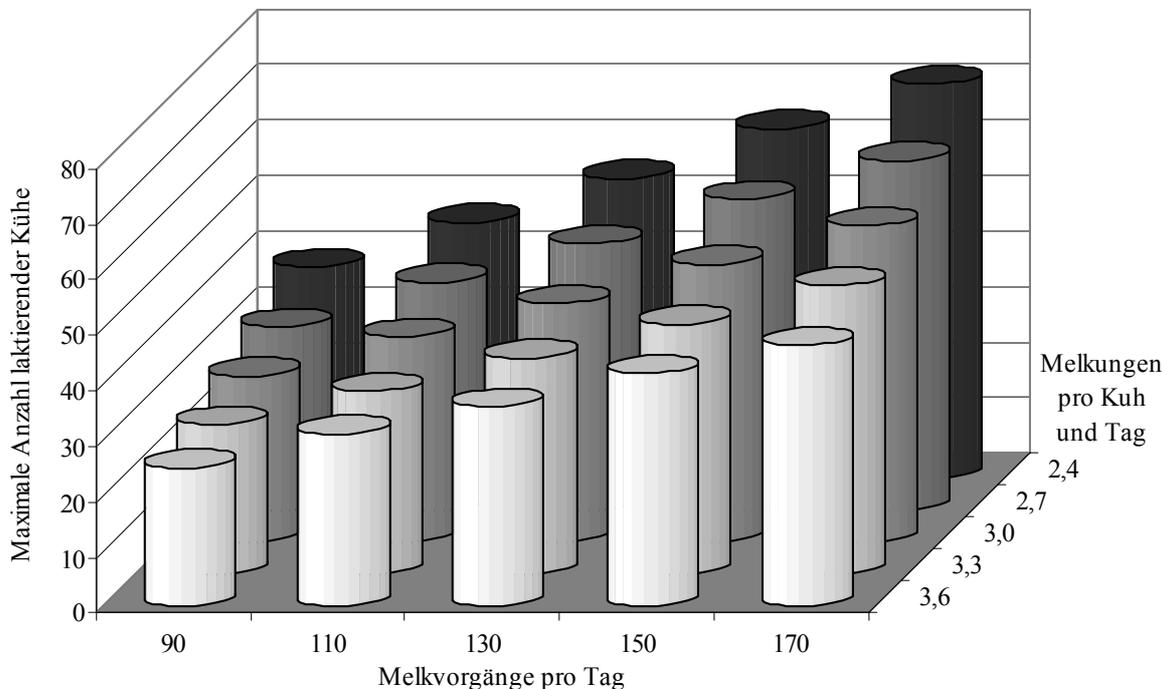


Abbildung 16: Einfluß der Melkleistung automatischer Melkanlagen und der Melkhäufigkeit auf die maximale Kuhzahl automatisch melkender Betriebe <sup>1</sup>

### 6.1.2 Leistungspotential ausgewählter Anlagen

Als Grundlage der weiteren Kalkulationen dieser Arbeit dienen zunächst die in Tabelle 18 für verschiedene Anlagen dargestellten Stundenleistungen. Aus diesen Werten ergeben sich bei einer täglichen Betriebsdauer von 19,2 Stunden die ebenfalls in Tabelle 18 wiedergegebenen Tagesleistungen. Diese Tagesleistungen werden unabhängig von etwaigen Milchleistungssteigerungen als Basis für die folgenden Berechnungen herangezogen, obwohl die Milchleistungen Einfluß auf die Anzahl der pro Melkeinheit und Stunde gemolkenen Kühe haben [vgl. Abbildung 14]. Der Grund für diese Vorgehensweise ist, daß die gewählte Betriebsdauer von täglich 19,2 Stunden ausreichend Spielraum für unterschiedlich hohe Milchmengen bzw. die damit verbundenen Schwankungen der Melkleistungen bietet.

<sup>1</sup> Nutzung der Stundenleistung zu 80 % (= 19,2 Stunden Betriebsdauer pro Tag); vgl. Tabelle 75

Neben der Tagesleistung des automatischen Melksystems ist, wie eingehend erläutert, die durchschnittliche Melkhäufigkeit der Kühe von ausschlaggebender Bedeutung für die maximale Herdengröße. Auf Grund der bislang relativ geringen und uneinheitlichen Datenbasis lassen sich für die Melkhäufigkeit zur Zeit keine verbindlichen Richtwerte angeben. Daher wird im folgenden grundsätzlich von 3,0 Melkungen je Kuh und Tag ausgegangen. Dieser Wert wurde gewählt, da die allgemein unterstellten Milchleistungssteigerungen nur dann zu erwarten sind, wenn alle Kühe gleichmäßig kurze Zwischenmelkzeiten von weniger als neun Stunden aufweisen. Es wäre zwar auch denkbar, eine geringere Melkhäufigkeit anzusetzen, weil man beispielsweise davon ausgeht, daß sich Milchleistungssteigerungen nur während des ersten Abschnitts der Laktationsperiode einstellen. In diesem Fall wäre es jedoch nicht mehr gerechtfertigt, etwaige Milchleistungssteigerungen für die gesamte Laktationsperiode zu unterstellen. Zudem wurde in mehreren Versuchen beobachtet, daß Melkintervalle von acht Stunden die Milchleistung unabhängig vom Laktationsstadium steigern [vgl. WILDE und PEAKER (1990, S.237), WOLF und JAHNKE (1999, S.187), ORDOLFF (1989, S.31)]. Unter den hier erläuterten Voraussetzungen ergeben sich für die einzelnen Anlagen die in Tabelle 18 dargestellten Melkleistungen und die daraus resultierenden Kuhzahlen.

Tabelle 18: Leistungspotential automatischer Melkanlagen

Melkboxen	Prozeßdauer [min/Kuh] <sup>1</sup>	Melkungen je Stunde <sup>2</sup>	Melkungen je Tag <sup>3</sup>	Laktierende Kühe <sup>4</sup>	Herdengröße <sup>5</sup>
1	7,50 <sup>6</sup>	8,0	154	51	61
2	10,25 <sup>7</sup>	11,7	225	75	90
3	10,95	16,4	315	105	126
4	11,48	20,9	401	134	161

<sup>1</sup> Dauer des Melkvorgangs zuzüglich Zeitbedarf für Tierwechsel, Eutervorbereitung, Ansetzen und Abnehmen der Melkbecher

<sup>2</sup> Melkungen je Stunde = 60 [min/h] / Prozeßdauer [min/Kuh] \* Melkboxenzahl

<sup>3</sup> Melkungen je Tag = Melkungen je Stunde \* 24 [h/Tag] \* 80 % (wegen Reinigung und Leerlauf)

<sup>4</sup> Laktierende Kühe = Melkungen je Tag / 3,0 Melkungen je Tag und Kuh

<sup>5</sup> Herdengröße = Anzahl laktierender Kühe \* 6/5 (da in der Regel 1/6 der Herde trocken steht)

<sup>6</sup> vgl. Wendl et. al. (1997, S.25)

<sup>7</sup> vgl. Artmann und Bohlsen (1997, S.44)

## 6.2 Betriebsmittelverbrauch

### 6.2.1 Betriebsmittelverbrauch konventioneller Melksysteme

Der Betrieb von Melkanlagen erfordert den Einsatz von Wasser, Reinigungsmitteln, Strom und Verschleißteilen. Wasser wird zur Reinigung des Melkstands, der Milchleitungen und Melkzeuge benötigt. Bei der Reinigung der Melkstandflächen werden ca. 6,25 l Wasser pro Tag und m<sup>2</sup> verbraucht [vgl. BENNINGER (1997, S.80)], während für die Reinigung der milchführenden Teile pro Spülvorgang und Melkzeug 12 Liter Wasser benötigt werden. Davon kommt ungefähr 1/3 als Reinigungslösung zur Anwendung. Für Milchmengenmeßgeräte sind gleiche Wassermengen wie für Melkzeuge anzusetzen [vgl. ORDOLFF (1995)].

Der Reinigungsmittelverbrauch ist proportional zum Hauptspülwasservolumen. Bei 4 l Reinigungslösung mit einer Konzentration von 0,5 % [vgl. ORDOLFF (1995)] werden pro Spülvorgang und Melkzeug 0,02 l Reinigungsmittel benötigt. Für Milchmengenmeßgeräte sind dieselben Werte anzusetzen. In Abhängigkeit der Wasserhärte ist unterschiedlich oft zwischen sauren und alkalischen Mitteln zu wechseln. Am weitesten verbreitet dürfte der tägliche Wechsel der Mittel sein. Daher wird im folgenden von einem identischen Verbrauch beider Reinigungsmittel ausgegangen.

Elektrischer Strom wird in Melkanlagen primär für den Betrieb der Vakuumpumpe benötigt. Deren Stromverbrauch resultiert aus der Pumpenleistung und der täglichen Betriebsdauer. In Karussellmelkanlagen verbraucht neben der Vakuumpumpe auch der Karussellantrieb elektrische Energie. Nach Herstellerangaben liegt die Stromaufnahme des Antriebs unabhängig von der Melkplatzzahl bei 4,0 kW. Weiterer Strombedarf fällt für das Aufheizen des Hauptspülwassers an. Die dazu benötigte Energie läßt sich nach Formel 1 berechnen.

$$Q = c * m * \Delta T / 3.600$$

Formel 1: Energiebedarf zum Erhitzen von Wasser<sup>1</sup>

Für eine Zirkulationsreinigung, die in Deutschland das gebräuchlichste Reinigungsverfahren darstellt, muß die Reinigungslösung auf 60° C erhitzt werden [vgl. ORDOLFF (1995)], so daß bei einer Brunnenwassertemperatur von 10° C gemäß Formel 1 pro Spülvorgang und Melkzeug 0,233 kWh Strom benötigt werden. Neben den bislang geschilderten Verbrauchern benötigt auch die Milchpumpe elektrische Energie. Nach WENDL (1983, S.181) läuft die Milchpumpe während 15 % der Melkzeit und 60 % der Spülzeit. Bei drei Stunden Melkzeit

---

<sup>1</sup> Q = Energiebedarf [kWh = 3.600 kW s = 3.600 kJ]; c = spezifische Wärmekapazität von Wasser = 4,192 kJ / (kg \* K); m = Masse des zu erhitzenden Wassers = 4 kg je Melkzeug; ΔT = Temperaturdifferenz = 50 K

und einer Stunde Spülzeit beträgt die tägliche Betriebsdauer der Milchpumpe mithin 1,05 Stunden. Die Stromaufnahme der Milchpumpe hängt, wie Tabelle 19 zu entnehmen ist, von der Anzahl der Melkzeuge ab. Schließlich wird elektrischer Strom auch für die Beleuchtung des Melkraums benötigt. Nach BENNINGER (1997, S.80) ist je m<sup>2</sup> Melkstandfläche mit einer Stromaufnahme von 14 W zu rechnen.

Die Verschleißteile konventioneller Melkanlagen umfassen vorwiegend Zitzengummis und Schläuche, die den Herstellervorgaben entsprechend nach 750 Betriebsstunden auszutauschen sind. Bei vier Betriebsstunden pro Tag ergibt sich ein Wechselintervall von 188 Tagen bzw. ein Verbrauch von ca. 2 Satz Gummiteilen je Melkzeug und Jahr. Darüber hinaus wird pro Melkzeit ein Milchfilterstrumpf verbraucht. Den auf Basis der erläuterten Daten kalkulierten Betriebsmittelverbrauch konventioneller Melkanlagen faßt Tabelle 19 zusammen.

Tabelle 19: Betriebsmittelverbrauch konventioneller Melkanlagen

Betriebsmittel		Fischgrätenmelkstand			Karussell 18 Plätze
		2x5	2x6	2x7	
Wasser [m <sup>3</sup> / Jahr]	Melkstandreinigung <sup>1</sup>	103	116	260	372
	Melkanlagenreinigung <sup>2</sup>	88	105	123	158
	Gesamt	191	221	383	530
Reinigungsmittel [l / Jahr] <sup>3</sup>		146	175	204	263
Strom [kWh / Jahr]	Vakuumpumpe <sup>4</sup>	4.380	5.840	8.030	10.950
	Antriebsmotor <sup>5</sup>				4.380
	Spülautomat <sup>6</sup>	1.701	2.041	2.381	3.062
	Milchpumpe <sup>7</sup>	211	211	211	422
	Summe Melkanlage	6.292	8.092	10.622	18.814
	Melkraumbeleuchtung <sup>8</sup>	920	1.042	2.330	3.332
	Insgesamt	7.212	9.134	12.952	22.146
Gummiteile [Satz pro Jahr] <sup>9</sup>		20	24	28	36
Milchfilterstrümpfe [Stück pro Jahr] <sup>10</sup>		730			

<sup>1</sup> 6,25 l pro m<sup>2</sup> und Tag; Melkstandflächen: 45 / 51 / 114 / 163 m<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 12 l pro Melkzeug und Spülen; 730 Spülvorgänge pro Jahr; gleiche Werte für Milchmengenmeßgeräte

<sup>3</sup> 0,02 l pro Melkzeug und Spülen; 730 Spülvorgänge pro Jahr; gleiche Werte für Milchmengenmeßgeräte

<sup>4</sup> Stromaufnahme: 3,0 / 4,0 / 5,5 / 7,5 kW; 4,0 Betriebsstunden pro Tag (3 Stunden Melken, 1 Stunde Spülen)

<sup>5</sup> Stromaufnahme: 4,0 kW; 3,0 Betriebsstunden pro Tag

<sup>6</sup> 0,233 kWh pro Melkzeug und Spülen; 730 Spülvorgänge pro Jahr; gleiche Werte für Milchmengenmeßgeräte

<sup>7</sup> 1,05 Betriebsstunden pro Tag; Leistungsbedarf: 0,55 kW bis 14 Melkzeuge, darüber 1,10 kW

<sup>8</sup> 14 W pro m<sup>2</sup>; Melkstandflächen: 45 / 51 / 114 / 163 m<sup>2</sup>; 4,0 Betriebsstunden pro Tag

<sup>9</sup> 2 Satz Gummiteile pro Melkplatz und Jahr

<sup>10</sup> 1 Milchfilterstrumpf pro Melkzeit; 730 Melkzeiten pro Jahr

## 6.2.2 Betriebsmittelverbrauch automatischer Melksysteme

Auf Grund der bislang geringen Verbreitung und Einsatzdauer automatischer Melksysteme liegen zur Zeit nur begrenzte Informationen zu deren Betriebsmittelverbrauch vor. Eine erste umfassende Erhebung des Betriebsmitteleinsatzes in automatisch melkenden Betrieben führten KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.30-35) durch. Dabei stützten sich die Autoren nicht nur auf die Befragung der jeweiligen Milchviehalter und Anlagenhersteller, sondern auch auf exakte Messungen des Wasser- und Stromverbrauchs in zwei der untersuchten Betriebe. Anhand der bei diesen Erhebungen gewonnen und in Tabelle 20 dargestellten Daten ist u.a. zu erkennen, daß der Betriebsmittelverbrauch bei Mehrboxenanlagen mit steigender Anzahl der Melkplätze nur unterproportional zunimmt, während bei Einboxenanlagen diesbezüglich lineare Abhängigkeiten bestehen.

Tabelle 20: Betriebsmittelverbrauch automatischer Melkanlagen

Betriebsmittel		Einboxen- anlagen <sup>1</sup>	Mehrboxenanlagen		
			2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Wasser [m <sup>3</sup> / Jahr]	Melkraumreinigung <sup>2</sup>	32	82	110	137
	Melkanlagenreinigung	146	175	183	190
	Gesamt	178	257	293	327
Reinigungsmittel [l / Jahr]		215	360	432	468
Strom [kWh / Jahr]		21.900	29.200	34.675	38.325
Gummitteile [Satz pro Jahr]		10	20	30	40
Milchfilterstrümpfe [Stück pro Jahr]		1.095			

[Quelle: KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.18; 31-34), Darstellung geändert]

Ein Vergleich mit den in Tabelle 19 für konventionelle Melkanlagen dargestellten Daten zeigt, daß zur Reinigung der Melkräume in automatisch melkenden Betrieben deutlich weniger Wasser verbraucht wird als in konventionellen Betrieben. Hingegen ist der Wasserbedarf für die Reinigung der milchführenden Teile bei automatischen Melksystemen höher als bei konventionellen Melksystemen. Während ersteres auf den geringeren Platzbedarf automatischer Melkanlagen zurückzuführen ist, beruht letzteres auf dem häufigen Zwischenspülen der automatischen Melkanlagen. Insgesamt gesehen ist der Wasserbedarf kleinerer Melkstandanlagen etwa gleich groß wie der entsprechender automatischer Melksysteme. Dagegen verbrauchen Melkkarusselle deutlich mehr Wasser als automatische Melksysteme mit mehre-

<sup>1</sup> Bei Vorhandensein mehrerer Boxen sind die Verbrauchswerte für jede Box separat anzusetzen.

<sup>2</sup> Eigene Berechnungen, nicht bei Kowalewsky und Föbbeker enthalten; 6,25 l pro Tag und m<sup>2</sup>; Melkraumflächen: 14 / 36 / 48 / 60 m<sup>2</sup>

ren Melkplätzen. Analog zum höheren Wasserbedarf für die Reinigung der milchführenden Teile ist der Reinigungsmittelbedarf automatischer Melksysteme ca. 1,5 mal so groß wie der konventioneller Melksysteme. Ebenfalls deutlich höher ist der Stromverbrauch in automatisch melkenden Betrieben. Ursache sind nicht nur die häufigere Reinigung und die damit verbundene Wassererhitzung, sondern insbesondere die längeren täglichen Betriebszeiten automatischer Melksysteme. Mit steigender Anlagengröße nehmen die Unterschiede bezüglich des Stromverbrauchs jedoch ab. Infolge des dreimal täglich durchzuführenden Filterwechsels ist auch der Bedarf an Milchfilterstrümpfen in automatisch melkenden Betrieben höher als in konventionellen Betrieben. Hingegen ist der Verbrauch an Gummiteilen bei automatischen Melksystemen trotz der längeren täglichen Betriebszeiten annähernd gleich groß wie bei konventionellen Melksystemen, da letztere mehr Melkeinheiten umfassen.

### 6.2.3 Betriebsmittelpreise

Die Preise der einzelnen Betriebsmittel wurden teilweise der Literatur entnommen und teilweise bei Herstellern erfragt. Tabelle 21 gibt die ermittelten Preise wieder.

Tabelle 21: Betriebsmittelpreise

Betriebsmittel		Bezugseinheit	DM pro Einheit <sup>1</sup>
Wasser	Beschaffung	m <sup>3</sup>	2,50 <sup>a)</sup>
	Entsorgung <sup>2</sup>		7,20 <sup>a)</sup>
	Gesamt		9,70
Reinigungsmittel		l	3,50 <sup>b)</sup>
Strom		kWh	0,26 <sup>c)</sup>
Gummiteile		Satz	110,00 <sup>b)</sup>
Milchfilterstrümpfe		Stück	0,40 <sup>b)</sup>

[Quelle: <sup>a)</sup> KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.31); <sup>b)</sup> Herstellerangaben; <sup>c)</sup> KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998/99, S.7)]

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Wasserentsorgung durch Einleitung in die Gülle: Kosten der Güllelage: 3,20 DM/m<sup>3</sup> (Kapitalbedarf: 80 DM/m<sup>3</sup>; Nutzungsdauer: 25 Jahre; Kalkulatorische Zinsen: 8,0 % vom halben Kapitalbedarf; zweimalige Nutzung pro Jahr); Kosten der Gülleausbringung: 4,00 DM/m<sup>3</sup>

### **6.3 Kapitalbedarf**

Während sich die Ausstattung konventioneller Melkanlagen auf Grund ihrer modularen Bauweise individuell bestimmen läßt, ist die Ausrüstung automatischer Melkanlagen weitgehend vorgegeben. Allgemein wird davon ausgegangen, daß beide Melksysteme über eine gleichwertige Ausstattung verfügen müssen, um ihre Wirtschaftlichkeit vergleichen zu können. Dies ist jedoch nur bedingt richtig, da automatische Melkanlagen einige Komponenten benötigen, auf die in konventionellen Melkanlagen unter Umständen verzichtet werden kann. So sind automatische Melkanlagen grundsätzlich mit einer Kraftfutteranlage ausgestattet, um die Kühe zum ausreichend häufigen Aufsuchen der Melkanlage anzuregen. In konventionell melkenden Betrieben besteht hingegen kein Bedarf an dieser Technik, wenn sogenannte Total-Mixed-Rationen (TMR) gefüttert werden, bei denen die tierindividuelle Futterzuteilung entfällt. Ob die Kosten für Kraftfutteranlagen in den Vergleich konventioneller und automatischer Melksysteme einzubeziehen sind, hängt somit von der betrieblichen Gestaltung der Fütterung ab. Auch die Milchmengenmessung hat in konventionell melkenden Betrieben bei TMR-Fütterung nur geringe Bedeutung, da die täglichen Milchmengen nicht mehr als Basis zur Berechnung individueller Kraftfuttergaben benötigt werden und sich die Gesundheitskontrolle nicht unbedingt auf die Erfassung der täglichen Milchmengen stützt. Somit sind die entsprechenden Kosten nicht generell in den Vergleich beider Melksysteme einzubeziehen. Ebenfalls zur Standardausrüstung automatischer Melkanlagen gehören Leitwertmeßgeräte. Sie werden zur Steuerung des Melkvorgangs und zur Milchqualitätskontrolle eingesetzt. Da die Milchbeschaffenheit beim manuellen Melken durch visuelle Kontrollen überprüft wird, kann in konventionellen Betrieben auf Leitwertmeßgeräte verzichtet werden. Dementsprechend hat diese Technologie in Melkstandanlagen bisher nur eine sehr geringe Verbreitung gefunden. Im Gegensatz zu den beschriebenen Komponenten sollte das in automatischen Melkanlagen obligatorische Herdenmanagementsystem grundsätzlich Eingang in einen Vergleich beider Melksysteme finden, da es die Herdenführung erleichtert und so auch in konventionellen Betrieben eine Reduzierung des Arbeitszeitbedarfs ermöglicht. Aus den geschilderten Gründen werden Kapitalbedarf und Kosten der einzelnen Komponenten konventioneller Melkanlagen separat dargestellt, so daß bei den folgenden Vergleichsrechnungen unterschiedliche Betriebsbedingungen berücksichtigt werden können.

### 6.3.1 Kapitalbedarf konventioneller Melksysteme

#### 6.3.1.1 Vorwarteraum

Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen empfiehlt sich der Bau eines Vorwarteraums, der nach BENNINGER (1998, S.93) eine Fläche von 1,5 m<sup>2</sup> je wartende Kuh aufweisen sollte. Bei der Bemessung des Vorwarteraums ist zu berücksichtigen, daß in der Regel 1/6 der Kühe trocken steht. Da zudem die laktierenden Kühe üblicherweise in zwei Gruppen gehalten werden, ist es ausreichend, Platz für ca. 40 % der Tiere vorzusehen. Bezogen auf die Gesamtkuhzahl besteht somit ein Platzbedarf von 0,6 m<sup>2</sup> je Kuh. Mit ähnlichen Werte rechnen STOCKINGER et. al. (1997, S.25), die für eine Herde von 70 Kühen einen Vorwarteraum mit 40 m<sup>2</sup> Grundfläche veranschlagen. Bei 3 m Raumhöhe und Baukosten von 110 DM je m<sup>3</sup> [vgl. KTBL-Datensammlung, Betriebsplanung (1999/2000, S.233)] ergibt sich folglich ein Kapitalbedarf von knapp 200 DM je Kuh.

#### 6.3.1.2 Melkstandgebäude

Der Kapitalbedarf von Melkstandgebäuden wird von der Melkplatzzahl, der Melkstandvariante und den ortsüblichen Raummeterpreisen bestimmt. Tabelle 22 gibt Abmessungen und Gebäudepreise der den folgenden Berechnungen zugrundeliegenden Melkstandvarianten wieder. Wie den Daten zu entnehmen ist, hat der Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen einen mehr als doppelt so hohen Platzbedarf wie die Variante mit 2x6 Plätzen. Dies ist auf den Schnellaustrieb des erstgenannten Melkstands zurückzuführen. Der Karussellmelkstand benötigt sogar mehr als dreimal soviel Raum wie der Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Plätzen. Ursache ist, daß die Melkplätze beim Karussell nicht in Reihen hintereinander, sondern auf einem rotierenden Tragring angeordnet sind. Auf Grund des großen Durchmessers des Tragrings ergibt sich je Melkplatz ein entsprechend großer Raumbedarf.

Tabelle 22: Kapitalbedarf für Melkstandgebäude

Melkstandtyp	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Höhe [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Baupreis [DM] <sup>1</sup>	
				je m <sup>3</sup>	gesamt
Fischgräte, 2x5	45 <sup>a)</sup>	3 <sup>a)</sup>	135	320 <sup>c)</sup>	<b>43.200</b>
Fischgräte, 2x6	51 <sup>a)</sup>	3	153	320	<b>48.960</b>
Fischgräte, 2x7, Schnellaustrieb	114 <sup>b)</sup>	3	342	320	<b>109.440</b>
Karussell, 18 Melkplätze	163 <sup>b)</sup>	3	489	320	<b>156.480</b>

[Quelle: <sup>a)</sup> KTBL-Datensammlung, Betriebsplanung (1999/2000, S.175); <sup>b)</sup> Herstellerangaben; <sup>c)</sup> STOCKINGER und WEIB (1997, S.61)]

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer

### 6.3.1.3 Melkanlage

Die Investitionssummen für konventionelle Melkanlagen wurden teilweise dem KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft entnommen und teilweise aus Preisangaben verschiedener Hersteller abgeleitet. Es zeigte sich, daß die Werte beider Quellen weitgehend übereinstimmen. So beliefen sich die Herstellerangaben für einen zweireihigen Fischgrätenmelkstand mit zwölf Melkplätzen, Abnahmeautomatik und Spülautomat im Durchschnitt auf 63.900 DM, während das KTBL-Taschenbuch für einen entsprechenden Melkstand einen Preis von 63.000 DM ausweist. Basierend auf diesen Daten werden für die im folgenden relevanten Melkstandvarianten die in Tabelle 23 wiedergegebenen Investitionssummen angesetzt.

Tabelle 23: Kapitalbedarf für konventionelle Melkanlagen

Melkstandtyp	Kapitalbedarf [DM] <sup>1</sup>	
	gesamt	je Platz
Fischgräte, 2x5	49.000 <sup>a)</sup>	4.900
Fischgräte, 2x6	63.000 <sup>a)</sup>	5.250
Fischgräte, 2x7, Schnellaustrieb	101.500 <sup>b)</sup>	7.250
Karussell, 18 Melkplätze	193.000 <sup>b)</sup>	10.722

[Quelle: <sup>a)</sup> KTBL-Taschenbuch (1998/99, S.44); <sup>b)</sup> Herstellerangaben]

Aus den in Tabelle 23 dargestellten Daten ist zu ersehen, daß der pro Platz bestehende Kapitalbedarf eines Fischgrätenmelkstands mit 2x6 Melkplätzen um 350 DM über dem eines Fischgrätenmelkstands mit 2x5 Melkplätzen liegt. Dies beruht darauf, daß in dieser Arbeit für Melkstände mit mehr als 2x5 Melkplätzen grundsätzlich die Ausrüstung mit Abnahmeautomaten unterstellt wurde. Diese Annahme stützt sich auf die praxisübliche Ausstattung von Melkständen. Wesentlich größer ist mit 2.000 DM je Melkplatz die Differenz der Investitionssummen von Fischgrätenmelkständen mit 2x6 bzw. 2x7 Melkplätzen. Ursache für den hohen Kapitalbedarf des Melkstands mit 2x7 Melkplätzen ist, daß für diesen das Vorhandensein eines Schnellaustriebs unterstellt wurde, der neben zusätzlichem Gerüstmaterial auch teure Antriebstechnik beinhaltet. Besonders hoch ist mit über 10.000 DM je Melkplatz der Kapitalbedarf von Melkkarussellen, da diese eine Vielzahl technisch aufwendiger Komponenten, wie beispielsweise Antriebsaggregate, Drehkupplungen und Tragringe benötigen.

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer; FGM 2x5 nur mit Abschaltautomatik, Rest mit Abnahmeautomatik

### 6.3.1.4 Herdenmanagementsystem

Herdenmanagementsysteme bestehen aus speziellen Computerprogrammen und handelsüblicher EDV-Technik. Da letztere in der Regel nicht zum Lieferumfang von Melkanlagen zählt, bleiben die entsprechenden Kosten im folgenden unberücksichtigt. Neben Herstellern, die sich auf landwirtschaftliche Anwendungen spezialisiert haben, bieten auch die meisten Melktechnikfirmen eigene Herdenmanagementprogramme an. Der Leistungsumfang der verschiedenen Programme weicht teilweise erheblich voneinander ab. In der Regel bieten die sogenannten Kuhplaner Hilfen bei der Bestandsverwaltung und Reproduktionskontrolle. Sie stellen somit einen Ersatz konventioneller Brunstkalender dar. Darüber hinaus können mit den meisten Programmen Arbeitspläne erstellt und Futterrationen berechnet werden. Zudem unterstützen einige Kuhplaner den Anwender bei der Steuerung des Zuchtgeschehens sowie bei der Kontrolle von Tiergesundheit und Milchleistungen. Bezüglich des letztgenannten Bereichs weisen die Programme der Melktechnikhersteller Vorteile auf, da sie in der Regel eine direkte Übernahme der Daten betriebseigener Milchmengenmeßgeräte gestatten. Neben den erläuterten Merkmalen bieten die Softwareprogramme teilweise Möglichkeiten zur Erstellung ökonomischer Auswertungen, so daß auch betriebswirtschaftliche Entscheidungen unterstützt werden. Wie Tabelle 24 zu entnehmen ist, variieren neben den Leistungen auch die Preise der Kuhplaner in großem Maße. Letztere liegen zwischen 241 und 7.000 DM. Im folgenden wird als Kapitalbedarf von Herdenmanagementsystemen der in Tabelle 24 wiedergegebene Mittelwert von 1.865 DM angesetzt.

Tabelle 24: Preise verschiedener Herdenmanagementprogramme

Nr.	Hersteller	Programm	Preisspanne [DM] <sup>1</sup>	Ø [DM]
1	Alfa Laval	Alpro Win 6.0	1.000	1.000
2	Fullwood	Fusion	5.000 - 7.000	6.000
3	Agrocom	KW Superkuh 6.6	1.490 - 2.210	1.850
4	Bördesoft	Milky 98.0.6	429 - 1.033	731
5	CSR	Pfiffikuh 99	1.950	1.950
6	dsp-Agrosoft	Herde 1.04 Profi	1.540 - 3.290	2.415
7	Eichmeier	Elfriede 11.04	3.600	3.600
8	Landdata Eurosoft	Stallbuch Rind 3.1	1.200	1.200
9	Rißler-Software	Holdi 6.5	241	241
10	VIT	MIAS Rind 3.1	300	300
11	Westfalia Landtechnik	Dairy Plan 5.010	920 - 1.530	1.225
<b>Mittelwert</b>			<b>1.606 - 2.123</b>	<b>1.865</b>

[Quelle: 1-2: SIEGEL (1999); 3-11: MÜLLER, DIETRICH, WINTER (1999)]

<sup>1</sup> Nr. 3-11: für 60-300 Kühe; alle Preise ohne Mehrwertsteuer

### 6.3.1.5 Milchmengenmeßgeräte

Milchmengenmeßgeräte bestehen aus einem Meßbehälter sowie einem Anzeige- und Bedienungsterminal. Diese Baugruppen werden pro Melkplatz je einmal benötigt. Zu den Geräten gehört in der Regel außerdem eine Vorrichtung zur automatischen Kuherkennung, die entweder zentral am Melkstandeingang oder separat an jedem Melkplatz installiert wird. Die Meßgeräte sind üblicherweise mit einem Fütterungsrechner oder einem Personal Computer verbunden, so daß die Meßdaten in das Herdenmanagementsystem übernommen werden können. Wie aus Tabelle 25 hervorgeht, ist die Preisspanne der Geräte relativ gering.

Tabelle 25: Preisspanne verschiedener Milchmengenmeßgeräte

Hersteller	Modell	Preis je Stück [DM] <sup>1</sup>
Agro Vertriebsgesellschaft	Favorit International	1.380
Alfa Laval	Flowmaster 2000	1.250
Babson	Dairy Manager	2.200
Bou-Matic	Perfection 3000	2.400
Manus	Manuflow 21	2.380
Gascoigne-Melotte	MR 2000	1.900
Lemmer-Fullwood	Fullflow Plus	2.540
Meltec	Meltec-Meter	1.950
Westfalia	Metatron	2.800
<b>Mittelwert</b>		<b>2.089</b>

[Quelle: ORDOLFF (1997, b), Darstellung geändert]

Der aus dem Durchschnittspreis der dargestellten Milchmengenmeßgeräte abgeleitete Gesamtkapitalbedarf wird für die in dieser Arbeit relevanten Melkstandvarianten in Tabelle 26 wiedergegeben. Aus den Daten geht hervor, daß der Kapitalbedarf proportional zur Anzahl der Melkplätze ist.

Tabelle 26: Kapitalbedarf für Milchmengenmeßgeräte

Melkstandtyp	Kapitalbedarf [DM] <sup>1</sup>	
	je Stück	gesamt
Fischgräte, 2x5	2.089	20.890
Fischgräte, 2x6		25.068
Fischgräte, 2x7, Schnellaustrieb		29.246
Karussell, 18 Melkplätze		37.602

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

### 6.3.1.6 Kraftfutteranlage

Bestandteile von Kraftfutteranlagen sind ein Fütterungscomputer samt Zubehör sowie Freßboxen und Futterautomaten. Ferner benötigt jede Kuh einen Transponder, mit dem sie am Futterautomaten identifiziert wird. Da die Kraftfuttermationen aus pansenphysiologischen Gründen in kleine Portionen aufgeteilt werden, suchen die Kühe die Futterautomaten im Tagesverlauf mehrmals auf. Dadurch kann je Futterautomat nur eine begrenzte Anzahl an Kühen versorgt werden. Nach PIRKELMANN und WAGNER (1995) reicht ein Automat für bis zu 30 Kühe aus. Mit 25-35 Kühen je Futterautomat weist das KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998/99, S.43) einen ähnlichen Wert aus. Für Fütterungsrechner, Stromversorgung und Zubehör sind nach Herstellerangaben unabhängig von der Kuhzahl 6.670 DM aufzuwenden. Die Preise der Futterautomaten und Transponder geben die Hersteller im Mittel mit 4.425 bzw. 70 DM je Stück an. Aus diesen Daten ergeben sich die in Tabelle 27 wiedergegebenen Investitionssummen. Die pro Kuh angegebenen Beträge entsprechen weitgehend den Werten von PIRKELMANN und WAGNER (1995), die je nach Herdengröße mit Werten zwischen 250 und 400-600 DM je Kuh rechnen.

Tabelle 27: Kapitalbedarf für Kraftfutteranlagen

Kuhzahl	Investitionssumme [DM] <sup>1</sup>				
	Rechner	Automaten <sup>2</sup>	Transponder <sup>3</sup>	Gesamt	je Kuh
40	6.670	8.850	2.800	18.320	458
50			3.500	19.020	380
60			4.200	19.720	329
70		13.275	4.900	24.845	355
80			5.600	25.545	319
90			6.300	26.245	292
100		17.700	7.000	31.370	314
110			7.700	32.070	292
120			8.400	32.770	273
130		22.125	9.100	37.895	292
140			9.800	38.595	276
150			10.500	39.295	262
160		26.550	11.200	44.420	278
170			11.900	45.120	265
180			12.600	45.820	255
190		30.975	13.300	50.945	268
200			14.000	51.645	258
210			14.700	52.345	249

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; Mittelwerte aus Herstellerangaben

<sup>2</sup> Maximal 30 Kühe je Futterautomat

<sup>3</sup> Je Kuh ein Transponder, einschließlich trockenstehender Kühe (für evtl. Fütterung von Mineralfutter)

## 6.3.2 Kapitalbedarf automatischer Melksysteme

### 6.3.2.1 Melkraum

Die Baupreise für Melkräume automatischer Melksysteme hängen von der Systemvariante und der Anzahl der Melkboxen ab. Bei Einboxenanlagen fallen die höchsten Preise je m<sup>3</sup> an, da für jede Melkbox ein eigener Melkraum zu errichten ist. Hingegen befinden sich bei Mehrboxenanlagen alle Melkboxen in einem Raum. Dadurch sinken, wie Tabelle 28 zu entnehmen ist, die Raummeterpreise mit zunehmender Anlagengröße. Sie entsprechen ungefähr den Werten von konventionellen Melkstandgebäuden.

Tabelle 28: Kapitalbedarf für Melkräume automatischer Melkanlagen

Bezeichnung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Höhe [m]	Raum [m <sup>3</sup> ]	Baupreis [DM] <sup>1</sup>	
				je m <sup>3</sup>	gesamt
Melkraum für 1 Box	14	3	42	524	<b>22.000</b>
Melkraum für 2 Boxen	36	3	108	361	<b>39.000</b>
Melkraum für 3 Boxen	48	3	144	326	<b>47.000</b>
Melkraum für 4 Boxen	60	3	180	300	<b>54.000</b>

[Quelle: KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.18-21), Darstellung geändert]

### 6.3.2.2 Melkanlage

Die Preise automatischer Melkanlagen unterscheiden sich je nach Systemvariante stark voneinander. Tabelle 29 gibt die Preise verschiedener Einboxenanlagen wieder.

Tabelle 29: Kapitalbedarf für Einboxenanlagen <sup>2</sup>

Anlagen	Kühe je Box	Anschaffungspreis [DM]					Mittelwert [DM]	
		Lely	Fullwood	Prolion	Manus	Gascoigne	gesamt	pro Kuh
1	60	268.966	270.690	239.655	254.310	244.828	255.690	4.262
2	120	499.138	537.931	479.310	508.621	489.655	502.931	4.191
3	180	729.310	805.172	718.966	762.931	734.483	750.172	4.168

[Quelle: VEAUTHIER (1999, a, S.14-15), ergänzt durch persönliche Mitteilungen des Autors]

Anhand der Daten wird deutlich, daß sich die Preise von Einboxensystemen mit steigender Melkboxenzahl annähernd linear erhöhen. Grund dafür ist, daß Einboxenanlagen selbständige Melkeinheiten bilden und nur wenige Anlagenteile, wie beispielsweise das Herdenmanagement, zentral genutzt werden können. Hingegen steigen die Preise für Mehrboxenanlagen, wie aus Tabelle 30 hervorgeht, mit zunehmender Melkboxenzahl nur unterproportional an, da wesentliche Elemente für alle Melkboxen zur Verfügung stehen.

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Preise im Gegensatz zur Originaldarstellung ohne Mehrwertsteuer

Tabelle 30: Kapitalbedarf für Mehrboxenanlagen

Boxen	Kühe je Box	Anschaffungspreis [DM]				Mittelwert [DM]	
		Westfalia	Prolion	Manus	Gascoigne	gesamt	pro Kuh
2	90	430.172	350.000	342.241	364.655	371.767	4.131
3	130	510.345	425.000	416.379	444.828	449.138	3.455
4	160	594.828	500.000	497.414	557.759	537.500	3.359

[Quelle: VEAUTHIER (1999, a, S.16-17), ergänzt durch persönliche Mitteilungen des Autors]

### 6.3.2.3 Selektionstore

Automatische Melksysteme sollten aus arbeitswirtschaftlichen Gründen über eine Selektionseinrichtung verfügen, von der auffällige Tiere nach dem Melken automatisch in einen separaten Stallbereich geleitet werden. Bei Mehrboxenanlagen ist außerdem am Melkstandeingang ein Selektionstor zu installieren, um Kühe ohne Melkberechtigung daran zu hindern, den Melkstand zu betreten und zu blockieren. Bei den kompakten Einboxenanlagen werden solche Tiere ausreichend schnell wieder aus der Melkbox ausgetrieben, so daß auf eine Vorselektion verzichtet werden kann. Tabelle 31 gibt die Preise für entsprechende Selektionstore wieder.

Tabelle 31: Kapitalbedarf für Selektionstore automatischer Melkanlagen <sup>1</sup>

Systemvariante	Anschaffungspreis [DM]	
	je Tor	je Anlage
Einboxenanlagen	2.500	2.500
Mehrboxenanlagen	8.600	17.200

[Quelle: KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.17)]

### 6.3.2.4 Selektionsräume

Als Selektionsraum ist nach KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.21) je selektierte Kuh eine Fläche von 6 m<sup>2</sup> vorzusehen. Bei einer Raumhöhe von 3 m ergibt sich ein Volumen von 18 m<sup>3</sup> je selektierte Kuh. Die Baukosten können mit 110 DM je m<sup>3</sup> veranschlagt werden [vgl. KTBL-Datensammlung, Betriebsplanung (1999/2000, S. 233)]. Wird zudem berücksichtigt, daß der Selektionsraum nur Platz für 7 % der Herde bieten muß [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.21)], ergibt sich nach Formel 2 ein Kapitalbedarf von 139 DM pro Kuh<sup>2</sup>.

$$K = V * BK * 7\%$$

Formel 2: Kapitalbedarf für Selektionsräume automatischer Melkanlagen <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer; Bei Einboxenanlagen ist jede Melkbox als separate Anlage anzusehen.

<sup>2</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>3</sup> K = Kapitalbedarf [DM/Kuh]; V = Volumen [m<sup>3</sup>/Kuh]; BK = Baukosten [DM/m<sup>3</sup>]; Platz für 7 % der Herde

### 6.3.3 Kapitalbedarf in Abhängigkeit der Kuhzahl

Für die in dieser Arbeit relevanten Melkanlagen ergeben sich in Abhängigkeit der Kuhzahl die in Abbildung 17 dargestellten Investitionssummen. Wie zu ersehen ist nimmt der tierbezogene Kapitalbedarf bei automatischen Melksystemen mit steigender Auslastung stärker ab als bei konventionellen Melksystemen. Weitere Unterschiede weisen die verschiedenen Anlagen bezüglich der Zusammenhänge von Anlagengröße und tierbezogenem Kapitalbedarf auf. So nehmen die pro Kuh erforderlichen Investitionssummen bei konventionellen Melkanlagen mit deren Größe zu, da aus arbeitswirtschaftlichen Gründen für große Melkstandanlagen eine umfangreichere und teurere Ausstattung unterstellt wurde. Bei Einboxenanlagen ist der tierbezogene Kapitalbedarf hingegen annähernd unabhängig von der Anzahl der vorhandenen Melkeinheiten, da hier das Ausstattungsniveau unverändert bleibt. Ein gänzlich anderes Bild zeigt sich schließlich bei Mehrboxenanlagen. Hier geht der tierbezogene Kapitalbedarf mit der Anzahl der Melkplätze zurück, da Mehrboxenanlagen im Gegensatz zu Einboxenanlagen kapitalintensive Komponenten auch bei Vorhandensein mehrerer Melkplätze nur einmal benötigen.

