



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaft

Studiengang Agrarwirtschaft

Masterthesis

Planung eines Stallbaukonzeptes für Voluntary Milking System

unter dem Kriterium Tierwohl

Erstgutachter: Prof. Dr. Sandra Rose-Meierhöfer

Zweitgutachter: Andreas Beck

von

Marleen Helms B. Sc.

Juli 2018

urn: nbn:de:gbv:519-thesis2018-0053-8

Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	IV
II.	Tabellenverzeichnis	V
III.	Abkürzungsverzeichnis	VI
1.	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	3
1.2	Zielstellung der Arbeit.....	5
1.3	Vorgehensweise.....	6
2.	Literaturübersicht	7
2.1	Allgemeines.....	7
2.2	Stallplanung für VMS bei Neubau und Umbau.....	10
2.2.1	Geschichtliche Entwicklung der Stallkonzepte für VMS.....	11
2.2.2	Anordnung von VMS im Stall.....	15
2.2.3	Laufflächen (Entmistung), Licht, Klima	17
2.2.4	Liegeboxen	20
2.2.5	Fütterung und Wasser.....	22
2.2.6	Kuhverkehr.....	24
2.2.7	VMS mit Weidegang.....	31
2.2.8	Bewertung des Tierwohls von VMS	33
2.3	Arbeitswirtschaftlichkeit in Ställen mit VMS	35
2.3.1	Arbeitskräftebedarf - Allgemein (AKh pro Kuh usw.).....	35
2.3.2	Anforderungen an die Arbeitskraft.....	37
2.3.3	Einteilung der Robotergruppen (linear, Laktation)	38
2.3.4	Separationsbereich und Special-need-cows.....	39
2.3.5	Trockensteher	41
3.	Material und Methode	42
3.1	Beschreibung Zeichenprogramm.....	42
3.2	Betriebsbeschreibung	43
3.2.1	Beispiel 1	43
3.2.2	Beispiel 2.....	45
4.	Ergebnisse	46
4.1	Stallumbau (Beispiel 1).....	46
4.2	Stallneubau (Beispiel 2)	54
4.3	Kostenschätzung.....	60
5.	Diskussion	63

6. Schlussfolgerung	67
7. Zusammenfassung	68
Literaturverzeichnis	69
Anhang	73
Anhang 1:	73
Anhang 2:	74
Eidesstattliche Erklärung.....	75

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einteilung der automatischen Melksysteme (eigene Darstellung nach (Pache 2011))	2
Abbildung 2: Struktur der Betriebsgrößen (Kühe/ Betrieb) in den einzelnen Bundesländern (Lindena et al. 2017)	4
Abbildung 3: Grundmaße des VMS Modells 2007 (Werkfoto Delaval)	8
Abbildung 4: Funktionsmaße bei Tandemaufstellung (Werkfoto Delaval)	9
Abbildung 5: Anzahl der Betriebe mit automatischen Melksystemen weltweit (KTBL 2013)	11
Abbildung 6: Stallbaukonzept 1998 (Schön et al. 1998)	12
Abbildung 7: Stallbaukonzept aus dem Jahr 2009 (Konold 2015)	13
Abbildung 8: Stallbaukonzept 2011 mit ausgelagertem Sonderbereich (Eilers 2011)	14
Abbildung 9: Darstellung von gespiegelter Tandemaufstellung mit gemeinsamen Technikraum (DeLaval)	16
Abbildung 10: Freier Kuhverkehr (Quelle: Beck, A.; DeLaval)	25
Abbildung 11: Verteilung der Melkungen im Tagesverlauf (Wendl et al. 2001).....	27
Abbildung 12: Selektiv gelenkten Kuhverkehr (Milk first) (Quelle: Beck, A.; DeLaval)	29
Abbildung 13: Feed First (Quelle: Beck, A.; DeLaval).....	30
Abbildung 14: Aufbau 19030er- Anlage	44
Abbildung 15: Umbau eines "Halben-Schiffes" mit einem VMS (eigene Darstellung).....	49
Abbildung 16: Umbau eines "Schiffes" mit 3 VMS (eigene Darstellung)	50
Abbildung 17: Vorwarte Hof und konventioneller Melkstand für Special-Needs-Cows (eigene Darstellung).....	52
Abbildung 18: Abkalbeboxen (eigene Darstellung)	53
Abbildung 19: Stallneubau mit 3 VMS (eigene Darstellung).....	55
Abbildung 20: VMS 1 mit Warte- und Separationsbereich (eigene Darstellung)	57
Abbildung 21: VMS 3 mit Special-Needs-Cows-Bereich (eigene Darstellung)	58

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kennzahlen Spaltenboden und Laufgang (Jungbluth et al. 2017, KTBL 2013)	18
Tabelle 2 Liegeboxenabmessungen (Jungbluth et al. 2017, KTBL 2013)	20
Tabelle 3 Bewertung der Formen des Kuhverkehrs (DeLaval).....	24
Tabelle 4 Wichtige Kennzahlen für den Stallbau	34
Tabelle 5 Platzbedarf Special needs cows (Eilers 2015).....	40
Tabelle 6 Untergliederung der Herde	47
Tabelle 7 Untergliederung der Herde	59
Tabelle 8 Kostenschätzung Umbau 1930er- Anlage (eigene Darstellung)	61
Tabelle 9 Kostenschätzung Neubau VMS-Stall (eigene Darstellung)	62

III. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Akh	Arbeitskraftstunden
AMS	automatic milking system, automatisches Melksystem
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	circa
cm	Zentimeter
d	Tag
evtl.	eventuell
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunden
km	Kilometer
l	Liter
Lux	Beleuchtungsstärke (physikalische Größe)
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mind.	mindestens
MJ	Megajoule
NEL	Netto Energie Laktation
RP	Rohprotein

TMR	Total- Misch-Ration
VMS	Voluntary Milking System, freiwilliges Melksystem
z. B.	zum Beispiel
ZKZ	Zwischenkalbezeit

1. Einleitung

Der technische Fortschritt in den letzten Jahren ist in vielen Bereichen erkennbar. Auch in der Landwirtschaft wurden viele Arbeitsvorgänge technisiert, so auch in der Tierhaltung. In der Milchviehhaltung beansprucht die Milchgewinnung, im Vergleich zu den anderen Aufgaben, den höchsten Zeitaufwand. Im Durchschnitt beansprucht das Melken 10 bis 14 Arbeitskraftstunden (Akh) pro Kuh/ Jahr, für das Füttern wird dagegen nur ein Arbeitsaufwand von durchschnittlich 3 bis 10 Akh/ Kuh und Jahr angegeben (Geidel 2013). Der hohe Zeitaufwand für das Melken und die körperliche schwere Arbeit sind die Hauptgründe für die Investition in automatische Melksysteme (Konold 2015). Das System kann in zwei Bereiche unterteilt werden. Auf der einen Seite wurden von den Firmen GEA und DeLaval automatische Melkkaruselle entwickelt. Auf der anderen Seite haben sich Melkboxen durchgesetzt. Diese können in Ein- und Mehrboxenanlagen unterteilt werden. In der Abbildung 1 ist die Untergliederung grafisch, mit den bedeutendsten Fabrikaten und deren Hersteller dargestellt. Melkboxen zeichnen sich dadurch aus, dass die Kuh einzeln, einen durch Tore abgeschirmten Bereich betritt, in dem sie mit Hilfe eines Roboterarms gemolken werden kann. Je nachdem, ob der Roboterarm für eine oder mehrere Melkboxen zuständig ist, wird das System als Ein- oder Mehrboxenanlage bezeichnet. In dieser Arbeit wird ausschließlich von Einzelboxensystemen ausgegangen, umgangssprachlich werden sie auch als Roboter bezeichnet. In der Fachliteratur werden die automatischen Einzelboxensysteme als AMS (automatic milking system) oder als VMS (voluntary milking system) bezeichnet, wobei VMS speziell das automatische Melksystem von DeLaval meint.

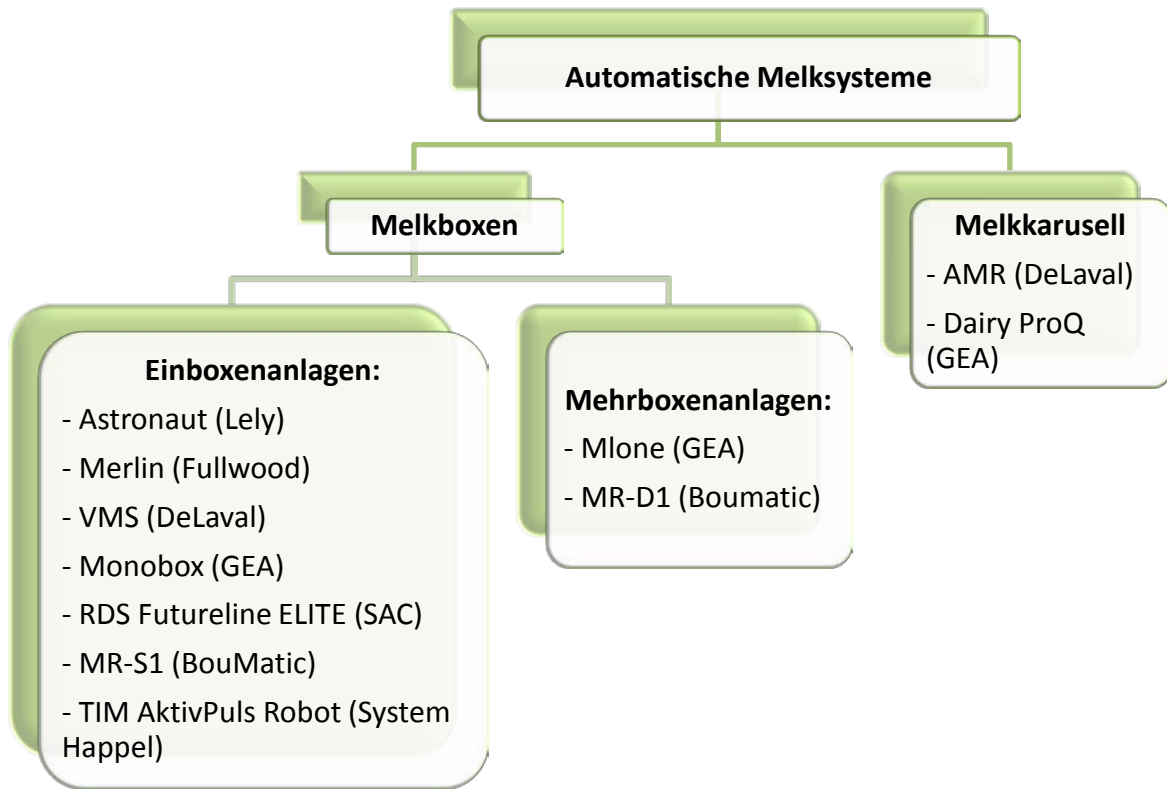


Abbildung 1: Einteilung der automatischen Melksysteme (eigene Darstellung nach (Pache 2011))

1.1 Problemstellung

Automatische Melksysteme wurden in erste Linie für Familienbetriebe entwickelt, die zum Melken ihrer Herde ein bis zwei Roboter benötigen. Dieser Grundgedanke hat sich im Laufe der Jahre in Hinsicht darauf verändert, dass auch Großbetriebe (ab 400 Kühe) an dem automatischen Melken interessiert sind. Trotzdem werden VMS vorwiegend an Familienbetriebe verkauft. Aus Abbildung 2 geht hervor, dass in Westdeutschland hauptsächlich Familienbetriebe und in Ostdeutschland eher Großbetriebe angesiedelt sind. Diese Feststellung wird von der Anzahl an Kühen pro Betrieb abgeleitet. In Westdeutschland werden im Durchschnitt 62 Milchkühe pro Betrieb gehalten, in Ostdeutschland dagegen 195 Kühe/ Betrieb.

Zur Nutzung eines automatischen Melksystems muss, unabhängig von der Betriebsgröße, das Stallkonzept angepasst werden, sodass das AMS eine gute Akzeptanz bei den Kühen findet und das System optimal funktionieren kann. Dabei sollten bestimmte Empfehlungen beachtet werden, die nicht in jedem Fall leicht umsetzbar sind. Daher kann selten auf Standardlösungen zurück gegriffen werden und die Stallkonzepte müssen immer betriebsindividuell erarbeitet werden. Ein zentraler Punkt dabei ist, ob ein Stall umgebaut oder neugebaut werden soll. Weiterhin beeinflussen viele Faktoren, wie beispielsweise die Stalleinrichtungen (z. B. Laufgänge, Liegeboxen und Futtertisch) direkt die Haltungsbedingungen im Stall und somit das Tierwohl. Die Erarbeitung eines Stallkonzeptes stellt somit eine komplexe Aufgabe dar, die direkte Folgen für die betriebliche Leistungen haben kann.

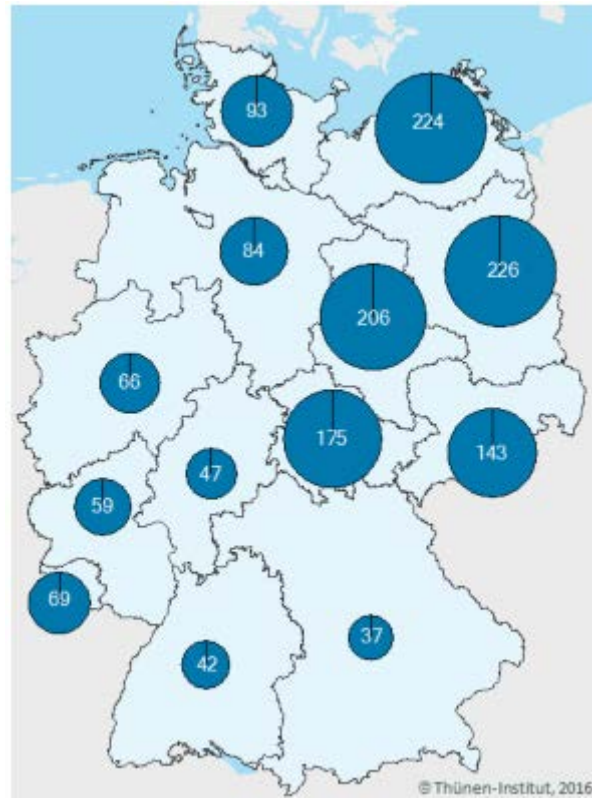


Abbildung 2: Struktur der Betriebsgrößen (Kühe/ Betrieb) in den einzelnen Bundesländern (Lindena et al. 2017)

1.2 Zielstellung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, zwei gegensätzlich Stallkonzepte unter dem Kriterium Tierwohl zu entwickeln. Grundlage dafür sind Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen von Experten, aber auch Vorschriften, die aus Sicht des Tierwohls bestehen. Die vorhandenen Erkenntnisse wurden genutzt um eigene Konzepte zu erarbeiten. Automatische Melksysteme können aus theoretischer Sicht in allen Betriebsformen installiert werden. Zur Darstellung der Vielfaltigkeit wird im Rahmen dieser Arbeit jeweils ein Konzept für einen typischen ostdeutschen und westdeutschen Betrieb entwickelt. Wie aus der Abbildung 2 hervorgeht, unterscheiden sich die Betriebe, in den jeweiligen Region Deutschlands, grundsätzlich in der Betriebsgröße. Außerdem wird sowohl die Lösung eines Umbaus, also auch eines Neubaus dargestellt. Die Erarbeitung der Konzepte erfolgt aus ökonomisch und arbeitswirtschaftlich sinnvoller Sicht, so dass die Stallkonzepte für Praxisbetriebe verwendet werden können. Ein zentraler Punkt der Stallkonzepte soll die Anordnung und Ausstattung (der Separationseinrichtung und) des Bereiches für die Special-Needs- Cows sein, da sie besondere Aufmerksamkeit brauchen. Dieser Specialbereich ist besonders in großen Milchviehbetrieben mit vielen VMS schwierig zu platzieren und in den laufenden Roboterbetrieb zu integrieren.

1.3 Vorgehensweise

Das Kapitel 2 stellt eine Literaturübersicht dar, in dem zuerst grundlegende Punkte und Besonderheiten der VMS- Stallplanung für Neu- und Umbauten beschrieben werden. Danach wird die Arbeitswirtschaftlichkeit von Milchviehbetrieben mit automatischem Melksystem beleuchtet. In dem Kapitel 3 werden Material und Methode erläutert, dabei wird das verwendete Zeichenprogramm, das zum Erstellen der Stallbaukonzepte genutzt wurde beschrieben. Außerdem werden die beiden Betriebe für die ein Konzept im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wird dargestellt. Im Kapitel 4 folgt eine detaillierte Ausführung der beiden Stallkonzepte, sowie eine Kostenschätzungen. Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert, das Fazit daraus gezogen und zusammengefasst.

2. Literaturübersicht

2.1 Allgemeines

Die Einboxenanlagen variieren in ihren Abmessungen, in der Ausstattung und dem Aussehen je nach Hersteller. In der Leistung gibt es jedoch kaum Unterschiede. Mittlerweile wird die Leistung der Roboter nicht mehr an der Tieranzahl, sondern an der gemolkenen Milchleistung pro Tag festgemacht. Ein Roboter kann im Durchschnitt 2000 kg Milch je Tag melken, dies entspricht 50 bis 77 Kühen je nach Leistungsniveau (KTBL 2013). Im Durchschnitt wird jede Kuh im AMS 2,5 bis 2,9-mal pro Tag gemolken (KTBL 2000), abhängig von dem Laktationsstadium. Ein AMS kann demnach 130-180 Melkungen am Tag durchführen (KTBL 2013), Reinigungszeit, Ein- und Austriebszeiten müssen dabei mit einkalkuliert werden. Die Kuh wird in der Melkbox anhand eines Transponders elektronisch erkannt. Je nach letztem Melkzeitpunkt, Milchleistung und Melkfrequenz wird entschieden, ob die Kuh gemolken wird oder nicht. Wird die Kuh nicht gemolken, wird dieser Aufenthalt in der Melkbox als Fehlbesuch bezeichnet (KTBL 2000). Wird eine Kuh 2,5-mal am Tag gemolken, entspricht dies einer Zwischenmelkzeit von 9,6 Stunden, sie kann am VMS eingestellt werden. Bei einer Überschreitung von einer Zwischenmelkzeit von mehr als 12 Stunden, sollte die Kühe manuell nachgetrieben werden (KTBL 2013).

Diese Arbeit bezieht sich vorwiegend auf die Einboxenmelkanlage der Firma DeLaval. Die Stallkonzepte sind mit den entsprechenden Maßen der VMS erarbeitet worden. Die Abbildung 3 zeigt einen Grundriss des VMS Modells 2007 mit den realen Maßen. Das VMS ist demnach 3,38 m lang und 2,73 m breit, bei geöffneten Toren. Das veranschaulichte Modell zeigt in linkes VMS. Die Bezeichnung stammt von den konventionellen Melkständen ab. Die Kühe werden demnach von der linken Seite angesetzt, wenn man sich den Serviceraum hinter dem VMS als Melkstandgrube vorstellt. Den Gegensatz zu dem linken Modell bildet das rechte Modell, bei dem die Anordnung spiegelverkehrt ist und die Kühe das VMS von der anderen Seite betreten müssen und gemolken werden.