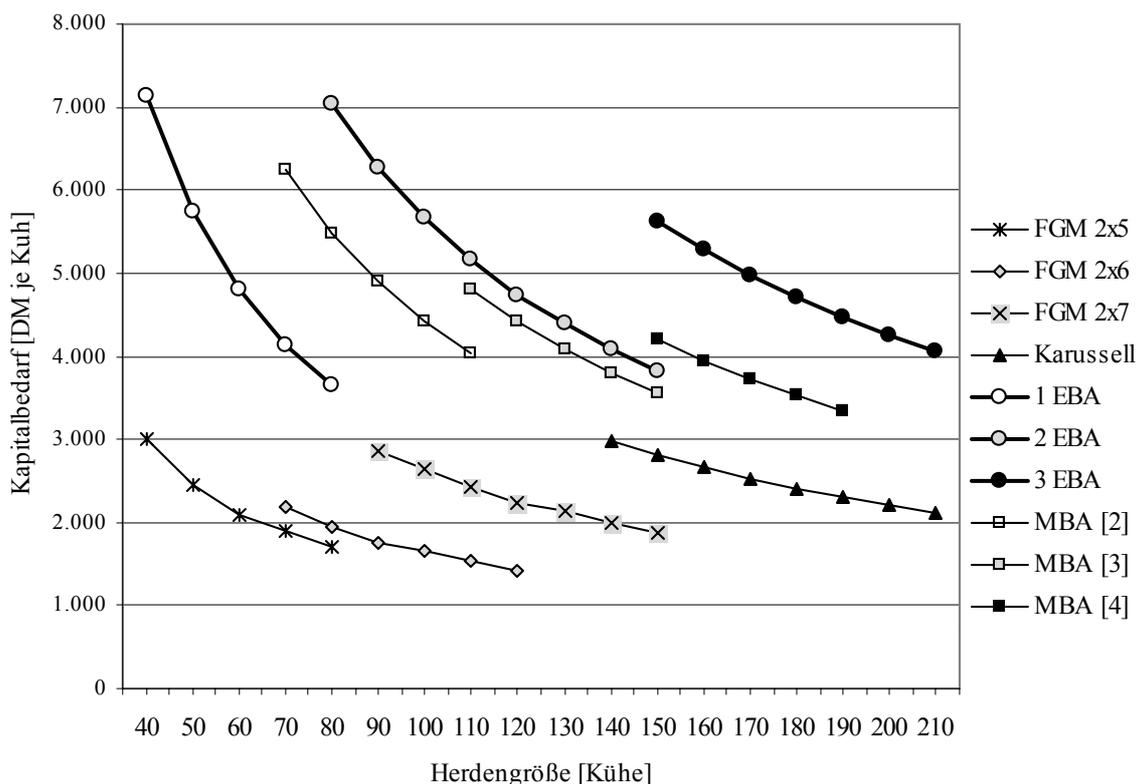


Abbildung 17: Kapitalbedarf ausgewählter Melkanlagen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; FGM = Fischgrätenmelkstand mit Herdenmanagementsystem und Kraftfutteranlage; EBA = Einboxenanlage; MBA [x] = Mehrboxenanlage mit x Boxen; vgl. Tabelle 76 und Tabelle 77

Auf Grund der geschilderten Verhältnisse werden die zwischen konventionellen und automatischen Melksystemen bestehenden Unterschiede sowohl mit zunehmender Auslastung als auch mit der Anlagengröße geringer. Dies gilt insbesondere bei einem Vergleich von Mehrboxenanlagen und konventionellen Melkanlagen. So ist der Kapitalbedarf für eine Mehrboxenanlage mit zwei Melkplätzen je nach Kuhzahl um ca. 2.500-4.000 DM/Kuh höher als der Kapitalbedarf für einen Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen. Hingegen weichen die Investitionssummen einer vier Melkplätze umfassenden Mehrboxenanlage und eines Melkkarussells mit 18 Plätzen nur um ca. 1.000-1.400 DM/Kuh voneinander ab.

### 6.4 Jahreskosten

Die Kosten konventioneller und automatischer Melkanlagen umfassen Abschreibungen und Zinsen für das eingesetzte Kapital sowie Aufwendungen für Unterhalt, Reparaturen, Versicherungen und Betriebsmittel. Abschreibungen und Zinsen werden üblicherweise unter dem Begriff Kapitalkosten zusammengefaßt. Deren Berechnung kann entweder mittels statischer oder dynamischer Verfahren erfolgen. Während statische Verfahren die Kosten anhand der durchschnittlichen Kapitalbindung berechnen, berücksichtigen dynamische Verfahren die unterschiedlichen Zeitpunkte der Ein- und Auszahlungen und die damit verbundenen Zins- und Zinseszinsseffekte. Daher sollten die Kapitalkosten dauerhafter Produktionsgüter, zu denen auch Melkanlagen zählen, mittels dynamischer Verfahren berechnet werden [vgl. REISCH und ZEDDIES (1997, S.64)]. Eine Variante der dynamischen Verfahren ist die in Formel 3 dargestellte Annuitätenmethode, bei der die Summe der diskontierten Kosten gleichmäßig auf die einzelnen Jahre aufgeteilt wird. Auf diese Weise werden die durchschnittlichen Jahreskapitalkosten wiedergegeben.

$$K_j = (A - RW * q^{-N}) * q^N * (q-1) / (q^N - 1)$$

Formel 3: Berechnung der jährlichen Kapitalkosten nach der Annuitätenmethode<sup>1</sup>

[Quelle: REISCH und ZEDDIES (1997, S.65), Darstellung geändert]

Neben dem Berechnungsverfahren kommt auch dem zugrundegelegten Kalkulationszinssatz große Bedeutung für die Kapitalkosten zu. Einfluß auf den zu wählenden Kalkulationszinsfuß haben sowohl der Anteil von Eigen- und Fremdkapital an der Investitionssumme als auch das während der Investitionsperiode für Fremdkapital und alternativ angelegtes Eigenkapital zu erwartende Zinsniveau. Anhand dieser Parameter ergibt sich nach Formel 4 der zu wählende

---

<sup>1</sup>  $K_j$  = Jahreskosten; A = Anschaffungswert; RW = Restwert;  $q = (1 + \text{Kalkulationszinssatz}/100)$ ; N = Nutzungsdauer [Jahre]

Kalkulationszinssatz. Auf Grund des seit Jahren relativ geringen Zinsniveaus wird bei den folgenden Kalkulationen generell ein Zinssatz von 6,0 % verwendet. Darüber hinaus wird jedoch auch analysiert, wie sich ein höherer Kalkulationszinssatz von 8,0 % auf die Wettbewerbsfähigkeit der Melksysteme auswirkt.

$$p = (p_e * K_e + p_f * K_f) / (K_e + K_f)$$

Formel 4: Ermittlung des Kalkulationszinssatzes <sup>1</sup>

[Quelle: WENDL (1983, S.46)]

Prinzipiell sollten auch Unterhaltskosten mittels dynamischer Verfahren berechnet werden. Da Höhe und Zeitpunkt der einzelnen Aufwendungen kaum vorauszusagen sind, werden die jährlichen Kosten in der Regel jedoch anhand pauschaler Werte geschätzt. So ist nach GÖBBEL (1997, S.9) bei Milchviehställen mit jährlichen Kosten für Unterhalt, Reparaturen und Versicherungen in Höhe von 1,5 % der Investitionssumme zu rechnen. Für Stalleinrichtungen, einschließlich Melktechnik, liegt der entsprechende Wert bei 3,0 % der Investitionssumme. Diese Werte finden Eingang in die weiteren Berechnungen der vorliegenden Arbeit.

## 6.4.1 Jahreskosten konventioneller Melksysteme

### 6.4.1.1 Vorwarteraum

Wie Tabelle 32 zu entnehmen ist, beschränken sich die Jahreskosten der Vorwarteräume konventioneller Melksysteme auf Kapitalkosten und Unterhaltskosten.

Tabelle 32: Jahreskosten der Vorwarteräume konventioneller Melksysteme <sup>2</sup>

Kostenart	Betrag
Kapitalkosten [DM/ Kuh und Jahr] <sup>3</sup>	16
Unterhaltskosten [DM/ Kuh und Jahr] <sup>4</sup>	3
<b>Gesamtkosten [DM/ Kuh und Jahr]</b>	<b>19</b>

### 6.4.1.2 Melkraum

Im Gegensatz zu Vorwarteräumen sind bei Melkstandgebäuden zusätzlich zu den Kapital- und Unterhaltskosten auch die Kosten zu berücksichtigen, die durch den Einsatz von Wasser und Strom entstehen. Tabelle 33 gibt die Gebäudekosten der im folgenden relevanten Melkstandvarianten wieder. Wie den dargestellten Daten zu entnehmen ist, liegen die Kosten pro

<sup>1</sup> p = Kalkulationszinssatz; p<sub>e</sub> = Zinssatz für Eigenkapital; K<sub>e</sub> = Eigenkapitalanteil; p<sub>f</sub> = Zinssatz für Fremdkapital; K<sub>f</sub> = Fremdkapitalanteil

<sup>2</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>3</sup> Investitionssumme: 200 DM / Kuh [vgl. Seite 54]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 25 Jahre

<sup>4</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 1,5 % der Investitionssumme

Melkplatz bei einem Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen um knapp 6 % unter denen der Variante mit 2x5 Melkplätzen. Hingegen sind die Kosten bei 2x7 Melkplätzen annähernd doppelt so hoch wie in einem Melkstand mit 2x6 Plätzen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß für den Melkstand mit 2x7 Plätzen im Gegensatz zu den anderen Varianten ein sogenannter Schnellaustrieb unterstellt wurde, der einen wesentlich größeren Raumbedarf verursacht [vgl. Tabelle 22]. Dadurch steigen nicht nur die Kapital- und Unterhaltskosten sondern auch der Bedarf an Wasser und Strom sowie die resultierenden Kosten stark an. Bei Melkkarussellen sind die Gebäudekosten je Melkplatz noch größer, da die Melkplätze nicht in zwei Reihen sondern auf einem Tragrings angeordnet sind. Auf Grund des damit verbundenen großen Platzbedarfs [vgl. Tabelle 22] fallen entsprechend hohe Gebäudekosten an.

Tabelle 33: Jahreskosten der Melkstandgebäude konventioneller Melksysteme <sup>1</sup>

	Fischgrätenmelkstand			Karussell 18 Plätze
	2x5	2x6	2x7	
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	3.379	3.830	8.561	12.241
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	648	734	1.642	2.347
Betriebskosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	1.238	1.396	3.128	4.474
davon Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>5</sup>	999	1.125	2.522	3.608
Stromkosten [DM/Jahr] <sup>6</sup>	239	271	606	866
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>5.265</b>	<b>5.960</b>	<b>13.331</b>	<b>19.062</b>
Kosten je Melkplatz [DM/Jahr]	527	497	952	1.059

### 6.4.1.3 Melkanlage

Auch bei Melkanlagen sind neben den Kapital- und Unterhaltskosten die Aufwendungen für Betriebsmittel zu berücksichtigen. Diese umfassen zusätzlich zu den Wasser- und Stromkosten auch die Aufwendungen für Reinigungsmittel, Gummiteile und Milchfilterstrümpfe. Insgesamt ist mit den in Tabelle 34 wiedergegebenen Jahreskosten zu rechnen. Aus den Daten geht hervor, daß die Kosten pro Melkplatz bei einem Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen ca. 4,5 % höher sind als bei der Variante mit 2x5 Plätzen. Ursache ist, daß bei mehr als 2x5 Melkplätzen das Vorhandensein von Abnahmeautomaten unterstellt wurde.

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Investitionssummen: 43.200/ 48.960 / 109.440 / 156.480 DM [vgl. Tabelle 22]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 25 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 1,5 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>4</sup> Betriebsmittelverbrauch und Betriebsmittelpreise siehe Tabelle 19 und Tabelle 21

<sup>5</sup> 103 / 116 / 260 / 372 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> 920 / 1.042 / 2.330 / 3.332 kWh Strom pro Jahr; 0,26 DM/kWh

Dadurch steigen der Kapitalbedarf sowie die Kapital- und Unterhaltskosten entsprechend an. Mit ca. 24 % ist der Kostenanstieg zwischen den Melkstandvarianten mit 2x6 bzw. 2x7 Plätzen wesentlich größer. Dies ist auf den Schnellaustrieb des größeren Melkstands und die damit verbundenen zusätzlichen Kapitalkosten zurückzuführen. Die relative Kostendifferenz zwischen den Fischgrätenmelkständen mit 2x6 und 2x7 Melkplätzen ist jedoch geringer als bei den Melkstandgebäuden, da die Betriebsmittelkosten der Melkanlage im Gegensatz zu denen des Melkraums nicht durch das Vorhandensein eines Schnellaustriebs beeinflusst werden. Besonders hoch sind die platzbezogenen Kosten bei Karussellmelkständen, da diese eine umfangreiche technische Ausstattung, wie beispielsweise Tragrings, Karussellantrieb und Drehkupplungen, benötigen. Dies führt zu entsprechend hohen Kapitalkosten. Zudem weisen Karussellmelkanlagen auf Grund des Karussellantriebs einen erhöhten Strombedarf und somit höhere Betriebskosten als die anderen Melkstandvarianten auf.

Tabelle 34: Jahreskosten konventioneller Melkanlagen <sup>1</sup>

	Fischgrätenmelkstand			Karussell 18 Plätze
	2x5	2x6	2x7	
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	5.845	7.514	12.107	23.020
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	1.470	1.890	3.045	5.790
Betriebskosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	5.493	6.668	8.041	11.598
davon Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>5</sup>	854	1.019	1.193	1.533
Reinigungsmittelkosten [DM/Jahr] <sup>6</sup>	511	613	714	921
Stromkosten [DM/Jahr] <sup>7</sup>	1.636	2.104	2.762	4.892
Verschleißteilkosten [DM/Jahr] <sup>8</sup>	2.492	2.932	3.372	4.252
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>12.808</b>	<b>16.072</b>	<b>23.193</b>	<b>40.408</b>
Kosten je Melkplatz [DM/Jahr]	1.281	1.339	1.657	2.245

#### 6.4.1.4 Herdenmanagementsystem

Da Milchviehbetriebe ihre EDV-Anlagen üblicherweise nicht nur zur Nutzung von Herdenmanagementprogrammen, sondern auch für vielfältige andere Zwecke einsetzen, wird diese

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Investitionssummen: 49.000 / 63.000 / 101.500 / 193.000 DM [vgl. Tabelle 23]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 12 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>4</sup> Betriebsmittelverbrauch und Betriebsmittelpreise siehe Tabelle 19 und Tabelle 21

<sup>5</sup> 88 / 105 / 123 / 158 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> 146 / 175 / 204 / 263 l Reinigungsmittel pro Jahr; 3,50 DM/l

<sup>7</sup> 6.292 / 8.092 / 10.622 / 18.814 kWh Strom pro Jahr; 0,26 DM/kWh

<sup>8</sup> 20 / 24 / 28 / 36 Satz Gummiteile pro Jahr; 110,- DM/Satz; 730 Milchfiltereinsätze pro Jahr; 0,40 DM/Stück

Technik in der vorliegenden Arbeit nicht als Bestandteil der Melksysteme angesehen. Mithin beschränken sich die Jahreskosten von Herdenmanagementsystemen auf die Kapitalkosten der Managementsoftware. Als Nutzungsdauer solcher Programme wurden in Anlehnung an die im KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998/99, S.43) wiedergegebenen Werte fünf Jahre angesetzt, so daß bei einem Kapitalbedarf von 1.865 DM die in Tabelle 35 dargestellten Jahreskosten anfallen.

Tabelle 35: Jahreskosten von Herdenmanagementsystemen <sup>1</sup>

Kostenart	Betrag
Kapitalkosten [DM/Jahr]	443

#### 6.4.1.5 Milchmengenmeßgeräte

Für Milchmengenmeßgeräte fallen Kapital-, Unterhalts- und Betriebskosten an. Die Kapital- und Unterhaltskosten sind analog zur übrigen Melktechnik zu kalkulieren. Dagegen beschränken sich die Betriebskosten auf die Betriebsmittel, die zur Reinigung der Meßgeräte benötigt werden. Insgesamt ergeben sich die in Tabelle 36 dargestellten Jahreskosten. Wie die Daten zeigen, sind die Kosten proportional zur Anzahl der Milchmengenmeßgeräte.

Tabelle 36: Jahreskosten der Milchmengenmeßgeräte konventioneller Melkanlagen <sup>2</sup>

	Fischgrätenmelkstand			Karussell 18 Plätze
	2x5	2x6	2x7	
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	2.492	2.990	3.488	4.485
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	627	752	877	1.128
Betriebskosten [DM/Jahr] <sup>5</sup>	1.807	2.163	2.526	3.250
davon Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>6</sup>	854	1.019	1.193	1.533
Reinigungsmittelkosten [DM/Jahr] <sup>7</sup>	511	613	714	921
Stromkosten [DM/Jahr] <sup>8</sup>	442	531	619	796
<b>Gesamtkosten</b>	<b>4.926</b>	<b>5.905</b>	<b>6.891</b>	<b>8.863</b>

<sup>1</sup> o. Mehrwertsteuer; Investitionssumme: 1.865 DM [vgl. Tabelle 24]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 5 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>2</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>3</sup> Investitionssumme: 20.890 / 25.068 / 29.246 / 37.602 DM [vgl. Tabelle 26]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 12 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>4</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>5</sup> Betriebsmittelverbrauch und Betriebsmittelpreise siehe Tabelle 19 und Tabelle 21

<sup>6</sup> 88 / 105 / 123 / 158 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup>

<sup>7</sup> 146 / 175 / 204 / 263 l Reinigungsmittel pro Jahr; 3,50 DM/l

<sup>8</sup> 1.701 / 2.041 / 2.381 / 3.062 kWh Strom pro Jahr; 0,26 DM/kWh

### 6.4.1.6 Kraftfutteranlage

Zu den Kosten von Kraftfutteranlagen zählen Abschreibungen und Zinsen des investierten Kapitals sowie Aufwendungen für Unterhalt, Reparaturen und Versicherungen. Die Nutzungsdauer wurde in Anlehnung an Werte des KTBL-Taschenbuchs Landwirtschaft (1998/99, S.43) mit acht Jahren angesetzt. Für Unterhalt, Reparaturen und Versicherungen wurden Jahreskosten in Höhe von 3 % des eingesetzten Kapitals veranschlagt [vgl. GÖBBEL (1997, S.9)]. Insgesamt ergeben sich somit in Abhängigkeit der Herdengröße die in Tabelle 37 wiedergegebenen Jahreskosten.

Tabelle 37: Jahreskosten von Kraftfutteranlagen

Kuhzahl	Kapitalbedarf [DM / Kuh] <sup>1</sup>	Kosten [DM / Kuh und Jahr] <sup>2</sup>		
		Unterhalt	Kapital	Gesamt
40	458	14	74	88
50	380	11	61	72
60	329	10	53	63
70	355	11	57	68
80	319	10	51	61
90	292	9	47	56
100	314	9	51	60
110	292	9	47	56
120	273	8	44	52
130	292	9	47	56
140	276	8	44	52
150	262	8	42	50
160	278	8	45	53
170	265	8	43	51
180	255	8	41	49
190	268	8	43	51
200	258	8	42	50
210	249	7	40	47
<b>Minimum</b>				<b>47</b>
<b>Maximum</b>				<b>88</b>

Die dargestellten Daten zeigen, daß die jährlichen Kosten von Kraftfutteranlagen ca. 20 % der jeweiligen Investitionssumme ausmachen. Einen deckungsgleichen Wert geben PIRKELMANN und WAGNER (1995) an. Weiterhin ist zu ersehen, daß die Beträge in Abhängigkeit der Kuh-

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 27

<sup>2</sup> ohne Mehrwertsteuer; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 8 Jahre, Restwert: 0 DM; Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: 3,0 % der Investitionssumme

zahl zwischen ca. 50 und knapp 90 DM je Kuh und Jahr schwanken. Die detaillierten Zusammenhänge zwischen der Kuhzahl und den pro Kuh anfallenden Jahreskosten gibt Abbildung 18 wieder. Wie zu erkennen ist, sinken die tierbezogenen Kosten tendenziell mit steigender Kuhzahl. Dies ist darauf zurückzuführen, daß einige Komponenten, wie beispielsweise Fütterungsrechner, Stromversorgung und Zubehör, unabhängig von der Kuhzahl nur einmal benötigt werden. Deren tierbezogene Kosten nehmen daher mit steigender Kuhzahl ab. Gleiches gilt prinzipiell auch für Futterautomaten. Jedoch können pro Futterautomat maximal 30 Kühe versorgt werden [vgl. Tabelle 27], so daß bei Überschreiten der jeweiligen Kapazitätsgrenze ein weiterer Futterautomat benötigt wird. Hierdurch steigen die Kosten je Kuh zunächst wieder an, um mit weitersteigenden Kuhzahlen erneut zu sinken.

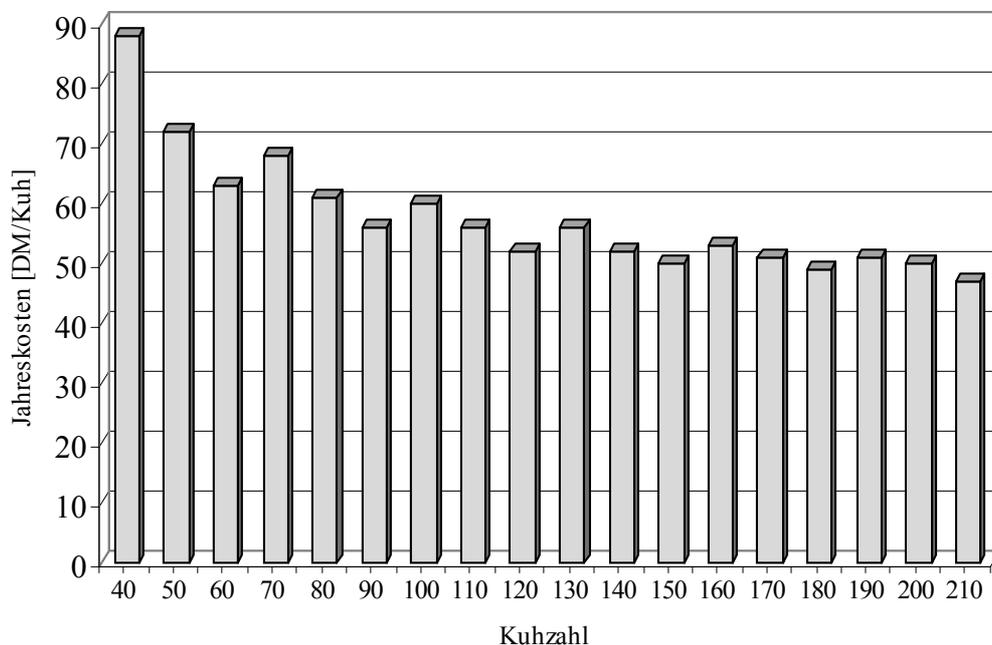


Abbildung 18: Jahreskosten der Kraftfutteranlagen bei unterschiedlichen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; vgl. Tabelle 37

## 6.4.2 Jahreskosten automatischer Melksysteme

### 6.4.2.1 Melkraum

Wie bei konventionellen Melksystemen fallen auch bei automatischen Melksystemen für die Melkräume Kapital- und Unterhaltskosten sowie Betriebskosten an. Letztere konzentrieren sich auf die Ausgaben für das zur Melkstandreinigung benötigte Wasser. Die Melkraumbeleuchtung wird im Gegensatz zu konventionellen Melksystemen unregelmäßig benötigt. Daher liegen keine zuverlässigen Daten über die tägliche Beleuchtungsdauer vor, so daß die entsprechenden Stromkosten nicht separat kalkuliert werden können. Auch über die Nutzungsdauer der Melkräume existieren auf Grund der bislang geringen Einsatzdauer automatischer Melksysteme keine gesicherten Erkenntnisse. Die diesbezüglichen Literaturangaben sind widersprüchlich. So nehmen STOCKINGER und WEIß (1997, S. 64) mit 4 % Abschreibung bzw. 25 Jahren Nutzungsdauer gleiche Werte wie für konventionelle Melksysteme an. Hingegen unterstellen KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.24) eine Nutzungsdauer von lediglich 16 Jahren. Als Grund geben die Autoren an, daß die Melkräume nach Ablauf der Nutzungsdauer der Melkanlage vermutlich nicht unverändert weitergenutzt werden können, da davon auszugehen sei, daß sich die Anlagenabmessungen künftig ändern würden. Da diese Vermutungen bislang nicht bestätigt werden konnten, wird in der vorliegenden Arbeit als Nutzungsdauer der Melkräume automatischer Melkanlagen der für Stallgebäude übliche Wert von 25 Jahren angenommen. Tabelle 38 gibt die resultierenden Kosten wieder.

Tabelle 38: Jahreskosten der Melkräume automatischer Melkanlagen <sup>1</sup>

	Einboxen- anlagen	Mehrboxenanlagen mit		
		2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	1.721	3.051	3.677	4.224
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	330	585	705	810
Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	310	795	1.067	1.329
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>2.361</b>	<b>4.431</b>	<b>5.449</b>	<b>6.363</b>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; bei Einboxenanlagen sind die Kosten für jeden Melkraum separat anzusetzen.

<sup>2</sup> Investitionssummen: 22.000 / 39.000 / 47.000 / 54.000 DM [vgl. Tabelle 28]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 25 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt, Reparaturen und Versicherungen: pauschal 1,5 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>4</sup> 32 / 82 / 110 / 137 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup> [vgl. Tabelle 20 und Tabelle 21]

### 6.4.2.2 Melkanlage

Automatische Melkanlagen werden pro Tag länger genutzt als konventionelle Melkanlagen. Zudem wird die neue Technik zur Zeit noch stets fortentwickelt, so daß sie relativ schnell veraltet. Daher ist die Nutzungsdauer mit acht Jahren kürzer angesetzt als bei konventionellen Melkanlagen [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.23)]. Ein weiterer Unterschied zu konventionellen Anlagen besteht darin, daß die Betriebskosten auch Aufwendungen für Wartungsverträge beinhalten [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S. 29)]. Da diese Verträge nur den Regelservice abdecken, ist zusätzlich mit Reparaturkosten in Höhe von 2-2,5 % des Anschaffungswertes zu rechnen [vgl. KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S. 30)]. Zusammen mit den Aufwendungen für Unterhalt und Versicherungen wird daher eine Unterhaltspauschale von 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme angesetzt. Insgesamt ergeben sich somit die in Tabelle 39 und Tabelle 40 dargestellten Jahreskosten.

Tabelle 39: Jahreskosten von Einboxenanlagen <sup>1</sup>

	Einboxensystem bestehend aus		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	41.175	80.990	120.805
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	7.671	15.088	22.505
Betriebskosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	16.101	31.163	46.227
davon Wartungskosten [DM/Jahr]	6.700	12.800	18.900
Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>5</sup>	1.416	2.832	4.249
Reinigungsmittelkosten [DM/Jahr] <sup>6</sup>	753	1.505	2.258
Stromkosten [DM/Jahr] <sup>7</sup>	5.694	11.388	17.082
Verschleißteilkosten [DM/Jahr] <sup>8</sup>	1.538	2.638	3.738
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>64.947</b>	<b>127.241</b>	<b>189.537</b>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Kapitalbedarf: 255.690 / 502.931 / 750.172 DM [vgl. Tabelle 29]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 8 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>4</sup> Betriebsmittelverbrauch und Betriebsmittelpreise siehe Tabelle 20 und Tabelle 21

<sup>5</sup> 146 / 292 / 438 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> 215 / 430 / 645 l Reinigungsmittel pro Jahr; 3,50 DM/l

<sup>7</sup> 21.900 / 43.800 / 65.700 kWh Strom pro Jahr; 0,26 DM/kWh

<sup>8</sup> 10 / 20 / 30 Satz Gummiteile pro Jahr; 110,-- DM/Satz; 1.095 Milchfiltereinsätze pro Jahr; 0,40 DM/Stück

Tabelle 40: Jahreskosten von Mehrboxenanlagen <sup>1</sup>

	Mehrboxenanlage mit		
	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	59.868	72.327	86.557
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	11.153	13.474	16.125
Betriebskosten [DM/Jahr] <sup>4</sup>	21.188	26.041	29.284
davon Wartungskosten [DM/Jahr]	8.000	10.000	11.000
Wasserkosten [DM/Jahr] <sup>5</sup>	1.698	1.775	1.843
Reinigungsmittelkosten [DM/Jahr] <sup>6</sup>	1.260	1.512	1.638
Stromkosten [DM/Jahr] <sup>7</sup>	7.592	9.016	9.965
Verschleißteilkosten [DM/Jahr] <sup>8</sup>	2.638	3.738	4.838
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>92.209</b>	<b>111.842</b>	<b>131.966</b>

Ein Vergleich der Gesamtkosten beider Systemvarianten zeigt, daß die Kosten bei Einboxenanlagen mit zunehmender Boxenzahl annähernd linear steigen, während der Anstieg der jährlichen Kosten bei Mehrboxenanlagen nur unterproportional ist. Ursache für diese Unterschiede ist, daß Einboxenanlagen im Gegensatz zu Mehrboxenanlagen voneinander unabhängige Melkeinheiten bilden. Dadurch werden für jeden Melkplatz nahezu sämtliche Komponenten einer automatischen Melkanlage separat benötigt. Lediglich wenige Baugruppen, wie beispielsweise Milchdruckleitungen und Milchpumpen, können für mehrere Melkplätze gemeinsam genutzt werden. Dies führt dazu, daß der Kapitalbedarf mit der Anzahl der Melkplätze annähernd linear ansteigt. Gleiches gilt auch für den Betriebsmitteleinsatz, da die einzelnen Melkeinheiten separat gereinigt werden und in separaten Räumen untergebracht sind. Hingegen ist der Anstieg des Kapitalbedarfs und des Betriebsmitteleinsatzes bei Mehrboxenanlagen unterproportional, da wesentliche Anlagenteile zentral genutzt werden und alle Melkplätze in einem Raum untergebracht sind.

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Kapitalbedarf: 371.767 / 449.138 / 537.500 DM [vgl. Tabelle 30]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 8 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme

<sup>4</sup> Betriebsmittelverbrauch und Betriebsmittelpreise siehe Tabelle 20 und Tabelle 21

<sup>5</sup> 175 / 183 / 190 m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr; 9,70 DM/m<sup>3</sup>

<sup>6</sup> 360 / 432 / 468 l Reinigungsmittel pro Jahr; 3,50 DM/l

<sup>7</sup> 29.200 / 34.675 / 38.325 kWh Strom pro Jahr; 0,26 DM/kWh

<sup>8</sup> 20 / 30 / 40 Satz Gummiteile pro Jahr; 110,-- DM/Satz; 1.095 Milchfiltereinsätze pro Jahr; 0,40 DM/Stück

### 6.4.2.3 Selektionstore

Die Jahreskosten der Selektionstore beschränken sich auf Kapital- und Unterhaltskosten. Als Nutzungsdauer wurden zehn Jahre angesetzt, so daß sich die in Tabelle 41 wiedergegebenen Jahreskosten ergeben. Die bedeutend höheren Kosten bei Mehrboxenanlagen sind zum einen darauf zurückzuführen, daß für diesen Anlagentyp ein Tor für die Vorselektion und ein weiteres Tor für die Nachselektion benötigt wird, während bei Einboxenanlagen auf eine Einrichtung zur Vorselektion verzichtet werden kann [vgl. Seite 60]. Zum anderen liegt der Anschaffungspreis pro Selektionstor bei Mehrboxenanlagen höher als bei Einboxenanlagen [vgl. Tabelle 31].

Tabelle 41: Jahreskosten der Selektionstore automatischer Melksysteme <sup>1</sup>

	<b>Einboxen- anlagen</b>	<b>Mehrboxen- anlagen</b>
Kapitalkosten [DM/Jahr] <sup>2</sup>	340	2.337
Unterhaltskosten [DM/Jahr] <sup>3</sup>	75	516
<b>Gesamtkosten [DM/Jahr]</b>	<b>415</b>	<b>2.853</b>

### 6.4.2.4 Selektionsräume

Analog zur Vorgehensweise bei den übrigen Stallräumen wurde auch für Selektionsräume automatischer Melksysteme eine Nutzungsdauer von 25 Jahren und eine Unterhaltspauschale von 1,5 % der Investitionssumme angesetzt. Bei einem Kapitalbedarf von 139 DM je Kuh entstehen somit die in Tabelle 42 dargestellten Kosten.

Tabelle 42: Jahreskosten der Selektionsräume automatischer Melksysteme

<b>Kostenart</b>	<b>Betrag <sup>4</sup></b>
Kapitalkosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>5</sup>	11
Unterhaltskosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>6</sup>	2
<b>Gesamtkosten [DM/Kuh und Jahr]</b>	<b>13</b>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; Bei Einboxenanlagen fallen die hier aufgeführten Kosten je Anlage einmal an. Bei Mehrboxenanlagen sind die Kosten unabhängig von der Boxenzahl.

<sup>2</sup> Investitionssummen: 2.500 / 17.200 DM [vgl. Tabelle 31]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 10 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 3,0 % der jeweiligen Investitionssumme  
<sup>4</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>5</sup> Investitionssumme: 139 DM pro Kuh [vgl. Seite 60]; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 25 Jahre; Restwert: 0 DM

<sup>6</sup> Unterhalt einschließlich Reparaturen und Versicherungen: pauschal 1,5 % der Investitionssumme

### 6.4.3 Jahreskosten in Abhängigkeit der Kuhzahl

Die Zusammenhänge zwischen Jahreskosten und Herdengröße stellt Abbildung 19 dar. Wie zu erkennen ist, weisen die tierbezogenen Jahreskosten der Anlagen bei beiden Melksystemen in Abhängigkeit der Kuhzahl eine beachtliche Spannweite und bei Erreichen der jeweiligen Kapazitätsgrenze ihr Minimum auf. Bei automatischen Melksystemen sind die mit zunehmender Anlagenauslastung verbundenen Kostendegressionen stärker ausgeprägt als bei konventionellen Melksystemen.

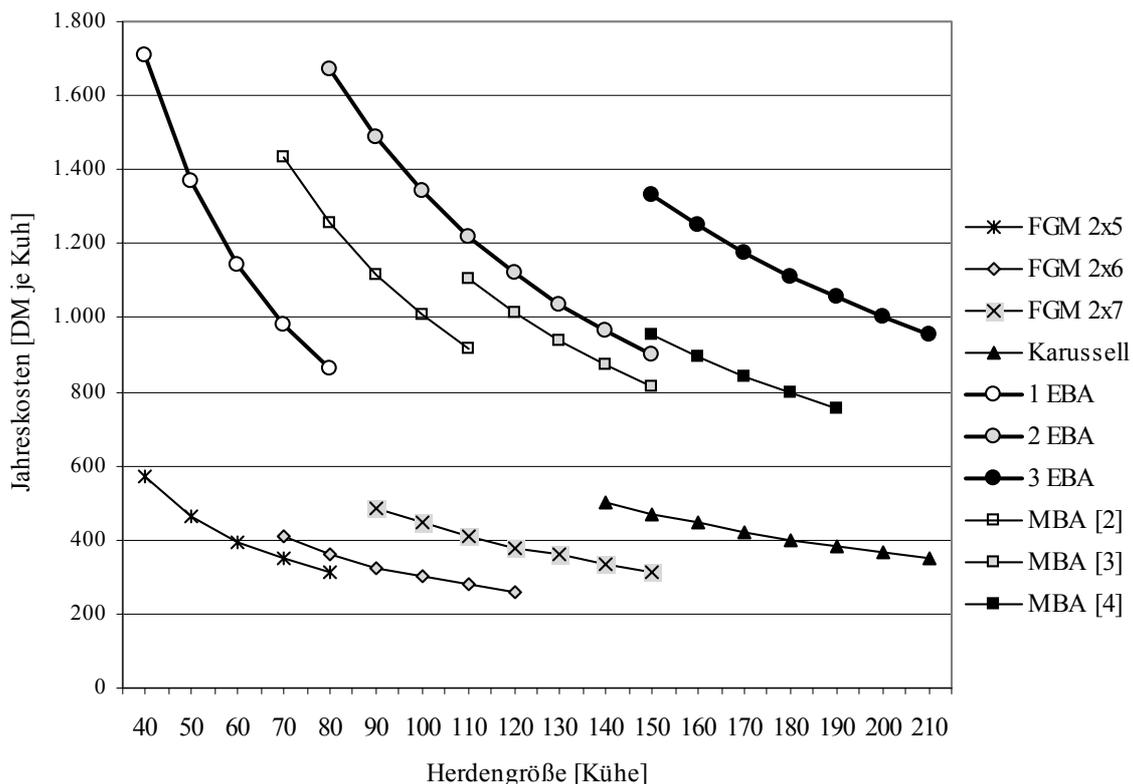


Abbildung 19: Jahreskosten ausgewählter Melkanlagen <sup>1</sup>

Ein Vergleich mit den in Abbildung 17 dargestellten Investitionssummen zeigt, daß bei den Jahreskosten dieselben Abhängigkeiten von der jeweiligen Anlagengröße bestehen wie beim Kapitalbedarf. Dementsprechend steigen die tierbezogenen Jahreskosten konventioneller Melkanlagen mit deren Größe auf Grund der umfangreicheren Ausstattung an. Dagegen zeigen die Jahreskosten von Einboxenanlagen, analog zum Kapitalbedarf, kaum Abhängigkeiten von der Anzahl der vorhandenen Melkeinheiten. Bei Mehrboxenanlagen nehmen die tierbezogenen Jahreskosten hingegen mit der Anzahl der Melkplätze ab. Infolge der erläuterten Ver-

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer ; FGM = Fischgrätenmelkstand mit Herdenmanagement und Kraftfutteranlage, ab 2x6 mit Abnahmeautomatik, ab 2x7 mit Schnellaustrieb; EBA = Einboxenanlage; MBA [x] = Mehrboxenanlage mit x Boxen; vgl. Tabelle 78 und Tabelle 79

hältnisse nehmen die Kostenunterschiede zwischen automatischen und konventionellen Melk-systemen sowohl mit der Auslastung vergleichbarer Anlagen als auch mit zunehmender Anzahl der Melkeinheiten ab.

### **6.4.4 Kostenstruktur**

Die verschiedenen Melkanlagen weisen eine unterschiedliche Relation von Kapitalbedarf und Betriebsmittelverbrauch auf. Daher unterscheiden sie sich auch bezüglich des Anteils, den die einzelnen Kostenarten an ihren Gesamtkosten ausmachen. Diese Kostenstruktur ist von Bedeutung, da sie Einfluß darauf hat, wie sich die Gesamtkosten der Melkanlagen entwickeln, wenn einzelne Rahmenbedingungen geändert werden. Beispielsweise steigen die Gesamtkosten bei einer Erhöhung des Kalkulationszinssatzes um so stärker, je höher der Anteil der Kapitalkosten an den Gesamtkosten ist. Auf Grund dieser Zusammenhänge wird die Kostenstruktur der verschiedenen Melkanlagen im folgenden untersucht. Wie Abbildung 20 zu entnehmen ist, steigt bei konventionellen Melkanlagen der Anteil der Kapitalkosten mit zunehmender Melkplatzzahl von 46 auf 57%. Dies beruht darauf, daß der Kapitalbedarf konventioneller Melkanlagen mit steigender Melkplatzzahl auf Grund einer umfangreicheren Ausstattung überproportional ansteigt. Aus demselben Grund erhöht sich auch der Anteil der Unterhaltskosten mit wachsender Anlagengröße von 11 auf 14 %. Infolge des höheren Anteils der Kapital- und Unterhaltskosten sinkt der Anteil der Betriebskosten bei konventionellen Melkanlagen von 43 auf 29 %.

Ein gänzlich anderes Bild zeigt sich bei automatischen Melkanlagen. Hier ist die Kostenstruktur nahezu unabhängig von der Anlagengröße. So beläuft sich der Anteil der Kapitalkosten bei allen dargestellten Anlagen auf ca. 64-65 %, während die Unterhaltskosten jeweils 12 % und die Betriebskosten 23-24 % der Gesamtkosten ausmachen. Bei Einboxenanlagen sind die geschilderten Verhältnisse darauf zurückzuführen, daß der pro Melkeinheit bestehende Kapital- und Betriebsmittelbedarf nahezu unabhängig von der Gesamtzahl der Melkeinheiten ist. Hingegen beruht die nahezu unveränderte Kostenstruktur bei Mehrboxenanlagen darauf, daß sich deren Kapital- und Betriebsmittelbedarf mit zunehmender Anlagengröße in annähernd gleichem Maßstab ändert.

Neben den geschilderten Verhältnissen fällt auf, daß der Anteil der Kapital- und Unterhaltskosten bei konventionellen Melkanlagen grundsätzlich geringer ist als bei automatischen Melkanlagen. So ist der Anteil der Kapitalkosten bei konventionellen Melkanlagen je nach Anzahl der Melkplätze um ca. 10-20 % geringer als bei automatischen Melkanlagen. Diese

Unterschiede haben ihre Ursache in dem deutlich höheren Kapitalbedarf der automatischen Melksysteme. Aus den dargestellten Kostenstrukturen ist abzuleiten, daß sich die absolute Kostendifferenz zwischen automatischen und konventionellen Melkanlagen ändert, wenn andere Kalkulationszinssätze bzw. Nutzungszeiträume anzusetzen sind. Dies gilt insbesondere bei einem Vergleich kleiner Anlagen, da sich hier die jeweiligen Anteile der Kapital- und Unterhaltskosten besonders stark voneinander unterscheiden.

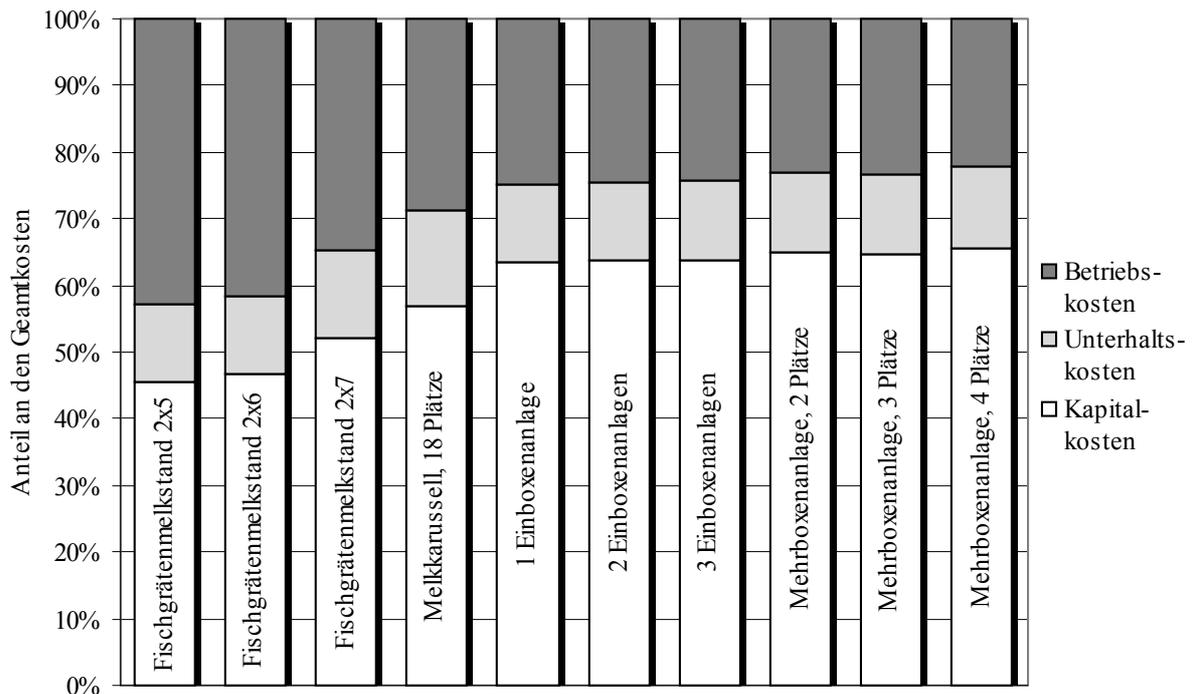


Abbildung 20: Kostenstruktur ausgewählter Melkanlagen <sup>1</sup>

### 6.5 Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch

Der Grenzdeckungsbeitrag der Milchproduktion ist für die folgenden Vergleichsrechnungen von Bedeutung, da er Einfluß auf die zum Mehrkostenausgleich benötigten Milchleistungssteigerungen hat. Die Höhe des Grenzdeckungsbeitrags wird zunächst vom Markterlös der Milch bestimmt. Die Angabe eines allgemeingültigen Milchpreises ist auf Grund ausgeprägter Preisschwankungen schwierig. Neben den in Tabelle 43 dargestellten regionalen Preisabweichungen waren in der Vergangenheit auch starke zeitliche Schwankungen zu beobachten. So lag der ZMP-Vergleichspreis im Jahr 1998 um 2,6 Pf je kg über den in Tabelle 43 angegebenen Mittelwerten [vgl. Weiß (2000, S. R10)]. Im Verlauf des Jahres 2000 stieg der Milchpreis sogar auf 65 Pf je kg an [vgl. STOCKINGER und TAFERTSHOFER (2000, S.22)]. Trotz dieser Preisentwicklungen ist infolge der zunehmenden Liberalisierung des weltweiten

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 84

Agrarhandels künftig von einem Rückgang der Milchpreise auszugehen. So erwartet PETERSEN (2000, S.168, 170) bis zum Jahr 2008 ein Absinken der Milchpreise auf 60 Pf/kg. Ausgehend von diesen Werten wird im folgenden ein Milchpreis von 62,5 Pf/ kg unterstellt. Dieser Wert wird unabhängig vom Milchleistungsniveau angesetzt, da die Zusammenhänge zwischen der Milchleistung und dem Gehalt der preisbestimmenden Milchinhaltsstoffe nicht eindeutig zu klären sind [vgl. Seite 20]

Tabelle 43: Milchpreise in den verschiedenen Regionen der Bundesrepublik Deutschland

Region	ZMP-Vergleichspreis für 1999 [Pf/kg] <sup>1</sup>		
	Minimum	Mittelwert	Maximum
Baden-Württemberg	57,7	59,3	61,7
Bayern	Allgäu <sup>2</sup>	58,3	59,7
	Nord	56,6	59,0
	Süd	56,2	59,6
Hessen	55,2	58,2	60,8
Niedersachsen	Weser Ems	56,5	57,4
	Hannover	54,6	56,6
Nordrhein-Westfalen	56,9	58,8	61,3
Rheinland-Pfalz	61,1	63,0	63,9
Schleswig-Holstein	53,5	57,0	59,4
<b>Alte Bundesländer</b>	<b>53,5</b>	<b>58,7</b>	<b>63,9</b>
Brandenburg	55,6	57,0	57,5
Mecklenburg-Vorpommern	56,1	57,3	59,5
Sachsen	57,2	58,5	59,3
Sachsen-Anhalt	54,1	56,9	58,6
Thüringen	57,0	57,6	59,2
<b>Neue Bundesländer</b>	<b>54,1</b>	<b>57,5</b>	<b>59,5</b>
<b>Deutschland</b>	<b>53,5</b>	<b>58,5</b>	<b>63,9</b>

[Quelle: WEIB (2000, S. R10), Darstellung geändert]

Zusätzlich zum Milchpreis bestimmen auch die Grenzkosten der Milchproduktion den Grenzdeckungsbeitrag. Ein Großteil der Grenzkosten entfällt auf die Kapitalkosten der zusätzlich benötigten Milchquote. Die Höhe dieser Kosten wird zunächst durch den Kaufpreis der Quoten bestimmt. Seit November 2000 wird dieser Preis an regionalen Milchquotenbörsen ermittelt. Beim ersten Börsentermin ergaben sich die in Tabelle 44 dargestellten Preise. Den Daten ist zu entnehmen, daß die Gleichgewichtspreise der einzelnen Regionen teilweise stark voneinander abweichen. Im Durchschnitt liegen die Preise der alten Bundesländer deutlich über denen der neuen Bundesländer. Da automatische Melksysteme überwiegend in Familien-

<sup>1</sup> Nettopreise, ohne Mehrwertsteuer, bei 4,2 % Fett und 3,4 % Eiweiß, inkl. aller Zu- und Abschläge

<sup>2</sup> Einschließlich östlicher Teile Baden-Württembergs.

betrieben zum Einsatz kommen und diese Betriebsform in den neuen Bundesländern sehr selten ist, wird nur der durchschnittliche Quotenpreis der alten Bundesländer Eingang in die weiteren Berechnungen finden. Neben dem Preis hat auch die Nutzungsdauer der Quoten wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Kapitalkosten. Diese ist mit zehn Jahren anzusetzen, da gemäß der aktuellen Rechtslage Milchquoten auch weiterhin über zehn Jahre komplett abzuschreiben sind [vgl. top agrar (11/2000, S.16)].

Tabelle 44: Gleichgewichtspreise der Milchquotenbörsen im November 2000 <sup>1</sup>

Gebiet		Preis [DM/kg]	Menge [kg]	Umsatz [DM]
Baden-Württemberg	Stuttgart	1,00	530.006	530.006
	Karlsruhe	0,94	45.000	42.300
	Feiburg	1,10	193.400	212.740
	Tübingen	1,21	244.418	295.746
Bayern	Oberbayern	1,51	753.296	1.137.477
	Niederbayern	1,49	433.731	646.259
	Oberpfalz	1,75	450.029	787.551
	Oberfranken	1,66	186.800	310.088
	Mittelfranken	1,76	326.500	574.640
	Unterfranken	1,05	224.277	235.491
	Schwaben	1,36	1.032.910	1.404.758
Hessen		1,20	654.600	785.520
Niedersachsen / Bremen		1,51	1.123.863	1.697.033
Nordrhein-Westfalen		1,61	304.872	490.844
Rheinland-Pfalz / Saarland		1,50	441.950	662.925
Schleswig-Holstein / Hamburg		1,61	193.770	311.970
<b>Mittelwert der alten Länder</b>		<b>1,42</b>	<b>446.214</b>	<b>632.834</b>
Brandenburg / Berlin		0,85	1.642.068	1.395.758
Mecklenburg-Vorpommern		1,31	1.095.000	1.434.450
Sachsen		1,01	2.310.000	2.333.100
Sachsen-Anhalt		0,80	3.516.720	2.813.376
Thüringen		0,85	2.864.434	2.434.769
<b>Mittelwert der neuen Länder</b>		<b>0,91</b>	<b>2.285.644</b>	<b>2.082.291</b>
<b>Mittelwert der BRD</b>		<b>1,11</b>	<b>884.174</b>	<b>977.943</b>

[Quelle:Eigene Darstellung nach Daten von MENNERICH (2000)]

Zusätzlich zu den Quotenkosten beinhalten die Grenzkosten der Milchproduktion auch Aufwendungen für Futter und Wasser. Die Höhe der Futterkosten wird durch den Nährstoffbedarf für die zusätzlich erzeugte Milch und den Preis der Futtermittel bestimmt. Bei Produktionsausweitungen infolge von Leistungssteigerungen ist davon auszugehen, daß der zusätzliche Nährstoffbedarf ausschließlich über Kraftfuttermittel gedeckt wird. Pro kg Milch kann mit

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; Gewogene Durchschnittspreise (Mittlerer Umsatz / Mittlere Menge).

einem Bedarf von 0,57 kg Kraftfutter gerechnet werden, dessen Preis mit 35 DM/dt zu veranschlagen ist [vgl. STOCKINGER (2000)]. Der Wasserbedarf je kg Milch liegt bei 4-5 l. Dieser Bedarf wird ca. zur Hälfte über Futtermittel gedeckt, so daß 2,5 l/ Trinkwasser je kg Milch benötigt werden [vgl. BRANDES (1998. S. R14-R15)]. Anhand dieser Daten ergibt sich der in Tabelle 45 dargestellte Grenzdeckungsbeitrag.

Tabelle 45: Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch

<b>Parameter</b>	<b>Betrag [DM/kg] <sup>1</sup></b>
Milcherlös	0,6250
- Quotenkosten	0,1929 <sup>2</sup>
- Futterkosten	0,1995 <sup>3</sup>
- Wasserkosten	0,0063 <sup>4</sup>
<b>Grenzdeckungsbeitrag</b>	<b>0,2263</b>

---

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> Quotenpreis: 1,42 DM/kg [vgl. Tabelle 44]; Abschreibungsdauer: 10 Jahre; Kalkulationszinssatz: 6,0 %

<sup>3</sup> 0,57 kg Kraftfutter je kg Milch (1,75 kg Milchbildung je kg Kraftfuttereinsatz); 35 DM je dt Kraftfutter

<sup>4</sup> 4-5 l Wasser je kg Milch, davon 2,5 l als Trinkwasser zu einem Preis von 2,50 DM je m<sup>3</sup>

## **7 Wirtschaftlichkeitsvergleich**

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen automatischer Melksysteme sowie die zum Ausgleich der Mehrkosten erforderlichen Lohnansätze und Milchleistungssteigerungen untersucht. Ferner erfolgt eine Analyse der kritischen Preise und kritischen Kuhzahlen automatischer Melkanlagen. Dies sind die Kaufpreise bzw. Kuhzahlen, bei denen automatische Melksysteme gegenüber konventionellen Melksystemen keine wirtschaftlichen Nachteile aufweisen. Bei sämtlichen Analysen wird auch auf die jeweiligen Einflußfaktoren eingegangen. Den Abschluß des Kapitels bildet eine Analyse der Rentabilität von Herdenaufstockungen.

### **7.1 Mehrkosten automatischer Melksysteme**

#### **7.1.1 Einfluß der Herdengröße**

Da die Herdengröße automatisch melkender Betriebe je nach Milchleistung, Milchflußraten, und Melkhäufigkeit der Kühe sowie Rüstzeiten und täglicher Betriebsdauer der Melkanlage sehr unterschiedlich sein kann, wird im folgenden untersucht, inwiefern unterschiedliche Kuhzahlen Einfluß auf die Mehrkosten und somit auf die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme haben. Wie aus Abbildung 21 hervorgeht, weisen die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten eine nahezu lineare Abhängigkeit von der Herdengröße auf. Mithin ist davon auszugehen, daß die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme erheblich von der Kuhzahl beeinflußt wird. Entscheidend sind in diesem Zusammenhang jedoch auch die noch zu erläuternden Abhängigkeiten von Herdengröße und Arbeitszeiteinsparungen.

Aus Abbildung 21 ist weiterhin zu entnehmen, daß Einboxenanlagen bei Herden mit bis zu 80 Kühen pro Kuh und Jahr deutlich geringere Mehrkosten aufweisen als Mehrboxenanlagen. Folglich ist zu erwarten, daß Einboxenanlagen in solchen Betrieben gegenüber Mehrboxenanlagen Wettbewerbsvorteile besitzen. Konträre Verhältnisse liegen, wie Abbildung 21 zeigt, bei Herden mit mehr als 100 Kühen vor.

Neben den erläuterten Zusammenhängen verdeutlicht Abbildung 21 zudem, daß die Mehrkosten bei Einboxenanlagen nur geringfügig von der Anlagengröße beeinflußt werden. Der Grund für diese Verhältnisse ist, daß bei Einboxenanlagen trotz steigender Anlagengröße kaum Kostendegressionen eintreten, da die voneinander unabhängigen Melkeinheiten nahezu alle Komponenten pro Melkplatz einmal benötigen. Eine gänzlich andere Situation ist bei Mehrboxenanlagen gegeben, die wesentliche Anlagenteile unabhängig von der Anzahl der

Melkplätze nur einmal benötigen. Dementsprechend sinken hier die tierbezogenen Mehrkosten nicht nur mit der Anlagenauslastung, sondern auch mit der Anzahl der Melkplätze.

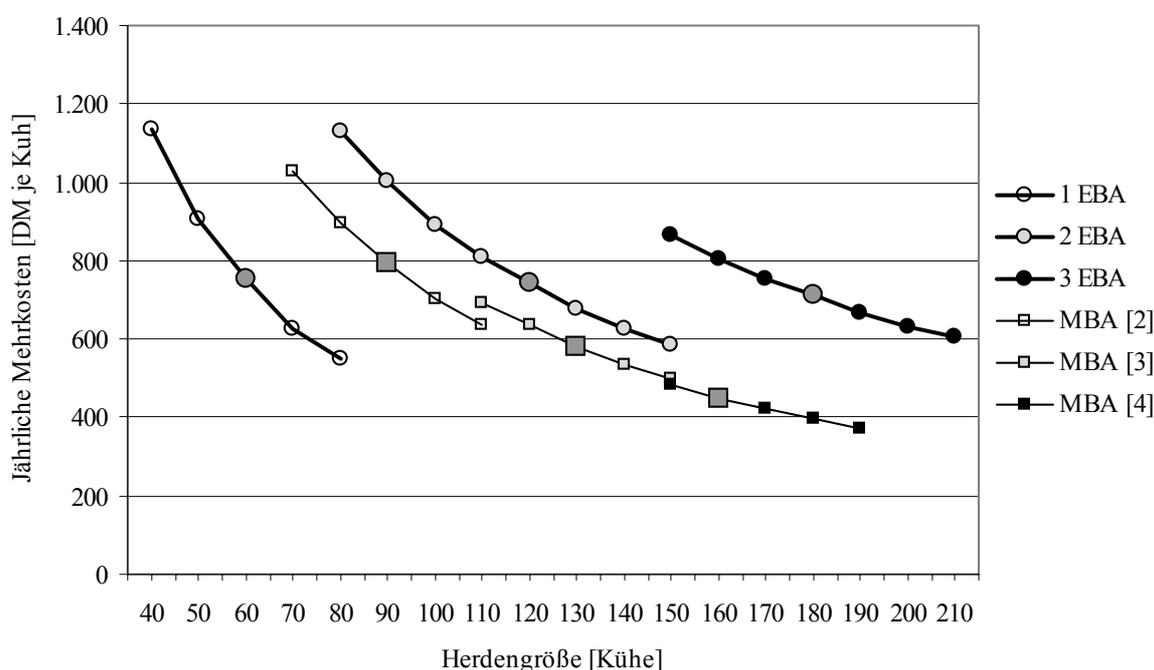


Abbildung 21: Mehrkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit der Herdengröße <sup>1</sup>

### 7.1.2 Einfluß der Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen

Infolge des hohen Kapitalbedarfs automatischer Melkanlagen kommt deren Nutzungsdauer große Bedeutung zu. Während bei konventionellen Melkanlagen gesicherte Erkenntnisse über die Nutzungsdauer vorliegen, sind die diesbezüglichen Erfahrungen bei automatischen Melkanlagen auf Grund deren bislang kurzen Einsatzdauer und geringen Verbreitung begrenzt. Daher wird im folgenden untersucht, wie sich die Wirtschaftlichkeit automatischer Melkanlagen ändert, wenn anstelle der in dieser Arbeit bislang unterstellten Nutzungsdauer von acht Jahren mit zwölf Jahren dieselbe Nutzungsdauer wie bei den konventionellen Vergleichsanlagen veranschlagt wird.

Wie Tabelle 46 zu entnehmen ist, gehen die jährlichen Kapitalkosten in diesem Fall bei Einboxenanlagen um 10.600-10.400 DM pro Melkbox zurück. Bei Mehrboxenanlagen sinken die jährlichen Kapitalkosten je nach Anzahl der Melkplätze um 7.700-5.600 DM pro Melkbox. Die mit zunehmender Anzahl der Melkeinheiten verbundene Abschwächung des Kostenrückgangs ist darauf zurückzuführen, daß der Kapitalbedarf automatischer Melksysteme bei

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; Die hervorgehobenen Datenpunkte kennzeichnen die in dieser Arbeit als Standard angenommenen Kuhzahlen; EBA = Einboxenanlage; MBA [x] = Mehrboxenanlage mit x Melkplätzen; vgl. Tabelle 80

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

wachsender Anlagengröße nur unterproportional steigt. Bei Einboxenanlagen sind diese Zusammenhänge, wie zu erkennen ist, wesentlich geringer ausgeprägt als bei Mehrboxenanlagen. Weiterhin geht aus Tabelle 46 hervor, daß sich die Kapitalkosten von Einboxenanlagen bei steigender Nutzungsdauer stärker ändern als die von Mehrboxenanlagen. Ursache ist der höhere Kapitalbedarf der Einboxenanlagen.

Tabelle 46: Kapitalkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit der Nutzungsdauer

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Investitionssumme [DM] <sup>1</sup>		255.690	502.931	750.172	371.767	449.138	537.500
Kapitalkosten [DM/Jahr] bei einer Nutzungsdauer von <sup>2</sup>	8 Jahren	41.166	80.972	120.778	59.854	72.311	86.538
	12 Jahren	30.504	60.000	89.496	44.352	53.582	64.124
Differenz der Kapitalkosten [DM/Jahr]	gesamt	10.662	20.972	31.282	15.502	18.729	22.414
	pro Box	10.662	10.486	10.427	7.751	6.243	5.604

Der in Tabelle 46 dargestellte Rückgang der Kapitalkosten führt zu einem gleich großen Absinken der Mehrkosten automatischer Melkanlagen. Bezogen auf die in dieser Arbeit angenommenen Kapazitätsgrenzen ergibt sich, wie Tabelle 47 zu entnehmen ist, eine Reduzierung der Mehrkosten von bis zu 178 DM pro Kuh und Jahr.

Tabelle 47: Veränderung der Mehrkosten automatischer Melkanlagen bei einer Anhebung der unterstellten Nutzungsdauer von acht auf zwölf Jahre

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Mehrkosten bei 8 Jahren [DM/Kuh u. Jahr] <sup>3</sup>		751	741	711	793	578	449
Verringerung der Mehrkosten bei 12 Jahren Nutzungsdauer	DM gesamt <sup>4</sup>	10.662	20.972	31.282	15.502	18.729	22.414
	DM pro Kuh	178	175	174	172	144	140
	%	24	24	24	22	25	31

Auffällig ist, daß der Rückgang der Mehrkosten bei Einboxenanlagen nur mäßig von der Anzahl der Melkeinheiten beeinflusst wird. So liegt der für eine Einboxenanlage ausgewiesene

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 29 und Tabelle 30

<sup>2</sup> Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Restwert: 0 DM

<sup>3</sup> vgl. Abbildung 21

<sup>4</sup> vgl. Tabelle 46

Wert von 178 DM/Kuh nur um 4 DM/Kuh über dem Wert für Betriebe mit drei Einboxenanlagen. Ursache für diese Verhältnisse ist, daß der pro Kuh bestehende Kapitalbedarf bei Einboxenanlagen mit zunehmender Boxenzahl nur geringfügig sinkt. Andere Verhältnisse liegen bei Mehrboxenanlagen vor. Hier sinkt der pro Kuh bestehende Kapitalbedarf mit der Anlagengröße deutlich, so daß auch der in Tabelle 47 dargestellte Rückgang der Kapitalkosten beachtlich variiert. Unabhängig von Systemvariante und Anlagengröße ist festzustellen, daß die Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen einen entscheidenden Einfluß auf deren Mehrkosten und damit auf die Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Melksysteme ausübt.

### 7.1.3 Einfluß des Kalkulationszinssatzes

Die Bedeutung des Kalkulationszinssatzes wird im folgenden anhand der Daten untersucht, die sich ergeben, wenn der bisher verwendete Zinssatz von 6,0 % auf 8,0 % angehoben wird. Wie Abbildung 22 zeigt, nehmen in einem solchen Fall die Kosten automatischer Melksysteme stärker zu als die konventioneller Melksysteme. Diese Unterschiede beruhen auf dem höheren Kapitalbedarf der automatischen Melksysteme und führen dazu, daß die bislang ermittelten Mehrkosten automatischer Melksysteme um bis zu 40 DM/Kuh und Jahr steigen.

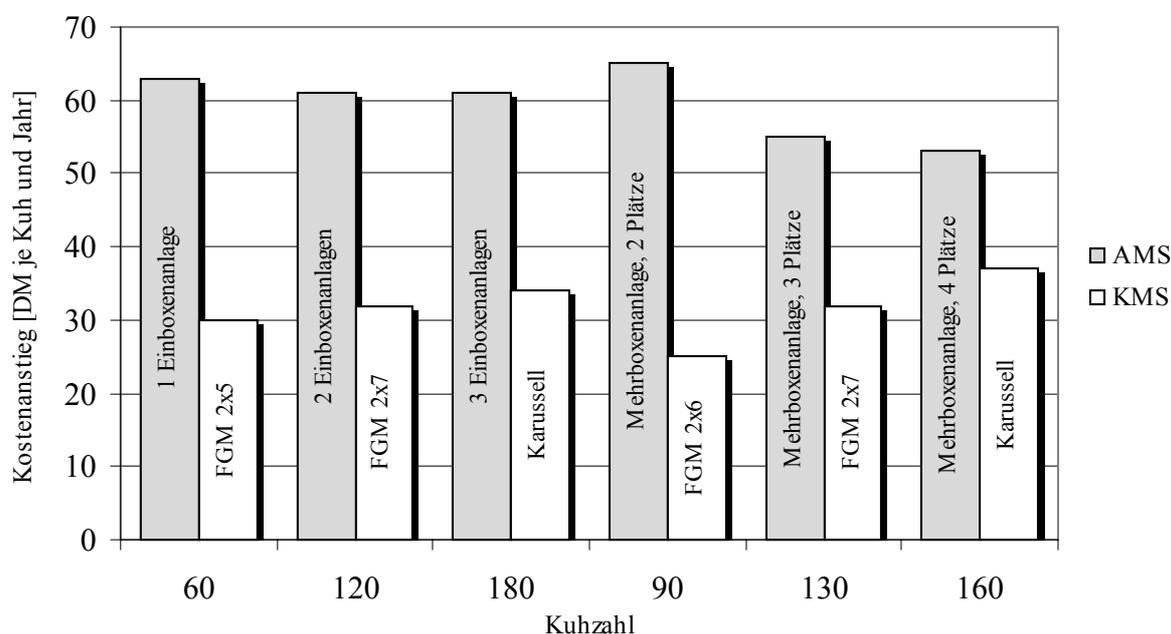


Abbildung 22: Anstieg der Jahreskosten verschiedener Melksysteme bei Anhebung des Kalkulationszinssatzes von 6,0 % auf 8,0 %.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nettokosten, ohne Mehrwertsteuer; vgl. Tabelle 82 und Tabelle 83; AMS = Automatische Melksysteme; KMS = Konventionelle Melksysteme; FGM = Fischgrätenmelkstand

Abbildung 22 ist außerdem zu entnehmen, daß der zinsbedingte Kostenanstieg bei Einboxenanlagen mit zunehmender Anzahl der Melkeinheiten etwas schwächer wird. Bei Mehrboxenanlagen sind diese Effekte wesentlich stärker ausgeprägt, da hier mit zunehmender Anlagengröße ein deutlicher Rückgang des pro Kuh bestehenden Kapitalbedarfs eintritt. Gänzlich andere Verhältnisse ergeben sich bei konventionellen Melkanlagen. Hier steigen die tierbezogenen Kosten mit zunehmendem Zinsniveau um so stärker, je größer die Anlage ist. Dies hat seine Ursache darin, daß der Kapitalbedarf konventioneller Melkanlagen auf Grund einer umfangreicheren Ausstattung mit zunehmender Anlagengröße überproportional steigt. Infolgeder bei automatischen und konventionellen Melksystemen unterschiedlichen Verhältnisse schwächt sich der Anstieg der Mehrkosten mit zunehmender Anlagengröße ab.

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß die Jahreskosten automatischer Melksysteme auf Grund ihres hohen Kapitalbedarfs bei einer Anhebung des Kalkulationszinssatzes stärker steigen als die konventioneller Melksysteme. Dadurch weisen automatische Melksysteme mit steigendem Zinsniveau zunehmende Mehrkosten gegenüber konventionellen Melksystemen auf. Mit wachsender Anlagengröße schwächen sich diese Effekte jedoch wieder ab.

### **7.1.4 Einfluß des Ausstattungsniveaus der konventionellen Vergleichsanlagen**

Die Ausstattung konventioneller Melksysteme ist für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich mit automatischen Melksystemen von Bedeutung, da sie die Jahreskosten der konventionellen Melksysteme und somit die Vergleichsbasis beeinflusst. Ob der Einsatz von Kraftfutteranlagen bzw. Milchmengenmeßgeräten in konventionell melkenden Betrieben erforderlich ist, richtet sich nach der Gestaltung des betrieblichen Herdenmanagements und Fütterungsverfahrens [vgl. Seite 53]. Die diesbezüglichen Gegebenheiten sind in der landwirtschaftlichen Praxis sehr unterschiedlich. Daher wird im folgenden untersucht, wie sich die Wettbewerbsfähigkeit der Melksysteme ändert, wenn im Gegensatz zu den bisher getroffenen Annahmen davon ausgegangen wird, daß in den konventionell melkenden Betrieben keine Kraftfutteranlage vorhanden ist. Ebenso wird die Situation dargestellt, die sich ergibt, wenn zusätzlich zur bislang angenommenen Ausstattung auch das Vorhandensein von Milchmengenmeßgeräten unterstellt wird. Wie aus Tabelle 48 hervorgeht, liegen die Kosten für die Kraftfuttertechnik bei bis zu 63 DM pro Kuh und Jahr. Die angegebenen Beträge beinhalten nur die Kosten der Kraftfutteranlage, nicht jedoch die Aufwendungen für Kraftfuttersilos samt Zubehör sowie deren bauliche Anlagen. Der Grund ist, daß diese Komponenten in der Regel nicht nur in Betrieben mit Kraftfutteranlagen benötigt werden, sondern auch in solchen, die das Kraftfutter

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

über einen Futtermischwagen verabreichen. Durch einen Verzicht auf Kraftfutteranlagen sinken die Jahreskosten der konventionellen Betriebe mithin lediglich um die in Tabelle 48 wiedergegebenen Beträge. Als Folge erhöhen sich die Mehrkosten der automatisch melkenden Betriebe im selben Umfang. Dementsprechend nimmt die Wettbewerbsfähigkeit der automatischen Melksysteme gegenüber den bisher ermittelten Verhältnissen ab.

Ebenso wie die Kosten konventioneller Melksysteme durch den Verzicht auf Kraftfüttertechnik abnehmen, steigen sie, wenn davon ausgegangen wird, daß in den konventionellen Betrieben im Gegensatz zu den bisher getroffenen Annahmen Milchmengenmeßgeräte vorhanden sind. Im Umkehrschluß führt dies zu einem Absinken der bislang in dieser Arbeit errechneten Mehrkosten der automatischen Melksysteme. Je nach Vergleichsanlage beläuft sich der Rückgang der Mehrkosten, wie Tabelle 48 zu entnehmen ist, auf ca. 50-80 DM je Kuh und Jahr. Die bei dem Fischgrätenmelkstand mit 2x5 Melkplätzen relativ hohen Kosten für Milchmengenmeßgeräte sind darauf zurückzuführen, daß hier die Kosten von 10 Meßgeräten auf nur 60 Kühe umzulegen sind. Dagegen verteilen sich bei den größeren Melkständen die pro Meßgerät anfallenden Kosten auf wesentlich mehr Kühe.

Tabelle 48: Jahreskosten einzelner Komponenten konventioneller Melksysteme <sup>1</sup>

		Fischgräte		Karus- sell (18)	Fischgräte		Karus- sell (18)
		2x5	2x7		2x6	2x7	
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Kraftfutteranlage <sup>2</sup>	[DM pro Kuh und Jahr]	63	52	49	56	56	53
Milchmengenmeßgeräte <sup>3</sup>		82	57	49	66	53	55

Insgesamt ist festzustellen, daß die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme um so größer ist, je umfangreicher das Ausstattungsniveau der konventionellen Vergleichsanlagen ist. In Relation zur Herdengröße und zur Nutzungsdauer beeinflusst die Ausstattung der konventionellen Melksysteme die Mehrkosten bzw. Wettbewerbsfähigkeit der automatischen Melksysteme jedoch nur in geringem Maße.

<sup>1</sup> Die Zahlen in den Überschriftzeilen geben die jeweilige Anzahl der Melkeinheiten an.

<sup>2</sup> Kosten für Kraftfutteranlage [vgl. Tabelle 37]; Die Kosten von Kraftfüttersilos samt Zubehör und baulicher Anlagen wurden nicht berücksichtigt, da diese Komponenten in der Regel auch dann benötigt werden, wenn das Kraftfutter als TMR mittels Futtermischwagen verabreicht wird.

<sup>3</sup> Jahreskosten pro Milchmengenmeßgerät: 492,60 DM (incl. Betriebsmittelkosten, vgl. Tabelle 36).

## 7.2 Arbeitszeiteinsparungen in automatisch melkenden Betrieben

Wie aus Abbildung 23 hervorgeht, weisen die Arbeitszeiteinsparungen im Gegensatz zu den Mehrkosten nur geringfügige Abhängigkeiten von der Anlagenauslastung auf. Dies beruht darauf, daß der Arbeitszeitbedarf in den konventionellen Vergleichsbetrieben mit zunehmender Anlagenauslastung genauso stark sinkt wie in den automatisch melkenden Betrieben. Lediglich bei Herden mit weniger als 70 Kühen nimmt das Ausmaß der Zeiteinsparungen mit steigender Anlagenauslastung ab, da hier der Arbeitszeitbedarf in den konventionellen Betrieben stärker sinkt als in den automatisch melkenden Betrieben [vgl. Abbildung 13].

Im Gegensatz zur Anlagenauslastung hat die Anlagengröße deutlichen Einfluß auf den Umfang der Arbeitszeiteinsparungen. Bei beiden Systemvarianten nehmen die Arbeitszeiteinsparungen mit steigender Anlagengröße ab. Die Ursache ist, daß der tierbezogene Arbeitszeitbedarf bei automatischen Melkssystemen nahezu unabhängig von der Anlagengröße ist, während der Arbeitszeitbedarf bei konventionellen Melkssystemen infolge einer umfangreicheren Ausstattung mit zunehmender Anlagengröße geringer wird [vgl. Abbildung 13].

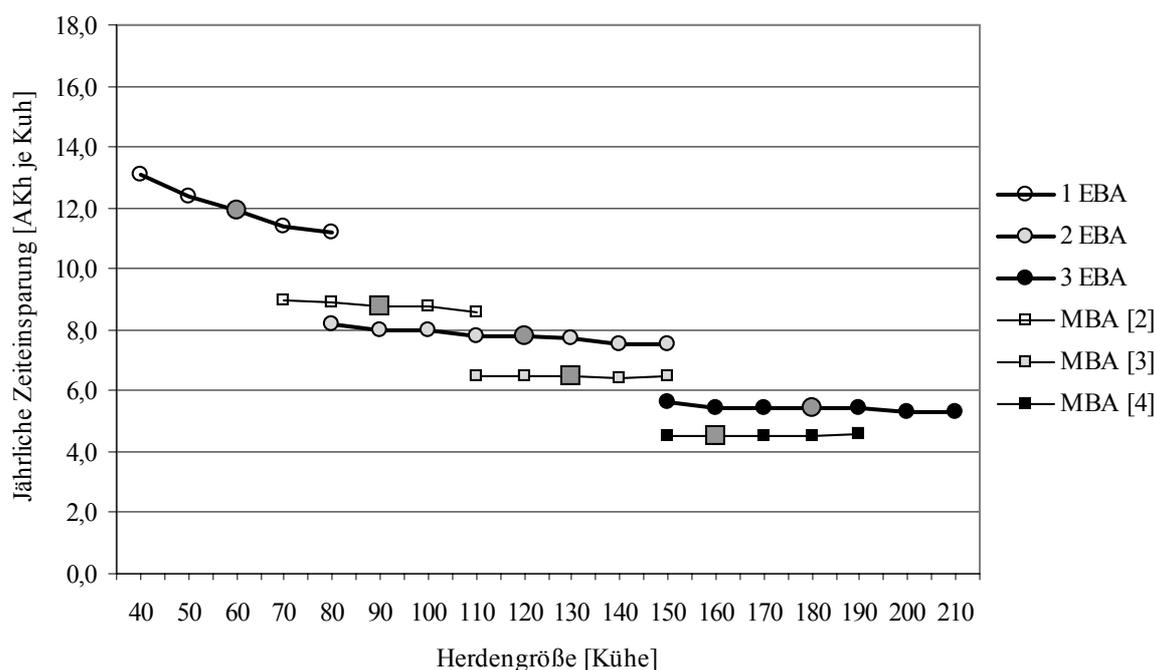


Abbildung 23: Arbeitszeiteinsparung in automatisch melkenden Betrieben <sup>1</sup>

Die in Abbildung 23 dargestellten Daten lassen ferner eindeutige Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der Zeiteinsparung und der Systemvariante erkennen. Es zeigt sich, daß von

<sup>1</sup> Die hervorgehobenen Datenpunkte kennzeichnen die in dieser Arbeit als Standard angenommenen Kuhzahlen; vgl. Tabelle 72

Einboxenanlagen pro Kuh grundsätzlich mehr Arbeitszeit freigesetzt wird als von Mehrboxenanlagen. So liegt bei Herden von 100-130 Kühen die Zeitersparnis von Einboxenanlagen um ca. 1,3 AKh bzw. 20 % über der von Mehrboxenanlagen. Diese Unterschiede haben ihre Ursache darin, daß in Einboxenanlagen mehr Kühe je Melkbox gemolken werden, wodurch pro Kuh ein geringerer Zeitbedarf für anlagenbezogene Arbeiten besteht.

### 7.3 Erforderlicher Lohnansatz zum Ausgleich der Mehrkosten

#### 7.3.1 Einfluß der Herdengröße

Wie eingehend erläutert, stehen den Mehrkosten automatischer Melkanlagen teils erhebliche Arbeitszeiteinsparungen gegenüber. Somit ist ein wirtschaftlicher Ausgleich der Mehrkosten möglich, wenn die freigesetzte Arbeitszeit zum alternativen Einkommenserwerb genutzt bzw. entsprechend hoch bewertet wird. Der zum Kostenausgleich erforderliche Lohnansatz ergibt sich, indem die Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen des automatischen Melksystems zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Sollen etwaige Milchleistungssteigerungen berücksichtigt werden, sind die leistungsbedingten Deckungsbeitragssteigerungen von den Mehrkosten abzuziehen. Formel 5 faßt diese Grundlagen zusammen.

$$\text{LS} = (\Delta K - \Delta \text{DB}_{\text{ML}}) / \Delta \text{AKh} = (\Delta K - \Delta \text{ML} * \text{GDB}) / \Delta \text{AKh}$$

Formel 5: Erforderlicher Lohnansatz <sup>1</sup>

Die sich gemäß Formel 5 bei unveränderten Milchleistungen ergebenden Lohnansätze stellt Abbildung 24 dar. Auch hier werden, ebenso wie bei den Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen, die als Kapazitätsgrenzen ermittelten Kuhzahlen und davon abweichende Werte berücksichtigt. Der Grund für diese Vorgehensweise ist, daß die Melkleistungen automatischer Melksysteme je nach Milchleistungen, Milchflußraten, Rüstzeiten, Melkhäufigkeit und täglicher Betriebsdauer große Spannweiten aufweisen. Aus Abbildung 24 geht hervor, daß die erforderlichen Lohnansätze eine annähernd lineare Abhängigkeit von der Herdengröße aufweisen. Mit steigenden Kuhzahlen gehen die erforderlichen Lohnansätze zurück, da die Mehrkosten der automatischen Melksysteme bei steigenden Kuhzahlen nahezu linear sinken [vgl. Abbildung 21], während das Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen annähernd konstant bleibt [vgl. Abbildung 23]. Auffällig ist, daß zwischen Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen mit gleichen Kapazitätsgrenzen nahezu keine Unterschiede bezüglich des erforderlichen Lohnansatzes bestehen. Die Ursache für diese Verhältnisse ist darin zu sehen, daß die Mehrkosten

---

<sup>1</sup> LS = Lohnansatz;  $\Delta K$  = Mehrkosten;  $\Delta \text{DB}_{\text{ML}}$  = Deckungsbeitragssteigerung durch höhere Milchleistungen;  $\Delta \text{AKh}$  = Arbeitszeiteinsparungen;  $\Delta \text{ML}$  = Milchleistungssteigerungen; GDB = Grenzdeckungsbeitrag

und Arbeitszeiteinsparungen beider Systemvarianten in annähernd gleichem Maßstab voneinander abweichen.

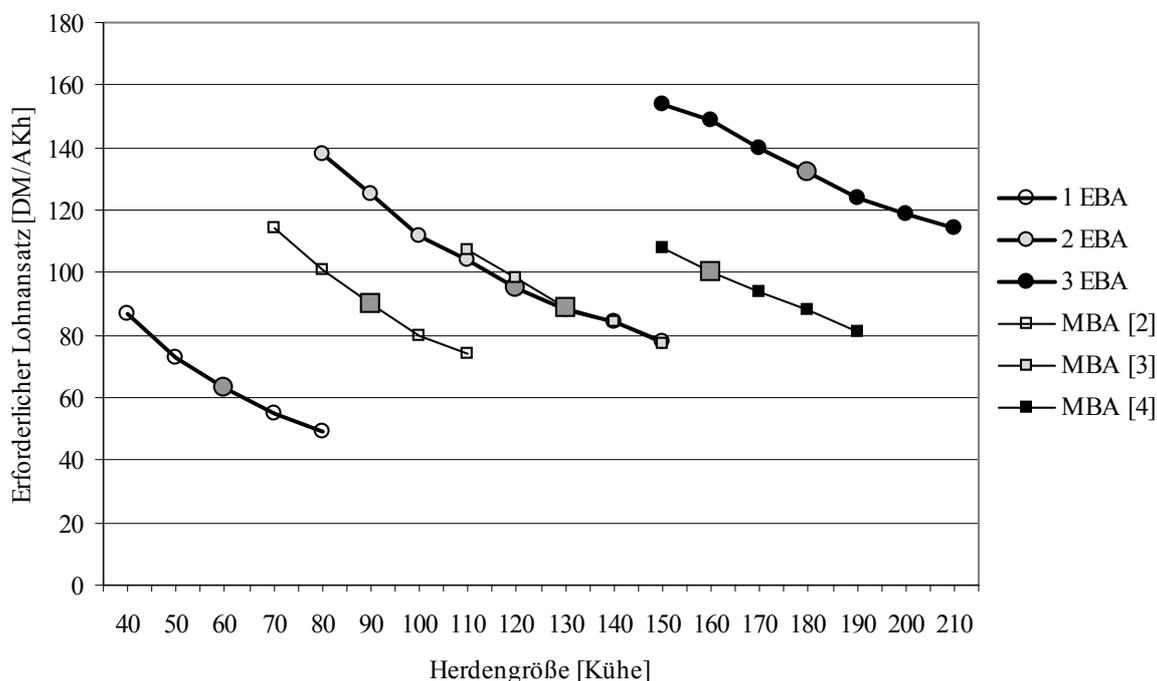


Abbildung 24: Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der Herdengröße <sup>1</sup>

Die in Abbildung 24 dargestellten Daten lassen ferner erkennen, daß die erforderlichen Lohnansätze bei Einboxenanlagen um so höher sind, je mehr Anlagen in einem Betrieb vorhanden sind. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei steigender Anzahl der Melkeinheiten die pro Kuh anfallenden Mehrkosten nur geringfügig sinken, während das Ausmaß der Arbeitszeiteinsparung deutlich zurückgeht. Bei Mehrboxenanlagen zeigen sich andere Zusammenhänge. Hier ist der erforderliche Lohnansatz nahezu unabhängig von der Anzahl der Melkplätze, da sich Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparung mit der Anlagengröße in annähernd gleichem Maße ändern.

### 7.3.2 Einfluß der Arbeitszeiteinsparungen

Aus Formel 5 geht hervor, daß das Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen entscheidenden Einfluß auf die Höhe der zum Mehrkostenausgleich erforderlichen Lohnansätze hat. Da gleichzeitig festzustellen ist, daß die Höhe der Arbeitszeiteinsparungen momentan nur geschätzt werden kann, wird im folgenden untersucht, wie stark sich die erforderlichen Lohnansätze

<sup>1</sup> Die hervorgehobenen Datenpunkte kennzeichnen die in dieser Arbeit als Standard angenommenen Kuhzahlen; Etwaige Milchleistungssteigerungen wurden nicht berücksichtigt; EBA = Einboxenanlage; MBA [x] = Mehrboxenanlage mit x Melkplätzen; vgl. Tabelle 81

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

ändern, wenn automatische Melksysteme mehr Arbeitszeit freisetzen, als bislang in dieser Arbeit angenommen. Wie aus Tabelle 49 zu ersehen ist, gehen die erforderlichen Lohnansätze bei allen Anlagen mit steigendem Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen deutlich zurück. Ein Vergleich der Werte, die sich für beide Systemvarianten bei annähernd gleich großen Herden ergeben, zeigt, daß zwischen Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen nur geringe Unterschiede bestehen. So sinken die erforderlichen Lohnansätze bei 120 bzw. 130 Kühen im Extremfall mit 37 bzw. 39 DM/AKh nahezu gleich stark. Ursache für diese Verhältnisse ist, daß die bislang berechneten Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen beider Systemvarianten ein annähernd gleiches Verhältnis zueinander aufweisen.

Tabelle 49: Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der eingesparten Arbeitszeit

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Mehrkosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>1</sup>		751	741	711	793	578	449
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>2</sup>		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Erforderlicher Lohnansatz [DM/Akh]		63	95	132	90	89	100
Erforderlicher Lohnansatz [DM/Akh] bei einer zusätzlichen Zeiteinsparung pro Kuh und Jahr von <sup>3</sup>	1,0 AKh	58	84	111	81	77	82
	2,0 AKh	54	76	96	73	68	69
	3,0 AKh	50	69	85	67	61	60
	4,0 AKh	47	63	76	62	55	53
	5,0 AKh	44	58	68	57	50	47

Im Gegensatz zur Systemvariante hat die Anzahl der Melkeinheiten sowohl bei Einboxenanlagen als auch bei Mehrboxenanlagen entscheidenden Einfluß auf die Auswirkungen höherer Arbeitszeiteinsparungen. Wie Tabelle 49 zu entnehmen ist, gehen die erforderlichen Lohnansätze je zusätzlich eingesparter AKh bei großen Anlagen stärker zurück als bei kleinen Anlagen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten automatischer Melkanlagen mit deren Größe abnehmen. Infolge dieser Verhältnisse werden die zunächst beachtlichen wirtschaftlichen Unterschiede der verschiedenen großen Anlagen mit zunehmendem Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen geringer. Zusammenfassend ist festzustellen, daß das Ausmaß der von automatischen Melksystemen eingesparten Arbeitszeit von entscheidender Bedeutung für deren Wirtschaftlichkeit ist.

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer [vgl. Tabelle 80]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 72

<sup>3</sup> vgl. Formel 5; Milchleistungssteigerung: 0 kg

### 7.3.3 Einfluß von Milchleistungssteigerungen

Neben der Herdengröße und der Höhe der Arbeitszeiteinsparungen haben, wie aus Formel 5 abzuleiten ist, auch eventuelle Milchleistungssteigerungen entscheidenden Einfluß auf die benötigten Lohnansätze. Die diesbezüglichen Zusammenhänge werden im folgenden anhand der Daten untersucht, die sich für die in dieser Arbeit angenommenen Kapazitätsgrenzen der automatischen Melksysteme ergeben. Tabelle 50 faßt die entsprechenden Werte zusammen.