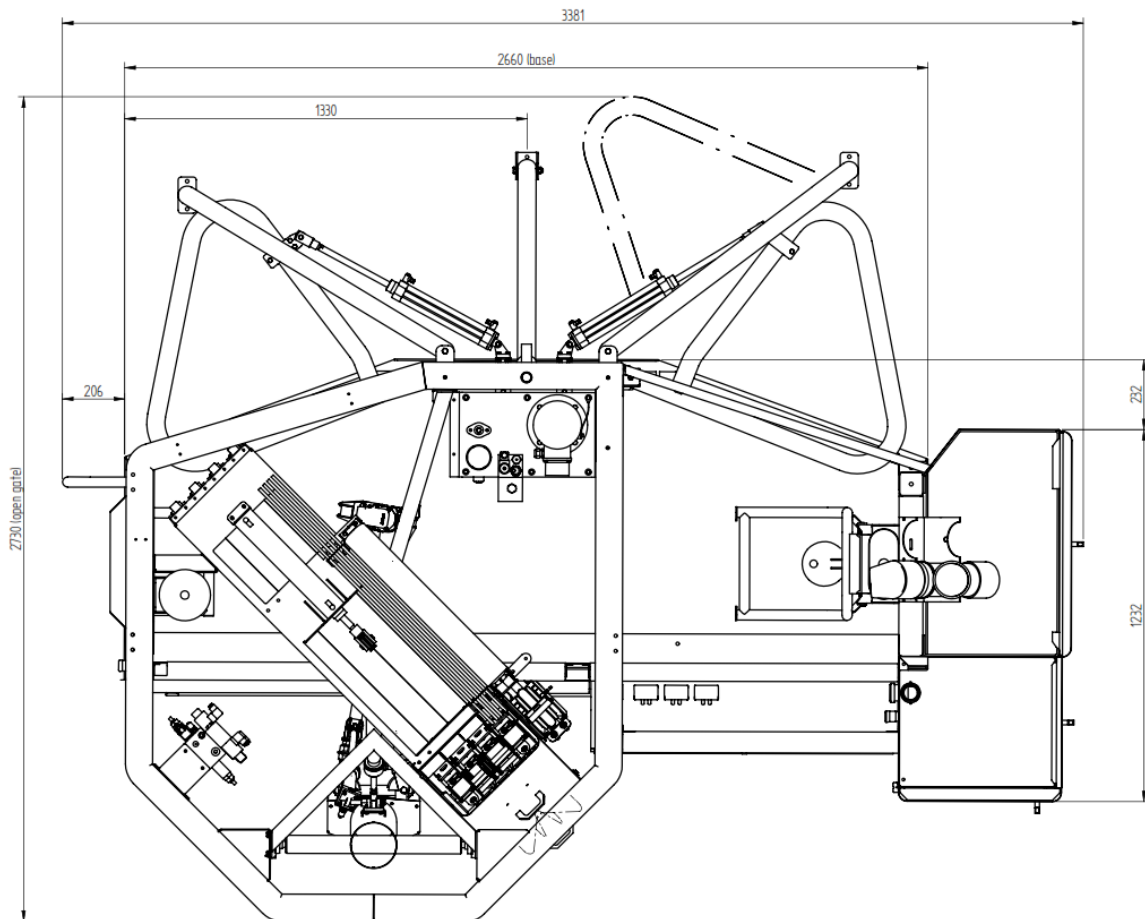


Abbildung 3: Grundmaße des VMS Modells 2007 (Werkfoto Delaval)

DeLaval empfiehlt bei der Installation einen Abstand von mind. 0,8 m vom Roboter (gemessen an der Außenseite des Elektroschranks) bis zur nächsten Wand. Werden mehrere VMS in Tandemaufstellung angeordnet, sollte ein Abstand von 2,9 m zwischen den Robotern eingehalten werden. Damit die Kühe das VMS ungehindert betreten können, muss am Eingang mind. 1,4 m und am Ausgang mind. 2 m zur Verfügung stehen, dabei wird immer vom VMS bis zur nächsten Wand (Hindernis) gemessen. Wird der Serviceraum als Durchgang verwendet, muss ein Freiraum von 0,9 m zwischen dem voll ausgeschwenkten Roboterarm und der Wand vorhanden sein. Endet dieser Raum als Sackgasse, ist eine Mindestbreite vom ausgeschwenktem Roboterarm bis zur Wand von 0,6 m ausreichend. Diese Maße entsprechen den Anforderungen der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft und müssen in jedem Fall eingehalten werden. Die Abbildung 4 veranschaulicht den benötigten Platzbedarf zweier VMS in Tandemaufstellung, der in Realität tatsächlich benötigt wird. Aus

der Abbildung kann abgeleitet werden, dass zwei Roboter der Firma DeLaval in Tandemaufstellung mindestens einen Freiraum von 12,7 m Länge benötigen.

Die aufgeführten Maße und Mindestabstände werden in den Stallkonzepten verwendet.

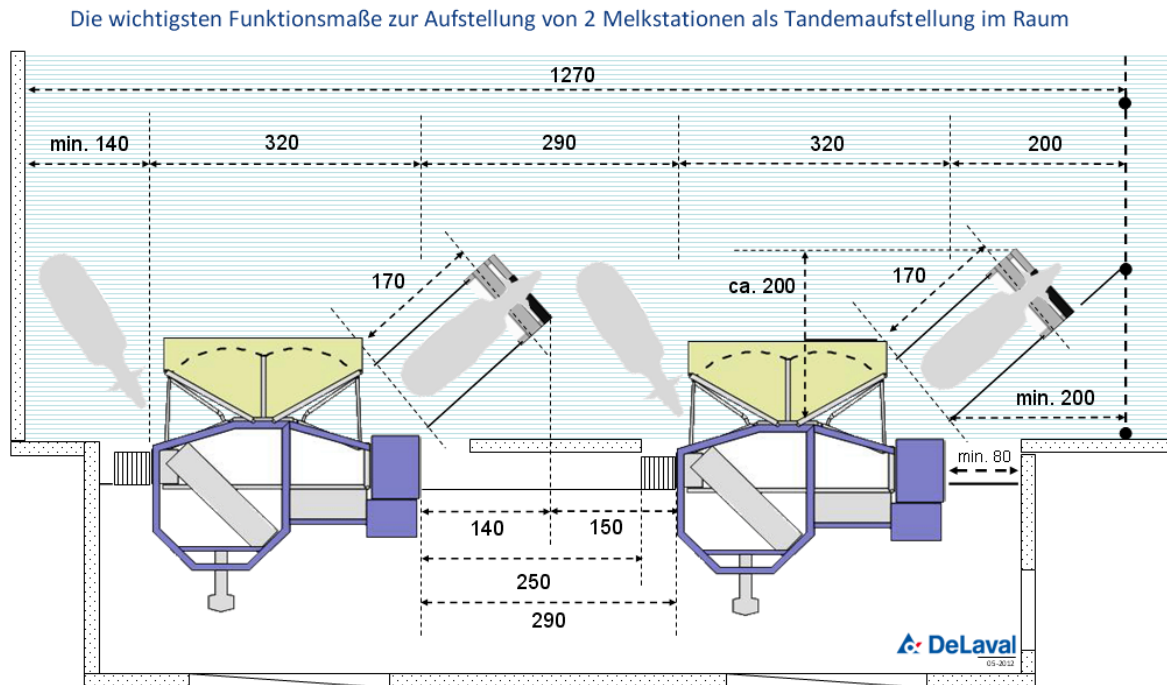


Abbildung 4: Funktionsmaße bei Tandemaufstellung (Werkfoto DeLaval)

2.2 Stallplanung für VMS bei Neubau und Umbau

Die Entscheidung für oder gegen automatische Melksysteme ist abhängig von vielen technischen, wirtschaftlichen und tierbezogenen Faktoren, aber auch von der jeweiligen Grundeinstellung des Landwirtes. Da die Landwirte einem hohen Kosten- und Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind, muss langfristig und gut durchdacht geplant werden. Bei einem Stallneubau mit VMS sollten eventuelle Erweiterungsmöglichkeiten in Betracht gezogen werden, da die Betriebe stetig wachsen (müssen), um zukunftsfähig zu bleiben. Werden Erweiterungsmöglichkeiten von vornherein im Stallkonzept mit eingeplant, wird die zur Verfügung stehende Fläche dementsprechend bebaut und optimal ausgenutzt. Weiterhin findet keine Verbauung der Fläche statt und es können Kosten durch sonst anfallende Umbauten oder zusätzlichen Kauf von Fläche gespart werden (LfL 2015). VMS lassen sich grundsätzlich auch in bestehende Betriebe integrieren. Jedoch muss der vorhandene Stall umgebaut werden. Das wichtigste Kriterium ist ausreichend Platz, da das VMS nicht optimal genutzt wird, wenn sich nicht alle Tiere ohne Einschränkungen bewegen können (top agrar 2012).

Die folgenden Ausführungen zu einzelnen Funktionseinheiten im Milchviehstall entsprechen dem Stand der Technik und dem Optimum an Tierwohl.

2.2.1 Geschichtliche Entwicklung der Stallkonzepte für VMS

Vor der Beschreibung des aktuellen Stand der Technik und der momentan genutzten Stallbaukonzepte, wird die Entwicklung der Stallbauten seit Einführung der VMS erläutert. In den 80er Jahren begann die Entwicklung von automatischen Melkssystemen. Bereits 1992 wurden die ersten Roboter in niederländischen Milchviehbetrieben installiert. Seitdem steigt die Anzahl der verkauften Melkroboter jährlich kontinuierlich an, wie aus der Abbildung 5 ersichtlich wird. Im Jahr 2012 haben weltweit ca. 15.000 Betriebe mit automatischen Melkssystemen gearbeitet. Hauptsächlich in Ländern wie den Niederlanden, Frankreich, Dänemark, Schweden, Deutschland, aber auch Japan wird in diese Technik investiert (Harms 2005).

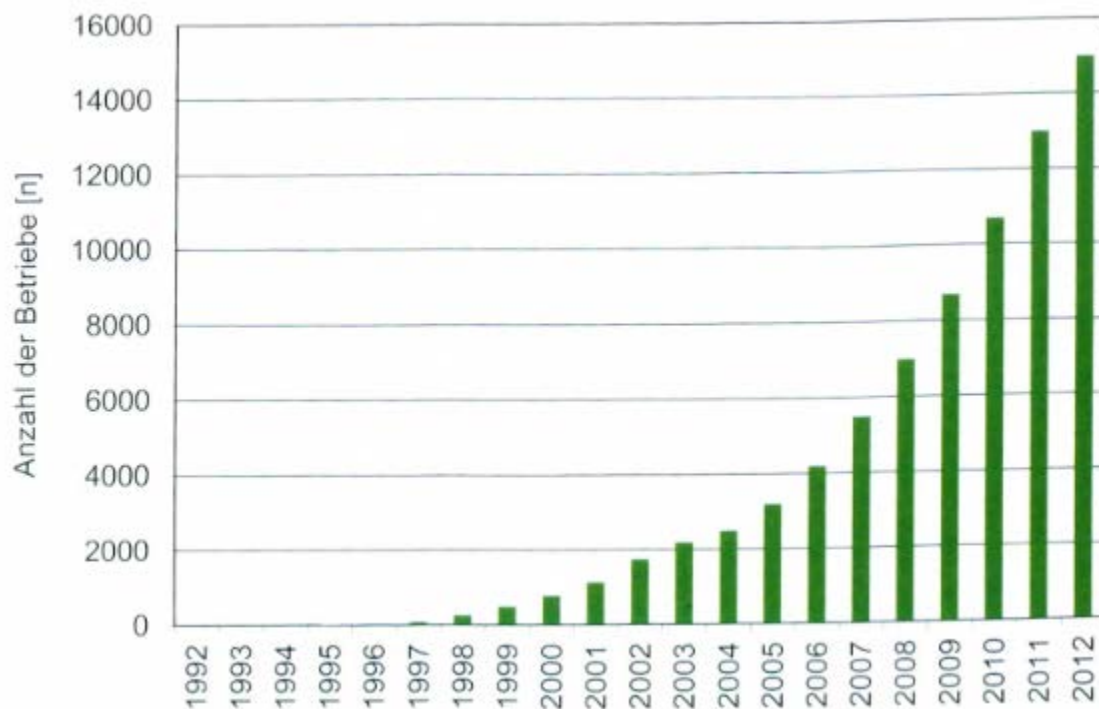


Abbildung 5: Anzahl der Betriebe mit automatischen Melkssystemen weltweit (KTBL 2013)

Das erste automatische Melksystem der Firma DeLaval wurde 1998 in Schweden verkauft. Ein Jahr zuvor wurde das Verfahren auf dem DeLaval Betrieb Hamra in Schweden installiert und getestet (DeLaval 2011). Seit der Einführung von automatischen Melkssystemen gab es viele technische Fortschritte in der Ausstattung der Roboter, aber auch die Stallkonzepte für die Verwendung dieser Melksysteme haben sich im Laufe der Zeit verändert.

Ende der 90er Jahre wurden die ersten Milchviehställe für automatische Melksysteme gebaut. In dieser Zeit wurde das Melkverfahren vorwiegend auf kleinen Betrieb verwendet, sodass in

der Regel 1-2 Roboter installiert wurden. Das AMS wurde in der Planung mittig an einer Stirnseite des Gebäudes platziert. In Milchviehställen mit 2 Robotern wurden diese gegenüberstehend an jeweils einem Ende des Stalls eingebaut (KTBL 2005; KTBL 2000; Schön et al. 1998). Eine Integration von Einboxen- Anlagen in vorhandene Ställe ist in der Regel möglich. Ende der 90er Jahre galten die Empfehlungen, die Roboter in der Nähe von den Nebenräumen anzuordnen. Vorteil bei dieser Lösung ist der kurze Weg zur Milchammer und somit eine kurze Milchleitung. Diese Umbaulösung ist in Abbildung 6 dargestellt. Die AMS werden, wie auch bei einem Stallneubau dezentral angeordnet. Eine Selektionseinrichtung an jedem AMS wird nicht als zwingend erforderlich angesehen (Schön und Pirkelmann 1997).

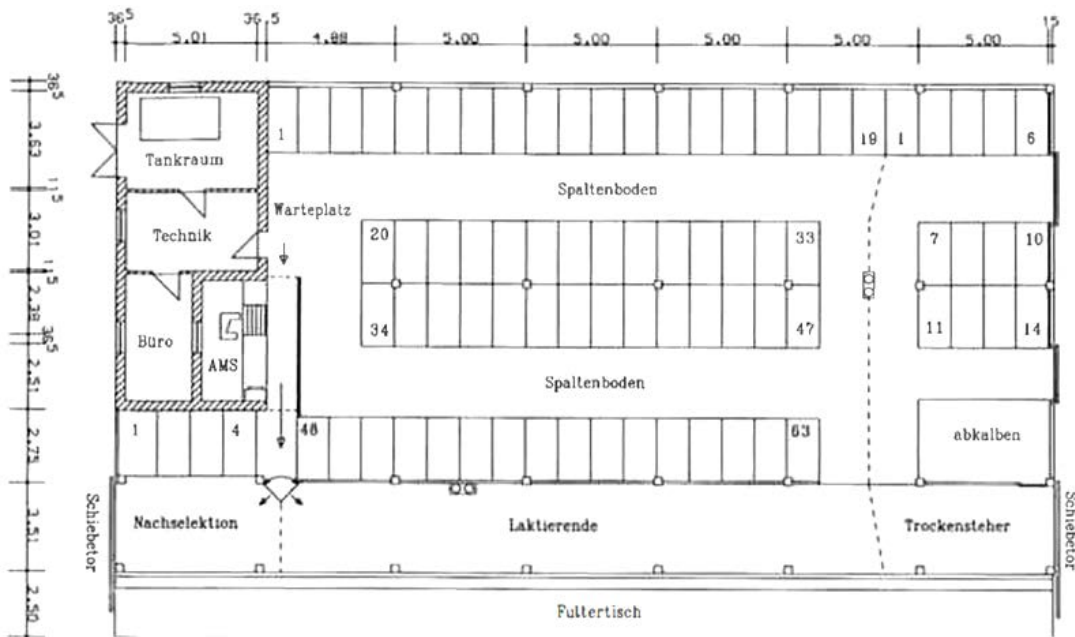


Abbildung 6: Stallbaukonzept 1998 (Schön et al. 1998)

Ein Stallbaukonzept der Firma DeLaval im KTBL-Buch „Automatisches Melken in modernen Milchviehbetrieben“ (2005) aus dem Jahr 2001 zeigt eine deutliche Veränderung in der Anordnung des automatischen Melksystems im Boxenlaufstall. In diesem Beispiel wurden zwei VMS in Parallelaufstellung verwendet und in der Stallmitte angeordnet. Angegliedert an das VMS befindet sich eine Selektionsbucht mit Liegeboxen und Zugang zum Futtertisch (KTBL 2005). Eine ähnliche Anordnung ist die Aufstellung der Roboter in T-Form und zusätzlichem Separationsbereich (Pache 2008). Hersteller und Landwirte haben nach einigen Jahren Erfahrung erkannt, dass das Vorhandensein von einem Selektionsbereich zwingend

erforderlich ist. Durch diese Erkenntnis hat sich auch in den Folgejahren das Stallkonzept für Stallneubauten dementsprechend verändert. Stallumbauten für automatische Melksysteme müssen immer individuell geplant werden.

Stallpläne aus dem Jahr 2009 zeigen eine Veränderung in Bezug auf die Selektion und den Umgang mit Problemkühen. Empfohlen wird daher eine Angliederung einer Strohbox für Problemkühe an den Selektionsbereich an. Problemkühe haben demnach einen einfachen Zugang zu dem Roboter, der ggf. unter Aufsicht erfolgt oder nur zu bestimmten Tageszeiten. Aus diesem Grund hat sich ein Stallbaukonzept entwickelt, in dem das AMS in einem Drittel des Stalls angeordnet ist, mit einer Angliederung an die Strohbox und Selektionseinrichtung, siehe Abbildung 7.

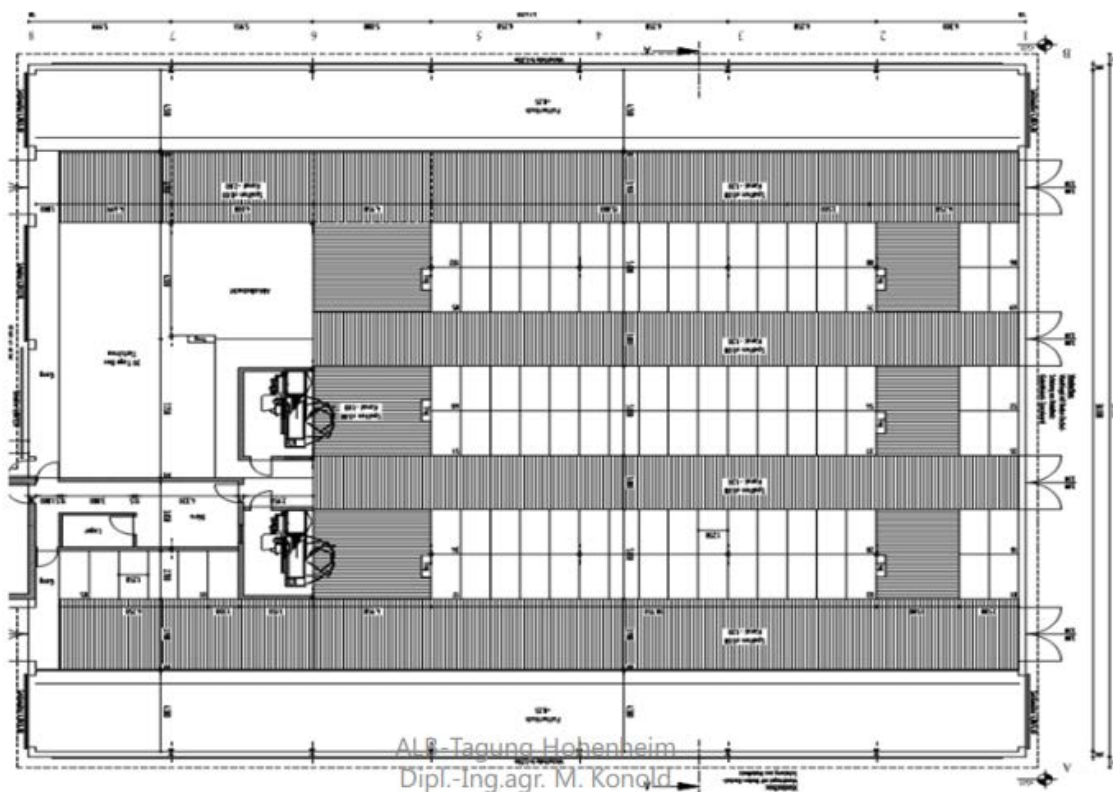


Abbildung 7: Stallbaukonzept aus dem Jahr 2009 (Konold 2015)

In der Selektion sollten Liegeboxen und ein Zugang zum Futtertisch vorhanden sein (Konold 2015), (Harsch 2011). In einem anderen Planungsbeispiel, siehe Abb. 8 wird das VMS und der Sonderbereich an einer Längsseite und außerhalb des eigentlichen Laufstalls angeordnet. Dadurch werden Problemkühe von der Leistungsgruppe getrennt.

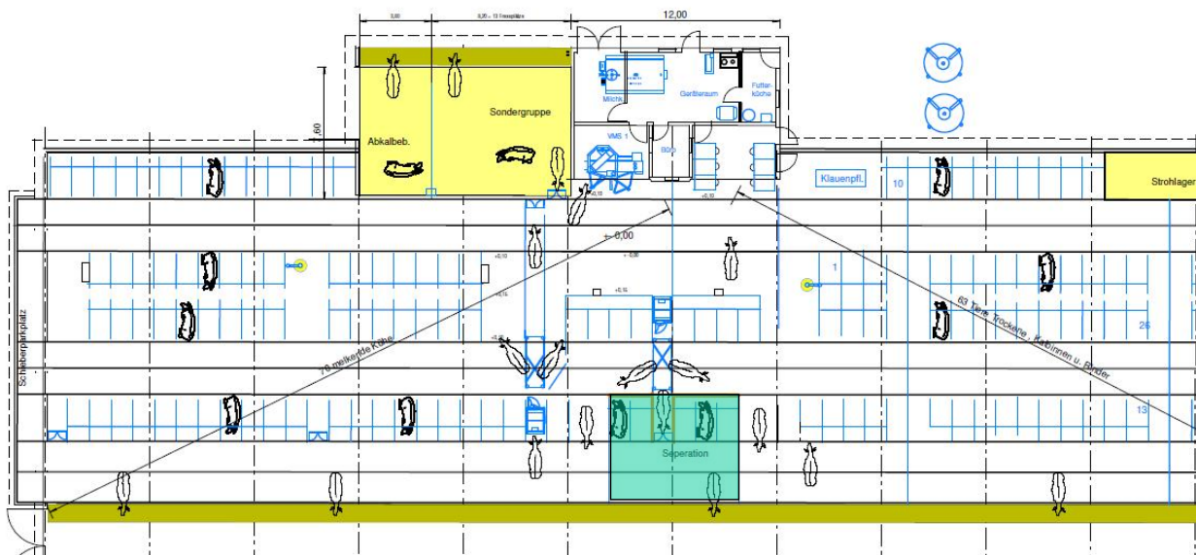


Abbildung 8: Stallbaukonzept 2011 mit ausgelagertem Sonderbereich (Eilers 2011)

Die bis jetzt genannten Beispiele für Stallkonzepte beziehen sich auf die Verwendung von 1-2 Melkrobotern, aber in den letzten Jahren ist diese Form des Melkens auch für größere Betriebe mit mehr als 200 Kühe interessant geworden. Die Grundsätze der Anordnung der einzelnen Bereiche im Laufstall mit AMS bleiben bestehen, nur die Anordnung und Verteilung der Roboter ändert sich. Oft wird die Parallelaufstellung der VMS verwendet, so dass sich mehrere Melkeinheiten einen Serviceraum teilen, siehe Abb. 9 im Kapitel 2.2.2. Im folgenden Kapitel werden die aktuellen Erkenntnisse bezüglich der Anordnung von VMS detailliert beschrieben.

2.2.2 Anordnung von VMS im Stall

Ein automatisches Melksystem setzt sich aus vielen einzelnen Elementen zusammen, die für die Nutzung und einen optimalen Arbeitsablauf benötigt werden. Wie bei konventionellen Melksystemen auch, sollte ein Technik- und ein Milchlagerraum vorhanden sein. Weiterhin wird ein Büro für den Landwirt benötigt, in dem die erfassten Daten ausgewertet und analysiert werden können. In der Planungsphase von VMS Ställen müssen diese Räume berücksichtigt werden. Desweiteren muss bei der Planung, je nach Umtriebsform (Kapitel 2.2.6), ausreichend Platz für diverse Tore und Selektionseinrichtungen eingeplant werden. Der Melkroboter muss so in den Stall integriert werden, dass der Weg für das Tier aus jedem Bereich des Stalls/ Gruppe möglichst kurz und der Roboter gut zu erreichen ist (KTBL 2013). Außerdem müssen die Melkboxen für die Tiere als solche erkennbar sein. Da Kühe Herdentiere sind und auch unter natürlichen Bedingungen in Gruppen zusammen leben, lassen sie sich nicht gerne von der Gruppe trennen (Hoy 2009). Daher sollte die Melkbox offen und nicht durch Mauern abgeschirmt sein. Befindet sich eine Kuh im Roboter, kann sie die anderen Kühe sehen und auch von ihnen gesehen werden, daher hat sie nicht das Empfinden von der Gruppe getrennt zu sein. Dies ist ein wesentliches Kriterium, welches sich positiv auf das Stresslevel von den Kühen auswirkt. Außerdem sollte von der Melkbox bis zur ersten Liegebox ein Freiraum von mind. 4 bis 5 m sein, abhängig von dem verwendeten Kuhverkehr. Der Freiraum ist besonders für die rangniederen Kühe von Bedeutung, damit sie den ranghöheren Kühen ausweichen können (top agrar 2012). Ist der Abstand zwischen der Melkbox und der ersten Liegebox zu gering, kann es dazu führen, dass die rangniederen Kühe die Melkbox unregelmäßig aufsuchen, weil beispielsweise eine ranghöhere Kuh den Zugang versperrt und nicht genügend Ausweichmöglichkeit gegeben ist. Untersuchungen zeigen, dass das VMS am Tag vorwiegend von ranghohen Kühen besucht wird. Im Gegensatz dazu besuchen Kühe mit einem niedrigen Status in der Rangordnung den Roboter vorzugsweise in der zweiten Nachthälfte, um den ranghohen Tieren auszuweichen (KTBL 2013). Des Weiteren entwickelt jedes Tier seinen eigenen Tagesrhythmus, vorausgesetzt es besteht der kontinuierliche Zugang zu frischem Futter und zum Melkroboter. In diesem Punkt unterschieden sich Betriebe mit automatischen Melksystemen deutlich von Betrieben mit konventionellen Melksystemen (Halachmi et al. 2000). Der Grund dafür ist, dass das Melken zu zwei bzw. drei fest gelegten Zeitpunkten stattfindet. Demnach wird der Tagesablauf von den Kühen durch den Menschen geregelt und nicht wie bei AMS durch die einzelne Kuh.

Neben den Voraussetzungen für eine optimale Anordnung aus Mensch- und Tiersicht, gibt es verschiedene bauliche Lösungen, die Melkbox im Stall unterzubringen. Die Unterbringung ist abhängig davon, ob es sich um einen Neubau oder einen Umbau handelt und von der Anzahl an geplanten Melkboxen. Handelt es sich um ein bis zwei VMS können diese am Ende des Stalls angeordnet werden. Diese Möglichkeit besteht auch bei einem Stallumbau, da die Melkboxen an eine Außenseite des Stalls angebaut werden können. Ein aufwendiger Umbau am bestehenden Stallgebäude ist im genannten Beispiel nicht erforderlich. In größeren Betrieben mit beispielsweise vier oder mehr Melkboxen, können diese parallel zueinander angeordnet werden. Daraus kann sich der Vorteil von einem gemeinsamen Roboter-Raum ergeben, grafische Darstellung in Abbildung 9 (DeLaval). Es gibt viele verschiedene Varianten der Positionierung, besonders beim Stallumbau kann selten auf Standardlösungen zurück gegriffen werden. Der wichtigste Faktor ist jedoch das Tier. Um eine optimale Ausnutzung zu erreichen, sollten daher keine Kompromisse eingegangen werden.

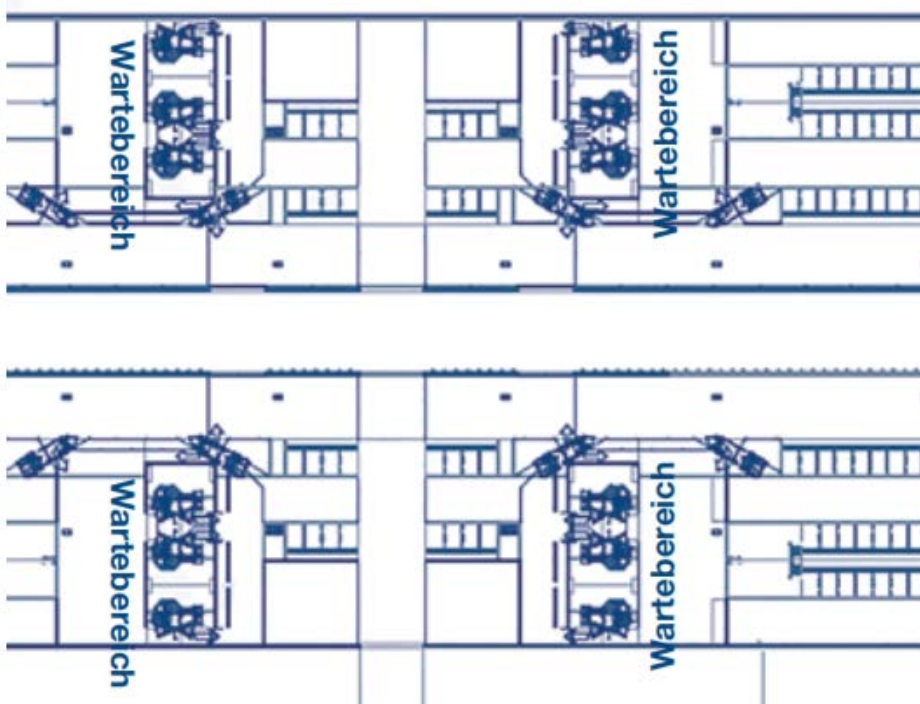


Abbildung 9: Darstellung von gespiegelter Tandemaufstellung mit gemeinsamen Technikraum (DeLaval)

2.2.3 Laufflächen (Entmistung), Licht, Klima

Kühe verbringen nur eine geringe Zeit auf den Laufflächen (2,5 bis 4h) (Methling und Unshelm 2002), im Vergleich zur durchschnittlichen Liegezeit von 10 bis 14 Stunden (Hulsen 2009). Trotzdem spielt der Boden eine große Rolle in der artgerechten Tierhaltung und Missstände können zu erheblichen gesundheitlichen Schäden, wie Sohlengeschwüre oder Verletzungen führen (Hulsen 2009). Der Boden sollte immer trocken, trittfest und ohne scharfe Kanten sein, unabhängig von dem verwendeten Material und der Laufflächenart. Dabei kann in zwei Arten unterschieden werden, Spaltenboden und planbefestigter Boden. In Milchviehställen mit einem planbefestigtem Boden muss zusätzlich ein Entmistungsschieber installiert werden, um die Lauffläche trocken und sauber zu halten (Methling und Unshelm 2002). Im Bereich der Melkboxen sollte immer Spaltenboden verlegt werden, da dort kein Entmistungsschieber eingesetzt werden kann. Dieser würde durch Tore und andere Stalleinrichtungen behindert werden. Weiterhin sollten die Umlenkrollen des Entmistungsschiebers nicht auf den Laufgängen oder vor der Melkbox befestigt werden. Dies könnte zu Verletzungen und zu Behinderung der Tiere beim Ein- oder Austreten in bzw. aus den VMS führen (top agrar 2012). Die beiden wichtigsten Kennzahlen eines Spaltenbodens für Milchvieh sind Tabelle 1 dargestellt.

In einer Studie von Kremer et al. (2006) wurde das Aktivitätslevel von Kühen auf unterschiedlichen Bodenbelegen untersucht. Verglichen wurden ein herkömmlicher Spaltenboden und ein Spaltenboden mit einer elastischen Auflage. Die Ergebnisse zeigen, dass das Aktivitätslevel der Kühe auf Spaltenboden mit elastischer Auflage höher ist, als in der Vergleichsgruppe. Außerdem ergab die Untersuchung einen signifikant höheren Fettgehalt und Zellzahlgehalt in der Tiergruppe ohne elastische Auflage. Zusätzlich zu der Bodenbeschaffenheit, müssen tiergerechte Laufflächen eine Mindestbreite von 2,4m aufweisen, um einen reibungslosen Tierverkehr zu ermöglichen (Pache 2011). Der Laufgang am Futtertisch muss breiter sein, als der Gang zwischen den Liegeboxenreihen, da sich hier mehrere Tiere gleichzeitig aufhalten und an einander vorbei gehen müssen. Kühe halten eine Distanz von 0,5 bis 1 m ein, wenn sie hinter anderen Kühe entlang gehen (Jungbluth et al. 2017). In der KTBL- Schrift 497 wird daher eine Mindestbreite von 3,5 bis 4 m zwischen Futtertisch und Liegeboxenreihe empfohlen (KTBL 2013). Zudem sollten die Laufachsen nie in Sackgassen enden. Futtertisch, Tränke und AMS müssen auf geradem Weg und ohne Hindernisse erreichbar sein (Pache 2011). Endet ein Laufgang in einer Sackgasse, besteht für rangniedere Kühe keine Möglichkeit den ranghöheren Tieren auszuweichen. Die Individualdistanzen, die zwischen einzelnen Tieren mit unterschiedlichem Status in der

Rangordnung in der Regel eingehalten wird, kann bei Hindernissen oder in Sackgassen nicht eingehalten werden. Daher werden die rangniederen Kühe immer wieder mit Rangkämpfen konfrontiert, was Stress für die Tiere bedeutet (Hoy 2009). Stress kann sich zudem negativ auf die Leistung auswirken. Die Tabelle 1 zeigt zusammenfassend die genannten Kennzahlen und gibt eine Empfehlung, die bei der Stallplanung mit großer Wichtigkeit bedacht werden sollte.

Tabelle 1 Kennzahlen Spaltenboden und Laufgang (Jungbluth et al. 2017, KTBL 2013)

Spaltenboden	
- Aufstandfläche	8 cm
- Schlitzweite	3,0 bis 3,5 cm
Laufgangbreite	
- zwischen den Boxen	2,5 bis 3,0 m
- am Fressgitter	3,5 bis 4,0 m
Durchgang	
- Breite	mind. 2,5 m
- mit Tränke	3,5 bis 5 m
- am Stallende	4,75 bis 5 m
- Abstand	12 bis 15 , max. 20 Boxen

Unabhängig davon, ob ein Stall neugebaut oder ein Altgebäude umgebaut wird, muss eine gute Luftzirkulation immer vorhanden sein. In den Sommermonaten muss das Gebäude ausreichend Schutz vor Temperaturen über 28 °C bieten (Pache 2011), um möglichen Hitzestress der Kühe vorzubeugen, hierzu können Ventilatoren und Sprüheinrichtungen installiert werden (KTBL 2013). Eine gute Dämmung und verschiedene Dachkonstruktionen (Traufen), wirken sich außerdem positiv auf den Schutz vor zu hohen Temperaturen im Stallinneren aus (Pache 2011). Temperaturen zwischen -5 °C und 20°C sind für Kühe am optimalsten, ab einer Temperatur über 25 °C reduziert sich nachweislich die Futteraufnahme (Hulsen 2009). Neben dem Klima spielen die Lichtverhältnisse in der Tierhaltung eine entscheidende Rolle, besonders die Fruchtbarkeit der Tiere kann dadurch negativ, sowie

positiv beeinflusst werden (Hulsen 2009). Eine Unterteilung in Tag- und Nachtphase ist wichtig. Am Tag sollte eine Beleuchtungsstärke von mind. 180 LUX vorhanden sein. In der Nacht sollten schwache Nachtlichter den Kühen bei der Orientierung helfen, abgesehen davon sollte die Nachtphase/ Dunkelheit 8 h andauern. In den Sommermonaten wird die Nachtphase durch die natürlich lange Tagphase verkürzt (DeLaval).

2.2.4 Liegeboxen

Eine wichtige Voraussetzung für einen tiergerechten Liegebereich ist die Verwendung von den richtigen Funktionsmaßen. Besonders beim Umbau von Altgebäuden sollte darauf geachtet werden, dass sich die Größe der Tiere durch züchterische Maßnahmen verändert hat. Die Maße der Tiere sollten mit den Liegeboxen verglichen werden und dementsprechend angepasst werden (Pache 2011), da die Holsteinkühe in den letzten 30 Jahren im Durchschnitt um 11 cm gewachsen und um 115 kg schwerer geworden sind (Hoy und Aillaud 2018). Die wichtigsten Kennzahlen sind in Tabelle 2 beschrieben. Die Abmessungen sind übertragbar auf Ställe mit einer durchschnittlichen Herdengröße von 150 cm Widerristhöhe. Da jede Herde individuell ist, müssen die Liegeboxenabmessungen betriebsspezifisch ermittelt und eingestellt werden. Zur Ermittlung der richtigen Maße sollten Durchschnittswerte aus den 25% der größten Tieren der Herde errechnet und als Referenzwerte für den Betrieb angesehen werden (Jungbluth et al. 2017).

Tabelle 2 Liegeboxenabmessungen (Jungbluth et al. 2017, KTBL 2013)

Liegeboxenlänge	
- Wandbox	mind. 2,7 m
- Doppelbox	mind. 2,45 m
- Zuschlag bei Tiefboxen	0,1 m
Liegeboxenbreite	
	1,25 bis 130 m
Höhe Nackenriegel (von Standfläche)	
	125 bis 135 cm
Gefälle der Box (zum Gang)	
	3 %

Generell kann in zwei Liegeboxenarten unterschieden werden, Hoch- und Tiefboxen. Tiefboxen mit Stroheinstreu in Kombination mit automatischen Melksystemen können zu Problemen führen. Durch haftendes Stroh am Euter der Tiere kann die Erkennung der Sensortechnik behindert werden und das System funktioniert nicht optimal. Außerdem ist der Arbeitsaufwand von Tiefboxen (0,9-1,1 Akmin/Tier) deutlich höher als von Hochboxen (0,7-0,9 Akmin/Tier) (KTBL 2013). Ein weiteres Problem bei der Verwendung von Tiefboxen stellt das Nachstreuen und die Reinigung der Boxen dar. Es befinden sich immer Tiere in den Liegeboxen, da sie nicht wie beim konventionellen Melken den Stall als Gruppe verlassen. Eine Alternative sind automatische Einstreuvorrichtungen, da hierbei die Kühe die

Liegeboxen/ Stall nicht verlassen müssen (Liste 2011). Die Verwendung von Tiefboxen zieht einen höheren Arbeitsaufwand und evtl. Probleme im Ablauf des Melkprozesses mit sich. Es ist jedoch bewiesen, dass Tiefboxen im Vergleich zu anderen Liegeboxenformen, mit 72 bis 76 % eine höhere Akzeptanz, gemessen an der Anzahl der Belegungen, bei den Tiere finden (Eilers 2012). Außerdem hat der Komfort der Liegeboxen und somit das Wohlbefinden der Tiere einen direkten Einfluss auf die Liegezeit. Werden diese Kriterien erfüllt, kann eine Liegezeit von 7 bis 14 h pro Tag erreicht werden (Hoy 2009). Ist die Liegezeit geringen sollten in jedem Fall die Liegeboxen überprüft werden. Unabhängig von der Liegeboxenart sollte die Oberfläche der Liegebox aus hygienischer Sicht immer sauber und trocken sein (DeLaval). Die Feuchtigkeit weicht die Haut an den Sprunggelenken auf und durch Reibung können haarlose Stellen entstehen, die sich entzünden können. Des Weiteren hat die Liegeboxenhygiene Auswirkungen auf die Eutergesundheit, da das Euter direkten Kontakt zur Liegefläche hat. Haftet Schmutz am Euter können die darin enthaltenen Keime zu Euterentzündungen führen (Hulsen 2009). Weiterhin müssen die Tiere sich artgerecht ablegen und ohne Behinderung aufstehen können (Methling und Unshelm 2002). Behinderungen, falsche Liegeboxenabmessungen und zu harte Liegeflächen beeinflussen das natürliche Verhalten der Kühe. Dieses kann mit Hilfe verschiedener Indikatoren überprüft werden. Beispiele für solche Indikatoren sind Schäden/ Verletzungen an Gelenken oder im Nackenbereich, die Liegeplatznutzung, das Aufstehverhalten, die Liegeposition und die Anzahl liegender/stehender Kühe in den Liegeboxen (DLG e. V. 2016) (KTBL 2015).

2.2.5 Fütterung und Wasser

Automatisches Melken und die Fütterung einer totalen Mischration (TMR) sind nur schwer mit einander kombinierbar. Der Hauptgrund dafür ist die Verabreichung von Kraftfutter in der Melkbox, welches die Tiere motivieren und anlocken soll das AMS freiwillig zu besuchen (KTBL 2013). Aus diesem Grund muss bei der Umstellung auf ein AMS auch die Fütterungsstrategie angepasst werden. Es wird daher empfohlen eine Teil-Misch-Ration zu füttern, wobei die Kraftfuttergabe hauptsächlich über den Roboter erfolgt. Die Ration sollte so berechnet werden, dass sie für eine Milchleistung von 5 bis 7 l unter dem Herdendurchschnitt ausgerichtet ist. Die Berechnung der Ration muss jedoch auch immer in Zusammenhang mit der Gruppenzusammensetzung, also dem Leistungsniveau der Kühe gesehen werden (top agrar 2012). Wendl und Wiedemann (2002) untersuchten den Einfluss des Energie- und Nährstoffgehalts der Grundfütterration auf die Anzahl der Melkungen pro Tag. Bei einer Aufwertung der Ration von 104 auf 107 MJ NEL und von 2300 g RP auf 2650 g RP verringerte sich die Anzahl von Melkungen pro Kuh um 0,2 auf 2,6 Melkungen pro Kuh und Tag im Durchschnitt des Versuches. Daraus lässt sich ableiten, dass nach der Umstellung auf ein automatisches Melksystem die Fütterung besonders überwacht werden muss, um mögliche Einbußen durch einen zu hohen Energie- und Nährstoffgehalt in der Grundfütterration zu verhindern. Der zweite wichtige Punkt in der Fütterung der Kühe, die mit einem AMS gemolken werden, ist das Kraftfutter, da es die Tiere anregt, die Melkbox aufzusuchen. Das Lockfutter sollte in pelletierter Form angeboten werden, weil es dann in optimaler Geschwindigkeit von den Kühen gefressen werden kann und die Futterschale kaum verschmutzt wird (KTBL 2013). Entgegen den Herstellerhinweisen ist es auch möglich Kraftfutter- Eigenmischungen in dem AMS zu füttern. Um den Staubanteil so gering wie möglich zu halten, sollte das Kraftfutter daher gequetscht werden (top agrar 2012). Die Futteraufnahme von gequetschtem Lockfutter ist geringer als die Aufnahme von pelletiertem Futter. Werden die Melkboxen an der oberen Leistungsgrenze betrieben, ist es zu empfehlen pelletiertes Kraftfutter zu verwenden (KTBL 2013). Durch die schnellere Futteraufnahme verkürzt sich der Aufenthalt der Tiere in der Box und es können mehr Tiere pro Stunde gemolken werden. Die maximale Kraftfuttergabe pro Besuch sollte aus pansenphysiologischer Sicht auf 2 kg begrenzt werden (top agrar 2012). Durch die Aufnahme leicht fermentierbarer Kohlenhydrate sinkt der pH-Wert im Pansen ab. Durch faserreiches Grundfutter wird die Widerkautätigkeit und somit der Speichelfluss angeregt. In diesem Zusammenhang bildet sich im Pansen eine Pufferlösung, die einem pH-Wertabfall entgegen wirken kann. Bei einer zu hohen Kraftfutteraufnahme kann der pH-Wert im Pansen nicht

ausreichend gepuffert werden und im schlimmsten Fall zu einer Acidose führen (Jeroch et al. 2008). Da bei automatischen Melksystemen die Kraft- und Grundfutteraufnahme getrennt voneinander erfolgen, ist es besonders wichtig die Mengen zu regulieren und auf eine Ausgewogenheit zu achten. Die Grundfutteraufnahme erfolgt, wie bei herkömmlichen Systemen auch, am Futtertisch. Ein Tier- Fressplatz- Verhältnis von 1: 1 wird als optimal angesehen. Die Verwendung von einem Futtertischbelag ist aus hygienischer Sicht zu empfehlen, da er das Wachstum von Bakterien verhindert. Abhängig von der Arbeitsorganisation auf dem jeweiligen Betrieb sollte in bestimmten Bereichen eine Selbstfangvorrichtung am Futtertisch installiert werden (DeLaval). Dadurch können die Tiere fixiert werden und die Verletzungsgefahr für den Landwirt bei Behandlungen oder Besamungen ist geringer.