Tabelle 50: Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit von Milchleistungssteigerungen

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Mehrkosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>1</sup>		751	741	711	793	578	449
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>2</sup>		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Erforderlicher Lohnansatz [DM/Akh] bei einem Milchleistungsanstieg je Kuh und Jahr von <sup>3</sup>	0 kg	63	95	132	90	89	100
	250 kg	58	88	121	84	80	87
	500 kg	54	80	111	77	72	75
	750 kg	49	73	100	71	63	62
	1.000 kg	44	66	90	64	54	49
	1.250 kg	39	59	79	58	45	37
	1.500 kg	35	51	69	52	37	24
Rückgang des Lohnansatzes je 100 kg Leistungssteigerung [DM/Akh]		1,90	2,90	4,19	2,57	3,48	5,03

Ein Vergleich der Daten zeigt, daß die erforderlichen Lohnansätze bei Mehrboxenanlagen mit zunehmenden Leistungssteigerungen stärker zurückgehen als bei Einboxenanlagen. So ist bei 130 Kühen für Mehrboxenanlagen je 100 kg Milchleistungssteigerung ein Rückgang der erforderlichen Lohnansätze von 3,48 DM pro AKh zu verzeichnen, während sich der Wert für Einboxenanlagen bei annähernd gleicher Kuhzahl nur auf 2,90 DM je AKh beläuft. Diese Abweichungen sind auf das unterschiedliche Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen zurückzuführen. Letzteres führt dazu, daß die durch Mehrleistungen bedingten Deckungsbeitragssteigerungen bei Mehrboxenanlagen auf eine geringere Anzahl freigesetzter Arbeitsstunden zu verteilen sind [vgl. Formel 5]. Aus demselben Grund führen Milchleistungssteigerungen bei großen Melkanlagen zu einem stärkeren Rückgang der erforderlichen Lohnansätze als bei kleinen Anlagen. Die hier beschriebenen Verhältnisse zeigen, daß Milchleistungssteigerungen bei

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer [vgl. Tabelle 80]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 72

<sup>3</sup> vgl. Formel 5 ; Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM je kg Milch

Mehrboxenanlagen zu einer stärkeren Zunahme der Wirtschaftlichkeit führen als bei Einboxenanlagen. Gleiches gilt für große Anlagen im Vergleich zu kleinen Anlagen.

## 7.4 Erforderliche Milchleistungssteigerungen

### 7.4.1 Einfluß des Grenzdeckungsbeitrags

Für einen Ausgleich der Mehrkosten automatischer Melksysteme muß die Erhöhung des Deckungsbeitrags, die sich infolge von Leistungssteigerungen ergibt, mindestens so hoch sein wie die Mehrkosten des automatischen Melksystems abzüglich der eingesparten Arbeitskosten. Dabei ist zu beachten, daß sich die Erhöhung des Deckungsbeitrags aus der Leistungssteigerung und dem Grenzdeckungsbeitrag der zusätzlich erzeugten Milch ergibt, während die eingesparten Arbeitskosten aus dem verminderten Arbeitszeitbedarf und dem gewählten Lohnansatz resultieren. Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die in Formel 6 dargestellte Gleichung zur Berechnung der erforderlichen Milchleistungssteigerungen.

$$\Delta ML * GDB = \Delta K - \Delta AKh * LS \Rightarrow \Delta ML = (\Delta K - \Delta AKh * LS) / GDB$$

Formel 6: Erforderliche Milchleistungssteigerungen <sup>1</sup>

Wie aus Formel 6 hervorgeht, hat der Grenzdeckungsbeitrag der Milchproduktion Einfluß auf die Höhe der erforderlichen Milchleistungssteigerungen. Daher werden im folgenden die Auswirkungen untersucht, die sich ergeben, wenn statt des in dieser Arbeit als Standard verwendeten Grenzdeckungsbeitrags von 22,63 Pf/kg ein anderer Wert angesetzt wird. Abbildung 25 ist zu entnehmen, daß die erforderlichen Milchleistungssteigerungen eine annähernd lineare Abhängigkeit vom Grenzdeckungsbeitrag aufweisen. Ferner ist zu erkennen, daß sich die erforderlichen Milchleistungssteigerungen absolut gesehen um so stärker ändern, je höher die Mehrkosten der automatischen Melkanlagen sind. So sinken die erforderlichen Milchleistungssteigerungen einer Mehrboxenanlage mit zwei Melkplätzen und jährlichen Mehrkosten von 793 DM/Kuh um 441 kg je Kuh und Jahr, wenn der Grenzdeckungsbeitrag statt mit 20,0 Pf/kg mit 22,5 Pf/kg angesetzt wird. Bei einer Mehrboxenanlage mit vier Melkplätzen, deren jährliche Mehrkosten sich nur auf 449 DM pro Kuh belaufen, gehen die benötigten Leistungssteigerungen dagegen lediglich um 249 kg je Kuh und Jahr zurück. Auf Grund dieser Zusammenhänge werden die zwischen den verschiedenen Anlagen bestehenden Unterschiede mit steigenden Grenzdeckungsbeiträgen geringer.

---

<sup>1</sup>  $\Delta ML$  = Milchleistungsdifferenz;  $GDB$  = Grenzdeckungsbeitrag der zusätzlich erzeugten Milch;  $\Delta K$  = Mehrkosten des automatischen Melksystems;  $\Delta AKh$  = Differenz des Arbeitszeitbedarfs;  $LS$  = Lohnansatz;

Der prozentuale Rückgang der erforderlichen Milchleistungssteigerungen ist hingegen bei allen Anlagen gleich groß. Er nimmt mit steigendem Niveau der Grenzdeckungsbeiträge ab. Insgesamt ist festzustellen, daß der Grenzdeckungsbeitrag entscheidenden Einfluß auf die Höhe der benötigten Milchleistungssteigerungen und somit auch auf die Wettbewerbsfähigkeit des automatischen Melkens hat.

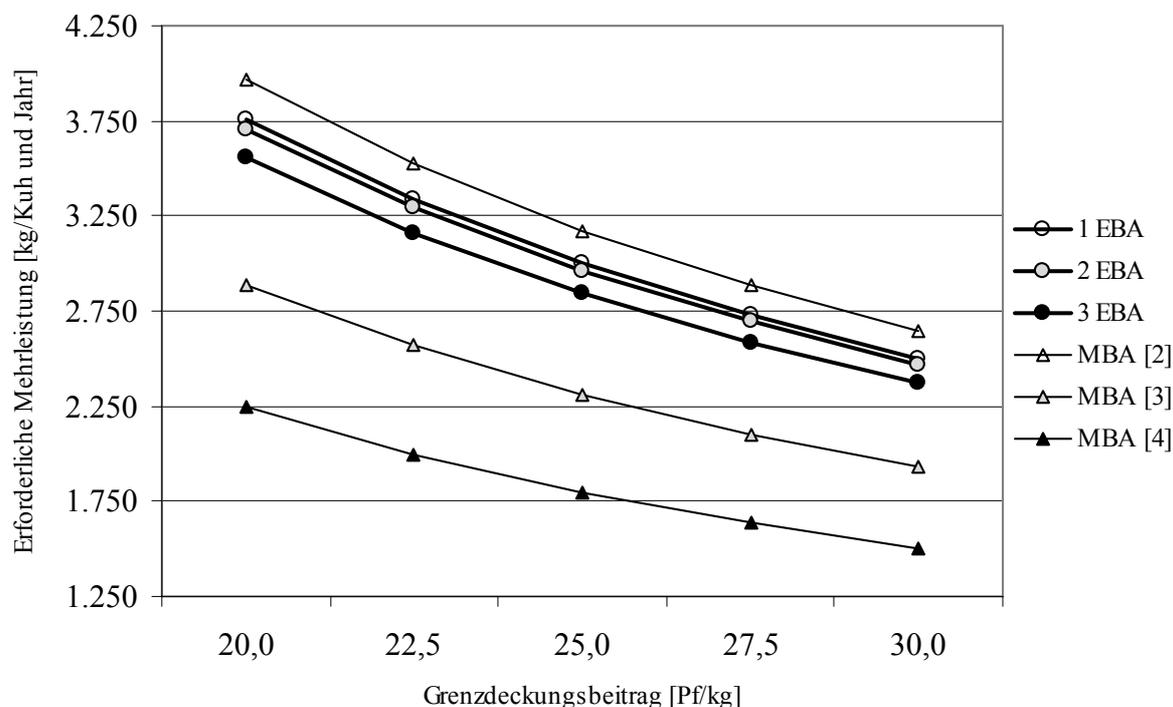


Abbildung 25: Erforderliche Milchleistungssteigerungen in Abhängigkeit des Grenzdeckungsbeitrags<sup>1</sup>

#### 7.4.2 Einfluß des Lohnansatzes

Aus Formel 6 ist abzuleiten, daß die pro Kuh und Jahr benötigten Milchleistungssteigerungen auch vom gewählten Lohnansatz abhängen. Die diesbezüglichen Zusammenhänge werden im folgenden anhand der Daten erläutert, die sich für die in dieser Arbeit unterstellten Kapazitätsgrenzen ergeben. Wie Tabelle 51 zu entnehmen ist, gehen die erforderlichen Mehrleistungen bei Einboxenanlagen mit steigendem Lohnansatz stärker zurück als bei Mehrboxenanlagen. So verringern sich die benötigten Milchleistungssteigerungen in Betrieben mit 120 Kühen und zwei Einboxenanlagen je 10 DM Lohnansatz um 345 kg je Kuh und Jahr, während sich der entsprechende Wert für Betriebe mit 130 Kühen und einer Mehrboxenanlage nur auf 287 kg je Kuh und Jahr beläuft. Ursache für diese Verhältnisse ist, daß Einboxenanlagen nicht

<sup>1</sup> Lohnansatz: 0 DM/AKh; EBA = Einboxenanlage; MBA [x] = Mehrboxenanlage mit x Melkplätzen; vgl. Tabelle 86; In dieser Arbeit verwendeter Grenzdeckungsbeitrag: 22,63 Pf/kg

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

nur höhere Mehrkosten, sondern auch größere Arbeitszeiteinsparungen aufweisen als Mehrboxenanlagen.

Neben der Systemvariante hat, wie Tabelle 51 verdeutlicht, auch die Anzahl der Melkboxen Einfluß auf die erforderlichen Milchleistungssteigerungen. In Betrieben mit Einboxenanlagen werden die erforderlichen Leistungssteigerungen bei geringen Lohnansätzen nur wenig von der Anzahl der vorhandenen Melkeinheiten beeinflusst, da die jährlichen Mehrkosten eine geringe Spannweite aufweisen. Mit steigenden Lohnansätzen nehmen die erforderlichen Milchleistungssteigerungen jedoch je nach Anzahl der vorhandenen Melkeinheiten verschieden stark ab. Der geringste Rückgang ist für Betriebe mit drei Einboxenanlagen zu verzeichnen, da hier pro Kuh relativ wenig Arbeitszeit freigesetzt wird. Wesentlich stärker ist die Abnahme der erforderlichen Leistungssteigerungen in Betrieben mit einer einzigen Einboxenanlage ausgeprägt, da in kleineren Herden deutlich mehr Arbeitszeit je Kuh eingespart wird. Dies führt dazu, daß ab einem Lohnansatz von etwas mehr als 60 DM je Stunde sogar ein Rückgang der Milchleistungen keine wirtschaftlichen Nachteile des automatischen Melksystems zur Folge hätte.

Tabelle 51: Erforderliche Milchleistungssteigerungen zum Ausgleich der Mehrkosten automatischer Melksysteme

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Mehrkosten [DM/Kuh u. Jahr] <sup>1</sup>		751	741	711	793	578	449
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>2</sup>		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Erforderliche Milchleistungsänderung [kg pro Kuh und Jahr] bei einem Lohnansatz je AKh von <sup>3</sup>	0 DM	3.319	3.274	3.142	3.504	2.554	1.984
	20 DM	2.267	2.585	2.665	2.726	1.980	1.586
	40 DM	1.215	1.896	2.187	1.949	1.405	1.189
	60 DM	163	1.206	1.710	1.171	831	791
	80 DM	-888	517	1.233	393	256	393
Rückgang der erforderlichen Mehrleistung je 10 DM Lohnansatz		526	345	239	389	287	199

Deutlich anders als bei Einboxenanlagen ist die Situation bei Mehrboxenanlagen. Wie aus den in Tabelle 51 wiedergegebenen Daten hervorgeht, nehmen mit steigender Melkplatzzahl die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten und dadurch auch die pro Kuh und Jahr benötigten

<sup>1</sup> vgl. Abbildung 21

<sup>2</sup> vgl. Abbildung 23

<sup>3</sup> Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM/kg Milch

Milchleistungssteigerungen ab. Die diesbezüglichen Unterschiede gehen jedoch mit zunehmenden Lohnansätzen zurück. So werden für eine Mehrboxenanlage mit zwei Melkplätzen bei einem Lohnansatz von 0 DM/AKh Milchleistungssteigerungen benötigt, die den Wert einer Mehrboxenanlage mit vier Melkboxen um ca. 1.500 kg je Kuh und Jahr übersteigen. Bei einem Lohnansatz von 60 DM/AKh beträgt die entsprechende Differenz hingegen nur noch 380 kg je Kuh und Jahr. Diese Unterschiede sind darauf zurückzuführen, daß kleine Mehrboxenanlagen nicht nur höhere Mehrkosten, sondern auch höhere Arbeitszeiteinsparungen aufweisen als große Mehrboxenanlagen. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Wirtschaftlichkeit von Einboxenanlagen mit steigendem Lohnansatz stärker zunimmt als die vergleichbarer Mehrboxenanlagen. Ebenso verbessert sich die wirtschaftliche Situation kleiner Anlagen durch steigende Lohnansätze stärker als die großer Anlagen.

## 7.5 Kritische Preise automatischer Melkanlagen

### 7.5.1 Berechnungsgrundlagen

Der kritische Preis ist der Kaufpreis, bei dem zwischen automatischem und konventionellem Melksystem keine wirtschaftlichen Unterschiede bestehen. Bleiben eingesparte Arbeitszeit und eventuelle Milchleistungssteigerungen unberücksichtigt, ist der kritische Preis dort gegeben, wo die Kapital- und Unterhaltskosten der automatischen Melkanlage gleich groß sind wie die Kosten des konventionellen Melksystems abzüglich der Betriebskosten der automatischen Melkanlage sowie der Jahreskosten von Melkraum, Selektionstoren und Selektionsraum. Formel 7 stellt diese Zusammenhänge in Form einer Gleichung dar. Die sich nach dieser Gleichung ergebenden Werte werden im folgenden als kritische Kapital- und Unterhaltskosten bezeichnet.

$$\boxed{KK_{AMA} + UK_{AMA} = K_{KMS} - BK_{AMA} - K_{MR} - K_{ST} - K_{SR}}$$

Formel 7: Kritische Kapital- und Unterhaltskosten automatischer Melkanlagen <sup>1</sup>

Basierend auf den in Tabelle 78 wiedergegebenen Kosten ergeben sich gemäß Formel 7 die in Tabelle 52 dargestellten kritischen Kapital- und Unterhaltskosten. Wie zu erkennen ist, dürfen bei den in dieser Arbeit angenommenen Rahmenbedingungen die Kapital- und Unterhaltskosten automatischer Melkanlagen maximal gut 190 DM pro Kuh und Jahr betragen, wenn Arbeitszeiteinsparungen und etwaige Milchleistungssteigerungen unberücksichtigt bleiben.

---

<sup>1</sup>  $KK_{AMA}$  = Kapitalkosten der automatischen Melkanlage;  $UK_{AMA}$  = Unterhaltskosten;  $K_{KMS}$  = Kosten des konventionellen Melksystems;  $BK_{AMA}$  = Betriebskosten der automatischen Melkanlage;  $K_{MR}$  = Melkraumkosten des AMS;  $K_{ST}$  = Selektionstorkosten des AMS;  $K_{SR}$  = Selektionsraumkosten des AMS

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

Die für kleine Mehrboxenanlagen ausgewiesenen negativen Werte zeigen an, daß bei diesen Anlagen schon die vom Kapitalbedarf unabhängigen Kosten höher sind als die Gesamtkosten der konventionellen Melksysteme. Dementsprechend hätten diese Anlagen ohne Berücksichtigung der von ihnen eingesparten Arbeitskosten bzw. bewirkten Milchleistungssteigerungen gegenüber den zum Vergleich stehenden konventionellen Melksystemen selbst dann wirtschaftliche Nachteile, wenn sie keine Kapital- und Unterhaltskosten verursachen bzw. keinen Kapitalbedarf besitzen würden.

Tabelle 52: Kritische Kapital- und Unterhaltskosten automatischer Melkanlagen

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl	60	120	180	90	130	160
Vergleichsanlage <sup>1</sup>	FGM2x5	FGM 2x7	Karussell	FGM 2x6	FGM 2x7	Karussell
Kosten des KMS <sup>2</sup>	391	379	401	325	359	446
- Melkraumkosten des AMS <sup>3</sup>	39	39	39	49	42	40
- Betriebskosten des AMS	268	260	257	235	200	183
- Selektionstorkosten des AMS	7	7	7	32	22	18
- Selektionsraumkosten des AMS	13	13	13	13	13	13
= Kritische Kapital- und Unterhaltskosten	64	60	85	-4	82	192

Aus den in Tabelle 52 wiedergegebenen kritischen Kapital- und Unterhaltskosten lassen sich die kritischen Preise automatischer Melkanlagen ableiten. Dabei sind die in Formel 8 dargestellten Zusammenhänge zu berücksichtigen.

$$\boxed{KK_{AMA} + UK_{AMA} = A \cdot KWF + A \cdot UP = A \cdot (KWF + UP)}$$

Formel 8: Zusammenhänge zwischen Kapitalbedarf sowie Kapital- und Unterhaltskosten<sup>4</sup>

Durch Umstellen von Formel 8 erhält man die in Formel 9 dargestellte Gleichung zur Berechnung der kritischen Preise automatischer Melkanlagen.

$$\boxed{A = (KK_{AMA} + UK_{AMA}) / (KWF + UP)}$$

Formel 9: Kritische Preise automatischer Melkanlagen

<sup>1</sup> FGM = Fischgrätenmelkstand; Karussell mit 18 Plätzen

<sup>2</sup> KMS = Konventionelles Melksystem [vgl. Tabelle 78]

<sup>3</sup> AMS = Automatisches Melksystem [vgl. Tabelle 38 - Tabelle 42]

<sup>4</sup> A = Anschaffungswert der automatischen Melkanlage; UP = Unterhaltspauschale [%]; KWF = Kapital-Wiedergewinnungs-Faktor =  $q^N \cdot (q-1) / (q^N-1)$ , wobei  $q = (1 + \text{Kalkulationszinssatz} / 100)$  und  $N = \text{Nutzungsdauer [Jahre]}$ ; vgl. Reisch und Zeddies (1997, S.64 ff.)

Bei einem Restwert (RW) > 0 ändert sich Formel 8 zu:  $KK_{AMA} + UK_{AMA} = (A - RW \cdot q^{-N}) \cdot KWF + A \cdot UP$

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

Gemäß Formel 9 ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von acht Jahren, einem Kalkulationszinssatz von 6,0 % und einer Unterhaltspauschale von 3,0 % die in Tabelle 53 wiedergegebenen kritischen Preise. Wie die Daten zeigen, ist der kritische Preis von Mehrboxenanlagen höher als der vergleichbarer Einboxenanlagen. So liegt bei annähernd gleich großen Herden von 120 bzw. 130 Kühen der kritische Preis von Mehrboxenanlagen um 115 DM/ Kuh über dem von Einboxenanlagen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die pro Kuh anfallenden Betriebskosten von Mehrboxenanlagen geringer sind als die von Einboxenanlagen. Ebenfalls auf Grund der pro Kuh geringeren Betriebskosten sind die tierbezogenen kritischen Preise großer Anlagen höher als die kleiner Anlagen. Besonders ausgeprägt sind die diesbezüglichen Unterschiede bei Mehrboxenanlagen. So liegt der kritische Preis einer Mehrboxenanlage mit vier Melkplätzen um mehr als 1.000 DM je Kuh über dem einer Mehrboxenanlage mit zwei Melkplätzen. Hingegen beträgt die maximale Differenz der kritischen Preise verschieden großer Einboxenanlagen nur gut 130 DM je Kuh. Ursache für diese Unterschiede ist, daß der mit steigender Boxenzahl verbundene Rückgang der Betriebskosten bei Mehrboxenanlagen größer ist als bei Einboxenanlagen [vgl. Tabelle 52].

Tabelle 53: Kritische Preise automatischer Melkanlagen

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl	60	120	180	90	130	160
Kritische Kapital- und Unterhaltskosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>1</sup>	64	60	85	-4	82	192
Kritischer Preis [DM/Kuh] <sup>2</sup>	335	314	445	-21	429	1.005
Kritischer Preis, gesamt [DM]	20.100	37.680	80.100	-1.890	55.770	160.800
Tatsächlicher Preis [DM]	255.690	502.931	750.172	371.767	449.138	537.500

Da die in Tabelle 53 wiedergegebenen kritischen Preise erheblich unter den tatsächlichen Preisen automatischer Melkanlagen liegen, ist festzustellen, daß automatische Melksysteme eine deutliche Einsparung von Arbeitskosten bzw. eine starke Steigerung der Milchleistungen bewirken müssen, um im Vergleich zu konventionellen Melksystemen wirtschaftlich zu sein. Die diesbezüglichen Zusammenhänge werden im folgenden erläutert.

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 52

<sup>2</sup> vgl. Formel 9; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Nutzungsdauer: 8 Jahre; Restwert: 0 DM; Unterhalt: 3,0 %

### 7.5.2 Einfluß eingesparter Arbeitskosten

Neben den Jahreskosten der Melksysteme beeinflußt auch deren unterschiedlicher Arbeitszeitbedarf den kritischen Preis automatischer Melkanlagen. Mit der Höhe der eingesparten Arbeitskosten steigt der kritische Preis an, da sich die effektive Kostendifferenz zum konventionellen Melksystem verringert. Zur Berechnung dieses Anstiegs sind anstelle der kritischen Kapital- und Unterhaltskosten die eingesparten Arbeitskosten in Formel 9 einzusetzen, so daß sich die in Formel 10 dargestellte Gleichung ergibt.

$$\Delta A_{AK} = \Delta AK / (KWF + UP) = \Delta AKh * LS / (KWF + UP)$$

Formel 10: Änderung des kritischen Preises durch eingesparte Arbeitskosten <sup>1</sup>

Werden die gemäß Formel 10 für verschiedene Lohnansätze berechneten Steigerungen der kritischen Preise zu den in Tabelle 53 dargestellten Werten addiert, ergeben sich die in Tabelle 54 wiedergegebenen kritischen Preise.

Tabelle 54: Kritische Preise automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit des Lohnansatzes

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen			
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen	
Kuhzahl	60	120	180	90	130	160	
Zeiteinsparung [AKh je Kuh und Jahr]	11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5	
Kritischer Preis [DM pro Kuh] bei einem Lohnansatz je AKh von <sup>2</sup>	0 DM	335	314	445	-21	429	1.005
	20 DM	1.581	1.131	1.010	900	1.110	1.476
	40 DM	2.827	1.948	1.576	1.822	1.790	1.947
	60 DM	4.073	2.764	2.141	2.743	2.471	2.419
	80 DM	5.319	3.581	2.707	3.665	3.152	2.890

Die in Tabelle 54 dargestellten Daten zeigen, daß die kritischen Preise von Einboxenanlagen bei zunehmendem Lohnansatz stärker steigen als die vergleichbarer Mehrboxenanlagen. Dies ist beispielsweise daran zu erkennen, daß der kritische Preis für zwei Einboxenanlagen den kritischen Preis einer drei Melkplätze umfassenden Mehrboxenanlage bei einem Lohnansatz von 60 DM/AKh um 293 DM pro Kuh übersteigt, während sich die entsprechende Differenz bei einem Lohnansatz von 20 DM/AKh nur auf 21 DM pro Kuh beläuft. Mit weitersteigendem Lohnansatz werden diese Abweichungen noch größer. Die hier dargestellten Unterschiede beruhen auf den größeren Arbeitszeiteinsparungen der Einboxenanlagen und verdeut-

<sup>1</sup>  $\Delta A_{AK}$  = Änderung des kritischen Preises;  $\Delta AK$  = eingesparte Arbeitskosten; KWF = Kapital-Wiedergewinnungs-Faktor; UP = Unterhaltspauschale;  $\Delta AKh$  =Arbeitszeitdifferenz; LS = Lohnansatz

<sup>2</sup> Werte für 0 DM: vgl. Tabelle 53; übrige Werte = Kritischer Preis bei 0 DM + Werte gemäß Formel 10 (Nutzungsdauer der automatischen Melkanlage:8 Jahre; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Unterhaltspauschale: 3,0 %)

lichen, daß die Wirtschaftlichkeit von Einboxenanlagen durch das Niveau der Lohnansätze stärker beeinflußt wird als die Wirtschaftlichkeit von Mehrboxenanlagen.

Ebenfalls wegen der pro Kuh höheren Arbeitszeiteinsparungen steigt bei kleinen Anlagen der zunächst geringere kritische Preis mit zunehmendem Lohnansatz stärker als bei großen Anlagen. So liegt der kritische Preis von Mehrboxenanlagen mit zwei Melkplätzen bei einem Lohnansatz von 0 DM/AKh um 450 DM pro Kuh unter dem kritischen Preis von Mehrboxenanlagen mit drei Melkplätzen. Hingegen weisen die Anlagen mit zwei Melkplätzen bei einem Lohnansatz von 40 DM/AKh einen um gut 32 DM pro Kuh höheren kritischen Preis auf als die Anlage mit drei Melkboxen. Bei einem Lohnansatz von 80 DM/AKh beläuft sich die entsprechende Differenz sogar auf gut 500 DM pro Kuh zugunsten der kleinen Mehrboxenanlage. Diese Daten bestätigen, daß die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme mit steigendem Lohnansatz um so stärker zunimmt, je weniger Melkeinheiten das gesamte Melksystem umfaßt.

### 7.5.3 Einfluß von Milchleistungssteigerungen

Auch infolge der auf höheren Milchleistungen beruhenden Deckungsbeitragssteigerungen nimmt der kritische Preis automatischer Melkanlagen zu. Analog zur Berechnung des Anstiegs der kritischen Preise, der aus eingesparten Arbeitskosten resultiert [vgl. Formel 10], ist der Einfluß, den Milchleistungssteigerungen auf den kritischen Preis haben, nach Formel 11 zu berechnen.

$$\Delta A_{ML} = \Delta DB_{ML} / (KWF + UP) = \Delta ML * GDB / (KWF + UP)$$

Formel 11: Änderung der kritischen Preise automatischer Melkanlagen infolge von Milchleistungssteigerungen<sup>1</sup>

Gemäß Formel 11 ergeben sich zwischen Milchleistungssteigerungen und kritischen Preisen die in Abbildung 26 dargestellten Zusammenhänge. Wie der Darstellung zu entnehmen ist, steigen die kritischen Preise automatischer Melkanlagen proportional zu den von ihnen bewirkten Milchleistungssteigerungen. So beträgt die Erhöhung des kritischen Preises bei einer Milchleistungssteigerung von 500 kg je Kuh und Jahr 590 DM je Kuh, während bei einer Milchleistungssteigerung von 1.000 kg je Kuh und Jahr ein doppelt so hoher Anstieg des kritischen Preises zu verzeichnen ist. Mithin ist festzustellen, daß die kritischen Preise je kg

---

<sup>1</sup>  $\Delta A_{ML}$  = Erhöhung des kritischen Preises durch Milchleistungssteigerungen;  $\Delta DB_{ML}$  = Deckungsbeitragssteigerung infolge gesteigerter Milchleistungen;  $\Delta ML$  = Milchleistungssteigerung;  $GDB$  = Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch;  $KWF$  = Kapital-Wiedergewinnungs-Faktor;  $UP$  = Unterhaltungspauschale

Mehrleistung um 1,18 DM steigen. Dieser Anstieg der kritischen Preise, der unabhängig von Systemvariante und Anlagengröße ist, belegt, daß die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme deutlich von dem Ausmaß etwaiger Milchleistungssteigerungen abhängt.

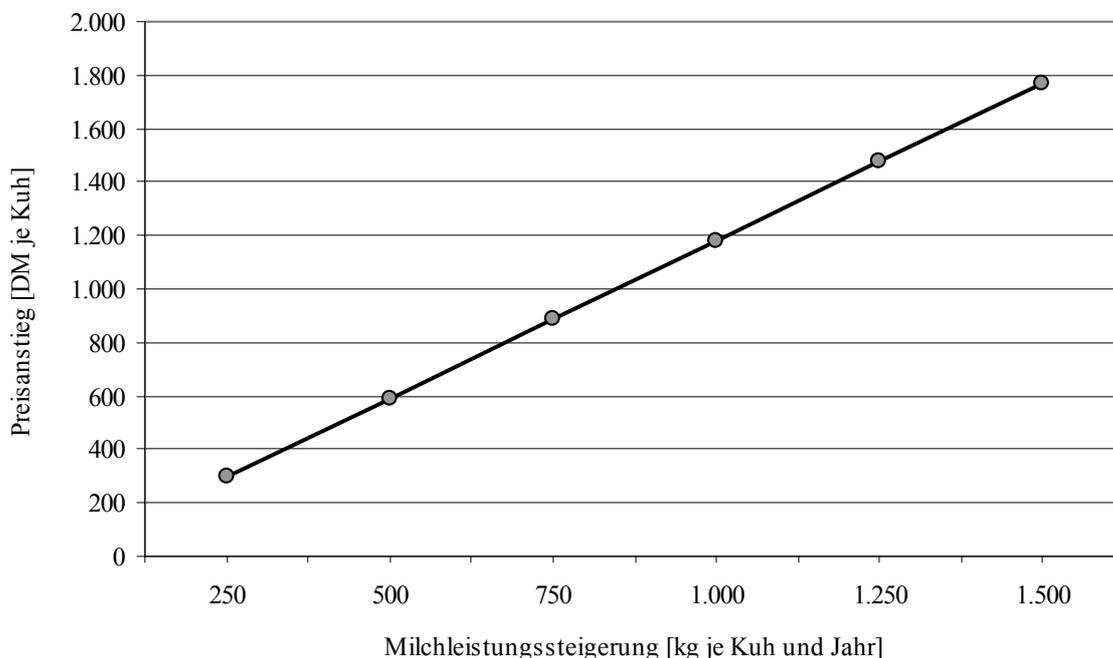


Abbildung 26: Einfluß von Milchleistungssteigerungen auf die kritischen Preise <sup>1</sup>

#### 7.5.4 Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen

Im folgenden werden die kritischen Preise, die sich bei gleichzeitiger Berücksichtigung von freigesetzter Arbeitszeit und Leistungssteigerungen ergeben, analysiert. Dabei wird der Lohnansatz mit 40 DM je AKh konstant gehalten, während die angenommenen Leistungssteigerungen variieren. Das Lohnniveau von 40 DM je AKh wurde gewählt, da dies in der Regel die Obergrenze alternativer Einkommensmöglichkeiten markieren dürfte. Formel 12 stellt die Gleichung zur Berechnung kritischer Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigener Milchleistungen dar.

$$A_{AK,ML} = A + \Delta A_{AK} + \Delta A_{ML}$$

Formel 12: Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Unterhaltspauschale: 3,0 %; Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM/kg Milch; vgl. Tabelle 87

<sup>2</sup>  $A_{AK,ML}$  = Kritischer Preis bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigerter Milchleistungen; A = Kritischer Preis ohne Berücksichtigung dieser Parameter [vgl. Formel 9];  $\Delta A_{AK}$  = Erhöhung des kritischen Preises durch eingesparte Arbeitskosten [vgl. Formel 10];  $\Delta A_{ML}$  = Erhöhung des kritischen Preises durch gesteigerte Milchleistungen [vgl. Formel 11]

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

Die sich gemäß Formel 12 für unterschiedlich hohe Milchleistungssteigerungen ergebenden kritischen Preise sind in Tabelle 55 zusammengefaßt. Wie den Daten zu entnehmen ist, liegen die kritischen Preise von Einboxenanlagen bei Herden von 120 Kühen und einem Lohnansatz von 40 DM/AKh um gut 150 DM je Kuh über denen, die sich bei annähernd gleich großen Herden für Mehrboxenanlagen ergeben. Folglich sind Einboxenanlagen unter diesen Bedingungen wirtschaftlicher als Mehrboxenanlagen. Ursache für diese Verhältnisse sind die größeren Arbeitszeiteinsparungen der Einboxenanlagen.

Weiterhin ist zu erkennen, daß die tierbezogenen kritischen Preise und folglich die Wirtschaftlichkeit bei Einboxenanlagen mit zunehmender Anzahl der Melkeinheiten sinken. Der Grund ist, daß bei dieser Systemvariante die Arbeitszeiteinsparungen stärker zurückgehen als die Betriebskosten. Obwohl auch bei Mehrboxenanlagen das Ausmaß der pro Kuh und Jahr erzielten Arbeitszeiteinsparungen mit der Anzahl der Melkeinheiten zurückgeht, sind hier die tierbezogenen kritischen Preise annähernd unabhängig von der Anlagengröße. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei Mehrboxenanlagen auch die Betriebskosten mit steigender Melkplatzzahl beachtlich sinken.

Tabelle 55: Kritische Preise bei gleichzeitiger Berücksichtigung eingesparter Arbeitskosten und gesteigener Milchleistungen

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Zeiteinsparung [AKh/ Kuh und Jahr]		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Kritische Preise [DM/Kuh] bei einem Leistungsanstieg je Kuh und Jahr von <sup>1</sup>	0 kg	2.827	1.948	1.576	1.822	1.790	1.947
	500 kg	3.417	2.538	2.166	2.412	2.380	2.537
	1.000 kg	4.007	3.128	2.756	3.002	2.970	3.127
	1.500 kg	4.597	3.718	3.346	3.592	3.560	3.717

<sup>1</sup> Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM/kg Milch; Lohnansatz: 40 DM/AKh; Werte für 0 kg: vgl. Tabelle 54; übrige Werte = Kritischer Preis bei 0 kg + Werte gemäß Formel 11

### 7.5.5 Erforderliche Preisänderungen

Aus den in Tabelle 55 wiedergegebenen kritischen Preisen und dem aktuellen Preisniveau automatischer Melkanlagen läßt sich ableiten, wie stark die Marktpreise sinken müssen, damit die automatischen Melkanlagen gegenüber konventionellen Melkanlagen keine wirtschaftlichen Nachteile aufweisen. Formel 13 stellt die für diese Kalkulationen erforderlichen Grundlagen dar.

$$\Delta KP [\%] = (A - KP) * 100 / KP$$

Formel 13: Erforderliche Preisänderung automatischer Melkanlagen <sup>1</sup>

Gemäß Formel 13 ergeben sich bei einem Lohnansatz von 40 DM/AKh je nach erwarteter Milchleistungssteigerung die in Tabelle 56 wiedergegebenen Werte. Es zeigt sich, daß die Marktpreise der untersuchten Anlagen bei den in dieser Arbeit unterstellten Rahmenbedingungen deutlich sinken müssen, wenn es durch das automatische Melken nicht zu beachtlichen Milchleistungssteigerungen kommt. Bei annähernd gleich großen Herden von 120 bzw. 130 Kühen erfordern Mehrboxenanlagen einen etwas weniger starken Preisrückgang als Einboxenanlagen. Folglich besitzen Mehrboxenanlagen hier leichte Wettbewerbsvorteile. Diese nehmen mit steigender Anlagengröße weiter zu. Hingegen sind bei kleineren Herden Wettbewerbsvorteile für Einboxenanlagen zu erkennen, deren Marktpreise bei 60 Kühen und Milchleistungssteigerungen von mehr als 1.000 kg je Kuh und Jahr sogar steigen könnten, ohne Nachteile gegenüber konventionellen Melksystemen zu erleiden.

Tabelle 56: Erforderliche Preisänderung automatischer Melkanlagen <sup>2</sup>

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Aktueller Kaufpreis [DM/Kuh]		4.262	4.191	4.168	4.131	3.455	3.359
Erforderliche Preisänderung [%] bei einem Leistungsanstieg je Kuh und Jahr von <sup>3</sup>	0 kg	-34	-54	-62	-56	-48	-42
	500 kg	-20	-39	-48	-42	-31	-24
	1.000 kg	-6	-25	-34	-27	-14	-7
	1.500 kg	8	-11	-20	-13	3	11

Die in Tabelle 56 wiedergegebenen Daten lassen zudem erkennen, daß die Zusammenhänge zwischen Anlagengröße und erforderlicher Preisänderung bei Ein- und Mehrboxenanlagen

<sup>1</sup> ΔKP = Erforderliche Preisänderung; A = Kritischer Preis; KP = Aktueller Kaufpreis

<sup>2</sup> Lohnansatz: 40 DM/AKh

<sup>3</sup> = (Kritischer Preis aus Tabelle 55 - Aktueller Preis) \* 100 / Aktueller Preis; vgl. Formel 13

verschieden sind. Bei Einboxenanlagen nimmt die Höhe des erforderlichen Preisrückgangs mit steigender Boxenzahl zu. Dies beruht darauf, daß die tierbezogenen kritischen Preise von Einboxenanlagen mit steigender Anzahl der in einem Betrieb vorhandenen Melkanlagen sinken [vgl. Tabelle 55], während der pro Kuh bestehende Kapitalbedarf annähernd konstant ist. Konträre Verhältnisse liegen bei Mehrboxenanlagen vor. Hier sind bei einem Lohnansatz von 40 DM pro Stunde die tierbezogenen kritischen Preise annähernd unabhängig von der Anlagengröße, während der pro Kuh bestehende Kapitalbedarf mit steigender Anzahl der Melkboxen deutlich sinkt. Folglich sind die erforderlichen Preisänderungen bei Mehrboxenanlagen um so kleiner, je größer die Herden bzw. Melkanlagen sind. Die hier geschilderten Zusammenhänge verdeutlichen, daß Einboxenanlagen in Betrieben mit bis zu ca. 60 Kühen Wettbewerbsvorteile besitzen, während Mehrboxenanlagen besonders in Betrieben mit mehr als 120 Kühen vorzuziehen sind.

## 7.6 Kritische Kuhzahlen

Wie eingehend erläutert wurde, sinken die pro Kuh anfallenden Mehrkosten automatischer Melkanlagen mit deren Auslastung [vgl. Abbildung 21]. Dagegen ist das Ausmaß der pro Kuh erzielten Arbeitszeiteinsparungen weitgehend unabhängig von der Anlagenauslastung [vgl. Abbildung 23]. Gänzlich unabhängig von der Kuhzahl ist die Höhe etwaiger Milchleistungssteigerungen. Folglich können die Mehrkosten automatischer Melkanlagen kompensiert werden, wenn es gelingt, pro Melkeinheit ausreichend viel Kühe zu melken. Zur Berechnung dieser kritischen Kuhzahl sind die Mehrkosten der automatischen Melksysteme den von ihnen eingesparten Arbeitskosten und den auf Milchleistungssteigerungen beruhenden Deckungsbeitragssteigerungen gegenüberzustellen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die Mehrkosten automatischer Melkanlagen aus einem fixen Anteil und aus einem proportionalen Anteil zusammensetzen. Formel 14 stellt die sich aus diesen Zusammenhängen ergebende Gleichung zur Berechnung der kritischen Kuhzahlen dar.

$$\begin{aligned} \mathbf{MK_F + MK_{PR} * X} &= \mathbf{(\Delta ML * GDB + \Delta AKh * LS) * X} \\ \Rightarrow \mathbf{X} &= \mathbf{MK_F / (\Delta ML * GDB + \Delta AKh * LS - MK_{PR})} \end{aligned}$$

Formel 14: Kritische Kuhzahlen <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> MK<sub>F</sub> = Fixe Mehrkosten; MK<sub>PR</sub> = Proportionale Mehrkosten; X = Kuhzahl; ΔML = Milchleistungssteigerung pro Kuh; GDB = Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch; ΔAKh = Arbeitszeiteinsparung pro Kuh; LS = Lohnansatz

## Wirtschaftlichkeitsvergleich

Im folgenden werden gemäß Formel 14 die kritischen Kuhzahlen für unterschiedlich hohe Milchleistungssteigerungen berechnet. Dabei wird der Lohnansatz mit 40 DM pro AKh konstant gehalten. Gleiches gilt für die Arbeitszeiteinsparungen. Hier werden die Werte verwendet, die sich an den angenommenen Kapazitätsgrenzen der einzelnen Anlagen ergeben. Unter diesen Voraussetzungen weisen die einzelnen Anlagen, wie Tabelle 57 zu entnehmen ist, sehr unterschiedliche kritische Kuhzahlen auf.

Tabelle 57: Kritische Kuhzahlen automatischer Melkanlagen

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Fixe Mehrkosten [DM/Jahr] <sup>1</sup>		46.243	91.172	131.608	73.209	78.523	74.925
Proportionale Mehrkosten [DM/Kuh u. Jahr] <sup>1</sup>		-19	-19	-19	-19	-19	-19
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>2</sup>		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Angenommene maximale Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Kritische Kuhzahl bei einer Leistungssteigerung je Kuh und Jahr von <sup>3</sup>	0 kg	93	275	560	197	281	377
	250 kg	84	235	451	171	234	293
	500 kg	76	205	378	151	200	240
	750 kg	70	182	325	135	175	203
	1.000 kg	64	164	285	123	155	176

Die in Tabelle 57 wiedergegebenen Daten lassen erkennen, daß die kritischen Kuhzahlen einer Einboxenanlage deutlich unter denen der kleinsten Mehrboxenanlage liegen. So beläuft sich die kritische Herdengröße für Betriebe mit einer Einboxenanlage bei einer Milchleistungssteigerung von 500 kg je Kuh und Jahr auf 76 Kühe, während für eine Mehrboxenanlage mit zwei Melkplätzen eine kritische Kuhzahl von 151 errechnet wurde. Dies verdeutlicht, daß Einboxenanlagen in kleinen bis mittleren Herden gegenüber Mehrboxenanlagen wirtschaftliche Vorteile besitzen. Hingegen weisen Mehrboxenanlagen mit vier Melkplätzen gegenüber Betrieben mit drei Einboxenanlagen deutlich geringere kritische Kuhzahlen und somit Wettbewerbsvorteile in Großbetrieben auf.

Eine nähere Analyse der Daten zeigt, daß die kritischen Kuhzahlen einer Einboxenanlage mit der in dieser Arbeit ermittelten Kapazitätsgrenze von 60 Kühen weitgehend übereinstimmen, wenn Milchleistungssteigerungen von über 750 kg je Kuh und Jahr erzielt werden. Folglich

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 88

<sup>2</sup> Werte für die angenommenen Kapazitätsgrenzen der einzelnen Anlagen; vgl. Abbildung 23

<sup>3</sup> Lohnansatz: 40 DM/AKh; Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM/kg Milch; vgl. Formel 14

sind Einboxenanlagen in Betrieben mit 60-70 Kühen gegenüber konventionellen Melksystemen wettbewerbsfähig, wenn Alternativeinkommen von 40 DM/AKh und Milchleistungssteigerungen von mehr als 750 kg je Kuh und Jahr realisiert werden. Ähnliches gilt auch für Mehrboxenanlagen mit vier Melkplätzen. Diese weisen bei Milchleistungssteigerungen von 1.000 kg je Kuh und Jahr mit 176 Kühen eine kritische Kuhzahl auf, die der in dieser Arbeit ermittelten Melkleistung von 160 Kühen annähernd entspricht. Dagegen liegen die kritischen Kuhzahlen der übrigen Anlagen deutlich über deren jeweiligen Melkleistungen.