Die hohe Milchleistung erfordert neben einer bedarfsgerechten Fütterung auch eine ausreichende Versorgung mit Wasser. Da eine Milchkuh bis zu 120 l Wasser/ d mit hoher Trinkgeschwindigkeit aufnimmt, sind Tränken mit einem entsprechend hohen Wassernachlauf erforderlich. Weiterhin bevorzugen Kühe aus Tränkebecken mit einer großen Wasseroberfläche zu saufen (Methling und Unshelm 2002). Der Wassernachlauf sollte bei Kühen mind. 20 l/ Minute sein (Eilers 2015). Die Tränken sollten in der Nähe von der Melkeinheit und dem Futtertisch angebracht sein. Jedoch so, dass andere Tiere die Melkbox ungehindert betreten können. Die Tiere müssen zu jeder Zeit freien Zugang zum Wasser haben, der Zugang darf nicht durch Tore versperrt werden. Dementsprechend muss sich in jedem Funktionsbereich, der durch Tore abgesperrt ist, eine Tränke befinden, ausgenommen ist die Melkbox. Die Anzahl der vorhandenen Tränken in einer Kuhgruppe ist abhängig von der darin befindlichen Anzahl an Tieren, als Faustregel gilt 10-12 cm Troglänge pro Kuh. Tränken sollten nicht in Sackgassen montiert werden, da hier eine höhere Verschmutzungsgefahr durch Kot besteht. Weiterhin muss um die Tränke herum 3-4 m Platz sein, damit die Kühe sich gegenseitig ausweichen können (DeLaval).

Milchviehherden die in einem AMS gemolken werden, zeigen ein anderes Verhalten auf als Kühe, die in einem konventionellen Melkstand gemolken werden. Das Verhalten in Bezug auf die Synchronität von Fressen und Liegen der Herde unterscheidet sich dabei stark. Werden die Kühe konventionell gemolken findet die Fütterung zu festgelegten Zeiten, in der Regel kurz nach dem Melken statt. Die Tiere fressen dem entsprechend zu gleichen Zeiten, die Tiergruppen weisen eine hohe Synchronität in Bezug auf das Liegen und Fressen auf. Da die

Kühe in AMS- Ställe tierindividuelle Tagesrhythmen haben, ist die Synchronität in der Tiergruppe schwächer ausgeprägt (KTBL 2016).

2.2.6 Kuhverkehr

Neben dem Fütterungsmanagement und der Anordnung der Melkbox, spielt der Kuhverkehr eine entscheidende Rolle in einem funktionierenden Roboterbetrieb. Der Tierumtrieb steuert den Zugang der Kühe zu den einzelnen Funktionsbereichen Liegen, Fressen und Melken. Gründe für die Regulierung des Tierverkehrs sind eine optimale Auslastung der Melkbox und eine geringe Wartezeit vor dem Roboter. Vor allem aber die Arbeitszeit für das Nachtreiben von Einzeltieren soll durch den verwendeten Tierumtrieb möglichst gering gehalten werden. Technische Vorrichtungen und bauliche Maßnahmen sind Voraussetzungen für die verschiedenen Formen des Kuhverkehrs (KTBL 2013). Der Landwirt hat die Möglichkeit, zwischen vier unterschiedlichen Formen des Tierumtriebes bei der Planung für einen Roboterstall (Neu- oder Umbau) zu wählen. Die Möglichkeiten sind freier Kuhverkehr, gelenkter Kuhverkehr, selektiv gelenkter Kuhverkehr und Feed-First-System. Wobei das Feed-First-System von der Firma DeLaval patentiert wurde (top agrar 2012). Die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme werden im Folgenden erläutert. In Tabelle 3 sind zusammenfassend die einzelnen Formen des Kuhverkehrs im Vergleich dargestellt.

Tabelle 3 Bewertung der Formen des Kuhverkehrs (DeLaval)

Kuhverkehr	Freier Verkehr	Milk First	Feed First
Melkregelmäßigkeit	+/-	++	++
Melkhäufigkeit	+/-	+	+
Notwendigkeit, Kühe zu holen	-	++	++
VMS- Besuche ohne Melken	--	++	++
Warteschlangen vor dem Roboter	++	++	+
Häufigkeit der Raufutteraufnahme	+++	+	++
Preis	++	-	-
Kraftfutterbedarf im Roboter	-	+++	++
Systemkapazität	+	++	+++

+ = positiv, - = negativ

Wie aus der Bezeichnung freier Kuhverkehr abgeleitet werden kann, erfolgt bei dieser Umtriebsform keine Trennung der einzelnen Funktionsbereiche und die Kühe können sich im Stall frei bewegen. Die Melkbox und der Futtertisch können zu jeder Zeit ohne Einschränkung aufgesucht werden, wie aus der Abbildung 10 ersichtlich wird (KTBL 2013). Diese Form des Tierverkehrs lässt sich in jedem Stall realisieren und ist daher auch besonders gut für Umbauten geeignet. Eine präferierte Anzahl der Liegeboxenreihen gibt es bei dieser Form nicht. Ein Nachteil besteht in dem hohen Risiko des Landwirtes für das Nachtreiben von überfälligen Tieren in die Melkbox (top agrar 2012). Daher wird empfohlen einen Wartebereich vor dem Roboter zu installieren, in den überfällige Tiere getrieben werden können, um nach und nach den Melkroboter aufzusuchen. Der Wartebereich für eine Melkbox sollte für 5-7 Kühe Platz bieten (KTBL 2000). Da keine zusätzlichen Tore oder Selektionseinrichtungen benötigt werden sinkt der Investitionsbedarf (DeLaval). Die Möglichkeit von freien auf einen gelenkten Kuhverkehr umzubauen ist jederzeit gegeben. Bei der Einrichtung von diesem Tierverkehr sollte darauf geachtet werden, dass die Durchgänge und der Warteraum vor dem Roboter großzügig geplant sind, um einen hohen Tierkomfort zu gewährleisten (Harsch 2011). Weitere Vor- und Nachteile werden im Vergleich mit den anderen Umtriebsformen erläutert.



Abbildung 10: Freier Kuhverkehr (Quelle: Beck, A.; DeLaval)

Den Gegensatz zu dem freien Kuhverkehr bildet der gelenkte Kuhverkehr. Hierbei sind die Funktionsbereiche durch Tore voneinander getrennt, was einen höheren Investitionsbedarf nach sich zieht (top agrar 2012). Es besteht ein eingeschränkter Zugang der Kühe zum Futtertisch, da dieser nur über den Roboter erlangt werden kann (KTBL 2013). Eine Besonderheit dieser Umtriebsform besteht darin, dass sie nur bei einer geraden Anzahl an Liegeboxenreihen realisiert werden kann, da sonst keine Trennung der einzelnen Funktionsbereiche möglich ist. Das Tier- Fressplatz- Verhältnis ist in einem zweireihigem Liegeboxenlaufstall im Vergleich zu einem Vierreihiger besser (top agrar 2012). Aus finanzieller Sicht und bei Neubauten, wird jedoch ein Laufstall mit vier Liegeboxenreihen empfohlen (KTBL 2000).

Untersuchungen von Bach et al. (2009) haben ergeben, dass die Anzahl der Besuche der Melkbox in dem gelenkten Tierverkehr-System um 0,3 Melkungen/ Tag höher waren, als bei freiem Kuhverkehr. Im Zusammenhang damit konnte auch festgestellt werden, dass der Anteil an Fehlbesuchen im gelenkten Tierverkehr im Gegensatz zum freien Kuhverkehr um 2% höher ist. Begründet wird dieses Phänomen mit dem Verlangen der Kühe Futter und Wasser aufzusuchen, weil der Zugang nicht uneingeschränkt besteht. Auch Harms (2005) hat in seiner Dissertation verschiedene Möglichkeiten des Tierumtriebes in Kombination mit einem AMS verglichen. In Bezug auf die Melkfrequenz stimmen seine Ergebnisse mit denen von Bach et al. (2009) überein. Außerdem hat Harm herausgefunden, dass die meisten Melkungen unabhängig von dem Tierverkehr vormittags (6 bis 12 Uhr) und nachmittags (14 bis 20 Uhr) durchgeführt wurden. Wobei die tatsächliche Anzahl der Melkung bei freiem Tierverkehr immer etwas geringer war, als bei den anderen Umtriebsformen (Harms 2005). Die Verteilung der Melkungen im Tagesverlauf entsprechen den Ergebnissen einer früheren Untersuchung von Wendl et al. (2001). Die Verteilung ist in Abb. 11 grafisch dargestellt. Der Betrieb P praktiziert einen gelenkten Tierumtrieb. Wohingegen in den beiden anderen Betrieben der Tierverkehr mit einem selektiv gelenktem Umtrieb geregelt wurde (Wendl et al. 2001). Die Tendenz der Verteilung der Melkungen im Tagesverlauf ist in alle Betrieben gleich. Der Betrieb S hat mit 2,9 Melkungen/ Tag und Kuh die höchste Anzahl an Melkungen pro Tag im Vergleich zu den anderen Betrieben. Jedoch sind die Gesamtmelkungen/ Tag/ AMS und die Anzahl an gemolken Kühe deutlich geringer. Ein Grund dafür kann die hohe Milchleistung pro Gemelk und die Tagesmilchleistung sein.

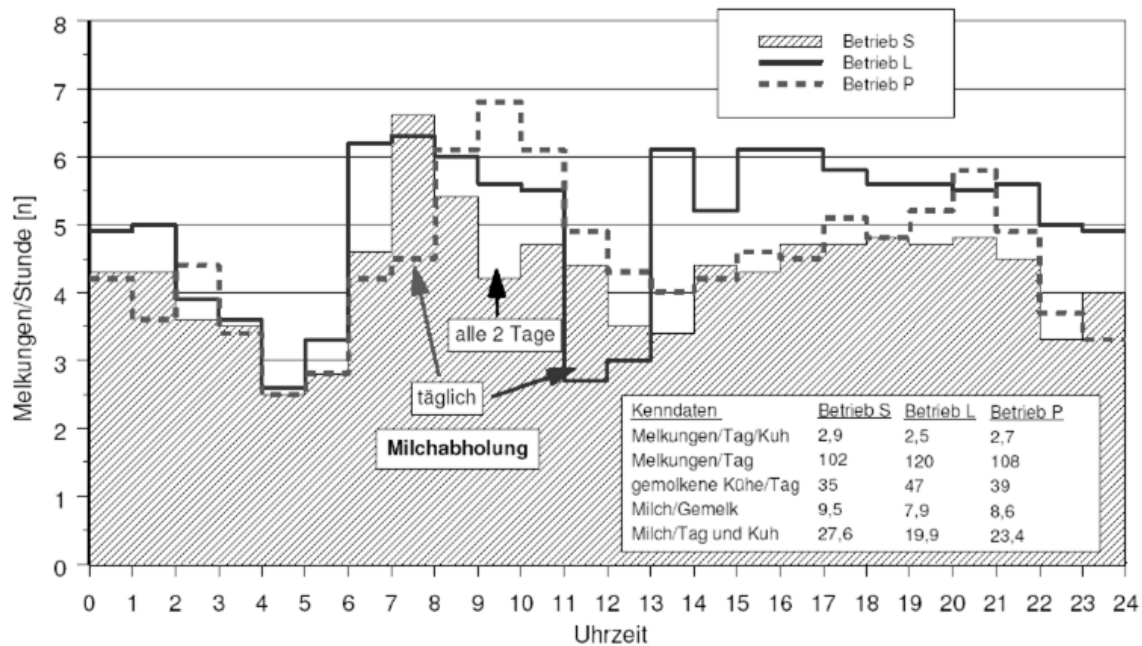


Abbildung 11: Verteilung der Melkungen im Tagesverlauf (Wendl et al. 2001)

Weiterhin ist der Anteil an Kühen die zum AMS nach getrieben werden müssen, bei gelenktem Kuhverkehr um 0,4 Kühe/ Tag geringer, als bei freiem Umtrieb. Die Milchproduktion konnte mit gelenktem Tierverskehr jedoch in Untersuchungen nicht nachweislich gesteigert werden, trotz höherer Milchfrequenz und Anzahl an Besuchen (Bach et al. 2009). Außerdem konnte in Versuchen das Phänomen beobachtet werden, dass sich bei freiem Kuhverkehr weniger Tiere im Wartebereich aufhielten, als im Vergleich zum gelenkten und selektiv gelenkten Tierverskehr. Bei freiem Tierverskehr hielten sich durchschnittlich 1,5 Kühe im Wartebereich auf, bei gelenktem Tierverskehr waren es dagegen durchschnittlich 2,7 Kühe (Harms 2005). Ein großer Nachteil des gelenkten Umtriebes ist eine evtl. reduzierte Grundfutteraufnahme, da die Kühe den Futtertisch nur über den Roboter erreichen können (KTBL 2013). Die Anzahl an Futtertischbesuchen ist im Vergleich zu dem freien Kuhverkehr geringer. Harms (2005) empfiehlt diese Form des Umtriebes nur in Betrieben mit einer geringer Herdenleistung anzuwenden, da dort die Bedeutung der Futteraufnahme eine geringere Bedeutung hat, als in Herden mit sehr hoher Milchleistung.

Entspricht die Anzahl an freiwilligen Besuchen bei freiem Kuhverkehr nicht dem gewünschten Maß, kann die Lösung ein Kompromiss zwischen freiem und gelenktem Kuhverkehr sein. Diese Umtriebsform wird als selektiv oder individuell gelenkter Kuhverkehr bezeichnet (KTBL 2013) und wird in der Abbildung 12 dargestellt. Die einzelnen Funktionsbereiche werden voneinander getrennt und im Übergang von dem Liegebereich zu

dem Futtertisch oder dem Melkroboter befindet sich ein Selektionstor. Das Selektionstor ist mit dem Roboter gekoppelt und leitet somit Kühe mit Melkanrecht zum Melken. Kühe, die keine Melkberechtigung haben, werden direkt zum Futtertisch geleitet (DeLaval). In der Abbildung wird durch Pfeile verdeutlicht, welchen Weg die Kühe gehen können, um vom Liegebereich über den Roboter zum Futtertisch zu gelangen. Im Übergang vom Futtertisch zum Liegebereich ist ein Einwegtor installiert, welches nur vom Fressbereich in den Liegebereich passiert werden kann. Daneben befindet sich ein Selektionstor, welches einen tierindividuell direkten Zugang zum Fressbereich regelt.

Im Gegensatz zu dem gelenkten Tierverkehr wird die Futteraufnahme nicht beeinflusst, da die Tiere nicht zwangsläufig über den Roboter zum Futtertisch geleitet werden. Die Futteraufnahme im selektiv gelenkten Kuhverkehr ist also höher (KTBL 2013), als bei dem gelenkten Kuhverkehr, was auf eine höhere Anzahl an Fressperioden zurückzuführen ist (Harms 2005). Ein weiterer Vorteil dieses Systems besteht darin, dass die Anzahl an Fehlbesuchen der Melkbox durch die Selektionseinrichtung reduziert wird (top agrar 2012). Die Investitionskosten sind jedoch höher als bei freiem Kuhverkehr aufgrund der benötigten Selektionsvorrichtung (DeLaval). Der selektiv gelenkte Kuhverkehr verringert den Arbeitszeitbedarf, da das Selektionstor Kühe mit einer verlängerten Zwischenmelkzeit erkennt. Durch das Selektionstor werden sie zum Roboter geleitet und müssen nicht nach getrieben werden (KTBL 2013). Aus diesem Grund ist ein bedeutender Vorteil des selektiv gelenkten Tierverkehrs eine hohen Melkfrequenz (Harms 2005).

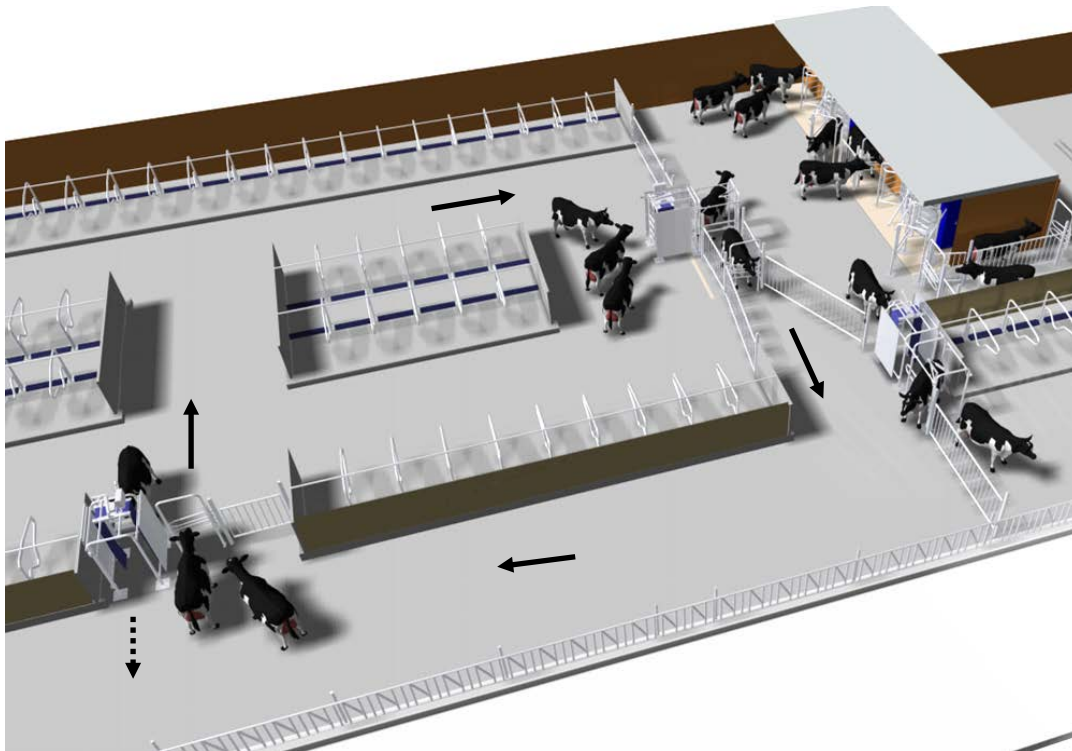


Abbildung 12: Selektiv gelenkten Kuhverkehr (Milk first) (Quelle: Beck, A.; DeLaval)

Die letzte zu erläuternde Möglichkeit des Kuhverkehrs ist das Feed-First-System, dargestellt in der Abbildung 13. Im Gegensatz zu dem individuell gelenkten Tierverkehr besteht keine Einschränkung im Zugang zu dem Futtertisch. Die Kühe können immer ungehindert den Futtertisch erreichen (top agrar 2012). Erst auf dem Rückweg zum Futtertisch in den Liegebereich müssen die Tiere ein Selektionstor passieren. Hierbei werden Kühe mit Melkberechtigung direkt zum Roboter geleitet, Kühe ohne Melkanrecht gehen in den Liegebereich. Vorteil dieses Systems ist, dass die Futteraufnahme in keiner Weise eingeschränkt wird (KTBL 2013). Gleichzeitig besuchen die Tiere in regelmäßigen Abständen die Melkbox. Das Passieren des Selektionstores nach jedem Besuch am Futtertisch hat positive Auswirkungen auf den Anteil an nachzutreibenden Kühen und die Anzahl an Fehlbesuchen pro Tag (DeLaval). Durch die Installation eines Bypass- Tores kann der Anteil nachzutreibender Kühe und somit der Arbeitsaufwand weiter reduziert werden. Mithilfe des Bypass-Tores können die Kühe auf direktem Weg von dem Futtertisch zum Liegebereich wechseln (Bonsels 2014b). Das Tor ist elektronisch mit dem AMS verbunden, nur Kühe ohne Melkanrecht können wieder in die Liegebereich zurück gehen. Kühe mit Melkanrecht müssen den Weg durch das Selektionstor wählen und gelangen so zu erst zum Roboter (Geidel und Graff 2013).

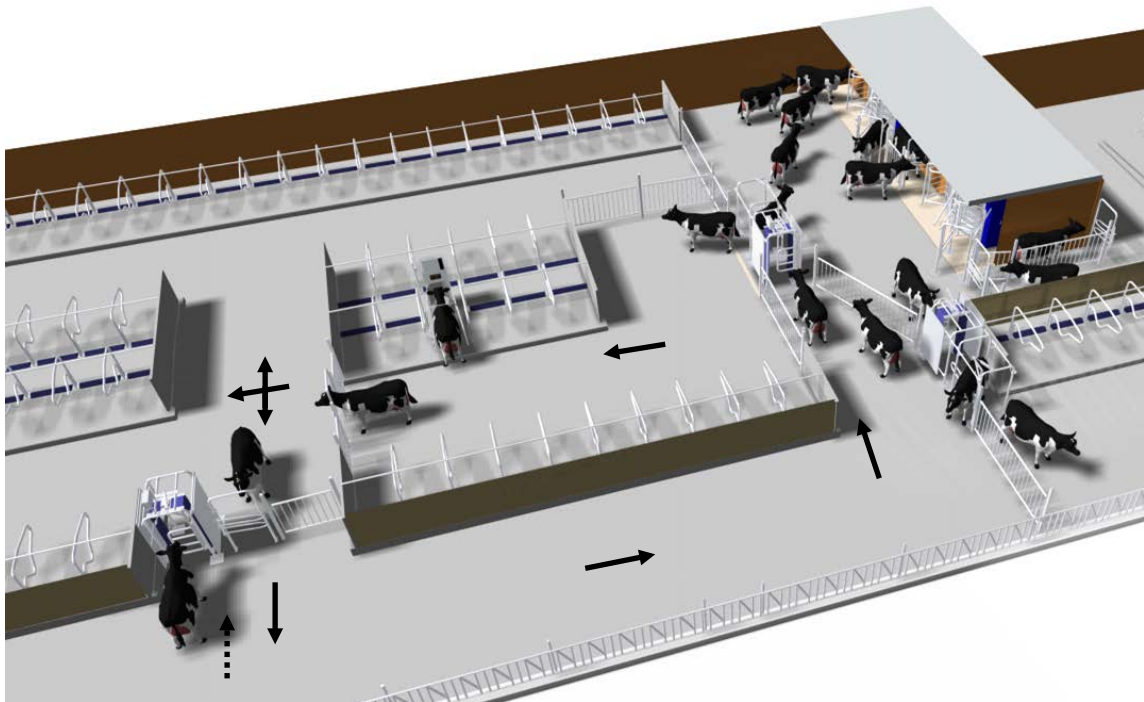


Abbildung 13: Feed First (Quelle: Beck, A.; DeLaval)

2.2.7 VMS mit Weidegang

Weidehaltung ist auch in Deutschland immer wieder ein viel diskutiertes Thema. In anderen Ländern ist es ein fester Bestandteil der Milchviehhaltung und auch die Umstellung auf automatische Melksysteme hat diese Strategie nicht verändert. Demzufolge schließen sich automatische Melksysteme und Weidehaltung grundsätzlich nicht aus. Vorteilhaft ist ein verbessertes Tierwohl, unter anderem durch eine bessere Klauengesundheit der Tiere. Ökonomisch positiv zu bewerten sind geringere Futter- und Entmistungskosten im Vergleich zu einer ganzjährigen Stallhaltung. Die Fütterungsstrategie muss durch die Weidehaltung und das dort aufgenommene Grundfutter angepasst werden (DeLaval). Praktiker empfehlen die Futteraufnahme durch die Beweidung mit einem Anteil von 30 % in der Ration zu bewerten (top agrar 2012). Außerdem müssen mehrere Weiden zur Verfügung stehen, die abwechselnd beweidet werden können. Aspekte, die gegen die Weidehaltung sprechen, sind ein Mehraufwand an Arbeitszeit durch das Bauen und Versetzen der Zäune. Hinzukommen Kosten für Tore (Smart-Gate- Selektionstor und 2/3 Wege-Tor) und Treibbewege (DeLaval). Die Grundfutteraufnahme der Kühe sollte zum einen Teil aus dem frischen Gras von der Weide, und zum anderen Teil aus dem angebotenen Futter im Stall bestehen, da die Tiere ansonsten keinen Anreiz haben in den Stall und zum Melken zu gehen. Eine andere Möglichkeit einen Anreiz für die Kühe zu schaffen den Stall aufzusuchen ist, Wasser nicht auf der Weide, sondern nur im Stall anzubieten. Aus der Sicht des Tierwohls kann diese Variante jedoch nicht empfohlen werden (KTBL 2013). Mit Hilfe einer Studie sollte ermittelt werden, ob die Tiere weniger Wasser aufnehmen, wenn es nicht auf der Weide angeboten wird und sich dadurch möglicherweise die Milchmenge reduziert. Die Ergebnisse zeigen, dass das Angebot von Wasser auf der Weide und/ oder im Stall keinen signifikanten Einfluss auf die Wasseraufnahme und somit auf die Milchmenge hat (Meijering et al. 2004). Negative Auswirkungen für die Tiere konnten somit nicht ermittelt werden. Ein höheres Maß an Tierwohl wird jedoch nur erreicht, wenn ein uneingeschränkter Zugang zu Wasser in allen Funktionsbereichen besteht. Eine Grundvoraussetzung für die Weidehaltung ist das Vorhandensein von Grünland in der Nähe vom Stall. Die Entfernung der Fläche zum Stall und somit die Länge des Weges für die Kühe hat einen entscheidenden Einfluss auf die Milchleistung. Die Kühe haben bei einer zurückgelegten Wegstrecke von 50 m eine um 4 kg ECM höhere Milchleistung, als Kühe die im Vergleich 260 m laufen müssen. Zusätzlich dazu ist die durchschnittliche Milchfrequenz bei geringerer Wegstrecke um 0,2 Melkungen pro Tag höher (Spörndly und Wredle 2004). Praktische Erfahrungen von deutschen Milchviehbetrieben zeigen, dass die max. Weglänge 500 m nicht überschreiten sollte. In

Ländern wie Australien sind jedoch Wegstrecken von 1 km nicht unüblich (top agrar 2012). Eine Begrenzung der Stundenanzahl, in denen die Kühe Zugang zu der Weide haben, wird betriebsindividuell sehr unterschiedlich geregelt. Untersuchungen von Meijering et al. (2004) zeigen, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Zeit, die die Kühe auf der Weide verbringen und dem Melkintervall pro Tag gibt. Die Erfahrungen von Landwirten werden somit durch wissenschaftliche Untersuchungen gestützt. Des Weiteren kann Zugang zur Weide durch den Tierverkehr geregelt werden. In einem Vergleich zwischen freiem und gelenktem Kuhverkehr mit Zugang zu einer Weide konnte ermittelt werden, dass die Anzahl an Melkungen pro Tag bei freiem Kuhverkehr geringer sind. Im Durchschnitt besuchten die Kühe 2,7 Mal pro Tag den Roboter. Die Häufigkeit der Besuche bei freiem Kuhverkehr lag nur bei 2,5 pro Tag (Meijering et al. 2004). Auch Praktiker empfehlen in der Ratgeberausgabe der top agrar (2012) einen streng geregelten Zugang zur Weide durch Tore die mit dem Roboter verknüpft sind. Dadurch können beispielsweise nur gemolkene Kühe oder Kühe mit einer geringen Zwischenmelkzeit (z. B. 1 h) den Stall verlassen. Eine weitere Variante ist, den Zugang zur Weide auf eine Tageshälfte zu beschränken oder wetterabhängig zu regeln. Ist der Zugang zur Weide z. B. von 0 bis 12 Uhr möglich, gehen die meisten Kühe in den Sommermonaten freiwillig aufgrund der Temperaturen am Mittag in den Stall zurück und die Anzahl nachzutreibender Tiere in den Roboter erhöht sich nicht. Tiere die nach Ablauf des festgelegten Zugangs zur Weide nicht wieder selbstständig in den Stall zurück gekehrt sind, müssen nachgetrieben werden. Diese Zeit kann mit anderen Pflegearbeiten im Stall und mit der Tierbeobachtung verbunden werden (top agrar 2012).

2.2.8 Bewertung des Tierwohls von VMS

Für den Begriff Tierwohl gibt es keine einheitlich festgelegte Definition. Der Kompetenzkreis Tierwohl, einberufen vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), verwendet in seinem Abschlussbericht die Übersetzung aus dem Englischen. Der Begriff „Tierwohl“ entspricht somit dem englischen Wort „Animal Welfare“ und bezeichnet den Zustand des Wohlbefindens eines Tieres. Ein hohes Maß an Wohlbefinden schließt das Vorhandensein von Schmerzen, Schäden und Leiden aus (BMEL 2016). Dieser Grundsatz ist im § 1 des Tierschutzgesetzes beschrieben und lautet folgendermaßen: „Zweck dieses Gesetzes ist es, aus der Verantwortung des Menschen für das Tier als Mitgeschöpf dessen Leben und Wohlbefinden zu schützen. Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen.“ (Hackbarth und Lückert 2000). Um dem Wohlbefinden der Tiere gerecht zu werden, müssen Richtlinien und Indikatoren zur Überprüfung festgelegt werden. Zurzeit werden von verschiedenen Institutionen einheitliche Indikatoren erarbeitet. Seit 2014 ist jedoch laut Tierschutzgesetz (§11 Abs. 8, TierSchG 2006) eine betriebliche Eigenkontrolle für erwerbsmäßige Landwirtschaftsbetriebe vorgeschrieben. Die Kontrolle des Tierwohls erfolgt durch tierbezogene Indikatoren, zur direkten Beurteilung des Verhaltens und des Gesundheitszustandes der Tiere. Vor der Einführung tierbezogener Indikatoren war die Kontrolle durch ressourcen- und managementbezogene Indikatoren üblich, sie beschreiben jedoch nur indirekt das Wohlbefinden der Tiere. Verschiedene Haltungsweisen und das daraus resultierende Platzangebot für das Einzeltier lassen keinen Rückschluss auf das Wohl des Tieres unter diesen Bedingungen zu (KTBL 2015). Die Indikatoren der betrieblichen Eigenkontrolle sollen stichprobenartig in unterschiedlichen Zeitabständen erhoben werden. Dazu zählen beispielsweise, die Nutzungsdauer, die Schweregeburtenrate, die Körperkondition, der Verschmutzungsgrad der Tiere, der Klauenzustand und der Gehalt somatischer Zellen in der Milch. Angaben zu dem Stichprobenumfang und Empfehlungen für Richtlinien können dem KTBL Leitfaden (Brinkmann et al. 2016) und dem DLG- Merkblatt 381 (DLG e. V. 2016) entnommen werden. Eine Unterteilung der Indikatoren und Empfehlungen in konventionelles und automatisches Melken erfolgt zurzeit nicht, die Milchviehhaltung wird immer als Ganzes betrachtet.

Die geforderten Richtlinien in Bezug auf Tierverhalten, Gesundheitsstatus und Leistung können nur erreicht werden, wenn ein gewisser Standard in der Haltung eingehalten wird. Dafür müssen die ressourcen-, management- und tierbezogenen Indikatoren gleichwertig betrachtet und eingehalten werden. Nur dann kann den Tieren ein Maximum an Tierwohl geboten werden. Viele Faktoren, die den Tierkomfort beeinflussen können durch stallbauliche

Lösungen verbessert werden (Eilers 2011). Einige Standardbedingungen, die für einen guten Tierkomfort Voraussetzungen sind, wurden bereits in den Punkten 2.2.2 bis 2.2.5 erläutert. In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Kennzahlen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4 Wichtige Kennzahlen für den Stallbau

Kriterium	Kennzahl
Breite Laufgänge	3 m (Eilers 2011; Harsch 2011) bis 3,5 m (Bonsels 2014a), 2,5- 3 m (KTBL 2013)
Breite Laufgänge im Fressbereich	3,5-4 m (KTBL 2013), 4 m (Bonsels 2014a; Eilers 2011), 5 m(Harsch 2011)
VMS bis erste Liegebox	5 m (Harsch 2011)
Durchgang/ Übergang	2 m (Harsch 2011), > 2,5 m (KTBL 2013)
Übergang mit Tränke	4 m (Harsch 2011)
Maße Liegeboxen	> 2,45 m (Doppelboxen), 0,1m Zuschlag bei Tiefboxen (KTBL 2013)
Fressstände	15 cm hoch, 170 bis 180 cm lang (Eilers 2012)
Spezialgruppe	10 bis 11 m ² / Tier (Bonsels 2014a)
- Kranke/lahme Kühe	8 m ² / Kuh (Eilers 2011)
Separationsbucht	3 m ² / Kuh (Eilers 2011)

Das automatische Melken stellt neben dem Stallkonzept einen entscheidenden Punkt dar. Grundsätzlich beeinträchtigen automatische Melksysteme das Wohlbefinden der Tiere nicht negativ. Eine gutes Stallkonzept, geschultes Personal und ein geeignetes Management, welches die Einzeltierkontrolle und –beobachtung nicht außer Acht lässt, wirkt sich zusätzlich positiv auf die Tiere aus. Weiterhin kann sich das Melken mit einem Roboter vorteilhaft auf die Eutergesundheit auswirken. Jedoch sollten Betriebe mit Problemen in der Eutergesundheit VMS nicht als Lösung zur Verbesserung der Erkrankungen einsetzen (KTBL 2000).

2.3 Arbeitswirtschaftlichkeit in Ställen mit VMS

2.3.1 Arbeitskräftebedarf - Allgemein (AKh pro Kuh usw.)

Mit der Umstellung vom konventionellen Melken zum automatischen Melken ändert sich nicht nur der Tagesrhythmus der Tiere, sondern auch der Tagesablauf der damit arbeitenden Menschen (Ostermann-Palz 2017). Hauptgründe für die Entscheidung in automatische Melksysteme zu investieren, sind Arbeitsentlastung, geringere und flexiblere Arbeitszeiten (KTBL 2000). Im Folgenden werden arbeitswirtschaftliche Kennzahlen aus konventioneller und automatischer Milchviehhaltung mit einander verglichen, um festzustellen ob eine Einsparung von Arbeitskräften durch die Automatisierung erfolgt. Die automatisch ablaufenden Arbeitsgänge werden vorwiegend auf das Melken bezogen.

In der konventionellen Milchviehhaltung wird die gesamte Arbeitszeit auf 28 bis 52,5 Akh/ Kuh und Jahr geschätzt. Darin enthalten sind das zweimal tägliche Melken und Treiben, das Füttern, das Ausmisten und Einstreuen, die Kälberbetreuung, die Betriebsführung und Sonderarbeiten, wie Klauenpflege, Besamen und Geburtshilfe. Das Melken nimmt dabei mit 10 bis 14 Akh/ Kuh und Jahr den größten Anteil der Arbeitszeit in Anspruch (Geidel 2013). In der konventionellen Milchviehhaltung wird dies zu festen Zeiten durchgeführt, um einen möglichst hohen Durchsatz (Melkungen/ Stunde) zu erreichen. Das Prinzip von automatischen Melksystemen entspricht genau dem Gegensatz. Sie sind dafür ausgelegt den ganzen Tag kontinuierlich zu arbeiten, mit einem geringen Durchsatz/ Stunden (KTBL 2000). Somit ändert sich auch das Verhältnis für einzelne Arbeiten für das Personal. Die Betreuung des Melkvorganges bei einem AMS nimmt nur noch ca. ein Siebtel der Zeit im Vergleich zum konventionellen Melken in Anspruch. In der Regel werden für den Melkvorgang beim AMS nur noch 1,6 (Geidel 2013) bis 2,3 Akh/ Kuh und Jahr (KTBL 2013) benötigt. Kolalewsky und Fübbecke (1999) haben in Arbeitszeitmessung in einem Fischgrätenmelkstand eine Arbeitszeit von 18 bis 24 Akh/ Kuh und Jahr ermittelt. Die benötigte Arbeitszeit für einen vergleichbaren Betrieb mit AMS (Einboxenanlage) beträgt 6 bis 11 Akh/ Kuh und Jahr. Die Angaben aus dieser Untersuchung beziehen sich nur auf die Zeit, die für den Melkprozess benötigt wird (KTBL 2000). Die durchschnittlich benötigten Arbeitszeiten sind im zweiten Beispiel somit geringer als bei den erhobenen Daten von Geidel (2013). Die mögliche Einsparung der Arbeitszeit bei der Umstellung von konventionellem zu automatischem Melken ist im Durchschnitt jedoch ähnlich. Eine Reduzierung der Akh um 10 bis 12 Stunden kann bei der Umstellung erreicht werden. Bezogen auf die gesamte Arbeitszeit sollte in einem Milchviehstall mit AMS als Richtlinie 20 bis 30 Akh/ Kuh und Jahr angestrebt werden.

Wobei hierbei nicht das Melken den größten Anteil aus macht, sondern Arbeiten die die Tiergesundheit und das Herdenmanagement betreffen (Geidel 2017a). Die beschriebenen Arbeitszeitmessungen wurden jedoch auf Versuchsbetrieben ermittelt und nicht in der praktischen Landwirtschaft. Trotzdem entspricht die Angabe der Gesamtarbeitszeit in einem VMS- Betrieb dem unteren Grenzwert in den Angaben von Geidel (2013) mit 28 Akh/ Kuh und Jahr.

Abhängig von dem verwendeten Kuhverkehrssystem, können erhebliche Unterschiede bezüglich der anfallenden Arbeitszeit für das Nachtreiben von überfälligen Kühen entstehen. Da bei freiem Kuhverkehr im Vergleich zu den anderen Systemen eine höhere Anzahl an Kühen nachgetrieben werden muss, ist hier der benötigte Arbeitsaufwand entsprechend hoch. Der Zeitaufwand wird von Geidel und Graff (2013) auf 5 Akh/ Kuh und Jahr geschätzt. Der Gesamtzeitaufwand sollte bei gelenktem Kuhverkehr dementsprechend niedriger sein. Als Richtwert gilt bei dem System Feed-First ein Arbeitsaufwand von 0,9 Akh/ Kuh und Jahr. Ist zusätzlich ein Bypass-Tor installiert, sollte der Aufwand für nachzutreibende Tiere nur bei 0,7 Akh/ Kuh und Jahr liegen (Geidel und Graff 2013).

2.3.2 Anforderungen an die Arbeitskraft

Das automatische Melksystem übernimmt fast alle körperlich schweren Aufgaben des Melkens, wodurch in dieser Hinsicht eine Entlastung der Arbeitskraft gegeben ist. In anderen Bereichen wird das Personal jedoch mehr gefordert als vorher, so gewinnt bei der Arbeit mit AMS die Überwachung und Kontrolle der Tiere an Bedeutung. Es entsteht eine Verlagerung von körperlicher zu geistiger Arbeit (KTBL 2000). Die Parameter der Arbeitsorganisation sind die Technik, die Kühe und der Mensch, wobei der Mensch die bedeutsamste Rolle einnimmt, denn er ist die Verknüpfung zwischen der Technik und den Tieren (Geidel 2017b). Dieser „neue“ Arbeitsplatz wird durch die Vielfalt an Aufgaben attraktiv, hauptsächlich durch den Wegfall der monotonen, schweren Melkarbeit (Geidel 2017a). Zu den Aufgaben der AMS betreuenden Personen gehören die Kontrolle und Reinigung des Melkroboters, Überprüfung der Alarmlisten und des Gesundheitszustandes der Tiere und das Nachtreiben überfälliger Kühe in den Roboter (Meijering et al. 2004). Die Alarmlisten können betriebsindividuell gestaltet werden und dienen der Auflistung von Tieren mit abweichenden Kennzahlen, z. B. Tieraktivität, Milchmenge, Milchleitfähigkeit oder Tiergewicht. Das betreuende Personal muss in der Lage sein, diese Informationen zu interpretieren und sie dem entsprechenden nutzen zu können (KTBL 2000). Experten empfehlen daher eine Schulung und Vorbereitung der Mitarbeiter vor der Umstellung auf ein AMS. Die Mitarbeiter müssen eine neue Form des Herdenmanagement erlernen, da der Computer viele ursprüngliche Aufgaben der Tierüberwachung übernimmt (KTBL 2013). Das Profil des Mitarbeiters in einem Stall mit AMS unterscheidet sich grundsätzlich von dem in einem konventionellen Stall. Ein guter Umgang mit dem Computer- und Robotertechnik ist Voraussetzung. Zudem muss das Know-how über die Physiologie der Kühe vorhanden sein, um aus den elektronischen erfassten Zahlen tierindividuelle Schlüsse ziehen zu können und eine entsprechende Behandlung vornehmen zu können.

2.3.3 Einteilung der Robotergruppen (linear, Laktation)

Die Größe einer Tiergruppe ist bei einem Stallumbau für AMS von dem vorhandenen Stalllayout abhängig. Bei einem Stallneubau wurden gute Erfahrungen damit gemacht, pro Tiergruppe zwei Melkroboter zu installieren, was einer Tiergruppe von 100 bis 130 Kühen, abhängig von der Milchleistung entspricht (Geidel 2012). Da im Durchschnitt eine Melkeinheit 60 Kühe melken kann (Schön und Pirkelmann 1997). Bei dieser Tieranzahl bilden sich innerhalb der Gruppe Untergruppen, in denen eine Rangordnung besteht. Dadurch bestehen mehr Chancen für rangniederen Kühe den ranghöheren Kühen auszuweichen, da nicht alle Kühe der Gruppe soziales Verhältnis zu einander haben (Geidel 2012). Generell kann die Einteilung, wie bei einem konventionellen Milchviehstall auch, in Leistungsgruppen erfolgen. Eine separate Gruppe für erstlaktierende Kühe wird empfohlen, da die Gruppeneinteilung das Tierverhalten, den Gesundheits- und Konditionszustand, die Futteraufnahme, die Milchleistung und die Arbeitswirtschaft beeinflusst (Geidel 2012). Auf den meisten Betrieben werden jedoch bevorzugt Fütterungsgruppen gebildet. Sie umfassen Kühe aus allen Laktationsabschnitten und mit unterschiedlichen Leistungen. Mithilfe der Kraftfuttergabe im AMS werden die Kühe entsprechend ihrem Leistungsniveau gefüttert. Der Grund für die Einteilung in Fütterungsgruppe ist ein geringerer Arbeitsaufwand, da die Tiere nicht umgruppiert werden müssen. Hinzu kommt der wegfallende Stress für die Tiere, da sie sich nicht in neue Rangordnungen einfügen müssen (Bonsels 2014b). Unabhängig von der Zusammensetzung der Tiergruppe wird im Durchschnitt davon ausgegangen, dass ein Roboter 60 Kühen melken kann (Schön und Pirkelmann 1997). Aus den aktuellen Herstellerangaben der Melkroboterfirmen wird jedoch ersichtlich, dass nicht die Tieranzahl, sondern die Anzahl der Melkungen am Tag oder die gesamt gemolkene Milchmenge am Tag von größerer Bedeutung ist. Die Firma DeLaval gibt an, mit einem Roboter 65 bis 85 Tiere melken zu können. Als max. Anzahl an Melkungen pro Tag wird eine Richtzahl von ca. 220 angegeben. Bei 65 Tieren pro Gruppe entspricht dies einer durchschnittlichen Anzahl von 3,4 Melkungen pro Kuh und Tag. Umfasst die Gruppe 85 Tiere, reduziert sich die Anzahl der Melkungen pro Kuh und Tag auf 2,6 (top agrar 2012).