Da zu erwarten ist, daß sich die dargestellten Verhältnisse durch eine verlängerte Nutzungsdauer der automatischen Melkanlagen ändern, wird im folgenden untersucht, wie stark die kritischen Kuhzahlen der verschiedenen Anlagen von deren Nutzungsdauer beeinflußt werden. Dabei sind die Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und den fixen Mehrkosten automatischer Melksysteme zu berücksichtigen. Wie aus Tabelle 58 hervorgeht, sinken die fixen Mehrkosten erheblich, wenn die Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen nicht mit acht, sondern mit zwölf Jahren angesetzt wird.

Tabelle 58: Fixe Mehrkosten automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit ihrer Nutzungsdauer

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Fixe Mehrkosten [DM/Jahr]	bei 8 Jahren Nutzung <sup>1</sup>	46.243	91.172	131.608	73.209	78.523	74.925
	Diff. bei Verlängerung <sup>2</sup>	10.662	20.972	31.282	15.502	18.729	22.414
	bei 12 Jahren Nutzung	35.581	70.200	100.326	57.707	59.794	52.511

Infolge des Rückgangs der fixen Mehrkosten nehmen, wie ein Vergleich der in Tabelle 57 und Tabelle 59 wiedergegebenen Daten zeigt, auch die kritischen Kuhzahlen deutlich ab. So sinkt die kritische Herdengröße bei einer jährlichen Milchleistungssteigerung von 250 kg/Kuh für Betriebe mit einer Einboxenanlage von 84 Kühe [vgl. Tabelle 57] auf 65 Kühe. Dieser Wert stimmt mit der in dieser Arbeit ermittelten Kapazitätsgrenze von 60 Kühen so weit überein, daß das automatische Melken gegenüber dem konventionellen Melken schon bei geringfügigen Milchleistungssteigerungen wettbewerbsfähig wäre. Sollte es zu stärkeren Milchleistungssteigerungen kommen, würden sich bei den hier getroffenen Annahmen für Betriebe mit einer Einboxenanlage sogar wirtschaftliche Vorteile gegenüber dem konventionellen Mel-

---

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 88

<sup>2</sup> Verringerung der Kosten durch Verlängerung der Nutzungsdauer von acht auf zwölf Jahre [vgl. Tabelle 46]

ken ergeben. Ähnliches gilt auch für Betriebe mit großen Mehrboxenanlagen. So liegt die kritische Kuhzahl einer Mehrboxenanlage mit vier Melkplätzen bei einer Leistungssteigerung von mehr als 500 kg je Kuh und Jahr unter der in dieser Arbeit ermittelten maximalen Herdengröße von 160 Kühen. Da auch die kritischen Kuhzahlen der übrigen Anlagen bei hohen Milchleistungssteigerungen auf Werte sinken, die nahezu den in dieser Arbeit ermittelten Melkleistungen entsprechen, zeigt sich, daß das automatische Melken im Vergleich zum konventionellen Melken wettbewerbsfähig ist, wenn automatische und konventionelle Melkanlagen eine identische Nutzungsdauer haben und außerdem Alternativeinkommen von 40 DM pro AKh sowie Milchleistungssteigerungen von bis zu 1.000 kg je Kuh und Jahr realisiert werden können.

Tabelle 59: Kritische Kuhzahlen automatischer Melkanlagen bei einer Nutzungsdauer von 12 Jahren

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Fixe Mehrkosten [DM/Jahr] <sup>1</sup>		35.581	70.200	100.326	57.707	59.794	52.511
Proportionale Mehrkosten [DM/Kuh u. Jahr] <sup>2</sup>		-19	-19	-19	-19	-19	-19
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>3</sup>		11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Angenommene maximale Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Kritische Kuhzahl bei einer Leistungssteigerung je Kuh und Jahr von <sup>4</sup>	0 kg	72	212	427	156	214	264
	250 kg	65	181	344	135	178	205
	500 kg	59	158	288	119	152	168
	750 kg	54	140	248	107	133	142
	1.000 kg	49	126	217	97	118	123

## 7.7 Wirtschaftlichkeit von Herdenaufstockungen

Außerbetriebliche Möglichkeiten zur Nutzung der von automatischen Melksystemen freigesetzten Arbeitszeit sind begrenzt. Daher ist von Bedeutung, wie sich die wirtschaftliche Situation eines Betriebes entwickelt, wenn die eingesparte Arbeitszeit zur Vergrößerung des Kuhbestandes genutzt wird. Der Umfang solcher Herdenaufstockungen wird durch den Zeitbedarf, der für Melken, Stallarbeiten, Grundfutterproduktion und Kälberaufzucht anfällt, begrenzt. Einfluß auf die Rentabilität der Produktionsausweitungen haben die Erlöse,

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 58

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 88

<sup>3</sup> vgl. Abbildung 23

<sup>4</sup> Lohnansatz: 40 DM/AKh; Grenzdeckungsbeitrag: 0,2263 DM/kg Milch; vgl. Formel 14

proportionalen Spezialkosten sowie Gebäude- und Technikkosten der Milchproduktion. Letztere umfassen neben den Kosten der Melksysteme auch die Kosten von Kuh- und Kälberstall. Abbildung 27 faßt die Auswirkungen von Bestandsaufstockungen für verschiedene Modellbetriebe zusammen.

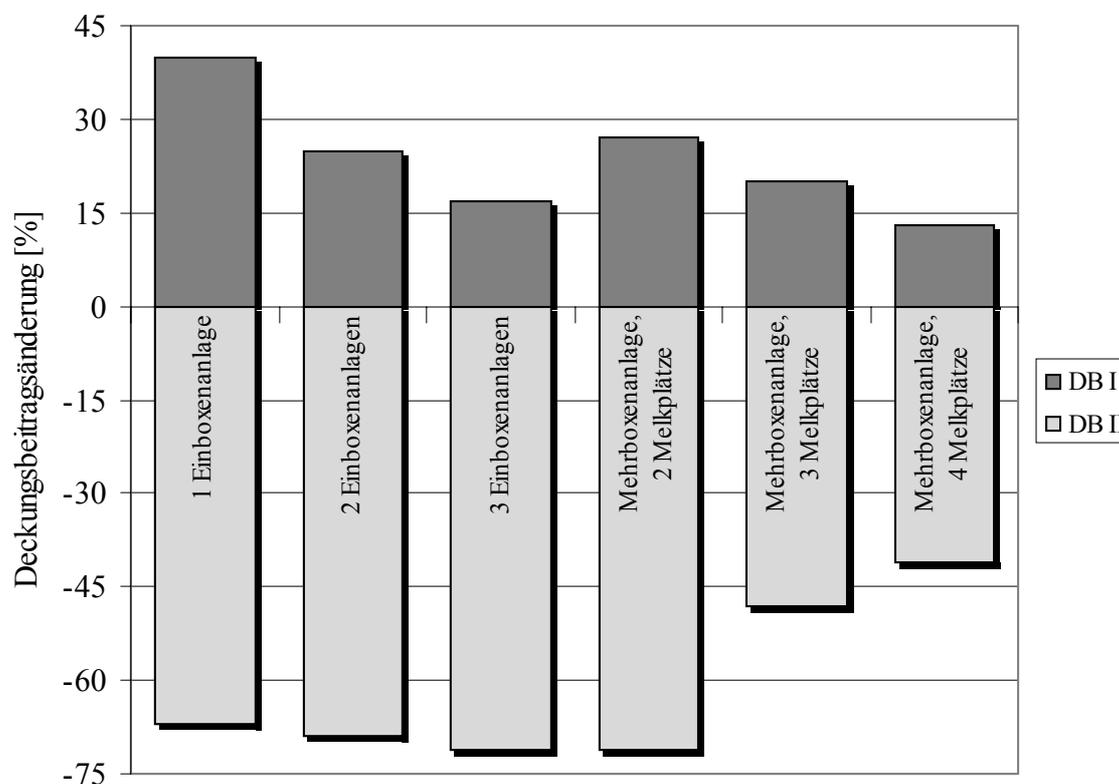


Abbildung 27: Entwicklung der Deckungsbeiträge verschiedener Modellbetriebe bei Nutzung der freigesetzten Arbeitszeit zur Aufstockung der Herde<sup>1</sup>

Bei den Abbildung 27 zugrundeliegenden Vergleichsrechnungen wurde eine vollständige Auslastung der automatischen Melkanlagen unterstellt. Basierend auf den entsprechenden Kuhzahlen und dem Zeitbedarf für die einzelnen Arbeitselemente der Milchviehhaltung erfolgte zunächst die Kalkulation des im automatisch melkenden Betrieb bestehenden Gesamt-arbeitszeitbedarfs. Anschließend wurde berechnet, wieviel Kühe bei diesem Zeitbedarf in einem Betrieb mit konventioneller Melktechnik gehalten werden können [vgl. Tabelle 89-Tabelle 94]. Auf Grundlage der sich ergebenden Kuhzahlen sowie der pro Kuh und Jahr zu erwartenden Erlöse und Kosten wurden die Deckungsbeiträge der Betriebe kalkuliert.

<sup>1</sup> DB I / DB II = Deckungsbeitrag ohne / mit Berücksichtigung der erhöhten Gebäude- und Technikkosten, die sich durch die Umstellung des Melksystems und die folgende Herdenaufstockung ergeben.; vgl. Tabelle 101

Da die Erlöse und Spezialkosten sowie der davon abgeleitete Deckungsbeitrag (DB I) prozentual genauso steigen wie die Kuhzahl, ist aus den in Abbildung 27 dargestellten Deckungsbeiträgen das Ausmaß der Produktionsausweitungen zu ersehen. Wie sich zeigt, kann bei Mehrboxenanlagen eine Herdenaufstockung von 13-27 % realisiert werden. Für Einboxenanlagen liegen die Werte mit 17-40 % höher, da diese eine größere Arbeitszeiteinsparung erlauben. Bei beiden Systemvarianten geht das Ausmaß der Herdenaufstockung mit zunehmender Anlagengröße zurück, da die Arbeitszeitvorteile automatischer Melksysteme mit deren Größe abnehmen. Für alle Modellbetriebe ist zunächst ein Anstieg der Deckungsbeiträge festzustellen, da die Erlöse der zusätzlichen Milchproduktion deren Spezialkosten übersteigen.

Infolge der Bestandsaufstockungen erhöhen sich jedoch nicht nur die Erlöse und Spezialkosten, sondern auch die Gebäude- und Technikkosten in erheblichem Umfang. Die diesbezüglichen Steigerungsraten liegen bei Einboxenanlagen auf Grund deren höherer Kosten und ausgeprägteren Bestandsaufstockung deutlich über denen von Mehrboxenanlagen. Als Folge des starken Anstiegs der Gebäude- und Technikkosten wandelt sich die bislang positive Entwicklung des Deckungsbeitrags in einen deutlichen Verlust. Dieser ist bei Einboxenanlagen mit ca. 70 % konstant und auf Grund deren höherer Kosten stärker ausgeprägt als bei Mehrboxenanlagen. Da bei letzteren die Kosten pro Kuh und Jahr mit steigender Anlagengröße abnehmen, sinkt auch das Ausmaß des Verlustes mit der Anzahl der Melkplätze von 71 auf 41%.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die zusätzlichen Erlöse einer Ausweitung der Milchproduktion nicht ausreichen, um die Mehrkosten automatischer Melkanlagen auszugleichen, die sich auf Grund der in dieser Arbeit getroffenen Annahmen ergeben.

## 8 Diskussion der Ergebnisse

### 8.1 Leistungen und Kosten im Vergleich zu Literaturangaben

#### 8.1.1 Melkleistung automatischer Melksysteme

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden u.a. das Melkleistungspotential automatischer Melkanlagen und die daraus resultierenden maximalen Kuhzahlen automatisch melkender Betriebe analysiert. Dabei zeigte sich, daß zahlreiche Faktoren Einfluß auf die zu erzielenden Melkleistungen haben. Im einzelnen sind dies die Milchmengen pro Gemelk, die Milchflußraten und die Melkhäufigkeit der Kühe sowie die Länge der Rüst- und Betriebszeiten der Anlage. Trotz der mit diesen Faktoren verbundenen Unwägbarkeiten wurden die in Tabelle 60 wiedergegebenen Kuhzahlen als Standardvarianten angesetzt. Anhand der Daten ist zu erkennen, daß mit Mehrboxenanlagen grundsätzlich weniger Kühe pro Melkeinheit gemolken werden können als mit Einboxenanlagen. Dies beruht zum einen auf dem höheren Zeitbedarf für Kuhwechsel und zum anderen darauf, daß bei Mehrboxenanlagen Wartezeiten auftreten, wenn eine melkbereite Kuh warten muß, während der Ansetzarm noch bei einer anderen Kuh die Melkbecher ansetzt.

Die in Tabelle 60 dargestellten Daten lassen zudem erkennen, daß das Leistungsvermögen der voneinander unabhängigen Einboxenanlagen mit zunehmender Zahl der Melkeinheiten linear ansteigt, während die Melkleistung von Mehrboxenanlagen bei wachsender Melkplatzzahl nur unterproportional steigt. Letzteres ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß die Fahrzeiten des Ansetzarms und die Wartezeiten mit der Boxenzahl zunehmen. Zudem wird der Eingangs- und Vorbereitungsbereich von Mehrboxenanlagen mit steigender Melkplatzzahl zum limitierenden Faktor.

Tabelle 60: Zusammenfassung der ermittelten Melkleistungen automatischer Melksysteme

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Maximale Herdengröße [Kühe]	gesamt <sup>1</sup>	60	120	180	90	130	160
	pro Box	60	60	60	45	43	40

Infolge des hohen Leistungspotentials automatischer Melksysteme und der in dieser Arbeit erläuterten Bedeutung einer möglichst vollständigen Auslastung der Anlagen ergibt sich für automatisch melkende Betriebe die Notwendigkeit, je nach bisheriger Kuhzahl und Anzahl der gewünschten Melkeinheiten eine umfassende Herdenaufstockung vorzunehmen. Diese

<sup>1</sup> in Anlehnung an Tabelle 18

muß in Betrieben mit Einboxenanlagen tendenziell ausgeprägter sein als in Betrieben mit Mehrboxenanlagen.. Aus den in Tabelle 60 dargestellten Daten ist zudem abzuleiten, daß die pro Melkeinheit anfallenden Kosten bei Mehrboxenanlagen geringer sein müssen als bei Einboxenanlagen, um Wettbewerbsgleichheit beider Systemvarianten zu erzielen. Dies gilt insbesondere für große Mehrboxenanlagen.

Die in Tabelle 60 wiedergegebenen Daten decken sich weitgehend mit den Angaben anderer Autoren. Wie Abbildung 28 verdeutlicht, besteht bezüglich der Melkleistung von Einboxenanlagen eine annähernd vollständige Übereinstimmung zwischen den eigenen Ergebnissen und den Angaben der übrigen Autoren. Bei Mehrboxenanlagen sind zwar Abweichungen der einzelnen Werte festzustellen, doch abgesehen von BERGES (1999) stützen die Autoren die Annahme eines unterproportionalen Anstiegs der Melkleistung. Die Ursachen für die bei Mehrboxenanlagen festzustellenden Abweichungen dürften zum einen darin liegen, daß über diese Systemvariante auf Grund ihrer bislang relativ geringen Verbreitung wenig Erfahrungen vorliegen. Zum anderen ist der mit der Boxenzahl zunehmende Anstieg der Melkleistung schwieriger abzuschätzen als bei den voneinander unabhängigen Einboxenanlagen.

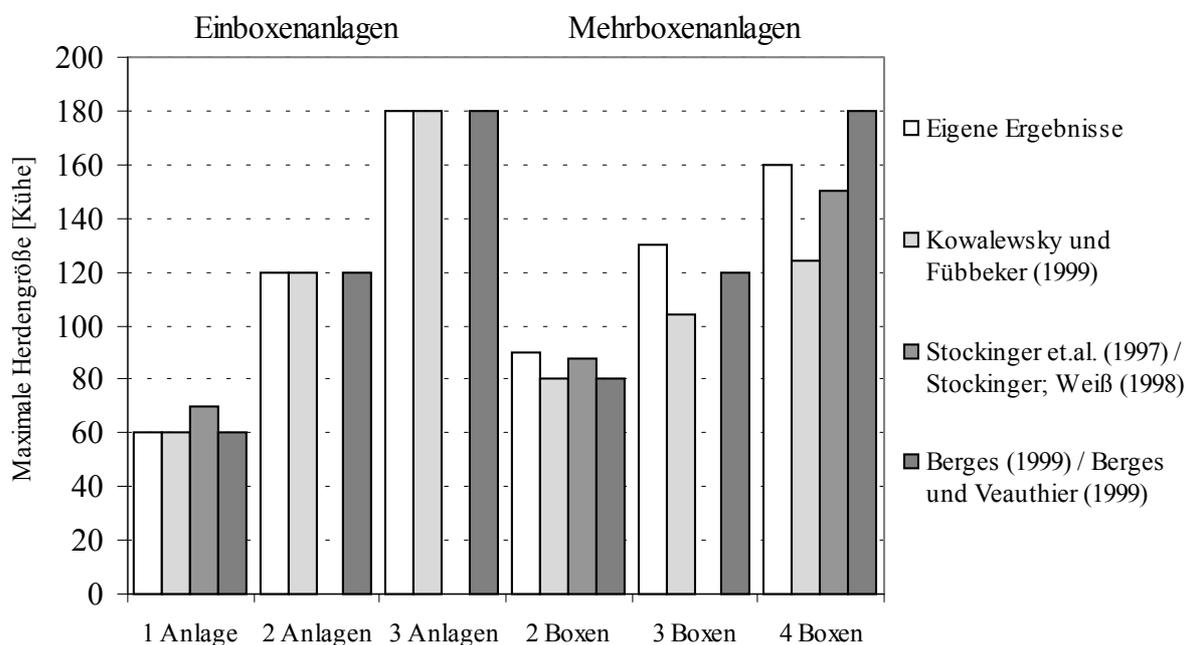


Abbildung 28: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur maximalen Herdengröße automatisch melkender Betriebe <sup>1</sup>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 102

### 8.1.2 Kapitalbedarf automatischer Melksysteme

In den vorhergehenden Ausführungen dieser Arbeit wurde eingehend dargelegt, daß automatische Melkanlagen einen hohen Kapitalbedarf aufweisen. Tabelle 61 faßt die im Rahmen dieser Arbeit errechneten Investitionssummen zusammen. Diese beinhalten den Kapitalbedarf der Melkanlagen und Melkräume. Auf eine Berücksichtigung des Kapitalbedarfs der Selektionstore und Selektionsräume wurde an dieser Stelle verzichtet, um gegenüber den in Abbildung 29 dargestellten Arbeiten anderer Autoren eine vergleichbare Datenbasis zu haben. Die in Tabelle 61 wiedergegebenen Daten lassen erkennen, daß sich der Kapitalbedarf von Einboxenanlagen mit der Anzahl der Melkeinheiten fast linear erhöht, während Mehrboxenanlagen mit steigender Boxenzahl nur einen unterproportionalen Anstieg der Investitionssummen aufweisen. Hierdurch bleibt der pro Melkeinheit bzw. Kuh bestehende Kapitalbedarf bei Einboxenanlagen mit zunehmender Anlagengröße annähernd konstant, während die entsprechenden Werte bei Mehrboxenanlagen deutlich sinken. Ursache für diese Verhältnisse ist, daß Einboxenanlagen nahezu alle Komponenten für jede Melkeinheit separat benötigen, während bei Mehrboxenanlagen wesentliche Elemente nur einmal gebraucht werden. Auf Grund der hier erläuterten Zusammenhänge ist davon auszugehen, daß die Wettbewerbsfähigkeit von Mehrboxenanlagen gegenüber Einboxenanlagen und konventionellen Melksystemen mit der Anlagengröße zunimmt.

Tabelle 61: Zusammenfassung der errechneten Investitionssummen

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Kapitalbedarf [DM]	gesamt <sup>1</sup>	277.690	546.931	816.172	410.767	496.138	591.500
	pro Box	277.690	273.466	272.057	205.384	165.379	147.875
	pro Kuh	4.628	4.558	4.534	4.564	3.816	3.697

Wie Abbildung 29 erkennen läßt, decken sich die in dieser Arbeit ermittelten Investitionssummen weitgehend mit den diesbezüglichen Angaben anderer Autoren. Dementsprechend lassen die in Abbildung 29 dargestellten Daten bei Einboxenanlagen einen generell höheren und mit der Boxenzahl stärker steigenden Kapitalbedarf erkennen als bei Mehrboxenanlagen. Trotz dieser generellen Übereinstimmung bestehen teils beachtliche Unterschiede bezüglich der absoluten Höhe des Kapitalbedarfs. Beispielsweise beträgt die maximale Differenz der von den einzelnen Autoren für drei Einboxenanlagen veranschlagten Investitionssummen mehr als

<sup>1</sup> Kapitalbedarf für Gebäude und Melktechnik [vgl. Tabelle 28 - Tabelle 31]

92.000 DM. Mit über 88.000 DM ist die maximale Abweichung des für Mehrboxenanlagen mit vier Melkplätzen angegebenen Kapitalbedarfs ähnlich groß. Die dargestellten Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß die Autoren teils unterschiedliche Fabrikate in ihre Kalkulationen einbezogen haben. Zudem ist zu berücksichtigen, daß sich die in Abbildung 29 dargestellten Publikationen auf die Jahre 1997-2000 erstrecken. In diesem Zeitraum dürften sich die Preisangaben der Hersteller geändert haben.

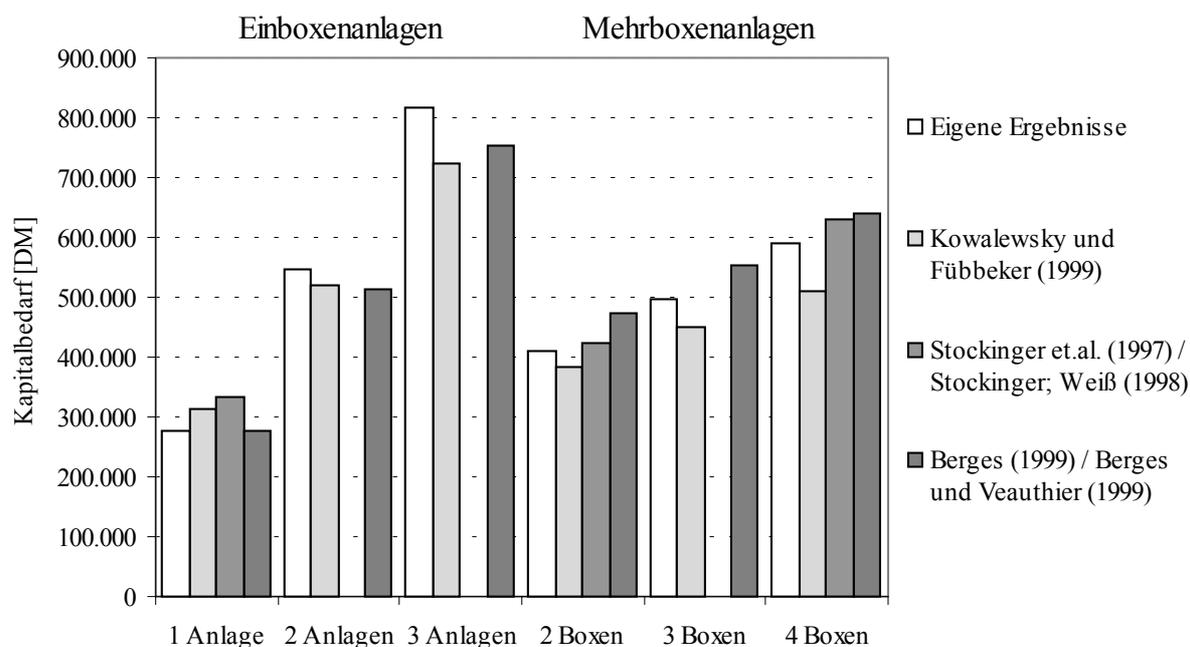


Abbildung 29: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zum Kapitalbedarf automatischer Melksysteme<sup>1</sup>

### 8.1.3 Jahreskosten automatischer Melksysteme

Die Jahreskosten automatischer Melksysteme werden wesentlich von deren Investitionssummen beeinflusst. Dementsprechend wurde in der vorliegenden Arbeit, ähnlich wie beim Kapitalbedarf, beim Einboxensystem eine annähernd lineare Abhängigkeit der Jahreskosten von der Anzahl der Melkeinheiten festgestellt. Hingegen ergibt sich, wie aus Tabelle 62 hervorgeht, für Mehrboxenanlagen bei steigender Melkplatzzahl nur ein unterproportionaler Anstieg der jährlichen Kosten. Auf Grund dieser Verhältnisse sind die pro Melkeinheit bzw. Kuh anfallenden Jahreskosten bei Einboxenanlagen nahezu unabhängig von der Anzahl der Melkeinheiten, während bei Mehrboxenanlagen ein Absinken der entsprechenden Werte zu beobachten ist. Die in Tabelle 62 dargestellten Daten lassen weiterhin erkennen, daß Mehrboxenanlagen bei hohen Kuhzahlen gegenüber Einboxenanlagen geringere Kosten aufweisen. So liegen

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 103

bei vergleichbaren Kuhzahlen die pro Kuh und Jahr anfallenden Kosten von Mehrboxenanlagen um ca. 180 DM bzw. 16 % unter denen von Einboxenanlagen. Auf Grund dieser Zusammenhänge sind bei großen Kuhherden für Mehrboxenanlagen wirtschaftliche Vorteile gegenüber Einboxenanlagen zu erwarten. Diese können jedoch durch ein unterschiedliches Maß an Arbeitszeiteinsparung wieder eingeschränkt werden.

Tabelle 62: Zusammenfassung der errechneten Jahreskosten automatischer Melksysteme

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Jahreskosten [DM]	gesamt	68.520	134.400	200.160	100.620	121.810	143.200
	pro Box	68.520	67.200	66.720	50.310	40.603	35.800
	pro Kuh <sup>1</sup>	1.142	1.120	1.112	1.118	937	895

Die oben erläuterten Zusammenhänge werden im Grundsatz durch die Arbeiten anderer Autoren bestätigt. So zeigt sich, ebenso wie in dieser Arbeit, auch anhand der in Abbildung 30 dargestellten Literaturdaten für Einboxenanlagen mit zunehmender Anlagengröße ein nahezu linearer Anstieg der Jahreskosten, während bei Mehrboxenanlagen nur ein unterproportionaler Kostenanstieg festzustellen ist. Eine tiefergehende Analyse der Daten zeigt, daß die in dieser Arbeit berechneten Jahreskosten und die entsprechenden Angaben von KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999) auch der Höhe nach weitgehend übereinstimmen. Hingegen ist eine teils wesentlich stärkere Abweichung gegenüber den Angaben der übrigen Autoren festzustellen. Diese Abweichungen sind u.a. auf unterschiedliche Annahmen bezüglich der Nutzungsdauer zurückzuführen. So wurde die Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen in dieser Arbeit, ebenso wie von KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.23), mit acht Jahren angesetzt, während die übrigen Autoren eine Nutzungsdauer von zehn Jahren unterstellten. Ein solch unterschiedliches Vorgehen hat großen Einfluß auf die Jahreskosten. Beispielsweise ergab sich in der vorliegenden Arbeit beim Einboxensystem ein Rückgang der Jahreskosten von ca. 10.000 DM je Anlage, wenn statt einer Nutzungsdauer von acht Jahren ein Wert von zwölf Jahren angesetzt wurde. Bei Mehrboxenanlagen war die entsprechende Reduzierung der Kosten mit 5.600-7.7000 DM pro Melkbox auf Grund des niedrigeren Kapitalbedarfs geringer [vgl. Tabelle 47]. Weitere Gründe für die teils voneinander abweichenden Ergebnisse liegen darin, daß der Kalkulationszinssatz teilweise um 1,0 % niedriger angesetzt bzw. die Betriebs-

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 79

kosten der automatischen Melkanlagen nicht berücksichtigt wurden [vgl. BERGES (1999, S.67)].

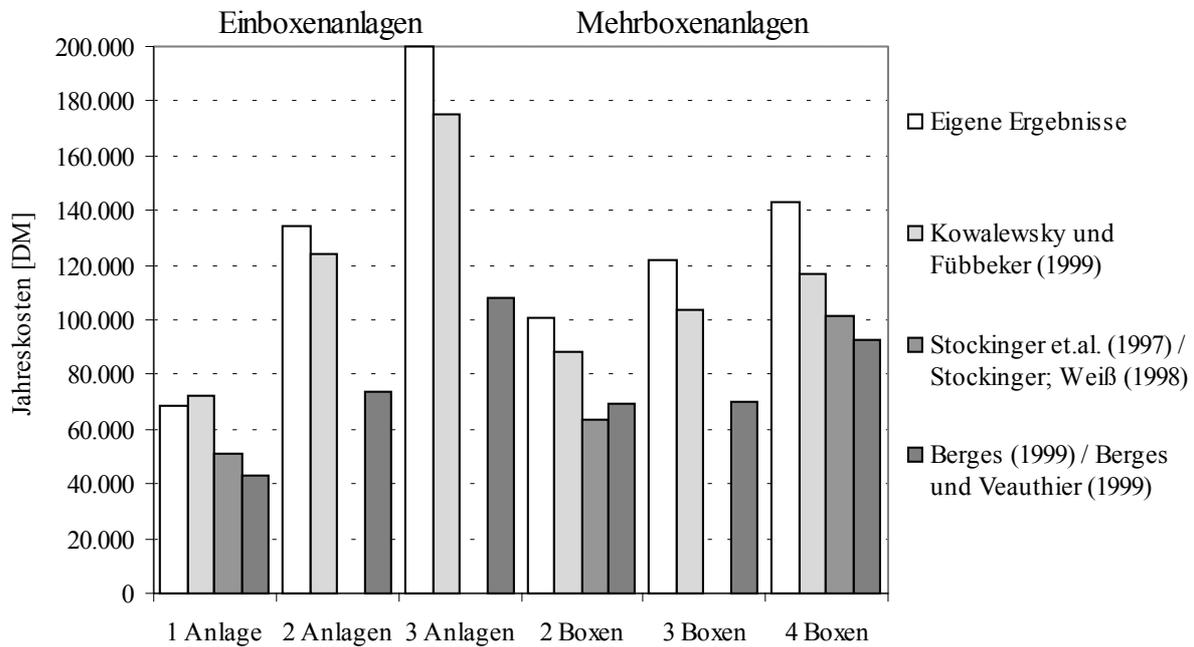


Abbildung 30: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten automatischer Melksysteme<sup>1</sup>

### 8.1.4 Mehrkosten automatischer Melksysteme

Die Mehrkosten automatischer Melksysteme ergeben sich aus deren Jahreskosten und den Kosten der zum Vergleich herangezogenen Melkstandanlagen. Aus den in dieser Arbeit ermittelten und in Tabelle 63 wiedergegebenen Ergebnissen ist zu ersehen, daß die Mehrkosten von Einboxenanlagen mit der Anzahl der installierten Melkeinheiten deutlich zunehmen. Ursache sind die mit steigender Anlagengröße ebenfalls deutlich steigenden Jahreskosten der Einboxenanlagen [vgl. Tabelle 62]. Da sich die Jahreskosten von Mehrboxenanlagen mit zunehmender Anlagengröße hingegen nur unterproportional erhöhen und gleichzeitig bei den konventionellen Vergleichsanlagen ein deutlicher Anstieg der Jahreskosten festzustellen ist, sind die gesamten Mehrkosten von Mehrboxenanlagen nahezu unabhängig von der Anzahl der Melkplätze. Infolge dieser Verhältnisse sinken die pro Melkbox bzw. Kuh errechneten Mehrkosten bei Einboxenanlagen mit steigender Anzahl der Melkeinheiten kaum, während bei Mehrboxenanlagen ein deutlicher Rückgang festzustellen ist [vgl. Tabelle 63]. Daraus ergibt sich die Konsequenz, daß Einboxenanlagen im Vergleich zu großen Mehrboxenanlagen mehr Arbeitszeit pro Kuh und Jahr einsparen müssen, um wettbewerbsfähig zu sein. Ebenso

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 104

besteht für kleine Anlagen auf Grund ihrer relativ hohen tierbezogenen Mehrkosten die Notwendigkeit, mehr Arbeitszeit freizusetzen als große Anlagen.

Tabelle 63: Zusammenfassung der errechneten Mehrkosten automatischer Melksysteme

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Mehrkosten gegenüber konventionellen Anlagen [DM pro Jahr]	gesamt	45.060	88.920	127.980	71.370	75.140	71.840
	pro Box	45.060	44.460	42.660	35.685	25.047	17.960
	pro Kuh <sup>1</sup>	751	741	711	793	578	449

Die in Tabelle 63 dargestellten Daten werden durch entsprechende Literaturangaben teilweise bestätigt. Wie Abbildung 31 zeigt, treten zwischen den in dieser Arbeit ermittelten Mehrkosten und den Werten, die sich aus Angaben von KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999) ergeben, nur geringfügige Abweichungen auf. Die gegenüber den anderen Autoren festzustellenden größeren Differenzen haben mehrere Ursachen. So zeigen sich bereits bei den Jahreskosten automatischer Melksysteme zwischen den verschiedenen Literaturwerten teils erhebliche Unterschiede [vgl. Abbildung 30]. Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang, wie erläutert, der jeweils angesetzten Nutzungsdauer zu.

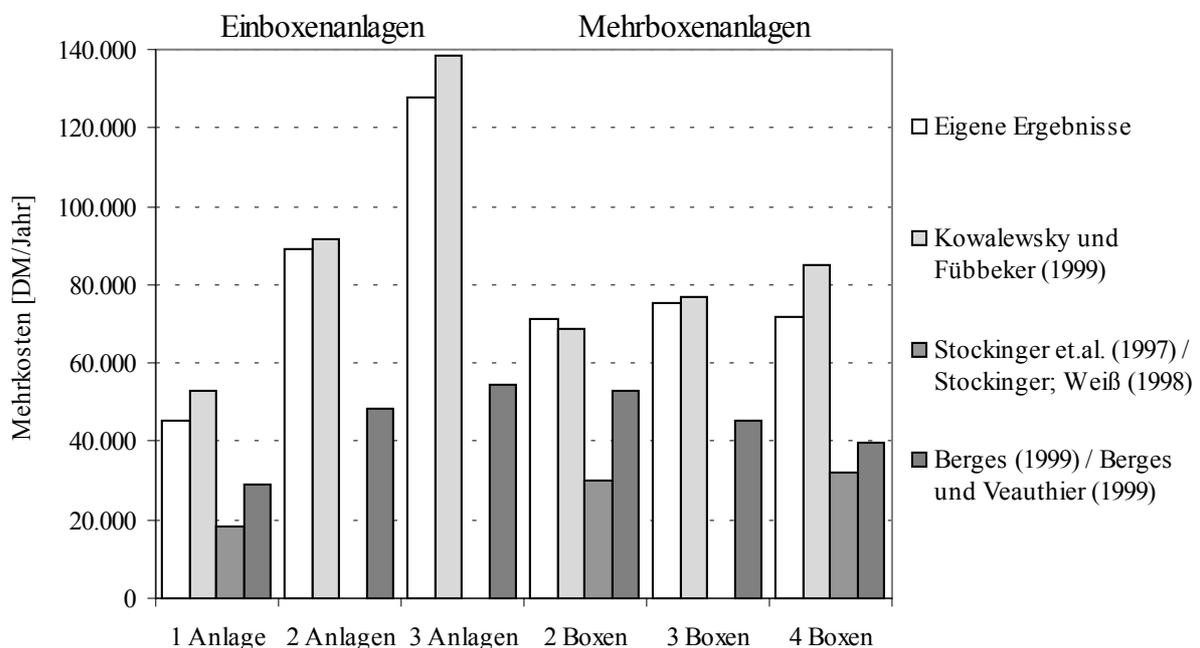


Abbildung 31: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Mehrkosten automatischer Melksysteme <sup>2</sup>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 80  
<sup>2</sup> vgl. Tabelle 106

Eine weitere Ursache für die in Abbildung 31 zu erkennenden Abweichungen liegt darin, daß die einzelnen Autoren für die konventionellen Vergleichsanlagen unterschiedlich hohe Jahreskosten veranschlagen. Die Gründe liegen nicht nur in unterschiedlich hohen Kalkulationszinsätzen und Nutzungszeiträumen, sondern auch darin, daß bei konventionellen Melkanlagen ein breites Angebot bezüglich Anlagengröße und Ausstattung besteht. Daher unterscheiden sich die einzelnen Literaturquellen hinsichtlich der für eine bestimmte Anlage gewählten Vergleichsanlage. So wählten KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.73) als Vergleichsmaßstab für einen Betrieb mit zwei Einboxenanlagen einen Fischgrätenmelkstand mit 2x10 Melkplätzen. Über die Ausstattung der Anlage machen die Autoren keine Angaben. Mit 2x7 Melkplätzen wurde in dieser Arbeit eine kleinere Vergleichsanlage gewählt. Tabelle 64 faßt die von den verschiedenen Autoren als Vergleichsmaßstab gewählten Anlagen zusammen.

Tabelle 64: Gegenüberstellung der von verschiedenen Autoren gewählten konventionellen Vergleichsanlagen <sup>1</sup>

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Daten	FGM 2x5	FGM 2x7 (S)	Karussell 18 Plätze	FGM 2x6	FGM 2x7 (S)	Karussell 18 Plätze
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.73)	FGM 2x6	FGM 2x10	FGM 2x12	FGM 2x6	FGM 2x8	FGM 2x10
Stockinger et. al. (1997, S.26) / Stockinger und Weiß (1998)	FGM 2x5			FGM 2x5		FGM 2x12
Berges (1999, S.67) / Berges und Veauthier (1999, S.72)	FGM 2x5	FGM 2x8	Karussell 20 Plätze	FGM 2x6	FGM 2x8	Karussell 20 Plätze

### 8.1.5 Arbeitszeiteinsparungen in automatisch melkenden Betrieben

Das Ausmaß der durch automatische Melksysteme bewirkten Arbeitszeiteinsparungen wird einerseits durch die in automatisch melkenden Betrieben zur Anlagen- und Tierbetreuung benötigte Arbeitszeit und andererseits vom Arbeitszeitbedarf der konventionellen Betriebe bestimmt. In der vorliegenden Arbeit wurde, wie Tabelle 65 zu entnehmen ist, bei annähernd gleicher Herdengröße für Einboxenanlagen eine größere Arbeitszeiteinsparung ermittelt als für Mehrboxenanlagen. Mithin werden die höheren Mehrkosten der Einboxenanlagen [vgl. Tabelle 63] zumindest teilweise kompensiert.

Bei beiden Systemvarianten ist mit steigender Boxenzahl ein Rückgang der pro Kuh freigesetzten Arbeitszeit festzustellen. Ursache für diesen Rückgang ist, daß der pro Kuh bestehen-

<sup>1</sup> FGM = Fischgrätenmelkstand; 2xX = Anzahl der Melkplätze; (S) = Schnellaustrieb;

de Arbeitszeitbedarf in automatisch melkenden Betrieben von der Anlagengröße nahezu unabhängig ist, während die konventionellen Vergleichsanlagen mit zunehmender Melkplatzzahl eine bessere Ausstattung und dadurch einen abnehmenden Zeitbedarf aufweisen. Der Rückgang der Zeiteinsparung ist bei Einboxenanlagen besonders ausgeprägt, da als Vergleichsmaßstab für Betriebe mit kleinen Herden und einer Einboxenanlage ein arbeitswirtschaftlich vergleichsweise ungünstiger Melkstand gewählt wurde. Dadurch ergibt sich bei Einboxenanlagen je nach Anzahl der Melkeinheiten eine Zeiteinsparung zwischen 11,9 und 5,4 Stunden pro Kuh und Jahr. Bei Mehrboxenanlagen ist die Spannweite der freigesetzten Arbeitszeit mit 8,8 bis 4,5 Stunden je Kuh und Jahr geringer. Auf Grund der hier erläuterten Zusammenhänge steigt die insgesamt freigesetzte Arbeitszeit bei Einboxenanlagen nur um gut 250 Stunden pro Jahr an, während die gesamte Zeiteinsparung bei großen Mehrboxenanlagen sogar um 70 Stunden geringer ist als bei kleinen Mehrboxenanlagen. Als Folge dieser Umstände werden die durch sinkende Mehrkosten bedingten Vorteile großer Melkanlagen [vgl. Tabelle 63] je nach Lohnansatz zumindest teilweise wieder aufgezehrt.

Tabelle 65: Zusammenfassung der errechneten Arbeitszeiteinsparung automatischer Melksysteme

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl		60	120	180	90	130	160
Arbeitszeiteinsparung [AKh pro Jahr]	gesamt	714	936	972	792	845	720
	pro Box	714	468	324	396	280	180
	pro Kuh <sup>1</sup>	11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5

Die in Tabelle 65 wiedergegebenen Werte werden teilweise durch Literaturdaten bestätigt. So ergibt sich, wie Abbildung 32 zeigt, auch aus den Angaben von BERGES (1999, S.69) bzw. BERGES und VEAUTHIER (1999, S.72) bei steigender Melkboxenzahl eine rückläufige Zeiteinsparung. Dagegen nehmen KOWALEWSKY und FÜBBEKER (1999, S.46) bei zunehmender Anlagengröße einen leichten Anstieg der arbeitswirtschaftlichen Vorteile automatischer Melksysteme an. Insgesamt ist eine größere Heterogenität des Datenmaterials festzustellen als bei den Melkleistungen und Kosten automatischer Melksysteme. Die Ursachen für diese Abweichungen sind vielfältig. So liegen über den in automatisch melkenden Betrieben anfallenden Arbeitszeitbedarf infolge der bisher geringen Anzahl und Einsatzdauer automatischer Melkanlagen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Zudem weisen die hinsichtlich Größe und Aus-

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 72

stattung unterschiedlichen Vergleichsanlagen [vgl. Tabelle 64] verschieden große Arbeitszeitbedarfswerte auf.

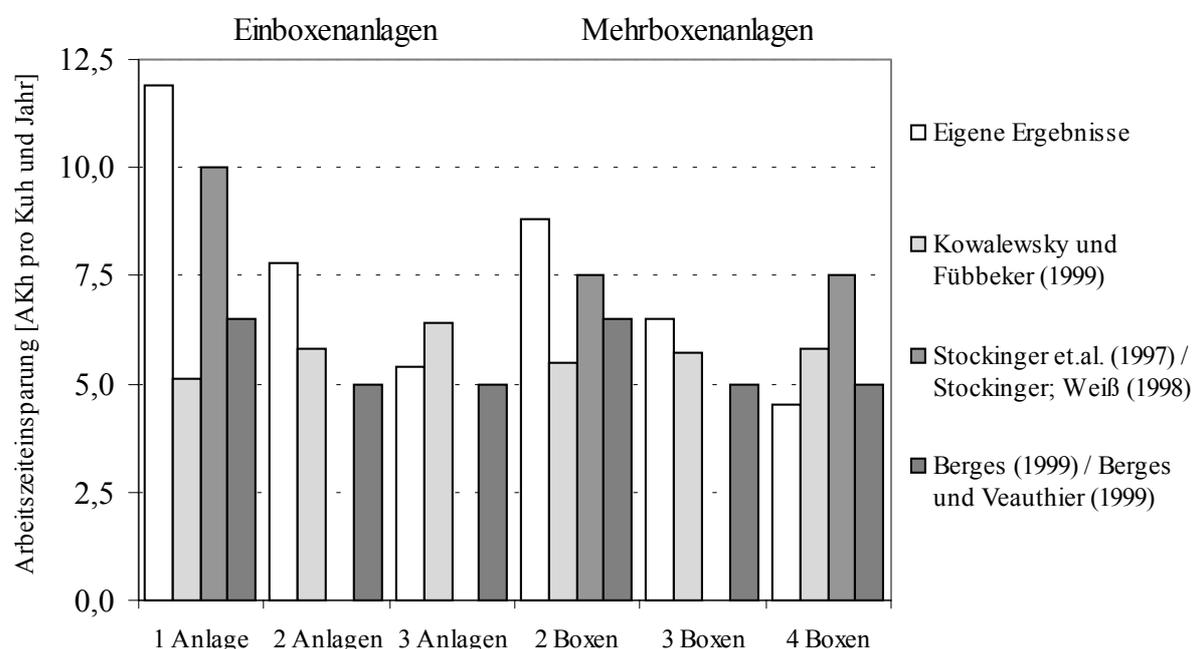


Abbildung 32: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur Arbeitszeitsparung durch automatische Melksysteme<sup>1</sup>

## 8.2 Wettbewerbsfähigkeit in Abhängigkeit der Systemvariante

Aus den zuvor erläuterten Daten wurden Parameter abgeleitet, die Aufschluß über die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme geben. So ist anhand der erforderlichen Lohnansätze u.a. zu erkennen, daß Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen keine generellen Unterschiede bezüglich der Wettbewerbsfähigkeit aufweisen. Von Bedeutung ist vielmehr, inwieweit die Melkkapazität der jeweiligen Anlage mit der Herdengröße des Betriebes übereinstimmt. In Betrieben mit bis zu ca. 70 Kühen besitzen Einboxenanlagen gegenüber Mehrboxenanlagen Wettbewerbsvorteile, die darauf beruhen, daß Einboxenanlagen mit 60-70 Kühen voll ausgelastet sind, während die kleinsten Mehrboxenanlagen noch ca. 1/3 freie Kapazitäten aufweisen. Hingegen ergeben sich bei Herden von 70-100 Kühen Wettbewerbsvorteile für Mehrboxenanlagen, da deren Auslastungsgrad in solchen Herden höher ist als der von nunmehr zwei Einboxenanlagen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch COOPER und PARSONS (1999, S.319-320), die feststellen, daß für Herden mit bis zu 60 Kühen Einboxenanlagen optimal sind, während für Betriebe mit 60-100 Kühen Mehrboxenanlagen vorzuziehen sind. Eine annähernd gleiche Wirtschaftlichkeit besitzen beide Systemvarianten in Betrieben

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 107

mit 100-130 Kühen, da sie bei diesen Kuhzahlen ungefähr gleich stark ausgelastet sind. Oberhalb von 130 Kühen sind Wettbewerbsvorteile für Mehrboxenanlagen zu verzeichnen, die auf der Mehrfachnutzung wesentlicher Anlagenkomponenten bzw. den damit verbundenen Kostendegressionen beruhen.

Neben den geschilderten Zusammenhängen lassen die in dieser Arbeit ermittelten Wirtschaftlichkeitsparameter auch erkennen, daß die Wettbewerbsfähigkeit von Einboxenanlagen um so geringer ist, je mehr Anlagen das gesamte Melksystem umfaßt. Dies zeigt sich u.a. daran, daß die für einen wirtschaftlichen Einsatz benötigten Lohnansätze mit der Zahl der in einem Betrieb vorhandenen Einboxenanlagen zunehmen. Auch die in dieser Arbeit berechneten kritischen Preise und kritischen Kuhzahlen belegen die mit zunehmender Anlagenzahl abnehmende Wirtschaftlichkeit von Einboxenanlagen. So liegen die auf das Einzeltier bezogenen kritischen Preise in Betrieben mit einer Einboxenanlage teils deutlich über den Werten für Betriebe mit mehreren Einboxenanlagen. Analog stimmen die kritischen Kuhzahlen für Betriebe mit einer Einboxenanlage besser mit der tatsächlichen Melkleistung überein, als dies in größeren Betrieben der Fall ist. Im Gegensatz zu Einboxenanlagen weisen Mehrboxenanlagen nur geringe Zusammenhänge von Anlagengröße und Wettbewerbsfähigkeit auf.

Da die verschiedenen Melkanlagen pro Kuh und Jahr unterschiedlich viel Arbeitszeit einsparen, wird ihre Wettbewerbsfähigkeit auch durch das Lohnniveau beeinflusst. Mit steigendem Lohnansatz nimmt die Wirtschaftlichkeit bei Einboxenanlagen auf Grund deren höherer Arbeitszeiteinsparung stärker zu als bei Mehrboxenanlagen. Diese Zusammenhänge lassen sich u.a. anhand der erforderlichen Milchleistungssteigerungen erkennen. So schwächen sich die zum Mehrkostenausgleich von Einboxenanlagen benötigten Milchleistungssteigerungen mit zunehmendem Lohnansatz stärker ab als bei Mehrboxenanlagen. Ebenfalls wegen höherer Arbeitszeiteinsparungen weist die Wirtschaftlichkeit kleiner Melksysteme eine stärkere Abhängigkeit vom Lohnansatz auf als die großer Melksysteme. Dementsprechend nehmen die erforderlichen Milchleistungssteigerungen bei steigenden Lohnansätzen in Betrieben mit einer Einboxenanlage fast doppelt so stark ab wie in Betrieben mit zwei Einboxenanlagen.

### **8.3 Wirtschaftlichkeit von Herdenaufstockungen**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde auch untersucht, inwiefern Systemvariante und Anlagengröße Einfluß darauf haben, ob es wirtschaftlich ist, die von automatischen Melksystemen freigesetzte Arbeitszeit zur Aufstockung der Kuhbestände zu nutzen. Die entsprechenden Ergebnisse zeigen, daß Einboxenanlagen eine umfangreichere Herdenaufstockung

ermöglichen als Mehrboxenanlagen mit vergleichbaren Kapazitätsgrenzen. Dementsprechend wurde für Modellbetriebe mit Einboxenanlagen zunächst ein höherer Anstieg der Deckungsbeiträge ermittelt als für Modellbetriebe mit Mehrboxenanlagen. Da Einboxenanlagen jedoch auch einen höheren Anstieg der Bau- und Technikkosten verursachen, ist die Entwicklung der betrieblichen Deckungsbeiträge letztendlich schlechter als in den Modellbetrieben mit Mehrboxenanlagen. Diese Unterschiede nehmen mit der Anzahl der Melkboxen zu. Somit weisen Mehrboxenanlagen bei Herden mit mehr als 100 Kühen gegenüber Einboxenanlagen Wettbewerbsvorteile auf, wenn die freigesetzte Arbeitszeit zur Ausweitung der Milchproduktion genutzt wird.

Bei den Modellbetrieben mit Einboxenanlagen fällt weiterhin auf, daß die prozentuale Aufstockung der Herde um so geringer ist, je mehr Anlagen das gesamte Melksystem umfaßt. Folglich schwächt sich zunächst auch die prozentuale Steigerung der Deckungsbeiträge mit wachsender Anzahl der Melkboxen ab. Werden jedoch auch die Bau- und Technikkosten berücksichtigt, ist die Wirtschaftlichkeit von Herdenaufstockungen bei Einboxenanlagen nahezu unabhängig von der Anlagengröße.

Für Mehrboxenanlagen wurden andere Verhältnisse ermittelt. Zwar nimmt auch hier die prozentuale Aufstockung der Herde mit der Anzahl der Melkboxen ab. Da die Bau- und Technikkosten mit zunehmender Boxenzahl jedoch nur unterproportional steigen, ist die wirtschaftliche Situation letztendlich bei Modellbetrieben mit großen Anlagen besser als bei solchen mit kleinen Anlagen. Insgesamt ist aber festzustellen, daß die Mehrkosten automatischer Melkanlagen bei keiner der untersuchten Varianten durch eine Ausweitung der Milchviehhaltung kompensiert werden können.

#### **8.4 Gewichtung der ökonomischen Einflußfaktoren**

Bei den Vergleichsrechnungen dieser Arbeit erfolgte eine Analyse der Faktoren, die unmittelbaren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Melksysteme ausüben. So wurde untersucht, wie stark Mehrkosten, Arbeitszeiteinsparungen und die erforderlichen Lohnansätze von der Anzahl der pro Melkeinheit gemolkenen Kühe abhängen. Diese Analyse war geboten, da die in dieser Arbeit für automatische Melksysteme angenommen Melkleistungen auf Grund deren bislang begrenzter Verbreitung und Einsatzdauer mit Unsicherheiten behaftet sind. Zudem ist zu erwarten, daß sich die Melkleistungen automatischer Melksysteme künftig durch schnelleres Ansetzen, zügigere Kuhwechsel und eine verbesserte Gestaltung des Kuhverkehrs steigern lassen. Die durchgeführten Analysen zeigen, daß die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehr-

kosten automatischer Melkanlagen eine annähernd lineare Abhängigkeit von deren Auslastung aufweisen. Infolge dieser Zusammenhänge und der Tatsache, daß die pro Kuh und Jahr zu erzielenden Arbeitszeiteinsparungen kaum von der Anlagenauslastung beeinflusst werden, gehen die erforderlichen Lohnansätze bei steigenden Kuhzahlen fast linear zurück. Mit hin ist festzustellen, daß die Melkleistung automatischer Melkanlagen für deren Wettbewerbsfähigkeit von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Ebenso wie die Herdengröße kann auch die Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen zur Zeit noch nicht zuverlässig prognostiziert werden. Daher wurde untersucht, wie sich die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme ändert, wenn statt der bislang angenommenen Nutzungsdauer von acht Jahren mit zwölf Jahren dieselbe Nutzungsdauer wie bei konventionellen Melkanlagen veranschlagt wird. In diesem Fall sinken die jährlichen Kapitalkosten und somit auch die Mehrkosten automatischer Melksysteme erheblich. Der Rückgang der Mehrkosten beträgt bis zu 1/3 des Wertes, der sich bei einer Nutzungsdauer von acht Jahren ergibt. Anhand dieser Daten zeigt sich, daß die Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen für deren Wettbewerbsfähigkeit von herausragender Bedeutung ist. Zu diesem Schluß kommen auch COOPER und PARSONS (1999, S. 318-319), die bei steigender Nutzungsdauer einen beachtlichen Rückgang der Mehrkosten automatischer Melksysteme feststellen.

Da der Arbeitszeitbedarf sowohl in konventionellen als auch in automatisch melkenden Betrieben vielfältigen Einflußfaktoren und somit großen Schwankungen unterworfen ist, läßt sich das Ausmaß der von automatischen Melksystemen freigesetzten Arbeitszeit nicht exakt vorhersagen. Daher wurde untersucht, wie stark die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anlagen durch die Höhe der Arbeitszeiteinsparungen beeinflusst wird. Anhand der erforderlichen Lohnansätze ist zu erkennen, daß sich die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme mit zunehmendem Umfang der eingesparten Arbeitszeit beachtlich verbessert. Dies gilt unabhängig von der Systemvariante und insbesondere für große Anlagen bzw. Betriebe mit mehreren Einboxenanlagen. Insgesamt bleibt festzuhalten, daß der Umfang der Arbeitszeiteinsparungen für die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme ebenso bedeutsam ist wie deren Melkleistung und Nutzungsdauer.

Neben der Bedeutung der oben erläuterten Parameter wurde auch der Stellenwert des Kalkulationszinssatzes untersucht. Dazu wurde berechnet, wie stark sich die Kosten konventioneller bzw. automatischer Melksysteme ändern, wenn statt des bisher verwendeten Kalkulationszinssatzes von 6,0 % ein Zinssatz von 8,0 % angesetzt wird. Anhand der ermittelten Ergeb-

nisse zeigt sich, daß die Jahreskosten automatischer Melksysteme bei einer Anhebung des Kalkulationszinssatzes wesentlich stärker steigen als die konventioneller Melksysteme. Dementsprechend erhöhen sich die Mehrkosten der automatischen Melksysteme. Aus diesen Zusammenhängen ist abzuleiten, daß die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme mit steigendem Zinsniveau abnimmt. Im Vergleich zur Herdengröße, Nutzungsdauer und Arbeitszeiteinsparung ist der Kalkulationszinssatz jedoch nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Um der Tatsache gerecht zu werden, daß konventionelle Melkanlagen in der landwirtschaftlichen Praxis keine einheitliche Ausstattung aufweisen, wurde untersucht, welchen Einfluß das Ausstattungsniveau der konventionellen Vergleichsanlagen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Melksysteme hat. Aus den entsprechenden Ergebnissen geht hervor, daß die jährlichen Mehrkosten automatischer Melksysteme um bis zu 63 DM/Kuh steigen, wenn entgegen den bisher getroffenen Annahmen davon ausgegangen wird, daß in den konventionell melkenden Betrieben keine Kraftfutteranlage vorhanden ist. Analog gehen die jährlichen Mehrkosten um bis zu 82 DM pro Kuh zurück, wenn die konventionellen Melkanlagen, anders als bislang angenommen, mit Milchmengenmeßgeräten ausgestattet sind. Aus diesen Zusammenhängen wird deutlich, daß die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme um so besser ist, je umfangreicher die konventionellen Vergleichsanlagen ausgestattet sind. Die angegebenen Beträge lassen jedoch erkennen, daß das Ausstattungsniveau der konventionellen Melkanlagen betriebswirtschaftlich von wesentlich geringerer Bedeutung ist als die Melkleistung und Nutzungsdauer automatischer Melksysteme.

Im Zusammenhang mit den zum Mehrkostenausgleich benötigten Milchleistungssteigerungen wurde die Bedeutung des Grenzdeckungsbeitrags analysiert. Dieser kann in Abhängigkeit der Milchpreise sowie Futter-, Wasser- und Quotenkosten erheblich variieren. Aus den ermittelten Analysedaten ist zu entnehmen, daß die erforderlichen Mehrleistungen bei steigenden Grenzdeckungsbeiträgen fast linear sinken. Unter der Voraussetzung, daß es durch das automatische Melken zu Milchleistungssteigerungen kommt, ist mithin die Wirtschaftlichkeit des automatischen Melkens um so besser, je höher die Grenzdeckungsbeiträge der Milchproduktion sind. Je nach Umfang der erzielten Milchleistungssteigerungen kann der Grenzdeckungsbeitrag daher von großer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme sein. Ähnliche Aussagen machen COOPER und PARSONS (1999, S.319), die angeben, daß automatische Melksysteme im Vergleich zu konventionellen Melksystemen wettbewerbsfähig wären, wenn Milchquoten kostenlos zur Verfügung stehen würden. Dagegen weisen die

Autoren bei Leasingpreisen von mehr als 0,10 britischen Pfund deutliche wirtschaftliche Nachteile für automatische Melksysteme aus. Eine Zusammenfassung aller erläuterten Einflußfaktoren stellt Tabelle 66 dar.

Tabelle 66: Bedeutung verschiedener Einflußfaktoren für die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme

<b>Einflußfaktor</b>	<b>Bedeutung</b>
Herdengröße	groß
Nutzungsdauer der automatischen Melkanlagen	groß
Arbeitszeiteinsparungen	groß
Kalkulationszinssatz	mittelmäßig
Ausstattungs niveau der Vergleichsanlagen	mittelmäßig
Grenzdeckungsbeitrag der Milchproduktion	je nach Leistungssteigerung

## 8.5 Bedeutung der Melkgeschwindigkeit

Wie bei den Ausführungen zur Melkleistung eingehend erläutert wurde, hat die Melkgeschwindigkeit großen Einfluß auf die maximale Herdengröße automatisch melkender Betriebe. Da sich außerdem zeigt, daß die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten starke Abhängigkeiten von der Herdengröße aufweisen, wird im folgenden die Bedeutung der Melkgeschwindigkeit anhand eines Beispiels untersucht. In diesem Beispiel wird unterstellt, daß die Melkdauer um eine Minute kürzer ist, als bisher angenommen. Wie aus Tabelle 67 hervorgeht, steigt unter diesen Voraussetzungen die maximale Herdengröße automatisch melkender Betriebe um bis zu 16 %. Da dies zu einer deutlichen Abnahme der pro Kuh und Jahr anfallenden Kosten führt, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit des automatischen Melkens.

Tabelle 67: Maximale Herdengröße automatisch melkender Betriebe in Abhängigkeit der Melkgeschwindigkeit

<b>Melkboxen</b>	<b>Gesamtdauer [min/Kuh]</b>		<b>Maximale Herdengröße [Kühe] <sup>1</sup></b>		
	<b>Herde A <sup>2</sup></b>	<b>Herde B</b>	<b>Herde A</b>	<b>Herde B</b>	<b>Differenz</b>
1	7,50	6,50	61	71	16 %
2	10,25	9,25	90	100	11 %
3	10,95	9,95	126	139	10 %
4	11,48	10,48	161	176	9 %

<sup>1</sup> = 60/Gesamtdauer je Melkprozeß \* 19,2 Betriebsstunden je Tag / 3,0 Melkungen je Kuh und Tag \* Anzahl der Melkboxen \* 6/5 (da 1/6 der Herde trocken steht)

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 18

Eine höhere Melkgeschwindigkeit hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf automatische Melksysteme, sondern auch auf die konventionellen Vergleichsanlagen. Hier verringert sich die Anzahl der pro Arbeitskraft benötigten Melkeinheiten in annähernd gleichem Maße, wie die maximale Herdengröße der automatischen Melksysteme steigt [vgl. Tabelle 68]. Folglich sinken auch die pro Kuh und Jahr anfallenden Kosten der konventionellen Melksysteme in beachtlichem Umfang.

Tabelle 68: Erforderliche Melkzeugzahl in Abhängigkeit der Melkgeschwindigkeit

Melkstand		Kühe pro AKh <sup>1</sup>	Kühe je ME u. Stunde <sup>2</sup>		Melkzeuge pro Arbeitskraft <sup>3</sup>		
			Herde A	Herde B	Herde A	Herde B	Differenz
Fischgrätenmelkstand	einfach	51,4	5,0	5,5	10,3	9,3	-10 %
	mittel	57,1			11,4	10,4	-9 %
	voll	65,5			13,1	11,9	-9 %
Karussell		81,8			16,4	14,9	-9 %

Aus den zuvor erläuterten Zusammenhängen ergibt sich, daß die Wirtschaftlichkeit von automatischen und konventionellen Melksystemen gleichermaßen durch die Melkgeschwindigkeit beeinflusst wird. Folglich hat die Melkgeschwindigkeit nur geringen Einfluß auf die Wettbewerbsfähigkeit der Melksysteme, wenn sie sich bei beiden Melksystemen in gleichem Maße ändert. Dies ist beispielsweise bei biologisch bedingten Steigerungen der Milchflußraten der Fall. Eine andere Situation ergibt sich, wenn sich die Melkleistung nur bei einem der beiden Melksysteme ändert. Beispielsweise würde eine Beschleunigung des automatischen Ansetzens nur bei automatischen Melksystemen zu einer höheren Melkgeschwindigkeit und den damit verbundenen Kostensenkungen führen. Mithin würde deren Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Melksystemen zunehmen.

## 8.6 Bedeutung des Milchleistungsniveaus

Während der Gesamterlös der Milchproduktion proportional zum Milchleistungsniveau ist, wachsen die Gesamtkosten bei steigendem Leistungsniveau nur unterproportional an. Daher nimmt die Rentabilität der Milchproduktion mit steigenden Milchleistungen grundsätzlich zu. Dies kommt auch darin zum Ausdruck, daß die Stückerlöse der Milchproduktion bei steigendem Milchleistungsniveau konstant bleiben, während die Stückkosten sinken. Ursache für den unterproportionalen Kostenanstieg ist, daß ein Teil der Produktionskosten, wie beispielsweise

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 13

<sup>2</sup> = Kühe je Melkeinheit und Stunde = 60 / Prozeßdauer (12 bzw. 11 Minuten)

<sup>3</sup> = Kühe pro AKh / Kühe je Melkeinheit und Stunde

die Gebäudekosten, unabhängig vom Milchleistungsniveau ist. Im folgenden wird anhand eines Beispiels untersucht, welche Bedeutung diese Zusammenhänge für die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme haben. Wie aus Abbildung 33 hervorgeht, nehmen die Stückkosten bei beiden Melksystemen mit steigendem Milchleistungsniveau ab. Da der Rückgang der Stückkosten beim automatischen Melksystem stärker ausgeprägt ist als beim konventionellen Melksystem, verringern sich auch die pro kg Milch anfallenden Mehrkosten. In dem hier gewählten Beispiel sinken die Mehrkosten von 10,3 auf 5,1 Pf/kg bzw. bei Berücksichtigung der unterstellten Milchleistungssteigerungen von 8,0 auf 2,9 Pf/kg. Auf Grund dieser Zusammenhänge scheint die Wettbewerbsfähigkeit des automatischen Melksystems mit dem Leistungsniveau der Kühe zuzunehmen.

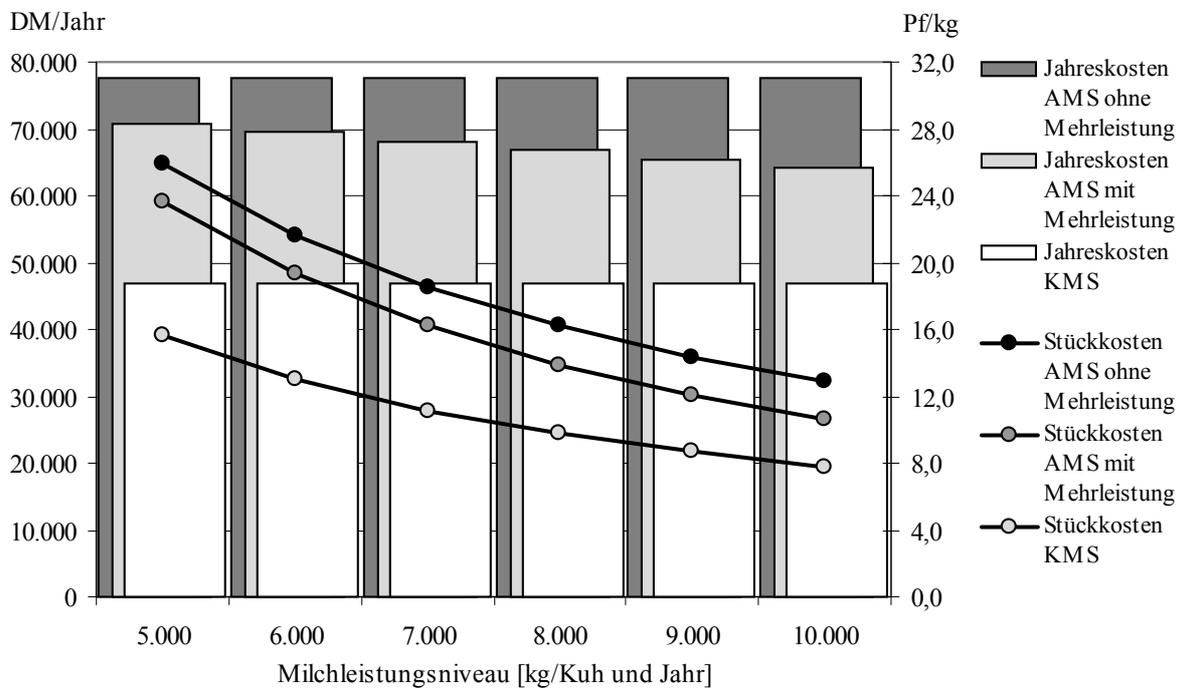


Abbildung 33: Melkkosten in Abhängigkeit des Milchleistungsniveaus <sup>1</sup>

Eine eingehende Analyse der in Abbildung 33 dargestellten Daten zeigt jedoch, daß die insgesamt anfallenden Jahreskosten der Melksysteme unabhängig vom Milchleistungsniveau sind. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Kapital-, Betriebsmittel- und Arbeitszeitbedarf der Melksysteme nicht vom Milchleistungsniveau der Kühe beeinflusst wird. Auf Grund dieser

<sup>1</sup> Jahreskosten des automatischen Melksystems = Anlagenkosten (68.520 DM) + Arbeitskosten (9.120 DM; 7,6 AKh/Kuh \* 60 Kühe \* 20 DM/AKh)  
 Jahreskosten AMS mit Mehrleistung = Jahreskosten AMS – Kostenausgleich durch Milchleistungssteigerung (60 Kühe \* Leistungsniveau \* 10 % \* 0,2263 DM/kg);  
 Jahreskosten des konventionellen Melksystems = Anlagenkosten (23.460 DM) + Arbeitskosten (23.400 DM; 19,5 AKh/Kuh \* 60 Kühe \* 20 DM/AKh); vgl. Tabelle 108

Zusammenhänge sind auch die jährlichen Mehrkosten automatischer Melksysteme grundsätzlich unabhängig vom Milchleistungsniveau. Sie belaufen sich in dem hier verwendeten Beispiel auf knapp 31.000 DM. Lediglich dann, wenn es infolge des automatischen Melkens zu Milchleistungssteigerungen kommt, die proportional zum ursprünglichen Milchleistungsniveau sind, werden die Mehrkosten der automatischen Melksysteme indirekt durch das Milchleistungsniveau beeinflusst. In diesem Fall sinken die effektiven Jahreskosten automatischer Melksysteme um so stärker, je höher das Milchleistungsniveau vor Umstellung des Melksystems gewesen ist. Die diesbezüglichen Unterschiede sind aber, wie Abbildung 33 erkennen läßt, relativ gering. Insgesamt ist somit festzustellen, daß das Milchleistungsniveau positiven Einfluß auf die absolute Rentabilität der Milchproduktion hat. Für die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme ist es jedoch auf Grund seiner mäßigen Auswirkungen auf die Mehrkosten nicht von herausragender Bedeutung. Trotzdem werden Milchviehhalter, deren Herde ein hohes Milchleistungsniveau hat, am ehesten gewillt und in der Lage sein, die beachtlichen Kosten automatischer Melksysteme zu tragen.

## **8.7 Schlußfolgerungen**

Aus den erläuterten Zusammenhängen ergibt sich der Schluß, daß für Betriebe, die auf automatisches Melken umstellen wollen, die Systemvariante am vorteilhaftesten ist, deren Melkleistung am besten mit der Herdengröße des Betriebes übereinstimmt. So sollten aus wirtschaftlicher Sicht für Herden mit bis zu ca. 70 Kühen Einboxenanlagen gewählt werden, während für Betriebe mit 70-100 bzw. mehr als 130 Kühen Mehrboxenanlagen vorzuziehen sind. Annähernd gleichwertig sind beide Systemvarianten für Betriebe mit ca. 100-130 Kühen.

Ferner ist festzustellen, daß automatische Melksysteme momentan auf Grund ihrer noch hohen Mehrkosten im wesentlichen für Betriebe mit einer guten Rentabilität in Betracht kommen. In diesem Zusammenhang ist auch ein hohes Milchleistungsniveau von Bedeutung, da dies in erster Linie die absolute Rentabilität der Milchproduktion steigert. Zudem hat ein hohes Milchleistungsniveau unter der Voraussetzung, daß es durch das automatische Melken zu proportionalen Milchleistungssteigerungen kommt, einen positiven Einfluß auf die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme.

Weiterhin ist zu schlußfolgern, daß sich die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme primär durch eine Verlängerung der Nutzungszeiträume, eine Steigerung der Melkleistungen sowie eine vermehrte Einsparung von Arbeitszeit erhöhen läßt. Letzteres kann hauptsächlich durch eine Minimierung des Anteils nachzutreibender Tiere erreicht werden. In die-

sem Zusammenhang kommt der Optimierung des Tierverkehrs eine besondere Bedeutung zu. Eine längere Nutzungsdauer ist dagegen durch hochwertige Materialien und Fertigungsverfahren sowie durch regelmäßige Pflege und Wartung der automatischen Melkanlage zu erreichen. Die Melkleistung kann schließlich im wesentlichen durch eine Beschleunigung des Ansetzvorgangs und des Kuhwechsels sowie durch eine Steigerung der täglichen Betriebsdauer erhöht werden. In diesem Zusammenhang wirkt es sich beispielsweise positiv aus, die Reinigungspausen auf Tageszeiten mit ohnehin geringer Anlagenfrequentierung zu verlegen. Eine Steigerung der Melkleistung durch Auswahl schnell melkender Kühe würde hingegen keine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme bewirken, obwohl sich die absolute Rentabilität der Milchproduktion dadurch steigern würde. Wichtig ist vielmehr eine Minimierung sämtlicher Rüst- und Fehlzeiten, so daß ein möglichst großer Teil des Tages als reine Melkzeit genutzt wird. Zu demselben Ergebnis kommen COOPER und PARSONS (1999, S.320), die angeben, daß die tägliche Dauer, während der die Kühe das automatische Melksystem nutzen, genauso wichtig ist wie die Betriebseffizienz der Anlage.

Die positiven Auswirkungen hoher Melkleistungen, langer Nutzungszeiträume und umfangreicher Arbeitszeiteinsparungen verdeutlichen die in Tabelle 69 wiedergegebenen Daten. Diese basieren auf der Annahme, daß in automatisch melkenden Betrieben ca. 15 % mehr Kühe gehalten werden können, als bislang in der vorliegenden Arbeit veranschlagt. Ferner wurde unterstellt, daß die Nutzungsdauer nicht acht Jahre beträgt, sondern mit zwölf Jahren denselben Wert aufweist wie bei konventionellen Melksystemen. Zudem wurde davon ausgegangen, daß pro Kuh und Jahr 1,0 AKh mehr eingespart werden, als bisher angenommen. Wie zu erkennen ist, sinken unter diesen Bedingungen die bislang errechneten Mehrkosten um bis zu 275 DM pro Kuh und Jahr bzw. um bis zu mehr als 1/3. Am stärksten ausgeprägt ist der Rückgang der Mehrkosten bei Einboxenanlagen und kleinen Mehrboxenanlagen, da diese pro Kuh den höchsten Kapitalbedarf aufweisen.

Auf Grund der gesunkenen Mehrkosten und der gleichzeitig unterstellten Steigerung der Arbeitszeiteinsparungen gehen, wie Tabelle 69 zeigt, die erforderlichen Lohnansätze deutlich zurück. Gleiches gilt für die benötigten Milchleistungssteigerungen, die auf Werte sinken, die teils erheblich niedriger sind, als die in Versuchen bei mehrmaligem Melken ermittelten Leistungssteigerungen. So stellte Wolf (2000, S.487) im Mittel von drei Milchviehbetrieben durch dreimal tägliches Melken einen Leistungsanstieg von 4-5 kg je Kuh und Tag fest. Dies entspricht bei einer Laktationsperiode von 305 Tagen einer Mehrleistung von 1.220-1.525 kg

pro Kuh und Jahr. Verglichen mit diesen Werten scheinen die in Tabelle 69 für günstige Rahmenbedingungen ausgewiesenen Mehrleistungen durchaus realisierbar zu sein, insofern die Kühe vom automatischen Melksystem in gleichmäßigen Intervallen von maximal neun Stunden gemolken werden. Daraus ist zu schließen, daß automatische Melksysteme gegenüber konventionellen Melksystemen wettbewerbsfähig sind, wenn sie hohe Melkleistungen und Arbeitszeiteinsparungen erzielen sowie eine lange Nutzungsdauer aufweisen.

Tabelle 69: Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen			
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen	
<b>Situation unter den bisher angenommenen Bedingungen</b>							
Maximale Herdengröße [Kühe]	60	120	180	90	130	160	
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>1</sup>	11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5	
Mehrkosten [DM/Kuh und Jahr] <sup>2</sup>	751	741	711	793	578	449	
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh] bei Milchleistungssteigerung von 0 kg	63	95	132	90	89	100	
Erforderliche Milchleistungssteigerung <sup>3</sup> [kg/Kuh u. Jahr] bei 40 DM Lohnansatz	1.215	1.896	2.187	1.949	1.405	1.189	
<b>Situation unter günstigeren Bedingungen</b>							
Maximale Herdengröße [Kühe] <sup>4</sup>	70	140	210	100	150	190	
Zeiteinsparung [AKh/Kuh und Jahr] <sup>5</sup>	12,9	8,8	6,4	9,8	7,5	5,5	
Mehrkosten <sup>2</sup>	[DM pro Kuh und Jahr]	628	627	604	704	499	371
Abzug für Nutzungsdauer <sup>6</sup>		152	150	149	155	125	118
Verbleibende Mehrkosten		476	477	455	549	374	253
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh] bei Milchleistungssteigerung von 0 kg	37	54	71	56	50	46	
Erforderliche Milchleistungssteigerung [kg/Kuh u. Jahr] bei 40 DM Lohnansatz	-177	552	879	694	327	146	

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 72

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 80

<sup>3</sup> vgl. Formel 6

<sup>4</sup> Diese Werte basieren auf einer unterstellten Steigerung der bisher angenommenen Melkleistung von ca. 15 %

<sup>5</sup> Diese Werte basieren auf einer angenommenen Steigerung der Arbeitszeiteinsparung von 1 AKh/Kuh u. Jahr.

<sup>6</sup> vgl. Tabelle 46

## 9 Ausblick

Wie eingehend erläutert wurde, hängt die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme wesentlich von der Höhe ihrer Kosten ab. Diese sind je nach Anlagengröße 2-3 ½ mal so hoch wie die Kosten der konventionellen Vergleichsanlagen. Die herausragende Ursache für die deutlich höheren Kosten automatischer Melksysteme ist deren großer Kapitalbedarf, der den konventioneller Melksysteme um bis zu 200 % übersteigt. Auf Grund dieser Zusammenhänge wird der zukünftige Marktanteil automatischer Melksysteme stark von deren künftigen Marktpreisen abhängen. Weiterhin wird im Zusammenhang mit den Mehrkosten von Bedeutung sein, wie sich die Melkleistung und Nutzungsdauer der automatischen Melksysteme tatsächlich entwickeln. Beide Parameter können bislang auf Grund der geringen Verbreitung und kurzen Einsatzdauer automatischer Melkanlagen nur geschätzt werden.

Einen ähnlich große Bedeutung wie die Mehrkosten der automatischen Melksysteme hat das Ausmaß der von ihnen eingesparten Arbeitszeit. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden für automatisch melkende Betriebe Arbeitszeitbedarfswerte ermittelt, die um bis zu mehr als 60 % unter den Bedarfswerten konventionell melkender Betriebe liegen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Arbeitszeiteinsparungen momentan nicht exakt voraussagen lassen. Dies beruht zum einen darauf, daß der Arbeitszeitbedarf für das konventionelle Melken in der landwirtschaftlichen Praxis stark schwankt. Zum anderen erschweren die bislang begrenzten Erkenntnisse über das automatische Melken die Vorhersage der zu erwartenden Arbeitszeiteinsparungen. Mithin wird der künftige Verbreitungsgrad automatischer Melksysteme auch davon abhängen, inwieweit sich die aktuellen Aussagen über deren arbeitswirtschaftliche Vorteile bestätigen lassen. Zudem wird von Bedeutung sein, wie die Milchviehhalter die geänderten Tätigkeitsmerkmale bewerten. So fallen anstelle der bisher durchgeführten manuellen Melkarbeiten vermehrt Kontroll- und Managementarbeiten an. Von Vorteil ist in diesem Zusammenhang sicherlich der Wegfall der körperlich anstrengenden Melkarbeit. Ob Milchviehhalter das Erlernen neuer Qualifikationen, die zur Betreuung der anspruchsvollen Technik benötigt werden, als positiv empfinden, ist von deren persönlichen Neigungen abhängig. Als nachteilig würde es sicherlich empfunden werden, wenn häufig Kühe zur Melkanlage zu treiben wären, da diese Arbeit monotoner ist als qualifizierte Melkarbeit.

Neben der Höhe der Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen beeinflußt auch die Bewertung der freigesetzten Arbeitszeit den künftigen Marktanteil automatischer Melksysteme. Grundsätzlich wird deren Verbreitung durch ein hohes Lohnniveau begünstigt. Hingegen hat eine ausreichende Verfügbarkeit billiger Arbeitskräfte, die beispielsweise durch die geplante Ost-

erweiterung der EU gegeben sein könnte, entgegengesetzte Wirkung. Die Bewertung der freigesetzten Arbeitszeit ergibt sich in Lohnarbeitsbetrieben aus deren Lohnkosten. Dagegen sind in Familienbetrieben mehrere Faktoren ausschlaggebend. Zunächst ist von Bedeutung, wie knapp die Arbeitszeit in einem Betrieb ist. So werden Milchviehhalter die von automatischen Melksystemen freigesetzte Arbeitszeit um so höher bewerten, je angespannter die arbeitswirtschaftliche Situation des Betriebes ist. Weiterhin ist für die Bewertung der eingesparten Arbeitszeit von Interesse, ob alternative und möglicherweise günstigere Möglichkeiten bestehen, Arbeitszeit freizusetzen. Solche Möglichkeiten können sich beispielsweise durch eine überbetriebliche Organisation der Grundfutturvorgänge oder durch eine Vergabe von Außenarbeiten an Lohnunternehmer ergeben. Daneben hängt die Bewertung der eingesparten Arbeitszeit auch davon ab, welche alternativen Einkommensmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Schließlich ist von Bedeutung, inwieweit sich Milchviehhalter einen begrenzten Gewinnrückgang erlauben können. So wird die freigesetzte Arbeitszeit in Betrieben mit einem hohen Milchleistungsniveau bzw. einer hohen Rentabilität der Milchproduktion höher bewertet werden können als in Betrieben mit einer geringen Wirtschaftlichkeit.

Zusätzlich zu den Mehrkosten und arbeitswirtschaftlichen Parametern werden auch etwaige Milchleistungssteigerungen die Chancen automatischer Melksysteme beeinflussen. Wie in den entsprechenden Ausführungen dieser Arbeit eingehend erläutert wurde, lassen sich Auftreten und Ausmaß solcher Mehrleistungen zur Zeit nicht sicher voraussagen. Hingegen kann als gesichert angesehen werden, daß signifikante Leistungssteigerungen nur eintreten, wenn die Zwischenmelkzeiten aller Kühe auf gleichmäßige Intervalle von maximal neun Stunden gesenkt werden. Sollten sich solche Melkintervalle durch entsprechende Gestaltung von Stallbau, Tierverkehr, Management und Fütterung sicher erreichen lassen, würde dies die Verbreitung automatischer Melkanlagen begünstigen. In diesem Zusammenhang zeigt sich die Notwendigkeit weiterer Forschungen über die optimale Gestaltung der o.a. Parameter und über die dadurch zu erzielenden Milchleistungssteigerungen.

Schließlich wird die Zukunft des automatischen Melkens auch von der Akzeptanz durch Verbraucher und Politik abhängen. In diesem Zusammenhang sei besonders auf die aktuellen Bestrebungen zu einer ökologischen Ausrichtung der Landwirtschaft hingewiesen. Da zu erwarten ist, daß kleine Betriebe bei diesbezüglichen Subventionierungen bevorzugt werden, würde eine massive Förderung der ökologischen Landwirtschaft zumindest zu einer Verlangsamung des bisherigen Strukturwandels führen. Dies würde wiederum die Verbreitung auto-

matischer Melksysteme beeinträchtigen. Förderlich für die öffentliche Akzeptanz und die Verbreitung automatischer Melksysteme ist hingegen, daß automatische Melksysteme den Kühen eine weitgehend freie Gestaltung des Tagesablaufs und somit artgerechte Haltungsbedingungen ermöglichen.

Aus den vorhergehenden Erläuterungen wird klar, daß die künftige Verbreitung automatischer Melksysteme momentan nicht sicher vorherzusagen ist. Dies kommt auch darin zum Ausdruck, daß die im Rahmen dieser Arbeit befragten Fachleute für automatische Melksysteme in Abhängigkeit deren zu erwartender Preise einen Marktanteil zwischen 5 und 50 % prognostizieren [vgl. Tabelle 4]. Unter den aktuellen Bedingungen erwarten die meisten der befragten Experten, daß künftig ca. 10 % der Milchviehbetriebe automatisch melken. Bei einem solchen Marktanteil würden in der Bundesrepublik Deutschland zukünftig ca. 15.000 der insgesamt gut 150.000 Milchkuhbetriebe [vgl. KÜHN (2001)] ein automatisches Melksystem einsetzen.

Obwohl die Anzahl der zukünftig automatisch melkenden Betriebe zur Zeit nicht abzusehen ist, lassen sich die Folgen einer weiten Verbreitung automatischer Melksysteme bereits abschätzen. So wird bei einem vermehrten Einsatz der neuen Technik eine Verstärkung des Strukturwandels eintreten, die ihre Ursachen in den erläuterten Zusammenhängen von Auslastung und Mehrkosten automatischer Melkanlagen hat. Infolge des beschleunigten Strukturwandels würde es zu einer vermehrten Nachfrage nach Milchquoten und dadurch zu deren Verknappung sowie zu einem Anstieg der Quotenpreise kommen. Dies würde wiederum die Möglichkeiten des betrieblichen Wachstums einschränken. Mit dem Strukturwandel wäre besonders bei einer Lockerung des Quotensystems zudem eine Abwanderung der Milchproduktion aus strukturschwachen Gebieten verbunden, da hier die Voraussetzungen zur Intensivierung der Milchproduktion ungünstig sind.

Neben den ökonomischen Parametern sind auch die sozialen Folgen des Einsatzes automatischer Melkanlagen von Interesse. Von herausragender Bedeutung ist hier, wie Umfragen belegen [vgl. Abbildung 8], der Zugewinn an Freizeit. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Wegfall fester Melkzeiten und die damit verbundene Flexibilisierung des Arbeitsalltags. Dadurch ergeben sich für Milchviehhalter größere persönliche Freiheiten und bessere Möglichkeiten zur Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. Es ist jedoch auch zu berücksichtigen, daß automatische Melkanlagen die permanente Verfügbarkeit qualifizierten Personals erfordern. Dadurch kann es für Landwirte schwierig werden, eine Vertretung für kurzfristige Abwesenheit oder Urlaub zu finden. Zudem ist zu beachten, daß etwaige

Störungen unvorhergesehene Arbeitseinsätze erforderlich machen können. Sollte dies häufig während der Nachtstunden der Fall sein, würde dies eine Verbesserung der Lebensqualität in Frage stellen. Die hier geschilderten möglichen Probleme sind jedoch nicht zu hoch zu bewerten, da automatische Melkanlagen mittlerweile eine relativ hohe Zuverlässigkeit zeigen, die sich in Zukunft noch verbessern dürfte.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß der künftige Marktanteil automatischer Melksysteme auf Grund der teils noch nicht endgültig abzusehenden ökonomischen Folgen momentan nicht exakt voraussagen ist. Trotz dieser Unsicherheiten und der vergleichsweise hohen Kosten automatischer Melksysteme ist davon auszugehen, daß sich deren Anteil wegen ihrer arbeitswirtschaftlichen und sozialen Vorteile stetig erhöhen wird. Das potentielle Einsatzfeld sind insbesondere Betriebe mit einer hohen Arbeitsbelastung und einer guten finanziellen Situation bzw. guten Rentabilität der Milchproduktion.

## **10 Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirtschaftlichkeit automatischer Melksysteme im Vergleich zu konventionellen Melksystemen untersucht. Neben den beiden Varianten automatischer Melksysteme, den Einboxenanlagen und Mehrboxenanlagen, wurden die in der landwirtschaftlichen Praxis am weitesten verbreiteten Fischgrätenmelkstände und die arbeitswirtschaftlich günstigen Melkkarusselle in die Vergleichsberechnungen einbezogen.

Eine Analyse der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zeigt, daß die Milcherzeugerpreise trotz der seit 1984 herrschenden Quotenregelung erheblich gesunken sind. Dadurch wurde ein Strukturwandel ausgelöst, in dessen Rahmen sich die Anzahl der Milchviehbetriebe verringerte, während die einzelbetrieblichen Kuhzahlen stiegen. Infolge dieses Strukturwandels wuchs die Arbeitsbelastung der Milchviehhalter beständig. Vor diesem Hintergrund zeigen viele Landwirte ein reges Interesse an automatischen Melksystemen, da sie sich von dieser Technik eine deutliche Arbeitsentlastung erhoffen.