2.3.4 Separationsbereich und Special-need-cows

Jeder Stall mit einem automatischen Melksystem sollte über einen Separationsbereich verfügen, er ist hauptsächlich für den kurzzeitigen Aufenthalt der Tiere gedacht. Ein Selektionstor am Ausgang des Roboters kann Einzeltiere in diesen Bereich selektieren. Dieser sollte den Tieren freien Zugang zu Futter und Wasser bieten. Außerdem muss er eine ausreichende Größe und Anzahl an Liegeboxen haben. Als Faustzahl gilt, die Liegeboxenanzahl muss 5% der Anzahl an Kühen in der Tiergruppe entsprechen (Geidel 2012). Ein Sichtkontakt zu der Gesamtherde sollte immer möglich sein, daher ist es vorteilhaft, ein Teil des Stall in der Nähe von dem Roboter als Selektionsbucht abzugrenzen (Eilers 2005). Die meisten Behandlungen, wie das Klauenschneiden, die Besamung, die Abkalbung und das Enthaaren des Euters können geplant werden oder der Zeitraum, in dem das Ereignis stattfinden soll, kann eingegrenzt werden. Die betreffenden laktierenden Kühe können mit Hilfe der Software aussortiert werden (KTBL 2013). Eine andere Form der Selektion erfolgt automatisch durch die Über- oder Unterschreitung von Grenzwerten. Die mit Hilfe des VMS zahlreich ermittelten Daten können helfen, den Gesundheitszustand des Tieres zu interpretieren. Abweichungen von der Milchleistung, der Anzahl an Melkungen pro Tag, der Leitfähigkeit und dem Gewicht der Kuh können Hinweise auf mögliche Erkrankungen sein. Daher sollten sie im Idealfall mehrmals täglich kontrolliert werden. DeLaval bietet zusätzlich ein Online-Zellzahlmessgerät (OCC) an, wodurch Euterentzündung, eine häufig auftretende Erkrankung, schnell und einfach festgestellt werden kann (DeLaval).

Zusätzlich zu dem Selektionsbereich für Behandlungen oder Besamung ist es empfehlenswert, einen speziellen Bereich für behandelte Kühe zu schaffen, deren Milch nicht in den Tank gemolken werden darf und die einer besonderen Beobachtung unterliegen. Häufig wird diese Spezialgruppe auf Stroh gehalten. Jedem Tier sollten 10 bis 11 m² Platz zur Verfügung stehen (Bonsels 2014a), siehe Tabelle 5. Die entsprechende Behandlung kann dann in einem Selektionsbereich mit Fixiermöglichkeit oder in einem Behandlungsstand erfolgen. Bei der Verabreichung von Medikamenten muss besonders auf die Wartezeit auf Milch oder Fleisch geachtet werden. Kühe mit einer Euterentzündung können nur nach dem Melken behandelt werden. Diese Tiere müssen von dem freiwilligen Melken ausgeschlossen werden, damit sie zu einem festgelegten Zeitpunkt Melkanrecht haben und unter Aufsicht gemolken werden können. Im Anschluss daran kann die Behandlung erfolgen (KTBL 2013). Kranke Kühe sollten immer getrennt von gesunden Tieren gehalten werden. Besonders eine Abtrennung zum Abkalbbereich ist aus hygienischer Sicht zu empfehlen (Eilers 2005), da diese Tiergruppe besonders empfindlich ist. Die frischabgekalbten Kühe sollten deshalb in eine

eigene Spezialgruppe eingeteilt werden, die sich in direkter Nähe zu dem Roboter befindet. Diese Gruppe sollte nur zu festgelegten Zeit und unter Aufsicht gemolken werden, ein freier Zugang zu dem VMS besteht daher nicht (Müller 2009).

Generell sollten die Separations- und Spezialbuchten so geplant werden, dass sie ihrer Funktion und der geplanten max. Aufenthaltsdauer der Tiere entsprechen (Eilers 2005). Die Herde sollte im Durchschnitt zu 4 % aus frischabgekalbten Kühen bestehen (Müller 2009). Im Maximum kann der Anteil 8 % sein, wenn der Anteil an Tieren bis 3 Wochen nach der Abkalbung in Betracht gezogen wird (Eilers 2015). Durchschnittlich 8 % der Gesamtherde stellen die Special-need-cows dar, zu denen alle anderen Kühe mit Erkrankungen zählen. Die Zahlen geben einen Anhaltspunkt für die Größe der Buchten für Problemkühe und gleichzeitig einen Hinweis auf den anstrebenden Gesundheitsstatus der Herde (Müller 2009).

Tabelle 5 Platzbedarf Special needs cows (Eilers 2015)

Bereich	Platzbedarf	Anteil in Gesamtherde
Gruppenabkalbebucht	10 m ² / Kuh	5 %
Frischmelker (Tiefstreu)	8-10 m ² / Kuh	8 %
Kranke/ lahme Kühe	8 m ² / Kuh	3 %
Separationsbucht	3 m ² / Kuh	5 %
- brünstige Kühe		3%

2.3.5 Trockensteher

Mit zunehmenden Laktations- und Trächtigkeitstagen nimmt die Milchleistung der Kühe in der Regel ab. Entspricht die Milchleistung dem Energie- und Nährstoffbedarf der Grundfütterration, erhalten die Kühe nur noch sehr wenig Kraftfutter im VMS, die Kühe haben daher keinen Anreiz mehr, den Roboter aufzusuchen. Die Kühe sollten in diesem Fall vorzeitig trockengestellt werden (KTBL 2013). Da das Trockenstellen ein planbares Ereignis ist, können die Kühe mit Hilfe der Software selektiert werden. Ist das Euter für den Landwirt einfach erreichbar, wenn die Kuh im VMS steht, kann das Trockenstellen in dem Roboter erfolgen (Müller 2009). Der Ort des Trockenstellens sollte daher in die Planung des Stall mit einbezogen werden. Soll das Trockenstellen im Roboter erfolgen ist es hilfreich, den Servicebereich am AMS, in dem das Betreuungspersonal steht, zu vertiefen, um eine angenehme Arbeitsposition am Euter zu erreichen.

Zudem empfiehlt Geidel (2012) den betreffenden Kühen in der Nacht vorher den freien Zugang zum Roboter nicht zu gewährleisten. Erst wenn der Landwirt vor Ort ist, sollen die Tiere das VMS betreten. Ein vollständiges Ausmelken vor dem Trockenstellen wird somit sicher gestellt. Die Behandlung kann dann direkt im Anschluss an den Melkprozess erfolgen (Geidel 2012). Die trockenstehenden Kühe sollten in einer separaten Gruppe gehalten werden. Eine Unterteilung des Stalls für diese Gruppe ist daher sinnvoll, wenn kein separater Stall zur Verfügung steht. In der Nähe der Trockenstehergruppe sollten sich außerdem Abkalbeboxen befinden (Schön et al. 1998; Liste 2011). Für die Trockensteher sollte ausreichend Platz zur Verfügung stehen, als Richtwert kann ein Anteil von 15 % der Gesamtherde angenommen werden. Dementsprechend sollte der Trockensteherbereich für die entsprechende Tieranzahl Platz bieten, bei einer durchschnittlichen Trockenstehzeit von 8 Wochen. In den letzten zwei Wochen der Trockenstehzeit können die Kühe in einer separaten Bereich umgestallt werden, der sich in unmittelbarer Nähe zu dem Abkalbebereich befindet, da die Tiere in dieser Zeit besondere Aufmerksamkeit brauchen (Eilers 2015).

3. Material und Methode

3.1 Beschreibung Zeichenprogramm

Die Firma DeLaval verwendet zur Erstellung von Stallzeichnungen die Software CQT. Die Software wurde von Delaval bereitgestellt, um Stallkonzepte zu entwickeln. Die 3D-Zeichnungen, die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurden, sind demnach mit Hilfe dieser Software entwickelt worden. Das Zeichenprogramm wurde von dem Softwarehersteller Configura entwickelt. Die ursprüngliche Idee einer solchen Software entstammt dem Küchenbau. Für diese Branche wurde ein Programm entwickelt, welches einzelne Zeichenelemente räumlich darstellen kann und im Hintergrund gleichzeitig ein kaufmännisches Angebot entwickelt. Die Grundidee des Küchenbaus wurde für die Landwirtschaft übernommen, um Stallkonzepte grafisch darzustellen und parallel die Darstellung mit Kosten zu hinterlegen, die für die Fertigung eines Angebots für potenzielle Kunden notwendig sind. Eine realistische Investitionsplanung ist mit Hilfe der Software möglich, da DeLaval als Zeichenelemente eigene Produkte verwendet und diese mit Kosten hinterlegt hat. Das Programm listet jedoch alle gezeichnete Elemente auf. Wird ein Element falsch gezeichnet oder im Nachhinein verändert und entfernt, wird es nicht wieder aus der Auflistung gestrichen. Aus diesem Grund muss die Kostenschätzung in jedem Fall überprüft werden. Die Firma DeLaval arbeitet schon seit 20 Jahren mit dieser Software im Vertrieb der Melktechnik.

3.2 Betriebsbeschreibung

3.2.1 Beispiel 1

Exemplarisch für einen typischen großen Milchviehbetrieb in Ostdeutschland soll im Rahmen dieser Arbeit eine 1930er-Anlage mit Bandfütterung für die Nutzung von VMS umgebaut werden. Die Abb. 14 zeigt beispielhaft das Stallkonzept eines solchen Milchviehstalls vor dem Umbau. Die roten Zahlen bilden die Nummerierung der Futterbänder ab. In der Mitte des Stalls befindet sich ein Treibeweg, der das Gebäude in zwei Hälften teilt. Oberhalb des Treibeweges befindet sich das Hauptfutterband, von dem aus zu jeder Seite Nebenfutterbänder abgehen. Auf der rechten Seite sind 5 Futterbänder und auf der linken Seite 3 Futterbänder, weil sich auf dieser Seite das Melkzentrum befindet. Das vorhandene Melksystem ist ein Melkkarussell. Die Bereiche zwischen den Futterbändern werden als „Schiff“ bezeichnet und stellen jeweils eine Kuhgruppe dar. In jeder Gruppe befinden sich drei Doppelliegeboxenreihen mit 212 Liegeplätzen. Insgesamt verfügt die 1930er-Anlage über 1716 Liegeplätze. Ein „Schiff“ ist 24 m breit, gemessen von der Mitte Futtertischs bis zur Mitte des anderen Futtertischs und 42 m lang. Der gesamte Stall umfasst demnach eine Breite von 120 m und eine Länge von ca. 89 m, davon ausgenommen ist der Bereich am Futterband 1 und das Melkzentrum. Diese Teile des Gebäudes sind jeweils 6 m breiter als der Rest, somit ist in diesem Bereich der Stall ca. 100 m lang. In dieser Arbeit werden die beschriebenen Maße als vorhandene Gegebenheiten angesehen, betriebs- und stallindividuelle Unterschiede können demnach auftreten. Bei Umbaumaßnahmen müssen daher die exakten Maße von dem jeweiligen Gebäude ermittelt werden.

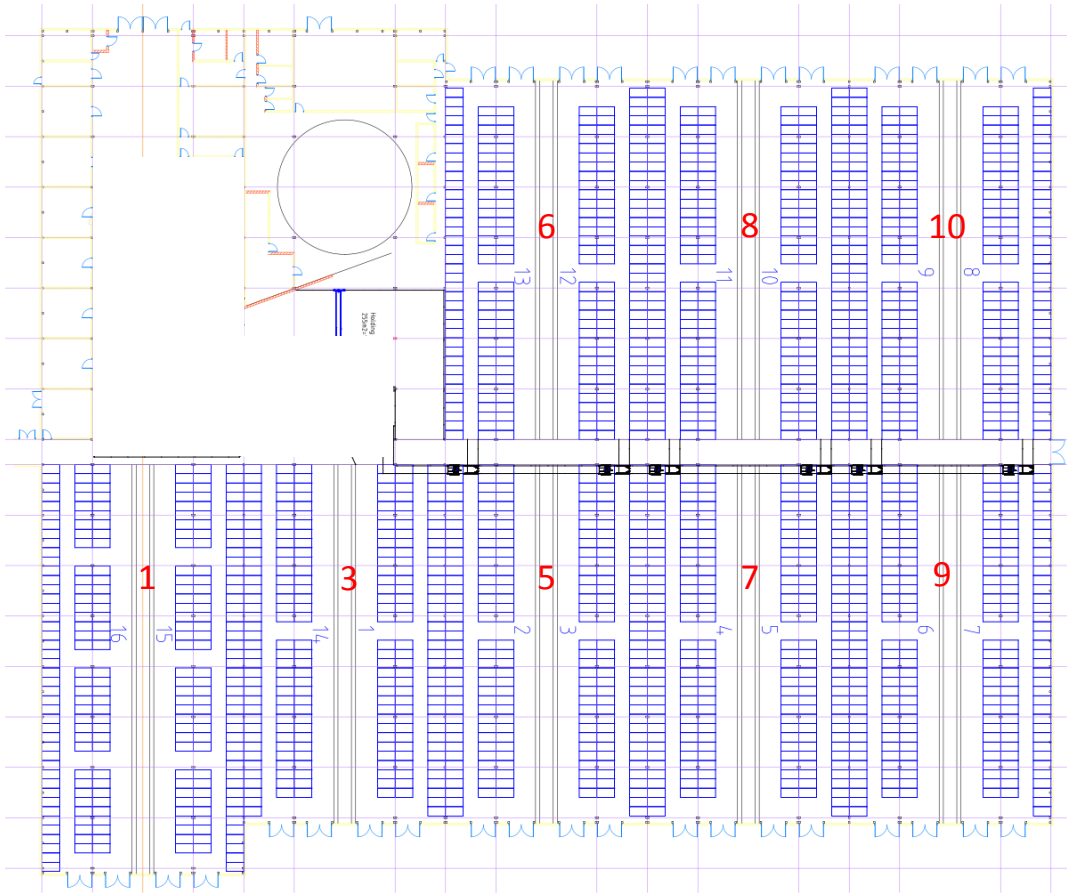


Abbildung 14: Aufbau 19030er- Anlage

3.2.2 Beispiel 2

Das zweite Stallkonzept, welches im Rahmen dieser Arbeit beschrieben werden soll, stellt den Gegensatz zum ersten Beispiel dar. Demnach ist zum Einen ein kompletter Stallneubau geplant. Zum Anderen soll das Konzept so entwickelt werden, dass es für typische Familienbetriebe in Nordwestdeutschland zu treffend ist. Der neugebaute Stall soll ausschließlich für melkende Kühe genutzt werden. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass der Betrieb über Altgebäude verfügt, in dem Jungtiere und Trockensteher untergebracht werden können. Milchviehbetriebe in Nordwestdeutschland haben im Durchschnitt 90 Kühe (siehe Abb. 1). Ein Stallneubau stellt eine große Investition dar, die in der Regel gleichzeitig ein Betriebswachstum mit sich zieht, also eine Erhöhung der Tierzahl. Im angegebenen Beispiel sollen drei VMS im Stall installiert werden. Bei einer durchschnittlichen Herdenleistung von 33 l/ Tag und Kuh und einer gemolkenen Milchmenge von 2000 l/ VMS entspricht dies einer Herdengröße von 180 laktierenden Kühen. Für diese Anzahl an Kühen soll der neue Stall geplant werden und im Folgenden beschrieben werden.

4. Ergebnisse

4.1 Stallumbau (Beispiel 1)

Die 1930er- Anlage soll so umgebaut werden, dass sie möglichst effizient genutzt werden kann und Kapazität für eine Milchviehherde mit Trockensteherbereich bietet. Der Bereich Jungvieh wird nicht berücksichtigt, weil davon ausgegangen wird, dass er in einem separaten Gebäude untergebracht ist. Ziel ist es, in dem vorhandenen Gebäude 1000 Kühe mit Hilfe von VMS zu melken. Der Bereich Special-Needs-Cows muss so errichtet werden, dass er einen optimalen Produktionsablauf ermöglicht und den Tieren ein möglichst hohes Maß an Tierwohl bietet. Die Unterteilung des gesamten Stalls muss so erfolgen, dass ausreichend Platz für die einzelnen Tiergruppen nach dem Umbau vorhanden ist. Die gesamte Herde wird daher grob in die Bereiche melkende Kühe, Trockensteher und Special-Needs-Cows (Frischmelker, kranke/lahme Kühe) unterteilt. Die Zeit des Trockenstehens wird auf durchschnittlich 8 Wochen festgesetzt. In Kapitel 2.3.4 wurde beschrieben, dass die Frischmelker 8% der Herde ausmachen, wenn der Zeitraum bis 3 Wochen nach dem Kalben betrachtet wird. Die Betreuung und das Melken dieser Kühe ist besonders in Roboterbetrieben sehr aufwendig, da die Spezialgruppe in der Regel nur unter Aufsicht des VMS betritt. Im dargestellten Beispiel der 1930er- Anlage sollen die Special-Needs-Cows in einem konventionellen Melkstand gemolken werden. Ein Grund dafür ist, dass nicht alle Special-Need-Cows an einem Roboter gemolken werden können, da der Zeitaufwand viel zu hoch wäre. Außerdem können die Frischmelker und kranken Kühe in einem konventionellen Melkstand besser beobachtet werden. Besonders die Behandlung von Kühen mit Euterentzündungen ist einfacher, da dies direkt im Melkstand erfolgen kann und die Tiere nicht im Nachhinein in einem Behandlungsstand fixiert werden müssen. Dieser Aufgabenbereich wird häufig von Betriebsleitern oder Herdenmanagern aufgrund der Komplexität und großen Verantwortung durchgeführt. Ein möglichst geringer Zeitaufwand ist demnach vorteilhaft. Des Weiteren ist es sinnvoll die Tieranzahl in der Specialgruppe so gering wie möglich zu halten und alle Tiere, die keiner Beobachtung mehr bedürfen, an die VMS umzustallen. Demzufolge wird der Zeitraum, indem sich die Kühe nach dem Kalben in der Special-Needs-Cows-Gruppe befinden, in diesem Betriebsbeispiel auf 10 Tage verkürzt. Ausgehend von einer Zwischenkalbezeit (ZKZ) von 410 Tagen ergibt sich eine Abkalberate von 3,8 Kälber/ Tag. Multipliziert mit der Anzahl an Tagen befinden sich durchschnittlich 40 Kühe in der Frischkalber-Gruppe. Zusammenfassend ergibt sich die Tabelle 6, in der die prozentuale Einteilung der Gesamtherde darstellt ist. Grundlage dafür ist Eilers (2015) Einteilung in den Planungshilfen für den Rinder-Stallbau. Der gelb markierte Bereich umfasst

die Special-Needs- Cows, die durchschnittliche Gruppengröße umfasst 100 Tiere. Nach dem Umbau muss das vorhandene Platzangebot die Untergliederung der Herde aus Tabelle 6 widerspiegeln.

Tabelle 6 Untergliederung der Herde

	Stallplätze in % der Herde (Eilers 2015)	Anzahl der Kühe
melkende Kühe	77	1000
Frishmelker	3 (10 Tage)	40
kranke/ lahme Kühe	5	65
Trockensteher	15	195
Gesamtherde	100	1300

Der Stallumbau soll so gestaltet werden, dass die Grundstruktur des Gebäudes erhalten bleibt und sich die Maßnahmen auf das Wesentliche beschränken. Da der Bereich des Melkzentrums nach dem Umbau nicht mehr benötigt wird, kann dieser Bereich für andere Funktionen genutzt werden. Weiterhin werden die vorhandenen Stalleinrichtungen wie Liegeboxen, Laufgänge und Übergänge in ihren grundsätzlichen Maßen nicht verändert, da dies mit einem zu hohen Aufwand erfolgen müsste. Die Liegeboxen sind 1,1 m breit und eine Kopf an Kopf Liegebox weist eine Gesamtlänge von 4,1 m auf. Die Laufgänge am Futtertisch sind 2,6 m breit und zwischen den Liegeboxen 1,8 m breit. Die mittlere Doppelliegeboxenreihe verfügt über keine Übergänge. Die beiden äußeren Liegeboxenreihen in einem „Schiff“ haben nach der 17. Liegebox und jeweils am Ende einen 2,2 m breiten Übergang. Die Maße entsprechen nicht den empfohlen Angaben und Richtlinien von Experten. Eine Veränderung der Stalleinrichtung erfolgt im Rahmen dieser Arbeit nicht, die vorhandenen Gegebenheiten werden als Voraussetzung angesehen.