Aus der Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen geht hervor, daß Melkanlagen grundsätzlich in Räumen aufzustellen sind, die den Anforderungen der Milchhygieneverordnung entsprechen und insbesondere eine ausreichende Abtrennung gegenüber Liegeflächen und Kontaminationsquellen gewährleisten. Diese Vorschrift gilt auch für automatische Melkanlagen, obwohl zumindest bei Einboxenanlagen aus technischer Sicht auf einen separaten Melkraum verzichtet werden könnte. Weiterhin ist festzustellen, daß sich automatische Melkverfahren momentan im Widerspruch zu den gültigen Hygienevorschriften befinden, da die vorgeschriebene Sinnfälligkeitsprüfung der Milch systembedingt entfällt. Aus diesem Grund wurden von den zuständigen Behörden für automatisch melkende Betriebe bis auf weiteres besondere Auflagen erlassen.

Um den Einsatzbereich automatischer Melkanlagen zu erfassen, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Umfrage unter Fachleuten aus Wissenschaft, Industrie, Vertrieb und landwirtschaftlicher Praxis durchgeführt. Dabei zeigte sich die übereinstimmende Auffassung, daß automatische Melksysteme momentan und künftig überwiegend in westeuropäischen Familienbetrieben aller Größen- und Leistungsklassen zum Einsatz kommen. Diese Resultate decken sich mit den Ergebnisse anderer Umfragen.

Da allgemein davon ausgegangen wird, daß die Milchleistungen in automatisch melkenden Betrieben infolge einer erhöhten Melkhäufigkeit um bis zu 15 % steigen, wurden entsprechende Daten und insbesondere die physiologischen Grundlagen eingehend analysiert. Es

zeigt sich, daß signifikante Milchleistungssteigerungen nur zu erwarten sind, wenn die Zwischenmelkzeiten der Kühe auf gleichmäßige Intervalle von weniger als neun Stunden sinken. Die in automatisch melkenden Betrieben zu beobachtenden Melkintervalle weisen jedoch große Schwankungen auf und sind häufig deutlich länger als neun Stunden. Mithin können signifikante Leistungssteigerungen nicht generell unterstellt werden, zumal zur Zeit ein vollständiges Ausmelken der Kühe beim automatischen Melken infolge fehlender Nachmelkeinrichtungen nicht gewährleistet ist. Daher wurden in dieser Arbeit keine fiktiven Mehrleistungen unterstellt, sondern die Leistungssteigerungen berechnet, die zum Ausgleich der Mehrkosten automatischer Melksysteme erforderlich sind. Wie bei den Milchleistungen konnten auch bezüglich Eutergesundheit und Milchqualität keine gesicherten Einflüsse der Melkverfahren festgestellt werden. Deshalb wurde in dieser Arbeit davon ausgegangen, daß sich beide Parameter in konventionell bzw. automatisch melkenden Betrieben nicht voneinander unterscheiden.

Als Grundlage des folgenden Arbeitszeitvergleichs wurden aus den Ergebnissen verschiedener Zeitstudien arbeitswirtschaftliche Richtwerte abgeleitet. Bei der Auswertung der entsprechenden Literaturdaten zeigte sich, daß der Arbeitszeitbedarf sowohl in konventionell melkenden als auch in automatisch melkenden Betrieben starken Schwankungen unterworfen ist. In konventionell melkenden Betrieben gliedern sich die Arbeitselemente in Rüst-, Treib- und Melkarbeiten. Für die erstgenannten Tätigkeiten wurde ein Zeitbedarf von 5,0 AKmin je Melkzeug und Tag veranschlagt, während für Treibarbeiten 0,5 AKmin je Kuh und Tag angesetzt wurden. Der Zeitbedarf für die eigentlichen Melkarbeiten wurde in Abhängigkeit der Melkstandvariante und Melkstandausstattung mit 0,74-1,17 AKmin je Melkzeit und Kuh kalkuliert. Im Zusammenhang mit dem automatischen Melken fallen anlagenbezogene und tierbezogene Arbeiten an. Der entsprechende Zeitbedarf wurde mit 25 AKmin je Melkbox und Tag bzw. 1,0 AKmin je Kuh und Tag angesetzt.

An die Analyse der arbeitswirtschaftlichen Parameter schloß sich die Berechnung der Melkleistung bzw. der maximalen Herdengröße automatisch melkender Betriebe an. Diese wird nicht nur von der Milchmenge und der Milchflußrate, sondern auch von dem Zeitbedarf für Kuhwechsel, Ansetzen und Abnehmen der Melkbecher bestimmt. Weiterhin beeinflussen die tägliche Betriebsdauer der Anlage, die Melkhäufigkeit der Kühe und der Anteil trockenstehender Kühe die maximale Herdengröße. In der vorliegenden Arbeit wurde für Einboxenanlagen eine stündliche Melkleistung von 8,0 Kühen angesetzt. Für Mehrboxenanlagen ergab sich je nach Anzahl der Melkboxen eine Melkleistung von 5,2-5,9 Kühen je Melkbox und

Stunde. Die Betriebsdauer und die Melkhäufigkeit wurde für beide Systemvarianten einheitlich mit 19,2 Stunden pro Tag bzw. 3,0 Melkungen je Kuh und Tag veranschlagt. Aus diesen Werten ergibt sich unter der Voraussetzung, daß 1/6 der Kühe trockensteht, für Betriebe mit Einboxenanlagen eine maximale Herdengröße von 60 Kühen je Melkanlage. Mit 40-45 Kühen je Melkbox weisen Mehrboxenanlagen niedrigere Werte auf.

Die folgende Analyse des Kapitalbedarfs zeigte, daß dieser bei voll ausgelasteten Einboxenanlagen ca. 4.700-4.800 DM je Kuh beträgt. Bei Mehrboxenanlagen weichen die Werte mit 3.950-4.900 DM je Kuh stärker voneinander ab. Ursache für diese Unterschiede ist, daß Mehrboxenanlagen im Gegensatz zu Einboxenanlagen kapitalintensive Komponenten unabhängig von der Anlagengröße nur einmal benötigen. Die Investitionssummen der konventionellen Melkanlagen liegen je nach Größe, Ausstattung und Kuhzahl bei 1.400-3.000 DM je Kuh und damit deutlich unter den o.a. Werten.

Auf Grund des hohen Kapitalbedarfs und einer vermuteten Nutzungsdauer von nur acht Jahren weisen automatische Melkanlagen hohe Jahreskosten auf. Für Einboxenanlagen belaufen sich diese bei voller Auslastung auf ca. 1.100-1.150 DM je Kuh und Jahr, wobei mit steigender Boxenzahl nur ein geringer Rückgang festzustellen ist. Bei Mehrboxenanlagen gehen die entsprechenden Werte hingegen mit wachsender Anlagengröße von gut 1.100 auf knapp 900 DM je Kuh und Jahr zurück. Eine gänzlich andere Situation ergibt sich bei den konventionellen Vergleichsanlagen. Hier steigen die Jahreskosten auf Grund einer umfangreicheren Ausstattung mit zunehmender Melkplatzzahl von gut 300 auf ca. 450 DM je Kuh an.

Infolge der sich bei beiden Melksystemen unterschiedlich entwickelnden Jahreskosten gehen die Mehrkosten automatischer Melkanlagen mit steigender Anlagengröße zurück. Für Einboxenanlagen wurden unter der Voraussetzung, daß 60 Kühe pro Melkbox gehalten werden, je nach Anzahl der in einem Betrieb vorhandenen Einboxenanlagen jährliche Mehrkosten von gut 700-750 DM je Kuh ermittelt. Dagegen liegen die Werte, die sich für unterschiedlich große Mehrboxenanlagen an den jeweiligen Kapazitätsgrenzen ergeben, zwischen 450 und 800 DM je Kuh und Jahr. Eine eingehende Analyse der pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten zeigt, daß diese deutlich sinken, wenn die maximale Kuhzahl höher ist, als in dieser Arbeit angenommen. Ein ebenfalls deutliches Absinken der Mehrkosten ergibt sich, wenn die Nutzungsdauer automatischer Melksysteme nicht mit acht Jahren, sondern mit dem für konventionelle Melkanlagen verwendeten Wert von zwölf Jahren angesetzt wird. Weiteren,

jedoch geringeren Einfluß auf die Höhe der Mehrkosten haben der Kalkulationszinssatz und das Ausstattungsniveau der konventionellen Vergleichsanlagen.

Ebenso wie die Melkleistung und Nutzungsdauer automatischer Melkanlagen über die Mehrkosten entscheidenden Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des automatischen Melkens ausüben, ist auch das Ausmaß der Arbeitszeiteinsparungen von herausragender Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit automatischer Melksysteme. Analog zu den Mehrkosten nimmt die pro Kuh und Jahr eingesparte Arbeitszeit mit zunehmender Anlagengröße ab. Für Einboxenanlagen wurden Zeiteinsparungen von 5,4-11,9 AKh je Kuh und Jahr errechnet. Bei Mehrboxenanlagen liegen die entsprechenden Werte bei 4,5-8,8 AKh je Kuh und Jahr. Der Rückgang der Arbeitszeiteinsparungen ist darauf zurückzuführen, daß der tierbezogene Arbeitszeitbedarf in konventionellen Betrieben nicht nur mit der Anlagenauslastung, sondern infolge einer sich ändernden Ausstattung auch mit der Anlagengröße abnimmt. Hingegen ist der tierbezogene Arbeitszeitbedarf automatisch melkender Betriebe zwar auch von der Anlagenauslastung abhängig, jedoch nahezu unabhängig von der Anlagengröße bzw. der Anzahl der in einem Betrieb vorhandenen Anlagen.

Aus den Mehrkosten und Arbeitszeiteinsparungen wurden verschiedene Parameter abgeleitet, die Aufschluß über die Wettbewerbsfähigkeit der Systemvarianten geben. Im einzelnen wurden der zum Mehrkostenausgleich erforderliche Lohnansatz, die zum Mehrkostenausgleich erforderlichen Milchleistungssteigerungen, die kritischen Preise und die kritischen Kuhzahlen analysiert. Anhand dieser Parameter ist zu erkennen, daß Einboxenanlagen in Betrieben mit bis zu ca. 70 Kühen gegenüber Mehrboxenanlagen Wettbewerbsvorteile besitzen, während letztere in Beständen von 70-100 Kühen und in solchen mit mehr als ca. 130 Kühen vorteilhaft sind. Nur geringe Unterschiede zeigen sich bei Betrieben mit 100-130 Kühen.

Außerdem ist anhand der o.a. Parameter festzustellen, daß automatische Melksysteme im Vergleich zu konventionellen Melksystemen unter den in dieser Arbeit angenommenen Rahmenbedingungen nicht wirtschaftlich sind. So wurde unter diesen Bedingungen bei einem Lohnansatz von 40 DM pro AKh eine erforderliche Milchleistungssteigerung von mindestens 1.000 kg je Kuh und Jahr ermittelt. Eine solch hohe Mehrleistung dürfte kaum zu realisieren sein. Anders stellt sich die Situation dar, wenn die maximale Herdengröße die in dieser Arbeit zugrundegelegten Werte um ca. 15 % übersteigt und wenn gleichzeitig hohe Arbeitszeiteinsparungen und eine Nutzungsdauer von zwölf Jahren erreicht wird. In diesem Fall würden bei einem Lohnansatz von 40 DM pro AKh für Mehrboxenanlagen mit vier Melkplätzen nur noch

Milchleistungssteigerungen von ca. 150 kg je Kuh und Jahr benötigt, während Einboxenanlagen sogar bei geringfügigen Minderleistungen keine wirtschaftlichen Nachteile aufweisen würden.

Um die Wirtschaftlichkeit einer innerbetrieblichen Verwertung eingesparter Arbeitszeit zu prüfen, wurde untersucht, wie sich die betrieblichen Deckungsbeiträge entwickeln, wenn nach einer Umstellung von konventionellem auf automatisches Melken die freigesetzte Arbeitszeit zur Herdenaufstockung genutzt wird. In diesem Fall würden die Deckungsbeiträge in Betrieben mit Einboxenanlagen um 17-40 % steigen, wenn die gegenüber der Ausgangssituation höheren Gebäude- und Technikkosten unberücksichtigt bleiben. In Betrieben mit Mehrboxenanlagen würden die Deckungsbeiträge um 13-27 % steigen. Gänzlich anders entwickeln sich die Deckungsbeiträge jedoch, wenn die höheren Gebäude- und Technikkosten der automatisch melkenden Betriebe berücksichtigt werden. In diesem Fall sinken die Deckungsbeiträge gegenüber der Ausgangssituation in Betrieben mit Einboxenanlagen um 67-71 % und in Betrieben mit Mehrboxenanlagen um 41-71 %.

Abschließend wurde dargelegt, daß die künftige Verbreitung automatischer Melkanlagen zur Zeit nicht sicher vorherzusagen ist. Entscheidend wird sein, wie sich die pro Kuh und Jahr anfallenden Mehrkosten entwickeln. Dies wird im wesentlichen von den künftigen Marktpreisen, Melkleistungen und Nutzungszeiträumen der automatischen Melksysteme abhängen. Weiterhin werden das Ausmaß der erzielten Arbeitszeiteinsparungen, die Verfügbarkeit alternativer Einkommensquellen und billiger Arbeitskräfte sowie die Höhe etwaiger Milchleistungssteigerungen Einfluß auf den künftigen Marktanteil automatischer Melksysteme haben. Zudem wird auch die Akzeptanz von Politik und Verbrauchern Einfluß auf die Verbreitung automatischer Melkanlagen nehmen. Sollten sich die Rahmenbedingungen so entwickeln, daß automatische Melksysteme im Vergleich zu konventionellen Melksystemen keine gravierenden wirtschaftlichen Nachteile aufweisen, werden sie eine weite Verbreitung finden, da das Interesse der Milchviehhalter an einer Arbeitsentlastung groß ist. Bei einem vermehrten Einsatz automatischer Melkanlagen ist eine Beschleunigung des Strukturwandels zu erwarten, die zu einer Verknappung und Verteuerung der Milchquoten führen wird. Zudem ist insbesondere bei einer weiteren Liberalisierung des Quotensystems mit einer Abwanderung der Milchproduktion aus strukturschwachen Gebieten zu rechnen.

## Anhang

Tabelle 70: Jährlicher Arbeitszeitbedarf in konventionellen Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen <sup>1</sup>

Fischgrätenmelkstand mit 2x5 Melkplätzen									
Arbeitselement	Gesamt [AKh]	AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl							
		40	50	60	70	80			
Rüstarbeiten	304	7,6	6,1	5,1	4,3	3,8			
Treiarbeiten		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5			
Arbeiten im Melkstand		11,9	11,9	11,9	11,9	11,9			
<b>Gesamt</b>		<b>22,0</b>	<b>20,5</b>	<b>19,5</b>	<b>18,7</b>	<b>18,2</b>			
Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen									
Arbeitselement	Gesamt [AKh]	AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl							
		50	60	70	80	90	100	110	120
Rüstarbeiten	365	7,3	6,1	5,2	4,6	4,1	3,7	3,3	3,0
Treiarbeiten		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arbeiten im Melkstand		10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
<b>Gesamt</b>		<b>20,5</b>	<b>19,3</b>	<b>18,4</b>	<b>17,8</b>	<b>17,3</b>	<b>16,9</b>	<b>16,5</b>	<b>16,2</b>
Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen									
Arbeitselement	Gesamt [AKh]	AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Rüstarbeiten	426	5,3	4,7	4,3	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8
Treiarbeiten		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arbeiten im Melkstand		9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
<b>Gesamt</b>		<b>17,1</b>	<b>16,5</b>	<b>16,1</b>	<b>15,7</b>	<b>15,4</b>	<b>15,1</b>	<b>14,8</b>	<b>14,6</b>
Melkarussell mit 18 Plätzen									
Arbeitselement	Gesamt [AKh]	AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Rüstarbeiten	548	3,9	3,7	3,4	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6
Treiarbeiten		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Arbeiten im Melkstand		7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
<b>Gesamt</b>		<b>13,9</b>	<b>13,7</b>	<b>13,4</b>	<b>13,2</b>	<b>13,0</b>	<b>12,9</b>	<b>12,7</b>	<b>12,6</b>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 71: Jährlicher Arbeitszeitbedarf in automatischen Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>			
Anlagenbezogene Arbeiten	152	3,8	3,0	2,5	2,2	1,9			
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1			
<b>Summe</b>		<b>8,9</b>	<b>8,1</b>	<b>7,6</b>	<b>7,3</b>	<b>7,0</b>			
<b>2 Einboxenanlagen</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Anlagenbezogene Arbeiten	304	3,8	3,4	3,0	2,8	2,5	2,3	2,2	2,0
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<b>Summe</b>		<b>8,9</b>	<b>8,5</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>	<b>7,6</b>	<b>7,4</b>	<b>7,3</b>	<b>7,1</b>
<b>3 Einboxenanlagen</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Anlagenbezogene Arbeiten	456	3,3	3,0	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<b>Summe</b>		<b>8,4</b>	<b>8,1</b>	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>7,6</b>	<b>7,5</b>	<b>7,4</b>	<b>7,3</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
Anlagenbezogene Arbeiten	304	6,1	5,1	4,3	3,8	3,4	3,0	2,8	2,5
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<b>Summe</b>		<b>11,2</b>	<b>10,2</b>	<b>9,4</b>	<b>8,9</b>	<b>8,5</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>	<b>7,6</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Anlagenbezogene Arbeiten	456	5,7	5,1	4,6	4,1	3,8	3,5	3,3	3,0
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<b>Summe</b>		<b>10,8</b>	<b>10,2</b>	<b>9,7</b>	<b>9,2</b>	<b>8,9</b>	<b>8,6</b>	<b>8,4</b>	<b>8,1</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen</b>									
<b>Arbeitselement</b>	<b>Gesamt [AKh]</b>	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
		<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Anlagenbezogene Arbeiten	608	4,3	4,1	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,9
Tierbezogene Arbeiten		5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
<b>Summe</b>		<b>9,4</b>	<b>9,2</b>	<b>8,9</b>	<b>8,7</b>	<b>8,5</b>	<b>8,3</b>	<b>8,1</b>	<b>8,0</b>

<sup>1</sup> vgl. Seite 42

Tabelle 72: Jährliche Arbeitszeiteinsparung automatischer Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage : Fischgrätenmelkstand 2x5</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>			
Arbeitszeitbedarf im AMS	8,9	8,1	7,6	7,3	7,0			
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	22,0	20,5	19,5	18,7	18,2			
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>13,1</b>	<b>12,4</b>	<b>11,9</b>	<b>11,4</b>	<b>11,2</b>			
<b>2 Einboxenanlagen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Arbeitszeitbedarf im AMS	8,9	8,5	8,1	7,9	7,6	7,4	7,3	7,1
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	17,1	16,5	16,1	15,7	15,4	15,1	14,8	14,6
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>8,2</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>
<b>3 Einboxenanlagen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Arbeitszeitbedarf im AMS	8,4	8,1	8,0	7,8	7,6	7,5	7,4	7,3
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	13,9	13,7	13,4	13,2	13,0	12,9	12,7	12,6
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>5,5</b>	<b>5,6</b>	<b>5,4</b>	<b>5,4</b>	<b>5,4</b>	<b>5,4</b>	<b>5,3</b>	<b>5,3</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x6</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
Arbeitszeitbedarf im AMS	11,2	10,2	9,4	8,9	8,5	8,1	7,9	7,6
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	20,5	19,3	18,4	17,8	17,3	16,9	16,5	16,2
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>9,3</b>	<b>9,1</b>	<b>9,0</b>	<b>8,9</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>8,6</b>	<b>8,6</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Arbeitszeitbedarf im AMS	10,8	10,2	9,7	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	17,1	16,5	16,1	15,7	15,4	15,1	14,8	14,6
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,4</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,4</b>	<b>6,5</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>AKh-Bedarf je Kuh bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Arbeitszeitbedarf im AMS	9,4	9,2	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	8,0
Arbeitszeitbedarf im Vergleichsbetrieb	13,9	13,7	13,4	13,2	13,0	12,9	12,7	12,6
<b>Zeiteinsparung des AMS</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 70 und Tabelle 71

Tabelle 73: Stündliches Melkleistungspotential automatischer Melksysteme in Abhängigkeit von Milchmenge, Milchflußraten und Rüstzeiten

Milchmenge [kg]	Milchfluß [kg/min]	Melkvorgänge je Stunde bei folgenden Rüstzeiten [min] <sup>1</sup>			
		2,0	3,0	4,0	5,0
10	2,0	8,6	7,5	6,7	6,0
	3,0	11,3	9,5	8,2	7,2
	4,0	13,3	10,9	9,2	8,0
15	2,0	6,3	5,7	5,2	4,8
	3,0	8,6	7,5	6,7	6,0
	4,0	10,4	8,9	7,7	6,9
20	2,0	5,0	4,6	4,3	4,0
	3,0	6,9	6,2	5,6	5,1
	4,0	8,6	7,5	6,7	6,0

Tabelle 74: Einfluß der stündlichen Melkleistung und Betriebsdauer auf die tägliche Melkleistung automatischer Melkanlagen

Betriebsdauer [h/Tag]	Melkvorgänge pro Tag bei folgender Melkleistung [Kühe/h] <sup>2</sup>				
	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
17,0	85	102	119	136	153
18,0	90	108	126	144	162
19,0	95	114	133	152	171
20,0	100	120	140	160	180
21,0	105	126	147	168	189

Tabelle 75: Maximale Kuhzahl automatischer Melkanlagen in Abhängigkeit deren täglicher Melkleistung sowie der Melkhäufigkeit der Kühe

Melkungen je Kuh und Tag	Maximale Kuhzahl bei folgender Anzahl täglicher Melkvorgänge <sup>3</sup>				
	90	110	130	150	170
2,4	38	46	54	63	71
2,7	33	41	48	56	63
3,0	30	37	43	50	57
3,3	27	33	39	45	52
3,6	25	31	36	42	47

<sup>1</sup> = 60 / (Milchmenge / Milchflußrate + Rüstzeiten)

<sup>2</sup> = Betriebsdauer \* Melkleistung je Stunde

<sup>3</sup> = Anzahl täglicher Melkvorgänge / Melkungen je Kuh und Tag

Tabelle 76: Kapitalbedarf konventioneller Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen <sup>1</sup>

Fischgrätenmelkstand mit 2x5 Melkplätzen									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		40	50	60	70	80			
Vorwarteraum		200	200	200	200	200			
Gebäude, Melkanlage, EDV	94.065	2.352	1.881	1.568	1.344	1.176			
Kraftfutteranlage		458	380	329	355	319			
<b>Summe</b>		<b>3.010</b>	<b>2.461</b>	<b>2.097</b>	<b>1.899</b>	<b>1.695</b>			
Milchmengenmeßgeräte	20.890	522	418	348	298	261			
<b>Gesamt</b>		<b>3.532</b>	<b>2.879</b>	<b>2.445</b>	<b>2.197</b>	<b>1.956</b>			
Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		50	60	70	80	90	100	110	120
Vorwarteraum		200	200	200	200	200	200	200	200
Gebäude, Melkanlage, EDV	113.825	2.277	1.897	1.626	1.423	1.265	1.138	1.035	949
Kraftfutteranlage		380	329	355	319	292	314	292	273
<b>Summe</b>		<b>2.857</b>	<b>2.426</b>	<b>2.181</b>	<b>1.942</b>	<b>1.757</b>	<b>1.652</b>	<b>1.527</b>	<b>1.422</b>
Milchmengenmeßgeräte	25.068	501	418	358	313	279	251	228	209
<b>Gesamt</b>		<b>3.358</b>	<b>2.844</b>	<b>2.539</b>	<b>2.255</b>	<b>2.036</b>	<b>1.903</b>	<b>1.755</b>	<b>1.631</b>
Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Vorwarteraum		200	200	200	200	200	200	200	200
Gebäude, Melkanlage, EDV	212.805	2.660	2.365	2.128	1.935	1.773	1.637	1.520	1.419
Kraftfutteranlage		319	292	314	292	273	292	276	262
<b>Summe</b>		<b>3.179</b>	<b>2.857</b>	<b>2.642</b>	<b>2.427</b>	<b>2.246</b>	<b>2.129</b>	<b>1.996</b>	<b>1.881</b>
Milchmengenmeßgeräte	29.246	366	325	292	266	244	225	209	195
<b>Gesamt</b>		<b>3.545</b>	<b>3.182</b>	<b>2.934</b>	<b>2.693</b>	<b>2.490</b>	<b>2.354</b>	<b>2.205</b>	<b>2.076</b>
Melkkarussell mit 18 Plätzen									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Vorwarteraum		200	200	200	200	200	200	200	200
Gebäude, Melkanlage, EDV	351.345	2.510	2.342	2.196	2.067	1.952	1.849	1.757	1.673
Kraftfutteranlage		276	262	278	265	255	268	258	249
<b>Summe</b>		<b>2.986</b>	<b>2.804</b>	<b>2.674</b>	<b>2.532</b>	<b>2.407</b>	<b>2.317</b>	<b>2.215</b>	<b>2.122</b>
Milchmengenmeßgeräte	37.602	269	251	235	221	209	198	188	179
<b>Gesamt</b>		<b>3.255</b>	<b>3.055</b>	<b>2.909</b>	<b>2.753</b>	<b>2.616</b>	<b>2.515</b>	<b>2.403</b>	<b>2.301</b>

<sup>1</sup> vgl. Seite 54 (Vorwarteraum); Tabelle 22 - Tabelle 27

Tabelle 77: Kapitalbedarf automatischer Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		40	50	60	70	80			
Gebäude, Melkanlage, Tore	280.190	7.005	5.604	4.670	4.003	3.502			
Selektionsraum		139	139	139	139	139			
<b>Summe</b>		<b>7.144</b>	<b>5.743</b>	<b>4.809</b>	<b>4.142</b>	<b>3.641</b>			
<b>2 Einboxenanlagen</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Gebäude, Melkanlage, Tore	551.931	6.899	6.133	5.519	5.018	4.599	4.246	3.942	3.680
Selektionsraum		139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Gesamt</b>		<b>7.038</b>	<b>6.272</b>	<b>5.658</b>	<b>5.157</b>	<b>4.738</b>	<b>4.385</b>	<b>4.081</b>	<b>3.819</b>
<b>3 Einboxenanlagen</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Gebäude, Melkanlage, Tore	823.672	5.883	5.491	5.148	4.845	4.576	4.335	4.118	3.922
Selektionsraum		139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Gesamt</b>		<b>6.022</b>	<b>5.630</b>	<b>5.287</b>	<b>4.984</b>	<b>4.715</b>	<b>4.474</b>	<b>4.257</b>	<b>4.061</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		50	60	70	80	90	100	110	120
Gebäude, Melkanlage, Tore	427.967	8.559	7.133	6.114	5.350	4.755	4.280	3.891	3.566
Selektionsraum		139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Gesamt</b>		<b>8.698</b>	<b>7.272</b>	<b>6.253</b>	<b>5.489</b>	<b>4.894</b>	<b>4.419</b>	<b>4.030</b>	<b>3.705</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Gebäude, Melkanlage, Tore	513.338	6.417	5.704	5.133	4.667	4.278	3.949	3.667	3.422
Selektionsraum		139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Gesamt</b>		<b>6.556</b>	<b>5.843</b>	<b>5.272</b>	<b>4.806</b>	<b>4.417</b>	<b>4.088</b>	<b>3.806</b>	<b>3.561</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Preis [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Gebäude, Melkanlage, Tore	608.700	4.348	4.058	3.804	3.581	3.382	3.204	3.044	2.899
Selektionsraum		139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Gesamt</b>		<b>4.487</b>	<b>4.197</b>	<b>3.943</b>	<b>3.720</b>	<b>3.521</b>	<b>3.343</b>	<b>3.183</b>	<b>3.038</b>

<sup>1</sup> vgl. Tabelle 28 - Tabelle 31

Tabelle 78: Jahreskosten konventioneller Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x5 Melkplätzen</b>										
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl								
		40	50	60	70	80				
Vorwarteraum		19	19	19	19	19				
Gebäude, Melkanlage, EDV	18.516	463	370	309	265	231				
Kraftfutteranlage		88	72	63	68	61				
<b>Summe</b>		<b>570</b>	<b>461</b>	<b>391</b>	<b>352</b>	<b>311</b>				
Milchmengenmeßgeräte	4.926	123	99	82	70	62				
<b>Gesamt</b>		<b>693</b>	<b>560</b>	<b>473</b>	<b>422</b>	<b>373</b>				
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen</b>										
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl								
		50	60	70	80	90	100	110	120	
Vorwarteraum		19	19	19	19	19	19	19	19	
Gebäude, Melkanlage, EDV	22.475	450	375	321	281	250	225	204	187	
Kraftfutteranlage		72	63	68	61	56	60	56	52	
<b>Summe</b>		<b>541</b>	<b>457</b>	<b>408</b>	<b>361</b>	<b>325</b>	<b>304</b>	<b>279</b>	<b>258</b>	
Milchmengenmeßgeräte	5.905	118	98	84	74	66	59	54	49	
<b>Gesamt</b>		<b>659</b>	<b>555</b>	<b>492</b>	<b>435</b>	<b>391</b>	<b>363</b>	<b>333</b>	<b>307</b>	
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen</b>										
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl								
		80	90	100	110	120	130	140	150	
Vorwarteraum		19	19	19	19	19	19	19	19	
Gebäude, Melkanlage, EDV	36.967	462	411	370	336	308	284	264	246	
Kraftfutteranlage		61	56	60	56	52	56	52	50	
<b>Summe</b>		<b>542</b>	<b>486</b>	<b>449</b>	<b>411</b>	<b>379</b>	<b>359</b>	<b>335</b>	<b>315</b>	
Milchmengenmeßgeräte	6.891	86	77	69	63	57	53	49	46	
<b>Gesamt</b>		<b>628</b>	<b>563</b>	<b>518</b>	<b>474</b>	<b>436</b>	<b>412</b>	<b>384</b>	<b>361</b>	
<b>Melkkarussell mit 18 Plätzen</b>										
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl								
		140	150	160	170	180	190	200	210	
Vorwarteraum		19	19	19	19	19	19	19	19	
Gebäude, Melkanlage, EDV	59.913	428	399	374	352	333	315	300	285	
Kraftfutteranlage		52	50	53	51	49	51	50	47	
<b>Summe</b>		<b>499</b>	<b>468</b>	<b>446</b>	<b>422</b>	<b>401</b>	<b>385</b>	<b>369</b>	<b>351</b>	
Milchmengenmeßgeräte	8.863	63	59	55	52	49	47	44	42	
<b>Gesamt</b>		<b>562</b>	<b>527</b>	<b>501</b>	<b>474</b>	<b>450</b>	<b>432</b>	<b>413</b>	<b>393</b>	

<sup>1</sup> Kalkulationszinssatz: 6,0 %; vgl. Tabelle 32 - Tabelle 37

Tabelle 79: Jahreskosten automatischer Melksysteme bei unterschiedlichen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		40	50	60	70	80			
Gebäude, Melkanlage, Tore	67.723	1.693	1.354	1.129	967	847			
Selektionsraum		13	13	13	13	13			
<b>Summe</b>		<b>1.706</b>	<b>1.367</b>	<b>1.142</b>	<b>980</b>	<b>860</b>			
<b>2 Einboxenanlagen</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Gebäude, Melkanlage, Tore	132.793	1.660	1.475	1.328	1.207	1.107	1.021	949	885
Selektionsraum		13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Gesamt</b>		<b>1.673</b>	<b>1.488</b>	<b>1.341</b>	<b>1.220</b>	<b>1.120</b>	<b>1.034</b>	<b>962</b>	<b>898</b>
<b>3 Einboxenanlagen</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Gebäude, Melkanlage, Tore	197.865	1.413	1.319	1.237	1.164	1.099	1.041	989	942
Selektionsraum		13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Gesamt</b>		<b>1.426</b>	<b>1.332</b>	<b>1.250</b>	<b>1.177</b>	<b>1.112</b>	<b>1.054</b>	<b>1.002</b>	<b>955</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		50	60	70	80	90	100	110	120
Gebäude, Melkanlage, Tore	99.493	1.990	1.658	1.421	1.244	1.105	995	904	829
Selektionsraum		13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Gesamt</b>		<b>2.003</b>	<b>1.671</b>	<b>1.434</b>	<b>1.257</b>	<b>1.118</b>	<b>1.008</b>	<b>917</b>	<b>842</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		80	90	100	110	120	130	140	150
Gebäude, Melkanlage, Tore	120.144	1.502	1.335	1.201	1.092	1.001	924	858	801
Selektionsraum		13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Gesamt</b>		<b>1.515</b>	<b>1.348</b>	<b>1.214</b>	<b>1.105</b>	<b>1.014</b>	<b>937</b>	<b>871</b>	<b>814</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen</b>									
Systemkomponente	Summe [DM]	Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl							
		140	150	160	170	180	190	200	210
Gebäude, Melkanlage, Tore	141.182	1.008	941	882	830	784	743	706	672
Selektionsraum		13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Gesamt</b>		<b>1.021</b>	<b>954</b>	<b>895</b>	<b>843</b>	<b>797</b>	<b>756</b>	<b>719</b>	<b>685</b>

<sup>1</sup> Kalkulationszinssatz: 6,0 %; vgl. Tabelle 38 - Tabelle 42

Tabelle 80: Mehrkosten automatischer Melkanlagen bei verschiedenen Kuhzahlen <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage : Fischgrätenmelkstand 2x5</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>			
Jahreskosten des AMS	1.706	1.367	1.142	980	860			
Jahreskosten der Vergleichsanlage	570	461	391	352	311			
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>1.136</b>	<b>906</b>	<b>751</b>	<b>628</b>	<b>549</b>			
<b>2 Einboxenanlagen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Jahreskosten des AMS	1.673	1.488	1.341	1.220	1.120	1.034	962	898
Jahreskosten der Vergleichsanlage	542	486	449	411	379	359	335	315
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>1.131</b>	<b>1.002</b>	<b>892</b>	<b>809</b>	<b>741</b>	<b>675</b>	<b>627</b>	<b>583</b>
<b>3 Einboxenanlagen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Jahreskosten des AMS	1.426	1.332	1.250	1.177	1.112	1.054	1.002	955
Jahreskosten der Vergleichsanlage	499	468	446	422	401	385	369	351
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>927</b>	<b>864</b>	<b>804</b>	<b>755</b>	<b>711</b>	<b>669</b>	<b>633</b>	<b>604</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x6</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
Jahreskosten des AMS	2.003	1.671	1.434	1.257	1.118	1.008	917	842
Jahreskosten der Vergleichsanlage	541	457	408	361	325	304	279	258
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>1.462</b>	<b>1.214</b>	<b>1.026</b>	<b>896</b>	<b>793</b>	<b>704</b>	<b>638</b>	<b>584</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Jahreskosten des AMS	1.515	1.348	1.214	1.105	1.014	937	871	814
Jahreskosten der Vergleichsanlage	542	486	449	411	379	359	335	315
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>973</b>	<b>862</b>	<b>765</b>	<b>694</b>	<b>635</b>	<b>578</b>	<b>536</b>	<b>499</b>
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>Betrag je Kuh [DM] bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Jahreskosten des AMS	1.021	954	895	843	797	756	719	685
Jahreskosten der Vergleichsanlage	499	468	446	422	401	385	369	351
<b>Jährliche Mehrkosten des AMS</b>	<b>522</b>	<b>486</b>	<b>449</b>	<b>421</b>	<b>396</b>	<b>371</b>	<b>350</b>	<b>334</b>

<sup>1</sup> AMS = Automatisches Melksystem [vgl. Tabelle 79]; Vergleichsanlagen nur mit Kraftfutteranlage, ohne Milchmengenmeßgeräte [vgl. Tabelle 78]

Tabelle 81: Erforderlicher Lohnansatz in Abhängigkeit der Kuhzahl <sup>1</sup>

<b>1 Einboxenanlage : Fischgrätenmelkstand 2x5</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>			
Mehrkosten des AMS [DM]	1.136	906	751	628	549			
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	13,1	12,4	11,9	11,4	11,2			
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	87	73	63	55	49			
<b>2 Einboxenanlagen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Mehrkosten des AMS [DM]	1.131	1.002	892	809	741	675	627	583
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	8,2	8,0	8,0	7,8	7,8	7,7	7,5	7,5
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	138	125	112	104	95	88	84	78
<b>3 Einboxenanlagen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Mehrkosten des AMS [DM]	927	864	804	755	711	669	633	604
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	5,5	5,6	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	169	154	149	140	132	124	119	114
<b>Mehrboxenanlage mit 2 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x6</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
Mehrkosten des AMS [DM]	1.462	1.214	1.026	896	793	704	638	584
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	9,3	9,1	9,0	8,9	8,8	8,8	8,6	8,6
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	157	133	114	101	90	80	74	68
<b>Mehrboxenanlage mit 3 Melkplätzen : Fischgrätenmelkstand 2x7</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
Mehrkosten des AMS [DM]	973	862	765	694	635	578	536	499
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	154	137	120	107	98	89	84	77
<b>Mehrboxenanlage mit 4 Melkplätzen : Melkkarussell (18 Plätze)</b>								
	<b>Wert je Kuh und Jahr bei folgender Kuhzahl</b>							
	<b>140</b>	<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>210</b>
Mehrkosten des AMS [DM]	522	486	449	421	396	371	350	334
Arbeitszeiteinsparung [AKh]	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
Erforderlicher Lohnansatz [DM/AKh]	116	108	100	94	88	81	76	73

<sup>1</sup> Mehrkosten: siehe Tabelle 80; Arbeitszeiteinsparungen: siehe Tabelle 72

Anhang

Tabelle 82: Kapitalkosten konventioneller Melksysteme in Abhängigkeit des Zinssatzes <sup>1</sup>

Komponente	Kapitalbedarf [DM]		Nutzungs- dauer	Kapitalkosten [DM/Kuh u. Jahr]		
	gesamt	pro Kuh		6,0 %	8,0 %	Differenz
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x5 Melkplätzen, 60 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	43.200	720	25 Jahre	56	67	11
Melkanlage	49.000	817	12 Jahre	97	108	11
Herdenmanagement	1.865	31	5 Jahre	7	8	1
Kraftfutteranlage		329	8 Jahre	53	57	4
<b>Summe</b>				<b>229</b>	<b>259</b>	<b>30</b>
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen, 120 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	109.440	912	25 Jahre	71	85	14
Melkanlage	101.500	846	12 Jahre	101	112	11
Herdenmanagement	1.865	16	5 Jahre	4	4	0
Kraftfutteranlage		273	8 Jahre	44	48	4
<b>Summe</b>				<b>236</b>	<b>268</b>	<b>32</b>
<b>Karussellmelkanlage mit 18 Melkplätzen, 180 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	156.480	869	25 Jahre	68	81	13
Melkanlage	193.000	1.072	12 Jahre	128	142	14
Herdenmanagement	1.865	10	5 Jahre	2	3	1
Kraftfutteranlage		255	8 Jahre	41	44	3
<b>Summe</b>				<b>255</b>	<b>289</b>	<b>34</b>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer ; Kapitalbedarf vgl. Tabelle 22 - Tabelle 27

Anhang

Fortsetzung von Tabelle 82

Komponente	Kapitalbedarf [DM]		Nutzungs- dauer	Kapitalkosten [DM/Kuh u. Jahr]		
	gesamt	pro Kuh		6,0 %	8,0 %	Differenz
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x6 Melkplätzen, 90 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	48.960	544	25 Jahre	43	51	8
Melkanlage	63.000	700	12 Jahre	83	93	10
Herdenmanagement	1.865	21	5 Jahre	5	5	0
Kraftfutteranlage		292	8 Jahre	47	51	4
<b>Summe</b>				<b>194</b>	<b>219</b>	<b>25</b>
<b>Fischgrätenmelkstand mit 2x7 Melkplätzen, 130 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	109.440	842	25 Jahre	66	79	13
Melkanlage	101.500	781	12 Jahre	93	104	11
Herdenmanagement	1.865	14	5 Jahre	3	4	1
Kraftfutteranlage		292	8 Jahre	47	51	4
<b>Summe</b>				<b>225</b>	<b>257</b>	<b>32</b>
<b>Karussellmelkanlage mit 18 Melkplätzen, 160 Kühe</b>						
Warteraum		200	25 Jahre	16	19	3
Melkraum	156.480	978	25 Jahre	77	92	15
Melkanlage	193.000	1.206	12 Jahre	144	160	16
Herdenmanagement	1.865	12	5 Jahre	3	3	0
Kraftfutteranlage		278	8 Jahre	45	48	3
<b>Summe</b>				<b>285</b>	<b>322</b>	<b>37</b>

Tabelle 83: Kapitalkosten automatischer Melksysteme in Abhängigkeit des Zinssatzes <sup>1</sup>

Komponente	Kapitalbedarf [DM]		Nutzungs- dauer	Kapitalkosten [DM/Kuh u. Jahr]		
	gesamt	pro Kuh		6,0 %	8,0 %	Differenz
<b>1 Einboxenanlage, 60 Kühe</b>						
Melkraum	22.000	367	25 Jahre	29	34	5
Melkanlage	255.690	4.262	8 Jahre	686	742	56
Selektionstore	2.500	42	10 Jahre	6	6	0
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>732</b>	<b>795</b>	<b>63</b>
<b>2 Einboxenanlagen, 120 Kühe</b>						
Melkraum	44.000	367	25 Jahre	29	34	5
Melkanlage	502.931	4.191	8 Jahre	675	729	54
Selektionstore	5.000	42	10 Jahre	6	6	0
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>721</b>	<b>782</b>	<b>61</b>
<b>3 Einboxenanlagen, 180 Kühe</b>						
Melkraum	66.000	367	25 Jahre	29	34	5
Melkanlage	750.172	4.168	8 Jahre	671	725	54
Selektionstore	7.500	42	10 Jahre	6	6	0
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>717</b>	<b>778</b>	<b>61</b>
<b>Mehrboxenanlage (2 Plätze), 90 Kühe</b>						
Melkraum	39.000	433	25 Jahre	34	41	7
Melkanlage	371.767	4.131	8 Jahre	665	719	54
Selektionstore	17.200	191	10 Jahre	26	28	2
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>736</b>	<b>801</b>	<b>65</b>
<b>Mehrboxenanlage (3 Plätze), 130 Kühe</b>						
Melkraum	47.000	362	25 Jahre	28	34	6
Melkanlage	449.138	3.455	8 Jahre	556	601	45
Selektionstore	17.200	132	10 Jahre	18	20	2
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>613</b>	<b>668</b>	<b>55</b>
<b>Mehrboxenanlage (4 Plätze), 160 Kühe</b>						
Melkraum	54.000	338	25 Jahre	26	32	6
Melkanlage	537.500	3.359	8 Jahre	541	585	44
Selektionstore	17.200	108	10 Jahre	15	16	1
Selektionsraum		139	25 Jahre	11	13	2
<b>Summe</b>				<b>593</b>	<b>646</b>	<b>53</b>

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; Kapitalbedarf vgl. Tabelle 28 - Tabelle 31