Die Ermittlung der benötigten Anzahl an VMS für 1000 Kühe bei dem Umbau einer 1930er-Anlage richtet sich nicht nur nach der Tieranzahl, sondern auch nach den baulichen Gegebenheiten. Die Futtertische bzw. Futterbänder können nicht verändert werden, da eine andere Futtervorlage in diesem System nicht möglich ist. Demnach müssen die Roboter zwischen zwei Futterbändern angeordnet werden, was eine Entfernung von Liegeboxen bedeutet. Die Anzahl der Liegeplätze in einem „Schiff“ verringert sich und somit auch die Tierzahl pro Gruppe, wenn ein „Schiff“ als eine Tiergruppe angesehen wird. In einem

weiteren Schritt muss die benötigte Anzahl der VMS pro Tiergruppe ermittelt werden, bei der die Kapazität des VMS möglichst optimal ausgeschöpft werden kann. Entscheidend ist laut Hersteller nicht die Tieranzahl, sondern die gemolkene Milchleistung pro Tag und VMS. Als Richtwert wird 2000 kg Milch pro Melkeinheit angegeben.

In einer ersten Überlegung sollte jedoch festgestellt werden, wie viel Platz ein VMS mindestens benötigt. Aus der Abbildung 3 geht hervor, dass ein VMS ca. 3,4 m lang ist. Die Abbildung 4 zeigt zwei VMS in Tandemaufstellung mit dem empfohlenen Abstand dazwischen. Zwei VMS in Tandemaufstellung benötigen demnach 12,7 m.

In den jeweiligen „Schiffen“ steht eine Länge von 21,4 m für den Umbau zur Verfügung. Daraus resultiert eine maximale Anzahl von 3 VMS in Tandemaufstellung. In einem nächsten Schritt muss die Anzahl der Liegeboxen, die mindestens für den Einbau der Roboter entfernt werden müssen, festgelegt werden. DeLaval empfiehlt eine Länge von 4,2 m, gemessen von der Rückseite des Serviceraumes bis zu den Ein- bzw. Ausgangstoren des VMS (in geöffnetem Zustand). Zu dieser Länge muss ein Abstand von 5 m vom Roboter bis zur ersten Liegebox hinzugerechnet werden. 5 m sind ein Mindestmaß, welches eingehalten werden sollte, um einen problemlosen Tierverkehr und einen stressfreien Zugang der Tiere in die Melkbox zu gewährleisten. Bezogen auf das Beispiel der 1930er-Anlage muss ein Freiraum für das automatische Melksystem von 10 m von dem Mitteltreibegang bis zur ersten Liegebox in den jeweiligen „Schiffen“ geschaffen werden. Diese Maße ergeben sich durch die Anordnung der Liegeboxen, da es sinnvoll ist ganze Liegeboxen zu entfernen. Um den erforderlichen Freiraum zu schaffen, müssen in jedem „Schiff“ insgesamt 54 Liegeboxen entfernt werden. Dadurch reduziert sich die Anzahl der Liegeplätze auf 158. Da das Ziel ist, 1000 Kühe mit VMS in der beschriebenen Stallanlage zu melken, müssen insgesamt 6,5 „Schiffe“ umgebaut werden. Rein rechnerisch könnten dann 1027 Liegeplätze genutzt werden. Ausgehend von der Anzahl melkender Kühe (1000) und den baulichen Gegebenheiten werden insgesamt 18 VMS installiert. Die durchschnittliche Anzahl an Kühen pro Roboter beläuft sich somit auf ca. 55 Kühe. Entsprechend der maximalen Auslastung des einzelnen VMS gemessen in der gemolkene Milchleistung, kann eine durchschnittliche Tagesmilchleistung pro Kuh von 36 l realisiert werden.

Insgesamt werden 5 „Schiffe“ mit jeweils 3 VMS ausgestattet. Die übrigen 3 VMS werden einzeln in den jeweiligen „Halben-Schiffen“ installiert, die sich an den Futterbändern 3, 9 und 10 befinden (siehe Abbildung 14). In diesen Tiergruppen befinden sich jeweils 79 Liegeplätze. Aus diesem Grund wird es als sinnvoll erachtet, nur ein VMS zu installieren und

in dieser Gruppe Kühe mit einer geringeren Milchleistung zu halten. Die vorhandene Länge, vom Futterband bis zu Außenwand ist für 2 VMS ausreichend, jedoch wäre die Auslastung der Melksysteme bei der angegebenen Tierzahl zu gering. Aus diesem Grund wird ein VMS mit Vorwarte- und Selektionsbereich errichtet.

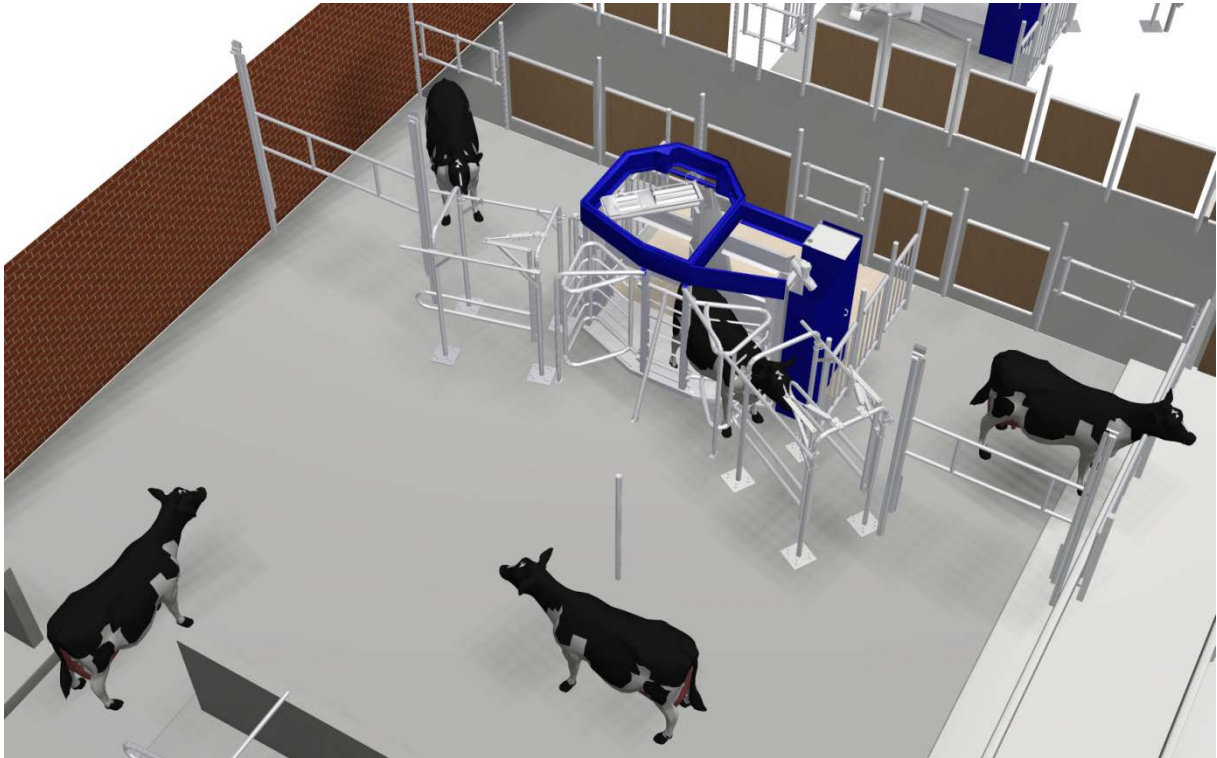


Abbildung 15: Umbau eines "Halben-Schiffes" mit einem VMS (eigene Darstellung)

Die Abbildung 15 zeigt exemplarisch für ein „Halbes-Schiff“ die Tiergruppe am Futterband 10. Links von dem VMS befindet sich ein ca. 14 m² großer Vorwartebereich, der mit Hilfe von einem Hubtor abgegrenzt werden kann. In diesen Bereich können überfällige Tiere getrieben werden und dann selbstständig den Roboter aufzusuchen. Der Eingang des VMS ist ein Splitentry, dieser ermöglicht sowohl Kühen aus dem Wartebereich, als auch Kühen aus der Gruppe das Betreten der Melkeinheit. Bei Verlassen des Roboters passieren die Kühe ein Selektionstor. Kühe die für Behandlungen oder aufgrund von abweichenden Melkparametern ausselektiert werden, gelangen in diesen Bereich. Alle übrigen Kühe gehen zurück in die Gruppe. Der Selektionsbereich ist mit einem Selbstfangfressgitter mit 6 Plätzen am Futtertisch ausgestattet, sodass die Kühe zu jeder Zeit freien Zugang zum Futter haben. Die Anzahl an Plätzen im Separationsbereich ist für die Anzahl an Tieren in der Gruppe

ausreichend, ausgehend von einem Platzbedarf von 3 % der Gesamttierzahl (siehe Tabelle 5). Der Separationsbereich hat eine Größe von ca. 12 m². Damit die Kühe die Melkbox in Richtung Futtertisch verlassen und an dieser Seite des VMS der Separationsbereich angeordnet werden kann, wurde ein rechtes VMS- Modell verwendet.

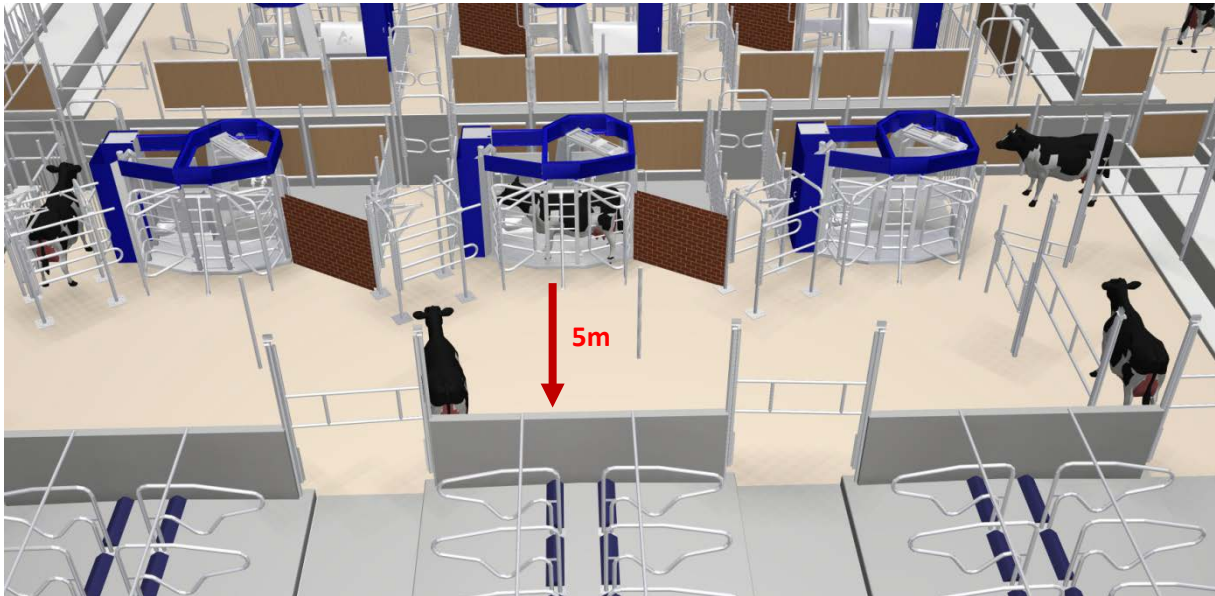


Abbildung 16: Umbau eines "Schiffes" mit 3 VMS (eigene Darstellung)

In der Abbildung 16 ist die Anordnung der VMS in einem „Schiff“ exemplarisch dargestellt, da sie in den anderen 4 „Schiffen“ identisch ist. In allen Tiergruppen wurden dabei die linken VMS Modell verwendet. Vorteilhaft dabei ist, dass die Tiere sich nicht umgewöhnen müssen und in allen Gruppen zurechtkommen. Neben dem rechten VMS in der Abb. befindet sich ein Wartebereich mit Zugang (Splitentry) zum VMS für überfällige Kühe. Der Wartebereich hat eine Größe von ca. 12 m². Am Ausgang jeder Melkbox befindet sich ein Selektionstor. Tiere die ausselektiert werden, gelangen über einen kurzen Treibebang zu dem Mitteltreibebang. Ein großer Vorteil dieser Umbaulösung ist, dass trotz des geringen Platzangebotes jedes VMS mit einer Selektion ausgestattet werden kann. Die Selektion von Kühen aus der Gruppe wird demnach erleichtert, was bei der angegebenen Tierzahl den Arbeitszeitbedarf für die Selektion deutlich verringert. Die Kühe werden nach Verlassen der Selektion über den Mitteltreibebang zu einem zentralen Separationsbereich mit Hilfe eines Kuhtriebers getrieben. Dieser befindet sich im vorherigen Vorwarte Hof vom Melkkarussell, da dieser Bereich als solcher nicht mehr genutzt wird. Eine genaue Beschreibung des Separationsbereichs erfolgt in

späteren Abschnitten. Die Abbildung 16 zeigt außerdem den Abstand von 5 m von den VMS bis zur ersten Liegebox. Die Pfeiler, die sich in diesem Freiraum befinden, sind Bestandteil der Stallkonstruktion. Die Stützpfeiler sind in einem 6 x 6 m Raster im gesamten Stall angeordnet und konnten demnach bei dem Umbau nicht entfernt werden. Der Serviceraum hinter den Roboter ist um 20 cm vertieft, damit die Arbeit am Euter in einer angenehmen Haltung erfolgen kann. Diese Umbaumaßnahme wurde bei allen VMS im Stall angewendet.

In allen Tiergruppen herrscht freier Kuhverkehr. Hauptsächlich aus dem Grund des geringen Platzangebotes und der schmalen Laufgänge. Eine Einschränkung des Zugangs in den Liege- oder Fressbereich würde zusätzlichen Stress und Rankämpfe für die Kühe bedeuten. Außerdem ist zu erwarten, dass die Anzahl der Besuche pro Melkbox bei gelenktem Kuhverkehr geringer ist, als bei freiem Umtrieb.

Der Bereich am Futterband 6 wird nur leicht verändert. Es werden insgesamt 15 Liegeboxen am Mitteltreibegang entfernt. Dieser Freiraum gibt den Kühen die Möglichkeit, leichter vom Fressbereich in den Liegebereich und umgekehrt zu wechseln, da ihnen mehr Platz zur Verfügung steht, anderen Kühen aus dem Weg zu gehen. Nach dem Umbau wird dieser Bereich mit 91 Liegeplätzen für die Special-Need-Cows genutzt. Mit Hilfe von Schwenktoren sollte die Gruppe mittig unterteilt werden, so dass zwei gleichgroße Gruppen entstehen. Die Unterteilung dient der getrennten Unterbringungen von kranken und frischgekalbten Kühen. Diese beiden Special-Need-Cows-Gruppen sollten aus hygienischer Sicht immer getrennt voneinander gehalten werden. Über den Haupttreibeweg werden die Spezialgruppen in den Vorwarte Hof zum Melken getrieben, welcher 168 m² umfasst. Zusätzlich ist der Vorwarte Hof mit einem Kuhntrieb ausgestattet. Der konventionelle Melkstand ist eine steile (50°) Fischgräte mit zweimal 10 Plätzen. Diese Melkstandform wurde gewählt, da eine gute Melkleistung erreicht werden kann und trotzdem der Melker nicht überlastet wird. Die Routinezeit pro Kuh beträgt ca. 1 min, demnach können 60 Kühe pro Stunde gemolken werden. Diese Angabe bezieht sich jedoch auf gesunde Kühe (Jungbluth et al. 2017). Im aufgeführten Beispiel ist die benötigte Zeit pro Kuh höher, da evtl. Behandlungen durchgeführt werden. An der linken Melkstandseite befindet sich der Rücktrieb, über den die Kühe zurück zum Haupttreibegang und in ihre Gruppe gelangen. Dieser neugeschaffene Bereich für die Special-Needs-Cows ist in Abbildung 17 dargestellt.



Abbildung 17: Vorwartehof und konventioneller Melkstand für Special-Needs-Cows (eigene Darstellung)

Der vorherige Vorwartehof vom Melkkarussell wird durch Umbaumaßnahmen zum Separationsbereich umfunktioniert. Dazu wird ein 1,6 m breiter Futtertisch mit Fressgitter errichtet. Der Futtertisch kann nicht zur Vorlage der Ration genutzt werden, da sich in diesem Bereich kein Futterband befindet. Jedoch kann Lockfutter genutzt werden, um die Tiere im Fressgitter zu fixieren. Der Separationsbereich dient grundsätzlich nur dem kurzzeitigen Aufenthalt der Kühe. Ist die erforderliche Behandlung erfolgt, müssen die Tiere umgehend wieder in ihre Gruppe zurück getrieben werden. Da der Haupttreibebweg nicht ausreichend Platz bietet, muss der Rücktrieb manuell erfolgen. Der Separationsbereich umfasst 160 m² und 34 Plätzen im Fressgitter. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten kann die Separation nicht größer gestaltet werden. Aus Empfehlungen lässt sich ableiten, dass die Separation für 3 % der Herde (siehe Tabelle 5) Platz bieten sollte. Diese Zahl umfasst hauptsächlich die brünstigen Tiere, ansonsten sollte von einem Anteil von 5 % zu separierender Kühe ausgegangen werden. Da in dem genannten Beispiel die Separation vorwiegend von den melkenden Kühen genutzt wird, beziehen sich die Anteile auf 1000 Kühe. Werden ausschließlich brünstige Tiere selektiert, ist der Platz ausreichend. In diesem Fall könnten Behandlungen in den jeweiligen Gruppen durchgeführt werden, gleichzeitig verringert sich dadurch der Zeitbedarf für den Rücktrieb. Das Platzangebot in der Separation ist für die vorhandene Tieranzahl und den Richtwert von 5 % der Herde pro Tag jedoch zu gering.

An den Futterbänder 2 und 4 werden Strohboxen errichtet. Zum einen zwei Gruppenboxen für die Trockensteher und zum anderen Abkalbeboxen. Insgesamt werden 10 Abkalbeboxen errichtet mit den Maßen 4 x 5 m. Die beiden großen Strohboxen haben die Maße 4 x 22 m. Die Abbildung 18 verbildlicht diesen Bereich. Die Boxen sind gegenüberliegend angeordnet mit einem Treibweg in der Mitte und den beiden Futterbänder an den jeweiligen Außenseiten. Der Standort des Abkalbebereichs wurde nicht verändert, da er sich immer in direkter Nähe zum Trockensteherbereich befinden sollte. In diesem Fall sind die beiden Bereich nur durch den Haupttreibegang getrennt, was die Umstallung in den jeweils anderen Bereich erheblich erleichtert.

Der Anhang 1 zeigt eine grafische Darstellung der 1930er- Anlage nach dem Umbau.