Tabelle 84: Kostenstruktur ausgewählter Melkanlagen <sup>1</sup>

Anlage	Kapitalkosten		Unterhaltskosten		Betriebskosten	
	[DM]	[%]	[DM]	[%]	[DM]	[%]
Fischgrätenmelkstand 2x5	5.845	46	1.470	11	5.493	43
Fischgrätenmelkstand 2x6	7.514	47	1.890	12	6.668	41
Fischgrätenmelkstand 2x7	12.107	52	3.045	13	8.041	35
Melkkarussell, 18 Plätze	23.020	57	5.790	14	11.598	29
1 Einboxenanlage	41.175	63	7.671	12	16.101	25
2 Einboxenanlagen	80.990	64	15.088	12	31.163	24
3 Einboxenanlagen	120.805	64	22.505	12	46.227	24
Mehrboxenanlage, 2 Plätze	59.868	65	11.153	12	21.188	23
Mehrboxenanlage, 3 Plätze	72.327	65	13.474	12	26.041	23
Mehrboxenanlage, 4 Plätze	86.557	66	16.125	12	29.284	22

Tabelle 85: Einfluß des Zinssatzes auf die Mehrkosten automatischer Melksysteme

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl	60	120	180	90	130	160
Mehrkosten bei 6,0 % Zinssatz	751	741	711	793	578	449
Kostenanstieg [DM pro Kuh und Jahr] bei 8,0 % Zinssatz	Roboter	63	61	61	65	53
	Vergleichsanlage	30	32	34	25	32
	Mehrkosten	33	29	27	40	23
Relativer Anstieg der Mehrkosten [%]	4,4	3,9	3,8	5,0	4,0	3,6

Tabelle 86: Einfluß des Grenzdeckungsbeitrags auf die erforderlichen Leistungssteigerungen

	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen			
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen	
Mehrkosten [DM/Kuh u. Jahr]	751	741	711	793	578	449	
Erforderliche Leistungs- änderung [kg pro Kuh und Jahr] bei einem Grenzdeckungsbeitrag von	20,0 Pf/kg	3.755	3.705	3.555	3.965	2.890	2.245
	22,5 Pf/kg	3.338	3.293	3.160	3.524	2.569	1.996
	25,0 Pf/kg	3.004	2.964	2.844	3.172	2.312	1.796
	27,5 Pf/kg	2.731	2.695	2.585	2.884	2.102	1.633
	30,0 Pf/kg	2.503	2.470	2.370	2.643	1.927	1.497

<sup>1</sup> ohne Mehrwertsteuer; konventionelle Melkanlagen ohne Milchmengenmeßgeräte, jedoch mit Kraftfutteranlage; vgl. Tabelle 34, Tabelle 39, Tabelle 40

Anhang

Tabelle 87: Einfluß von Milchleistungssteigerungen auf den kritischen Preis

Leistungsanstieg [kg/Kuh und Jahr]	250	500	750	1.000	1.250	1.500
Anstieg des kritischen Preises [DM/Kuh] <sup>1</sup>	295	590	885	1.180	1.475	1.770

Tabelle 88: Fixe und proportionale Mehrkosten automatischer Melkanlagen

		Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
		1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
<b>Anlagenbezogene Kosten [DM pro Jahr]</b>							
Automatisches Melksystem	Melkraum	2.361	4.722	7.083	4.431	5.449	6.363
	Melkanlage	64.947	127.241	189.537	92.209	111.842	131.966
	Selektionstore	415	830	1.245	2.853	2.853	2.853
Konventionelles Melksystem	Melkraum	5.265	13.331	19.062	5.960	13.331	19.062
	Melkanlage	12.808	23.193	40.408	16.072	23.193	40.408
	Herdenmanagement	443	443	443	443	443	443
	Fütterungsrechner	1.274	1.274	1.274	1.274	1.274	1.274
	Futterautomaten	1.690	3.380	5.070	2.535	3.380	5.070
<b>Fixe Mehrkosten</b>		<b>46.243</b>	<b>91.172</b>	<b>131.608</b>	<b>73.209</b>	<b>78.523</b>	<b>74.925</b>
<b>Tierbezogene Kosten [DM pro Kuh und Jahr]</b>							
Selektionsraum des AMS		13	13	13	13	13	13
Konventionelles Melksystem	Vorwarteraum	19	19	19	19	19	19
	Transponder	13	13	13	13	13	13
<b>Proportionale Mehrkosten</b>		<b>-19</b>	<b>-19</b>	<b>-19</b>	<b>-19</b>	<b>-19</b>	<b>-19</b>

<sup>1</sup> vgl. Formel 11; Nutzungsdauer des AMS: 8 Jahre; Kalkulationszinssatz: 6,0 %; Unterhaltungspauschale: 3,0 %; Grenzdeckungsbeitrag zusätzlich erzeugter Milch: 0,2263 DM/kg; AMS = Automatisches Melksystem

Tabelle 89: Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x5 Plätze) bzw. 1 Einboxenanlage bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		60
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	7,6
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	34,9
	[AKh pro Jahr]	2.094
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		2.094
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		304
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		1.790
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	11,9
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		41,7
Resultierende Kuhzahl		43

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 90: Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) bzw. 2 Einboxenanlagen bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		120
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	7,6
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	34,9
	[AKh pro Jahr]	4.188
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		4.188
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		426
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		3.762
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	9,3
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		39,1
Resultierende Kuhzahl		96

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 91: Kuhzahlen in Betrieben mit Melkkarussell (18 Plätze) bzw. 3 Einboxenanlagen bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		180
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	7,6
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	34,9
	[AKh pro Jahr]	6.282
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		6.282
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		548
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		5.734
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	7,5
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		37,3
Resultierende Kuhzahl		154

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Seite Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 92: Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x6 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (2 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		90
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	8,5
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	35,8
	[AKh pro Jahr]	3.222
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		3.222
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		365
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		2.857
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	10,7
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		40,5
Resultierende Kuhzahl		71

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 93: Kuhzahlen in Betrieben mit Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (3 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		130
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	8,6
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	35,9
	[AKh pro Jahr]	4.667
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		4.667
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		426
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		4.241
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	9,3
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		39,1
Resultierende Kuhzahl		108

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 94: Kuhzahlen in Betrieben mit Melkkarussell (18 Plätze) bzw. Mehrboxenanlage (4 Plätze) bei gleicher Jahresarbeitszeit

<b>Betrieb mit automatischem Melksystem</b>		
Kuhzahl		160
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten <sup>1</sup>	14,6
	Anlagen- und Tierbetreuung <sup>2</sup>	8,9
	Kälberaufzucht <sup>3</sup>	7,3
	Grundfutterproduktion <sup>4</sup>	5,4
Gesamter Zeitbedarf	[AKh je Kuh und Jahr]	36,2
	[AKh pro Jahr]	5.792
<b>Betrieb mit konventionellem Melksystem</b>		
Zur Verfügung stehende Zeit [AKh/Jahr]		5.792
Zeitbedarf für Rüstarbeiten [AKh/Jahr] <sup>5</sup>		548
Für Tiere verbleibende Zeit [AKh/Jahr]		5.244
Zeitbedarf [AKh je Kuh und Jahr] für	Stallarbeiten	14,6
	Treifarbeiten <sup>5</sup>	2,5
	Melkarbeiten <sup>5</sup>	7,5
	Kälberaufzucht	7,3
	Grundfutterproduktion	5,4
Gesamter Zeitbedarf je Kuh und Jahr [AKh]		37,3
Resultierende Kuhzahl		141

<sup>1</sup> 2,4 Minuten je Kuh und Tag; eingestreuter Liegeboxenlaufstall, Futtervorlage mit Fräsmischwagen [in Anlehnung an KTBL-Datensammlung (1999/2000, S.172 )]

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 71

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; Zeitbedarf je Kalb: 8,1 AKh [davon 7,0 AKh für tägliche Arbeiten (3,74 Minuten je Kalb und Tag, 16 Wochen Aufzuchtdauer) und 1,1 AKh für Sonderarbeiten (Ein- und Ausställen)]; vgl. KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft (1998, S.195)

<sup>4</sup> Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf zur Produktion von Gras- und Maissilage 0,22 AKh /1.000 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>5</sup> vgl. Tabelle 14, Tabelle 11

Tabelle 95: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x5 Plätze) auf 1 Einboxenanlage mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	43	60	19
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	161.250	225.000	71.250
Kälber <sup>3</sup>	22.446	31.320	9.918
Altkühe <sup>4</sup>	13.640	19.032	6.027
<b>Summe</b>	<b>197.336</b>	<b>275.352</b>	<b>87.195</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	22.558	31.476	9.967
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	6.966	9.720	3.078
Grundfutter <sup>7</sup>	37.754	52.680	16.682
Kraftfutter <sup>8</sup>	25.327	35.340	11.191
Besamung <sup>9</sup>	3.440	4.800	1.520
Tierarzt <sup>10</sup>	4.300	6.000	1.900
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	4.472	6.240	1.976
Sonstiges <sup>12</sup>	5.590	7.800	2.470
<b>Summe</b>	<b>110.407</b>	<b>154.056</b>	<b>48.784</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>86.929</b>	<b>121.296</b>	<b>38.411</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	26.230	36.600	11.590
Kälberstall <sup>14</sup>	3.397	4.740	1.501
Melksystem <sup>15</sup>	22.800	68.520	49.570
<b>Summe</b>	<b>52.427</b>	<b>109.860</b>	<b>62.661</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>34.502</b>	<b>11.436</b>	<b>-24.250</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 89; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

Anhang

Tabelle 96: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) auf 2 Einboxenanlagen mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	96	120	24
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	360.000	450.000	90.000
Kälber <sup>3</sup>	50.112	62.640	12.528
Altkühe <sup>4</sup>	30.451	38.064	7.613
<b>Summe</b>	<b>440.563</b>	<b>550.704</b>	<b>110.141</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	50.362	62.952	12.590
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	15.552	19.440	3.888
Grundfutter <sup>7</sup>	84.288	105.360	21.072
Kraftfutter <sup>8</sup>	56.544	70.680	14.136
Besamung <sup>9</sup>	7.680	9.600	1.920
Tierarzt <sup>10</sup>	9.600	12.000	2.400
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	9.984	12.480	2.496
Sonstiges <sup>12</sup>	12.480	15.600	3.120
<b>Summe</b>	<b>246.490</b>	<b>308.112</b>	<b>61.622</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>194.073</b>	<b>242.592</b>	<b>48.519</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	58.560	73.200	14.640
Kälberstall <sup>14</sup>	7.584	9.480	1.896
Melksystem <sup>15</sup>	44.900	134.400	89.500
<b>Summe</b>	<b>111.044</b>	<b>217.080</b>	<b>106.036</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>83.029</b>	<b>25.512</b>	<b>-57.517</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 90; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

## Anhang

Tabelle 97: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Melkkarussell (18 Plätze) auf 3 Einboxenanlagen mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	154	180	26
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	577.500	675.000	97.500
Kälber <sup>3</sup>	80.388	93.960	13.572
Altkühe <sup>4</sup>	48.849	57.096	8.247
<b>Summe</b>	<b>706.737</b>	<b>826.056</b>	<b>119.319</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	80.788	94.428	13.640
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	24.948	29.160	4.212
Grundfutter <sup>7</sup>	135.212	158.040	22.828
Kraftfutter <sup>8</sup>	90.706	106.020	15.314
Besamung <sup>9</sup>	12.320	14.400	2.080
Tierarzt <sup>10</sup>	15.400	18.000	2.600
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	16.016	18.720	2.704
Sonstiges <sup>12</sup>	20.020	23.400	3.380
<b>Summe</b>	<b>395.410</b>	<b>462.168</b>	<b>66.758</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>311.327</b>	<b>363.888</b>	<b>52.561</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	93.940	109.800	15.860
Kälberstall <sup>14</sup>	12.166	14.220	2.054
Melksystem <sup>15</sup>	70.200	200.160	129.960
<b>Summe</b>	<b>176.306</b>	<b>324.180</b>	<b>147.874</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>135.021</b>	<b>39.708</b>	<b>-95.313</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 91; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

Tabelle 98: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x6 Plätze) auf Mehrboxenanlage (2 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	71	90	19
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	266.250	337.500	71.250
Kälber <sup>3</sup>	37.062	46.980	9.918
Altkühe <sup>4</sup>	22.521	28.548	6.027
<b>Summe</b>	<b>325.833</b>	<b>413.028</b>	<b>87.195</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	37.247	47.214	9.967
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	11.502	14.580	3.078
Grundfutter <sup>7</sup>	62.338	79.020	16.682
Kraftfutter <sup>8</sup>	41.819	53.010	11.191
Besamung <sup>9</sup>	5.680	7.200	1.520
Tierarzt <sup>10</sup>	7.100	9.000	1.900
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	7.384	9.360	1.976
Sonstiges <sup>12</sup>	9.230	11.700	2.470
<b>Summe</b>	<b>182.300</b>	<b>231.084</b>	<b>48.784</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>143.533</b>	<b>181.944</b>	<b>38.411</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	43.310	54.900	11.590
Kälberstall <sup>14</sup>	5.609	7.110	1.501
Melksystem <sup>15</sup>	28.560	100.620	72.060
<b>Summe</b>	<b>77.479</b>	<b>162.630</b>	<b>85.151</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>66.054</b>	<b>19.314</b>	<b>-46.740</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 92; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

Anhang

Tabelle 99: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Fischgrätenmelkstand (2x7 Plätze) auf Mehrboxenanlage (3 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	108	130	22
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	405.000	487.500	82.500
Kälber <sup>3</sup>	56.376	67.860	11.484
Altkühe <sup>4</sup>	34.258	41.236	6.978
<b>Summe</b>	<b>495.634</b>	<b>596.596</b>	<b>100.962</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	56.657	68.198	11.541
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	17.496	21.060	3.564
Grundfutter <sup>7</sup>	94.824	114.140	19.316
Kraftfutter <sup>8</sup>	63.612	76.570	12.958
Besamung <sup>9</sup>	8.640	10.400	1.760
Tierarzt <sup>10</sup>	10.800	13.000	2.200
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	11.232	13.520	2.288
Sonstiges <sup>12</sup>	14.040	16.900	2.860
<b>Summe</b>	<b>277.301</b>	<b>333.788</b>	<b>56.487</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>218.333</b>	<b>262.808</b>	<b>44.475</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	65.880	79.300	13.420
Kälberstall <sup>14</sup>	8.532	10.270	1.738
Melksystem <sup>15</sup>	45.210	121.810	76.600
<b>Summe</b>	<b>119.622</b>	<b>211.380</b>	<b>91.758</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>98.711</b>	<b>51.428</b>	<b>-47.283</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 93; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

Anhang

Tabelle 100: Entwicklung des Deckungsbeitrags bei Umstellung von Melkkarussell (18 Plätze) auf Mehrboxenanlage (4 Plätze) mit folgender Herdenaufstockung <sup>1</sup>

	Melkstand	AMS	Differenz
Kuhzahl	141	160	19
<b>Markterlös [DM/Jahr]</b>			
Milch <sup>2</sup>	528.750	600.000	71.250
Kälber <sup>3</sup>	73.602	83.520	9.918
Altkühe <sup>4</sup>	44.725	50.752	6.027
<b>Summe</b>	<b>647.077</b>	<b>734.272</b>	<b>87.195</b>
<b>Proportionale Spezialkosten [DM/Jahr]</b>			
Bestandsergänzung <sup>5</sup>	73.969	83.936	9.967
Kälberaufzucht <sup>6</sup>	22.842	25.920	3.078
Grundfutter <sup>7</sup>	123.798	140.480	16.682
Kraftfutter <sup>8</sup>	83.049	94.240	11.191
Besamung <sup>9</sup>	11.280	12.800	1.520
Tierarzt <sup>10</sup>	14.100	16.000	1.900
Zinsansatz für Kühe <sup>11</sup>	14.664	16.640	1.976
Sonstiges <sup>12</sup>	18.330	20.800	2.470
<b>Summe</b>	<b>362.032</b>	<b>410.816</b>	<b>48.784</b>
<b>Deckungsbeitrag I</b>	<b>285.045</b>	<b>323.456</b>	<b>38.411</b>
<b>Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM/Jahr]</b>			
Kuhstall <sup>13</sup>	86.010	97.600	11.590
Kälberstall <sup>14</sup>	11.139	12.640	1.501
Melksystem <sup>15</sup>	69.860	143.200	73.340
<b>Summe</b>	<b>167.009</b>	<b>253.440</b>	<b>86.431</b>
<b>Deckungsbeitrag II</b>	<b>118.036</b>	<b>70.016</b>	<b>-48.020</b>

<sup>1</sup> alle Angaben ohne Mehrwertsteuer; Kuhzahl: vgl. Tabelle 94; AMS = Automatisches Melksystem

<sup>2</sup> 6.000 kg pro Kuh und Jahr; 62,50 DPf/kg

<sup>3</sup> 0,9 Kälber je Kuh und Jahr; 580 DM/Kalb [in Anlehnung an Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.30)]

<sup>4</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 1.300 DM/Altkuh [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.32)]

<sup>5</sup> Remontierungsrate: 24,4 %; 2.150 DM/Färse [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.33)]

<sup>6</sup> 0,9 Kälber pro Kuh und Jahr; 180 DM/Kalb [vgl. Stockinger, Schmid, Zenger (2000, S.35)]

<sup>7</sup> 878 DM/Kuh und Jahr; Nährstoffe aus Grundfutter: 24.381 MJ NEL je Kuh und Jahr (37,7 MJ/Tag für Erhaltung; 3,17 MJ/kg Milch; 305 Laktationstage mit Grundfutter für 10 kg Milch/Tag; 60 Tage Trockenphase mit Grundfutter für 5 kg Milch je Tag [vgl. Kirchgessner (1987, S.281, 283, 334)]; Durchschnittliche Produktionskosten für Gras- und Maissilage einschließlich Nutzungskosten der Fläche, ohne Lohnansatz: 0,36 DM/10 MJ NEL [in Anlehnung an Stark u. Hofmann (1999, S.13-15)]

<sup>8</sup> 589 DM/Kuh und Jahr; Kraftfutter für 2.950 kg Milch/Jahr; 0,57 kg Kraftfutter/kg Milch; 35 DM/dt Futter

<sup>9</sup> 80 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>10</sup> 100 DM/Kuh und Jahr [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>11</sup> 104 DM/Kuh und Jahr; [(Färsenpreis + Altkuherlös) / 2 \* 6 %]

<sup>12</sup> 130 DM/Kuh und Jahr für Versicherungen, Strom, Instandhaltung [vgl. Stockinger (2000)]

<sup>13</sup> 610 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 6.550 DM/Kuh; 25 Jahre Nutzung; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>14</sup> 79 DM/Kuh und Jahr; Kapitalbedarf: 3.030 DM/Stallplatz; 0,28 Plätze je Kuh und Jahr (0,9 Kälber je Kuh und Jahr, 16 Wochen Aufzucht) Nutzungsdauer: 25 Jahre; Zinssatz 6,0 %; Unterhalt 1,5 %

<sup>15</sup> vgl. Tabelle 78 für die Kuhzahl, die der hier verwendeten am nächsten liegt.

Anhang

Tabelle 101: Entwicklung der Deckungsbeiträge verschiedener Modellbetriebe bei Nutzung der freigesetzten Arbeitszeit zur Aufstockung der Herde <sup>1</sup>

<b>Situation vor Umstellung des Melksystems</b>						
Melkanlage <sup>2</sup>	FGM 2x5	FGM 2x7	Karussell	FGM 2x6	FGM 2x7	Karussell
Kuhzahl <sup>3</sup>	43	96	154	71	108	141
Markterlös	197.336	440.563	706.737	325.833	495.634	647.077
Spezialkosten	110.407	246.490	395.410	182.300	277.301	362.032
Deckungsbeitrag I	86.929	194.073	311.327	143.533	218.333	285.045
Bau- und Technikkosten <sup>4</sup>	52.427	111.044	176.306	77.479	119.622	167.009
Deckungsbeitrag II	34.502	83.029	135.021	66.054	98.711	118.036
<b>Situation nach Umstellung des Melksystems</b>						
Melkanlage	1x1 Box	2x1 Box	3x1 Box	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Kuhzahl	60	120	180	90	130	160
Markterlös	275.352	550.704	826.056	413.028	596.596	734.272
Spezialkosten	154.056	308.112	462.168	231.084	333.788	410.816
Deckungsbeitrag I	121.296	242.592	363.888	181.944	262.808	323.456
Bau- und Technikkosten <sup>4</sup>	109.860	217.080	324.180	162.630	211.380	253.440
Deckungsbeitrag II	11.436	25.512	39.708	19.314	51.428	70.016
<b>Relative Veränderungen [%]</b>						
Kuhzahl, Erlöse, Kosten, Deckungsbeitrag I	40	25	17	27	20	13
Bau- und Technikkosten	110	95	84	110	77	52
Deckungsbeitrag II	-67	-69	-71	-71	-48	-41

<sup>1</sup> alle Kosten und Erlöse in DM pro Jahr, ohne Mehrwertsteuer; vgl. Tabelle 89 - Tabelle 100; DB I / DB II = Deckungsbeitrag ohne / mit Berücksichtigung der erhöhten Gebäude- und Technikkosten, die sich infolge der Umstellung auf das automatische Melksystem und die folgende Herdenaufstockung ergeben.

<sup>2</sup> FGM = Fischgrätenmelkstand; Melkkarussell mit 18 Plätzen

<sup>3</sup> Die Kuhzahlen der konventionellen Betriebe ergeben sich, wenn der Gesamtarbeitszeitbedarf, der in den automatischen Betrieben bei voller Auslastung der Melkanlage aufzuwenden ist, durch den Arbeitszeitbedarf dividiert wird, der in konventionellen Betrieben pro Kuh besteht [vgl. Tabelle 89 - Tabelle 94]

<sup>4</sup> Die Bau- und Technikkosten umfassen das Melksystem sowie den Kuh- und Kälberstall.

Anhang

Tabelle 102: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur maximal möglichen Kuhzahl automatisch melkender Betriebe

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse <sup>1</sup>	60	120	180	90	130	160
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.15) <sup>2</sup>	60	120	180	80	104	124
Stockinger et. al. (1997, S.25) / Stockinger und Weiß (1998)	70			88		150
Berges (1999, S.69) / Berges und Veauthier (1999, S.72)	60	120	180	80	120	180

Tabelle 103: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zum Kapitalbedarf automatischer Melksysteme <sup>3</sup>

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse [DM] <sup>4</sup>	277.690	546.931	816.172	410.767	496.138	591.500
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.22) [DM]	314.720	519.440	724.160	384.930	449.740	511.000
Stockinger et. al. (1997, S.25) / Stockinger und Weiß (1998) [DM] <sup>5</sup>	332.941			422.241		628.434
Berges (1999, S.67) / Berges und Veauthier (1999, S.72) [DM] <sup>5</sup>	275.431	512.931	751.725	473.276	553.448	641.379

Tabelle 104: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten automatischer Melksysteme <sup>6</sup>

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse [DM] <sup>7</sup>	68.520	134.400	200.160	100.620	121.810	143.200
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.73) [DM]	72.434	123.918	175.404	87.995	103.455	116.867
Stockinger et. al. (1997, S.26) / Stockinger und Weiß (1998) [DM] <sup>8</sup>	51.146			63.746		101.476
Berges (1999, S.67) / Berges und Veauthier (1999, S.72) [DM] <sup>8</sup>	42.727	73.591	107.931	69.073	70.311	92.876

<sup>1</sup> bei 3,0 Melkungen je Kuh und Tag

<sup>2</sup> Werte aus der Originaldarstellung abgeleitet für 3,0 Melkungen je Kuh und Tag

<sup>3</sup> Kapitalbedarf für Gebäude und Melktechnik [DM], ohne Mehrwertsteuer

<sup>4</sup> vgl. Tabelle 28 - Tabelle 31

<sup>5</sup> Werte im Gegensatz zur Originaldarstellung ohne Mehrwertsteuer

<sup>6</sup> Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM pro Jahr], ohne Mehrwertsteuer

<sup>7</sup> vgl. Tabelle 62

<sup>8</sup> Werte im Gegensatz zur Originaldarstellung ohne Mehrwertsteuer

## Anhang

Tabelle 105: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den Jahreskosten von Vergleichsanlagen automatischer Melksysteme <sup>1</sup>

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse [DM] <sup>2</sup>	23.460	45.480	72.180	29.250	46.670	71.360
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.73) [DM]	19.458	32.060	37.094	19.458	26.380	32.060
Stockinger et. al. (1997, S.26) / Stockinger und Weiß (1998) [DM] <sup>3</sup>	32.821			33.787		69.267
Berges (1999, S.67-68) / Berges und Veauthier (1999, S.72) [DM] <sup>3</sup>	13.901	25.086	53.359	15.970	25.086	53.359

Tabelle 106: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zu den jährlichen Mehrkosten automatischer Melksysteme <sup>4</sup>

Datengrundlage	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse [DM]	45.060	88.920	127.980	71.370	75.140	71.840
Kowalewsky und Fübbeker (1999) [DM]	52.976	91.858	138.310	68.537	77.075	84.807
Stockinger et. al. (1997) / Stockinger und Weiß (1998) [DM]	18.325			29.959		32.209
Berges (1999) / Berges und Veauthier (1999) [DM]	28.826	48.505	54.572	53.103	45.225	39.517

Tabelle 107: Gegenüberstellung von Literaturangaben und eigenen Ergebnissen zur jährlichen Arbeitszeiteinsparung durch automatische Melksysteme <sup>5</sup>

Autor	Einboxenanlagen			Mehrboxenanlagen		
	1 Anlage	2 Anlagen	3 Anlagen	2 Boxen	3 Boxen	4 Boxen
Eigene Ergebnisse [AKh/Kuh] <sup>6</sup>	11,9	7,8	5,4	8,8	6,5	4,5
Kowalewsky und Fübbeker (1999, S.46) [AKh/Kuh] <sup>7</sup>	5,1	5,8	6,4	5,5	5,7	5,8
Stockinger et. al. (1997, S.26) / Stockinger und Weiß (1998) [AKh/Kuh]	10,0			7,5		7,5
Berges (1999, S.69) / Berges und Veauthier (1999, S.72) [AKh/Kuh]	6,5	5,0	5,0	6,5	5,0	5,0

<sup>1</sup> Kosten für Gebäude und Melktechnik [DM pro Jahr], ohne Mehrwertsteuer

<sup>2</sup> vgl. Tabelle 78

<sup>3</sup> Werte im Gegensatz zur Originaldarstellung ohne Mehrwertsteuer

<sup>4</sup> Mehrkosten gegenüber der jeweiligen konventionellen Vergleichsanlage [DM pro Jahr], ohne Mehrwertsteuer; berechnet aus den in Tabelle 104 und Tabelle 105 dargestellten Daten

<sup>5</sup> AKh pro Kuh und Jahr

<sup>6</sup> vgl. Tabelle 65

<sup>7</sup> berechnet aus den Arbeitszeitbedarfswerten für unterschiedliche Kuhzahlen

Anhang

Tabelle 108: Melkkosten in Abhängigkeit des Milchleistungsniveaus

		Milchleistung vor Umstellung [kg/Kuh u. Jahr]					
		5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
Jahreskosten AMS ohne Mehrleistung	[DM] <sup>1</sup>	77.640	77.640	77.640	77.640	77.640	77.640
	[Pf/kg] <sup>2</sup>	25,88	21,57	18,49	16,18	14,38	12,94
Jahreskosten AMS mit Mehrleistung [DM]	[DM] <sup>3</sup>	70.851	69.493	68.135	66.778	65.420	64.062
	[Pf/kg] <sup>2</sup>	23,62	19,30	16,22	13,91	12,11	10,68
Jahreskosten des konventionellen Melksystems	[DM] <sup>4</sup>	46.860	46.860	46.860	46.860	46.860	46.860
	[Pf/kg] <sup>2</sup>	15,62	13,02	11,16	9,76	8,68	7,81

<sup>1</sup> Jahreskosten des automatischen Melksystems (AMS) = Anlagenkosten [68.520 DM] + Arbeitskosten [9.120 DM (7,6 AKh/Kuh \* 60 Kühe \* 20 DM/AKh)]

<sup>2</sup> Jahreskosten pro kg Milch = Gesamtjahreskosten / (Milchleistungsniveau je Kuh \* 60 Kühe)

<sup>3</sup> Jahreskosten AMS mit Mehrleistung = Jahreskosten AMS – Kostenausgleich durch Milchleistungssteigerung [60 Kühe \* Leistungsniveau \* 10 % \* 0,2263 DM/kg]

<sup>4</sup> Jahreskosten des konventionellen Melksystems (KMS) = Anlagenkosten [23.460 DM] + Arbeitskosten [23.400 DM (19,5 AKh/Kuh \* 60 Kühe \* 20 DM/AKh)]

## Literaturverzeichnis

- Agrarbericht der Bundesregierung 2000, Drucksache des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn
- Bayerischer Agrarbericht 2000. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- ARMSTRONG, D.; SMITH, J.; GAMROTH, M. (1994) Milking Palor Performace in the United States. In: Tagungsband Dairy Systems for the 21<sup>st</sup> Century, Orlando, Florida, USA, 02.-05.02.1994, S.59-69
- ARTMANN, R.; BOHLSSEN, E. (1997) Mehrboxenanlage „System Prolion Development“ In: Automatisches Melken, KTBL-Arbeitspapier 248, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.33-48
- AUERNHAMMER, H. (1998) Arbeitslehre und Prozeßsteuerung. In: Die Landwirtschaft, Band 3, Landtechnik und Bauwesen, 9. Auflage, BLV München, S. 86-130
- BERGES, M. (1999) Rechnet sich der Melkroboter im Familienbetrieb? In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.66-69
- BERGES, M.; VEAUTHIER, G. (1999) Welche Melktechnik für wachsende Betriebe? In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.70-72
- BENNINGER, D. (1997) Das Melkzentrum auf Zuwachs planen. In: Kuhställe billiger bauen. top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.78-82
- BENNINGER, D. (1998) Bauliche Anlagen für Milchgewinnung und Milchlagerung. In: Baubriefe Landwirtschaft, Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.93-96
- BENNINGER, D. et. al. (2000) Ställe für automatische Melksysteme. In: Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.108-116
- BOHLSSEN, R.; ARTMANN, E. (1999) Wie viel Arbeitszeit sparen Melkroboter ein? In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.36-39
- BRENTROP, H. (1998) Gesetzliche Anforderungen an Qualität und Hygiene der Milchgewinnung. In: Baubriefe Landwirtschaft, Milchviehhaltung, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.70-74
- BRANDES, C. (1998) Bekommen Ihre Kühe genug Wasser? top agrar, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Heft 11/98, S.R14-R16
- COOPER, K.; PARSONS, D.J. (1999) An Economic Analysis of Automatic Milking using a Simulation Model. Journal of Agriculture Engineering Research, Vol. 73, S. 311-321

---

Literaturverzeichnis

---

- DE KONING, K. (1999) So erreichen Sie eine hohe Melkfrequenz. In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.42-43
- DE KONING, K.; JAGTENBERG, K. (1999) Die maximale Milchmenge herausholen. In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.40-41
- DE KONING, K.; OUWELTJES, W. (2000) Maximising the milking capacity of an automatic milking system. In: Robotic Milking, Tagungsband, Lelystad, 17.-19.08.2000, S.38-46
- EBENDORFF et. al. (1986) Sicherung hoher und stabiler Milchleistungen der Kühe bei guter Eutergesundheit durch richtiges Ausmelken. Tierzucht, 40. Jg., Heft 4, S.176-178
- GRIMM, H. (1998) Automatisches Melken, Darstellung der Systeme – Erste Ergebnisse. Tagungsband der Mitgliederversammlung der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und ländliches Bauwesen Baden-Württemberg e.V., Hochemmingen, 17.06.1998, S.5-10
- GÖBBEL, T. (1997) Die Schlüssel für den wirtschaftlichen Erfolg. In: Kuhställe billiger bauen. top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.6-9
- HARMS, JAN (1998) Untersuchungen zum Tier- und Melkverhalten im automatischen Melksystem auf einem Praxisbetrieb. Diplomarbeit, Technische Universität München-Weihenstephan, Institut für Landtechnik
- HARMS, JELTO (1999) Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen an automatischen Melksystemen. Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück
- HARMS, JAN; WENDL, G.; SCHÖN, H. (2001) Untersuchungen zum Einfluß verschiedener Umtriebsformen auf das Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken. In: Tagungsband Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim, 06.-07.03.2001, S.236-240
- HEIBENHUBER, A; PAHL, M. (1990) Technischer Fortschritt im Widerstreit zwischen ökonomischen, ökologischen und ethischen Zielen - aus der Sicht von Mikroökonomien. In: Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft -Tendenzen, Auswirkungen, Beeinflussung-, Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 26, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.241-249
- HENDERSON, A. et. al. (1983) The effect of milking thrice instead of twice daily on milk secretion in the goat. Quarterly Journal of Experimental Physiology. Vol. 68, S.645-652
- HENDERSON, A.; PEAKER, M. (1987) Effects of removing milk from the mammary ducts and alveoli, or of diluting stored milk, on the rate of milk secretion in the goat. Quarterly Journal of Experimental Physiology. Vol. 72, S.13-19
- HOFFMANN, H.; PAHL, H. (1999) Stand und Entwicklung der Milchviehhaltung in Deutschland. In: Schule und Beratung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, S.III-1 – III-5

---

Literaturverzeichnis

---

- HOGVEEN, H.;  
WEMMENHOVE, H. (1999) Bessere Eutergesundheit mit dem Melkroboter? In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.44-45
- IPEMA et. al. (1997) Robotic milking of dairy cows. In: Tagungsband Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 11.-12.03.1997, S.290-297
- JAGTENBERG, K.; DE  
KONING, K. (1999) Den Kuhverkehr richtig planen. In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.26-29
- KAUFMANN (1997) Die Arbeit im Griff? In: Rentable Milchproduktion, Bauernzeitung, Sonderheft, Deutscher Bauernverlag, Berlin, S.22-24
- KILIAN, K. (1998) Experimentelle Untersuchungen zum Einfluß von Nachmelkautomatik mit abgestuften Schaltschwellen im Vergleich zu Kontrollgriff sowie automatischer Melkzeugabnahme auf die Milchabgabe maschinell angerüsteter Braunviehkühe. Diplomarbeit, Technische Universität München-Weihenstephan, Institut für Physiologie
- KIRCHGESSNER, M. (1987) Tierernährung. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt (a.M.)
- KNAPPSTEIN, K.; BRÄUNIG, J.; REICHMUTH, J. (2000) Milchqualität und rechtliche Rahmenbedingungen. In: Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift 395, S.75-80
- KOWALEWSKY, H.;  
FÜBBEKER, A. (1999) Ermittlung der Melkleistung, der Kosten und des Arbeitszeitbedarfs bei automatischen Melksystemen. Bericht der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Oldenburg
- KÜHN, T. (2001) Persönliche Mitteilung. Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn, Fachserie 3, R4, 1999
- LANSER, E. (2000) Bedeutung der Zwischenmelkzeit bei Automatischen Melksystemen. milchpraxis, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 38. Jg., Heft 2, S.88-95
- LIEBLER, J. et. al. (2000) Arbeitsorganisation und Arbeitszeitbedarf beim automatischen Melken. In: Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.117-122
- MELLINGER, T. (1988) Untersuchungen zum Einfluß verschiedener Vakuump Applikationen auf Merkmale des Zitzengewebes und zum Entstehen von Nachgemelken mit Hilfe von Röntgenfilmen. Dissertationsschrift, Fakultät IV - Agrarwissenschaften II der Universität Hohenheim
- MENNERICH, J. (2000) Milchquoten: Unbefriedigender Börsenstart. top agrar, Heft 12/2000, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.96
- MÜLLER, U.; DIETRICH,  
W.; WINTER, R. (1999) Kuhplaner im Vergleich. DLG-Mitteilungen, Heft 11/1999, S.34-37
- NUNNENKAMP, W. (1999) Trotz Weidegang automatisch melken? In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.52-55

---

Literaturverzeichnis

---

- ORDOLFF, D. (1989) Voraussetzungen und Grundlagen automatischer Milchgewinnung. Habilitationsschrift, Selbstverlag Bundesanstalt für Milchwissenschaft, Kiel
- ORDOLFF, D. (1994) Organisation of milking and labour requirement in rebuilt dairy farms in Eastern Germany. In: Tagungsband Dairy Systems for the 21<sup>st</sup> Century, Orlando, Florida, USA, 02.- 05.02.1994, S.273-277
- ORDOLFF, D. (1995) Reinigung und Desinfektion von Melkanlagen. KTBL-Arbeitsblatt 1099/1995
- ORDOLFF, D. (1997, a) Melkstände - ein Vergleich. AID-Heft 1347/1997, KTBL-Schriftenreihe, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
- ORDOLFF, D. (1997, b) Jeder Liter zählt – Elektronische Milchmengenmessung: Was der Markt bietet. dlz agrar magazin, Heft 9/97, BLV Verlag München, S.60-64
- PIRKELMANN, H.;  
WAGNER, M. (1995) Kraftfuttermittel für Milchvieh. KTBL-Arbeitsblatt 1098/1995
- PETERSEN, V. Milchviehbetriebe erfolgreich führen - aber wohin? milchpraxis, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 38. Jg., Heft 4, S.168-172
- REISCH, E.; ZEDDIES, J. (1997) Einführung in die landwirtschaftliche Betriebslehre, Band 2: Spezieller Teil, 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- RICHARTS, E. (2000) ZMP-Marktbilanz Milch 2000. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH, Bonn
- SCHLEITZER, G. (1997) Je Melker und Stunde 60-80 Kühe. In: Rentable Milchproduktion, Bauernzeitung, Sonderheft, Deutscher Bauernverlag Berlin, S.43-45
- SCHÖN, H. (1997) Automatische Melksysteme. In: Automatisches Melken, KTBL-Arbeitspapier 248, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.7-9
- SCHÖN, H.; WENDL, G.;  
PIRKELMANN, H. (1997) Technik, Arbeitsorganisation und Management bei automatischen Melksystemen (AMS). In: Automatisches Melken, KTBL-Arbeitspapier 248, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.11-18
- SCHÖN, H.; WENDL, G.;  
PIRKELMANN, H. (2000) Automatisches Melken - Bedeutung, Stand, Entwicklungstendenzen. In: Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.9-17
- SCHWEINBERGER (1997) Quantensprung durch automatisches Melken. Bayerisches landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft 31, BLV Verlag München, S. 27
- SEDLMEYER, F. (1999) Bakteriologische Untersuchungen an automatischen Melksystemen. Diplomarbeit, Technische Universität München-Weihenstephan, Bayerische Landesanstalt und Institut für Landtechnik, Institut für Mikrobiologie des FML Weihenstephan

- SEDLMEYER, F.; WENDL, G. Persönliche Mitteilung.  
(2000)
- SIEGEL, A. (1999) Vier PC-Managementsysteme im Vergleich. top agrar, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Heft 11/99, S. R14-R18
- STARK, G.; HOFMANN, D. (1999) Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft. 3. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
- STOCKINGER, C. (1997) Automatisiertes Melken - eine Basisinnovation für zukunftsorientierte Milcherzeugung? In: Außenklimaställe und automatische Melksysteme in der Milchviehhaltung, Tagungsband zur Landtechnisch-Baulichen Jahrestagung am 05. November 1997 in Ablertshofen, S.123-131
- STOCKINGER, C. et. al. (1997) „Robbi“ gehört die Zukunft. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Heft 31, BLV Verlag München, S. 24-26
- STOCKINGER, C.; WEIB, A. (1997) Stand der Technik, Stallsysteme, Wirtschaftlichkeit, erste Erfahrungen. In: Automatisches Melken, KTBL-Arbeitspapier 248, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.60-67
- STOCKINGER, C.; WEIB, A. (1998) Vortragsunterlagen. Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München
- STOCKINGER, C.; SCHMID, W.; ZENGER, X. (2000) Rinderreport Bayern. Daten, Fakten und Analysen von Arbeitskreisergebnissen des Milchleistungsprüfungsjahres 1999. 4. Auflage, Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München
- STOCKINGER, C.; TAFERTS-HOFER, R. (2000) Stunde der Spekulanten? DLG-Mitteilungen, Heft 12/2000, S.22-25
- STOCKINGER, C. (2000) Kalkulationsdaten zur Wirtschaftlichkeit der Milcherzeugung. Veröffentlichung der Bayerischen Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur im Internet
- VEAUTHIER, G. (1998) Melkroboter: Jetzt kommt Bewegung in den Markt. top agrar, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Heft 8/98, S.R4-R6
- VEAUTHIER, G. (1999, a) 7 Fabrikate im Überblick. In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.10-17
- VEAUTHIER, G. (1999, b) Das tägliche Management im Roboterbetrieb. In: Melkroboter für Ihren Betrieb? top agrar extra, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.56-58
- WALLSTABE et. al. (1989) Untersuchungen zur komplexen Wirkung von Druckluftstimulation und automatisiertem Nachmelken bei Kühen (Langzeitversuch über drei Laktationen). Archiv für Tierzucht, 32. Jg., Heft 5, S.437-447
- WEIB, D. (2000) Milchpreisvergleich '99. top agrar, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, Heft 8/2000, S. R10-R16

---

## Literaturverzeichnis

---

- WENDL, G. (1983) Methodischer Beitrag zur Ermittlung der Reparaturkosten und zur Gesamtkostenkalkulation landwirtschaftlicher Maschinen – dargestellt am Beispiel von Melkanlagen. Dissertationsschrift, Technische Universität München-Weihenstephan, Institut für Landtechnik
- WENDL, G. (2000) Persönliche Mitteilung.
- WENDL et. al. (1997) Einboxen – Kompaktanlage “Astronaut” der Firma LELY. In: Automatisches Melken, KTBL-Arbeitspapier 248, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.19-32
- WENDL et. al. (2000, a) Results of field investigations with automatic milking systems. Presentation at the 2000 ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA, 9.-12.7.2000
- WENDL et. al. (2000, b) Untersuchungen zum Einsatz automatischer Melksysteme in Praxisbetrieben. In: Automatische Melksysteme, KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S.88-99
- WENDT et. al. (1998) Handbuch Mastitis, Kamlage Verlag, Osnabrück
- WILDE, C.J.; PEAKER, M. (1990) Autocrine control in milk secretion. Journal of Agricultural Science, Volume 114, Cambridge, S.235-238
- WOLF, J. (2000) Kann die Wirtschaftlichkeit durch mehrmaliges Melken verbessert werden? Züchtungskunde, 72, (6), Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, S.486-493
- WOLF, J.; JAHNKE, B. (1999) Leistungssteigerung durch häufigeres Melken? milchpraxis, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen, 37. Jg., Heft 4, S.187-195

Abschließend bedanke ich mich bei allen, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Insbesondere danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr. Alois Heißenhuber für die Überlassung des Themas und die Erstkorrektur. Für die Übernahme der Zweitkorrektur bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. (AE Keszthely) J. Schön. Ferner gilt mein Dank dem Vorsitzenden der Prüfungskommission, Herrn Univ.-Prof. Dr. Peter Wagner.

Besonders herzlich bedanke ich mich bei Herrn Apl. Univ.-Prof. Dr. Helmut Hoffmann, der diese Arbeit nicht nur als 3. Prüfer korrigierte, sondern auch deren Entstehung fachlich betreute. Neben zahlreichen konstruktiven Beiträgen bleiben mir die stets gute Zusammenarbeit und der große Freiraum, den Herr Prof. Hoffmann mir bei der Erstellung der Arbeit gewährte, in angenehmer Erinnerung.

Auch Herrn Dr. Georg Wendl danke ich für die Durchsicht der vorliegenden Arbeit und seine fachlichen Anregungen.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr. Dietmar Maximilian Schätzl, der das Zustandekommen dieser Arbeit vermittelt hat.

Für seine umfassende Hilfe bei der Durchführung der Literaturrecherchen bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Martin Wiedemann.

Zu guter Letzt danke ich meinen Eltern, die mir durch ihre langjährige Unterstützung meine akademische Ausbildung ermöglicht haben.

Münster/Westfalen, im April 2002

*Dirk Hömberg*