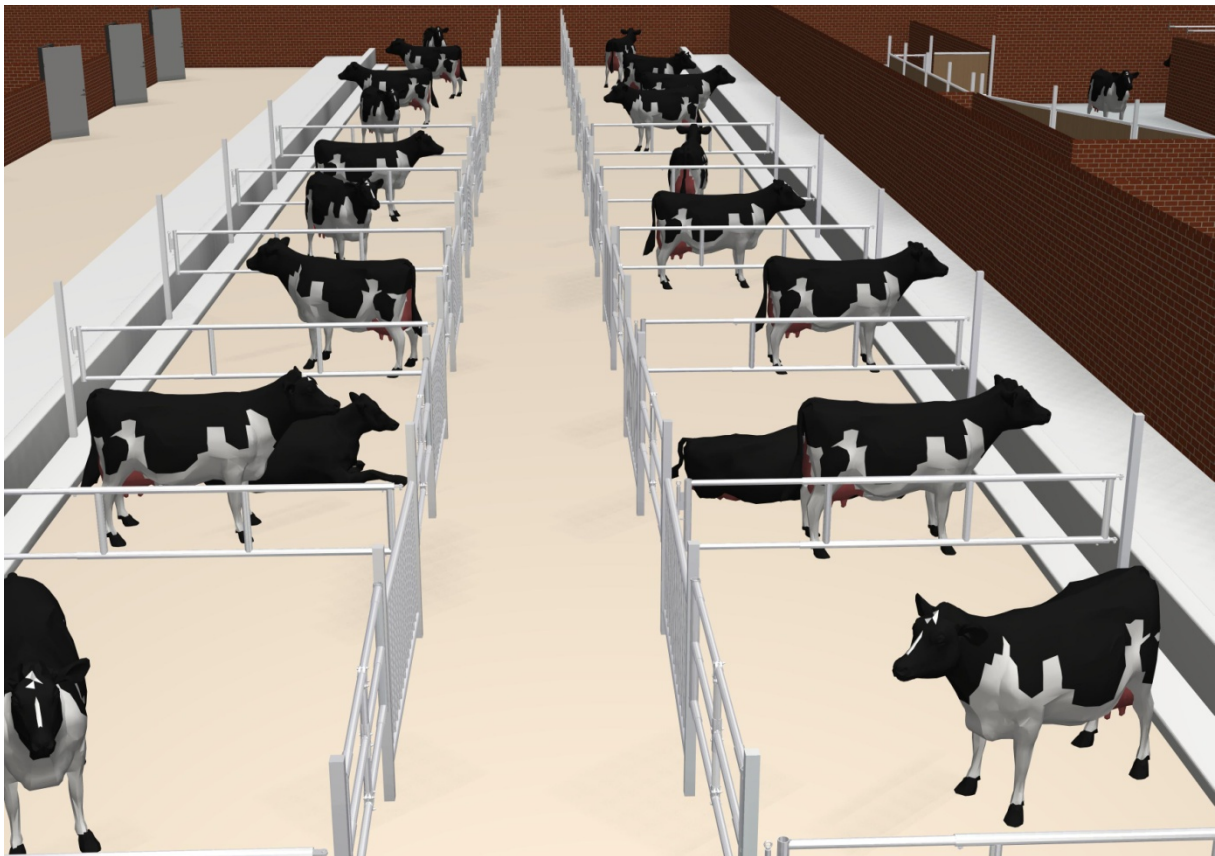


Abbildung 18: Abkalbeboxen (eigene Darstellung)

4.2 Stallneubau (Beispiel 2)

Der neugebaute Stall soll entsprechend der Betriebsbeschreibung Platz für 180 melkende Kühe bieten, die mit drei VMS gemolken werden sollen. Damit ein Tier- Liegeplatz-Verhältnis von 1: 1 vorherrscht, muss der Stall mit 180 Liegeplätzen ausgestattet werden. In einer nächsten Frage zur Erarbeitung eines Stallkonzeptes muss die Anordnung und Anzahl der Liegeboxenreihen geklärt werden. In einem Stall mit beispielsweise drei Liegeboxenreihen ist der Weg für die Kühe von einem Stallende zum anderen sehr weit (ca. 90-100 m). Aus diesem Grund wird ein 6-reihiger Liegeboxenlaufstall (dreimal Doppelliegeboxen) geplant. Die einzelnen Liegeboxen haben eine Gesamtlänge von 2,5 m, was einer nutzbaren Liegefläche von 1,8 m entspricht und eine Breite von 1,2 m. Zwischen den Liegeboxenreihen befindet sich ein 2,8 m breiter Laufgang. Die beiden äußeren Reihen haben jeweils nach der 16. Box einen 3,2 m breiten Übergang mit Tränken. Außerdem sind an einem Ende der Liegeboxenreihen 3,5 m breite Übertriebe angeordnet. Die Laufgänge an den Futtertischen sind jeweils 3,6 m breit. Um ein möglichst optimales Tier-Fressplatz-Verhältnis zu schaffen, werden zwei Futtertische an den jeweiligen Außenseiten gebaut. Die gesamte Futtertischlänge beträgt 120 m (2x 60 m), dementsprechend ist das gesamte Stallgebäude 60 m lang. Bei einer Tieranzahl von 180 Kühe entspricht dies einem Tier- Fressplatz- Verhältnis von 1: 1,1; ausgehend von einer Fressplatzbreite von 75 cm pro Tier. Der Futtertisch ist 5 m breit, damit er mit einem Futtermischwagen zum Füttern der Tiere befahren werden kann. Die Anordnung der Roboter, der Nebenräume und der Sonderbereiche für die Kühe erfolgt an einem Stallende. Die Unterteilung des Stalls erfolgt ähnlich, wie in Abbildung 4. Der Bereich für Nebenräume, VMS und Sonderbereiche entspricht ca. einem Fünftel des Gesamtgebäudes. Die genutzten Abmessungen der VMS in der Stallplanung entsprechen den Angaben in Abbildung 13. Ein Mindestabstand von 5m von der ersten Liegebox bis zur Melkbox wird in jedem Fall eingehalten. Des Weiteren werden die Melkboxen in Tandemaufstellung, wie in Abbildung 14 dargestellt, angeordnet. Die Abstände zwischen den einzelnen VMS sind großzügig durch die breiten Laufgänge geplant. Eine Kompromisslösung und zu geringe Abmessungen sollten bei Neubauten in jedem Fall vermieden werden. Die Abbildung 19 stellt eine 3D- Ansicht des gesamten Stallgebäudes dar. Die einzelnen Roboter sind nummeriert, so dass im folgenden Text eine genaue Beschreibung erfolgen kann. Die Nebenräume sind hinter den VMS angeordnet. Im Rahmen dieser Arbeit wird nur oberflächlich darauf Bezug genommen, da sie für das eigentliche Stallkonzept mit dem Schwerpunkt Tierwohl keine bedeutende Rolle haben.

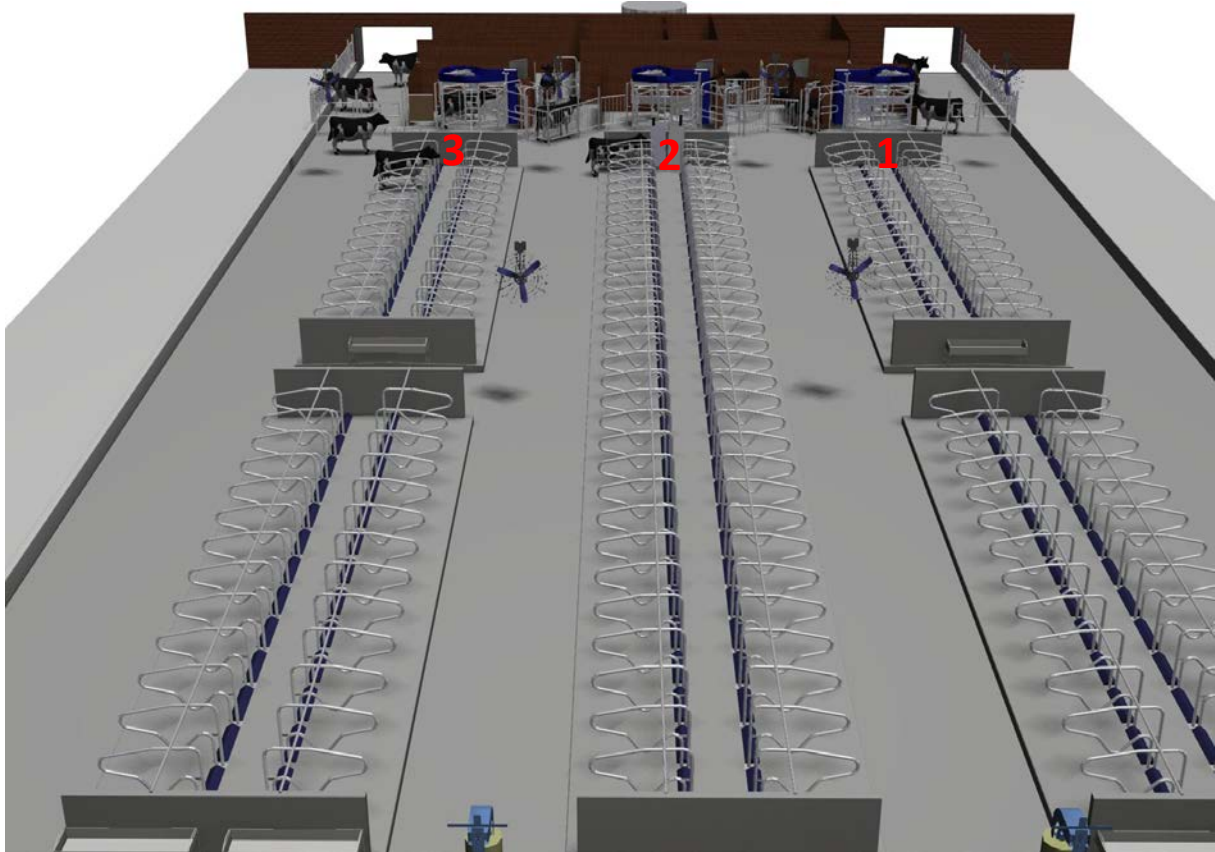


Abbildung 19: Stallneubau mit 3 VMS (eigene Darstellung)

Aufgrund des großen Platzangebotes kann jede Melkbox mit einem Selektionstor ausgestattet werden. Der VMS- Stall ist so geplant, dass zwei rechte und eine linke Melkbox verwendet werden. Die Kühe müssen demnach daran gewöhnt werden, die Roboter von beiden Seiten zu betreten, abhängig von der jeweiligen Ausrichtung. Die Verwendung von beiden Modellen kann aber auch vorteilhaft sein, weil die jede Kuh eine präferierte Seite hat, von der sie gemolken wird. Diese Eigenschaft kann auch in konventionellen Melkständen beobachtet werden, da Kühe bei freier Wahl immer die gleiche Seite beim Betreten des Melkstandes verwenden. Hauptgrund für die Planung von linkem und rechtem VMS war jedoch die Anordnung des Wartebereichs. Die beiden äußeren VMS (1 und 3) verfügen über einen ca. 17 m² großen Wartebereich, der mit einem Sliptentry ausgestattet ist, sodass sowohl Kühe aus dem Wartebereich, als auch aus der Gruppe den Roboter betreten können. Der Wartebereich ist so ausgerichtet, dass die wartenden Kühe einen Zugang zum Futtertisch haben. Daraus ergibt sich, dass ein linkes VMS- Modell installiert werden muss. Die Selektion ist bei den einzelnen VMS so eingerichtet, dass die ausselektierten Kühe einen Treibegang zwischen den Roboter entlang gehen. Von dort führt der Treibeweg hinter den VMS entlang zu einem Separationsbereich. Dieser ist im Anschluss an den Wartebereich angelegt. Dadurch können

die Kühe das VMS trotzdem aufsuchen ohne den Separationsbereich zu verlassen, da sie bei einer erneuten Melkung durch das Selektionstor wieder aussortiert werden. Dieser Vorgang kann durch Einstellungen am Computer geregelt werden. Außerdem kann der Separations- und Wartebereich durch ein Tor von einander bei Bedarf getrennt werden. Der Separationsbereich dient zu dem nur dem kurzzeitigen Aufenthalt der Kühe, daher ist es eher unwahrscheinlich, dass die Kühe in dieser Zeit das VMS erneut aufsuchen. Der Wartebereich verfügt über 8 Plätze und der Separationsbereich über 9 Plätze im Fressgitter. Von Experten wird empfohlen den Separationsbereich so groß zu bauen, dass er für 5 % der Herde Platz bietet. Dementsprechend sollte in diesem Bereich die Möglichkeit bestehen, 9 melkende Kühe zu fixieren. Daher ist es sinnvoll, an Tagen, an denen gezielt Kühe für Behandlungen selektiert werden, den Warte- und Separationsbereich zusammen zu nutzen.

In dem Bereich, in dem die Ausgänge des ersten und zweiten VMS zu einander zeigen, münden die beiden Treibewege nach dem Selektionstor in einem gemeinsamen Treibeweg. Einwegtore regeln in den Treibegängen den Tierverkehr. Dadurch wird auf der einen Seite eine gegenseitige Behinderung der Tiere und auf der anderen Seite das Betreten des Treibeweges in die falsche Richtung ausgeschlossen. Der Stall wird mit freiem Tierverkehr geplant. Ein Grund dafür ist, dass die Melkungen sich gleichmäßig über den ganzen Tag verteilen und sich kaum Warteschlangen vor dem VMS bilden. Diese Kontinuität bewirkt eine gute Auslastung des Roboters und gleichzeitig eine gute Melkhäufigkeit und –regelmäßigkeit der einzelnen Kuh. Ein weiterer Grund ist, die gute Grundfutteraufnahme, da sie nicht durch Selektionen und Trennung der einzelnen Funktionsbereiche beeinflusst wird. Im Optimum führt dies zu einer Steigerungen der Milchleistung, was ein häufigeres Aufsuchen der Melkeinheit zur Folge hat. Abgesehen von den Vorteilen für das Tier, sind die Investitionskosten bei freiem Tierverkehr im Vergleich zu den anderen Umtriebsformen am geringsten.

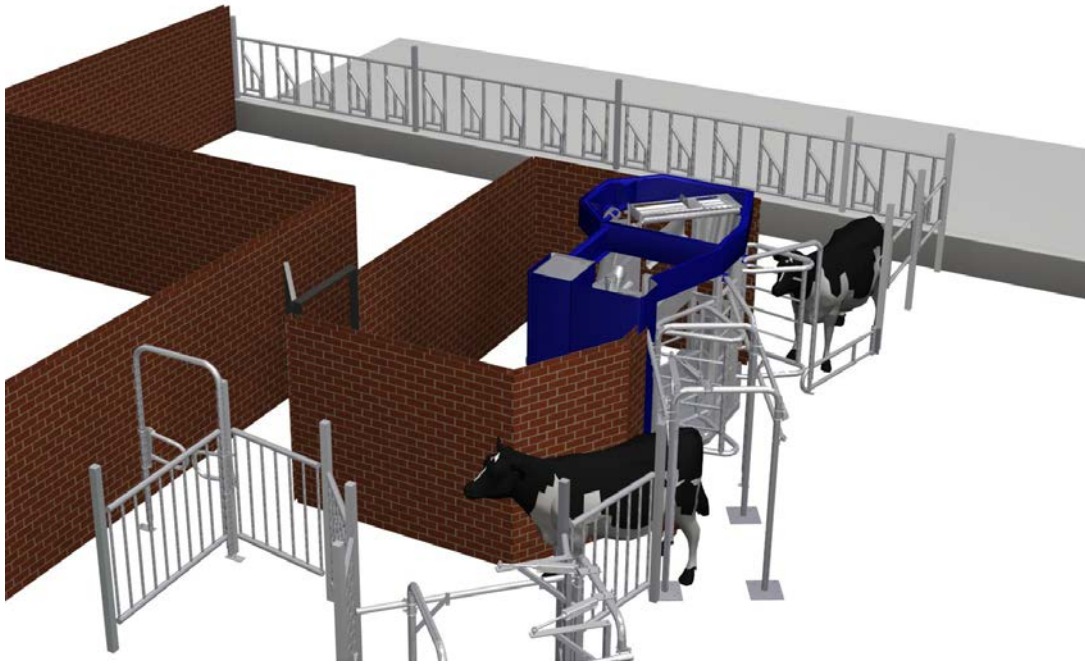


Abbildung 20: VMS 1 mit Warte- und Separationsbereich (eigene Darstellung)

Die Abbildung 20 zeigt das VMS 1 mit dem Wartebereich und Splitentry am Eingang des VMS. Ist der Melkvorgang beendet, passieren die Kühe ein Zwei-Wege-Selektionstor. Wird eine Kuh ausselektiert, verlässt sie das Selektionstor zu ihrer Rechten. Im entgegengesetzten Fall verlässt das Tier auf geradem Weg das Tor und geht zurück in die Gruppe. Über den Treibeweg gelangen ausselektierte Kühe hinter dem Roboter entlang in den Separationsbereich. Kühe, die von dem VMS 2 oder 3 selektiert worden sind, gelangen ebenfalls über den Treibeweg hinter den VMS zum Separationsbereich. In der Abbildung ist das Einwegtor auf dem Treibeweg erkennbar, welches den Tierverkehr in eine Richtung regelt. Neben dem VMS 3 wird ein Bereich für frischabgekalbete Kühe eingerichtet, siehe Abbildung 21. Zum einen entsteht ein Tiefstreubereich und zum anderen ein Bereich mit perforiertem Boden am Futtertisch. Die unterschiedlichen Bodenarten konnten in der 3D-Zeichnung nicht dargestellt werden, sind aber im Rahmen des Stallkonzeptes geplant. Die Unterteilung in einen Stroh- und Spaltenbereich ermöglicht den Special-Needs-Cows einen einfachen Zugang zum VMS und eine gute Eingliederung in die Herde. Je nach betrieblicher Einstellung kann der Zugang der frischabgekalbten Kühe dauerhaft zur Verfügung stehen oder nur zu bestimmten Zeiten. Ist das Betreten des VMS nur zu bestimmten Zeiten möglich, können die Tiere unter Aufsicht gemolken werden, dadurch ist die Einzeltierkontrolle optimiert. Zusätzlich befindet sich an diesem VMS ein Wartebereich mit Splitentry, der sowohl Kühen aus dem Wartebereich, als auch Kühen aus der Herde das Betreten ermöglicht.

Der Wartebereich ist durch ein Schwenktor vom Bereich der frischabgekalbten Kühe getrennt. Dieses Tor muss geöffnet werden, damit die Kühe in den Wartebereich gelangen und dann selbstständig das VMS aufsuchen können. Am Ausgang des VMS 3 ist ein 3-Wege-Selektionstor installiert. Frischabgekalbte Kühe werden nach links ausselektiert und gelangen zurück in die Strohbox. Tiere, die aufgrund von Behandlungen oder abweichenden Melkparametern ausselektiert wurden, verlassen das Tor auf geradem Weg und betreten den Treibegang, der sie hinter den Robotern entlang zum Separationsbereich führt. Soll eine Kuh nach dem Melkvorgang wieder in die Gruppe zurück gehen, verlässt sie das Selektionstor nach rechts. Der Bereich für die frischabgekalbten Kühe umfasst ca. 58 m² und 9 Plätze im Selbstfangfressgitter. Die Anzahl für die Frischmelker ist für die angegebene Gesamtherdengröße ausreichend, wenn der Zeitraum von 10 Tagen nach dem Kalben betrachtet wird. Die Untergliederung der Herde in die einzelnen Laktationsabschnitte erfolgt in Tabelle 7. Aus der Tabelle kann eine durchschnittliche Anzahl an frischmelkenden Kühen von 6 entnommen werden, dies entspricht 3% der Gesamtherde.



Abbildung 21: VMS 3 mit Special-Needs-Cows-Bereich (eigene Darstellung)

Grundsätzlich sollen aus hygienischen Gründen frischgekalbte und kranke Kühe nicht in einer Gruppe gehalten werden, daher sollte bei der Stallplanung für beide Tiergruppen ein Spezialbereich vorgesehen werden. Aus diesem Grund wird am VMS 1, neben dem Separationsbereich, eine weitere Strohbox von ca. 14 m² errichtet. Die Strohbox bietet nicht ausreichend Platz für 5 % kranke und lahme Kühe, wie aus der Tabelle 7 entnommen werden kann. Aus diesem Grund kann dazu übergegangen werden, lahme Kühe mit frischmelkenden Kühen zusammen zu halten. Euterkrankte Kühe sollte in jedem Fall von Frischmelkern getrennt werden, weil bei ihnen das Infektionsrisiko besonders hoch ist. Die Strohbox am VMS 1 hat keinen direkten Zugang zu einem Futtertisch, dieser ist nur über den Separationsbereich möglich. Durch Schwenktore können beide Bereiche jedoch voneinander getrennt werden.

Tabelle 7 Untergliederung der Herde

	Stallplätze in % der Herde (Eilers 2015)	Anzahl der Kühe
melkende Kühe	77	163
Frischmelker	3 (10 Tage)	6
kranke/ lahme Kühe	5	11
Trockensteher	15	32
Gesamtherde	100	212

Des Weiteren wird im Hinblick auf die Entwicklung eines Stallkonzeptes mit dem Kriterium Tierwohl ein Laufhof für die Kühe geplant. Dieser befindet sich am Stallende gegenüber von den VMS. Durch zwei große Türen können die Kühe den Stall über den Laufgang am Futtertisch verlassen. Der Laufhof hat eine Breite von 10 m und eine Länge von 27,5 m. Bei einer Gesamtanzahl von 180 Kühen stehen jeder Kuh durchschnittlich 1,5 m² zur Verfügung. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass sich alle Kühe gleichzeitig im Laufhof befinden. Der Laufhof ist planbefestigt und kann somit einfach gereinigt werden. Im Anhang 2 ist das gesamte Gebäude mit Laufhof abgebildet.

Zur weiteren Optimierung des Tierwohls können Ventilatoren und Kuhbürsten im Stall installiert werden. Durch die Ventilatoren wird auch im Sommer im Stall ein angenehmes Klima für die Tiere geschaffen und Hitzestress vermieden. Die Kuhbürsten stellen einen Bonus zum Wohlfühlen der Tiere dar.

4.3 Kostenschätzung

Im folgenden Kapitel wird für beide Stallbaukonzepte eine grobe Kostenschätzung erläutert. Diese basiert auf der Grundlage des CQT-Programms, mit dessen Hilfe die Konzepte erarbeitet und 3D-Zeichnungen erstellt wurden. Im Kapitel 3.1 wird in der Beschreibung des Zeichenprogramms aufgeführt, dass im Hintergrund der Zeichnung die Kosten für die einzelnen Zeichenelemente aufgelistet werden. Diese Kostenaufstellung wurde zur Schätzung der Gesamtkosten der Stallkonzepte herangezogen. Die Firma DeLaval hat die verwendete Software mit den firmeneigenen Produkten und deren Kosten versehen. Dadurch ergibt sich eine realistische Kostenschätzung. Außerdem wurde die Investitionshöhe mit ähnlichen Stallkonzepten in der KTBL Online-Anwendung „Baukost- Investition Betriebsgebäude“ verglichen.

Alle, im Folgenden, aufgeführten Kosten sind abzüglich der Steuern dargestellt.

In der Tabelle 8 ist die Kostenschätzung für den Umbau einer 1930er- Anlage abgebildet. Die Gebäudekosten umfassen die Umbaumaßnahmen wie Betonarbeiten, die notwendig sind, um die automatischen Melksysteme im Stallkonzept zu integrieren. Außerdem ist in diesen Kosten die Installation der Strom- und Wassersysteme enthalten. Bei der Kostenschätzung wurde berücksichtigt, dass alle VMS zentral am Haupttreibeweg angeordnet werden. Aus diesem Grund können alle Leitungen (Strom, Wasser, Milch) zentral angebracht werden und es ergeben sich relativ kurze Wege. Vorteilhaft bei dieser Form des Umbaus ist, dass kein zusätzliches Gebäude an den Außenwänden für die VMS errichtet werden muss. Dies würde zu einem erheblichen Anstieg der Gebäudekosten führen.

Tabelle 8 Kostenschätzung Umbau 1930er- Anlage (eigene Darstellung)

	Anzahl	Kosten je Stück	Gesamtkosten
Gebäudekosten je VMS	18	12.000,00 €	216.000,00 €
Melktechnik VMS	18	100.000,00 €	1.800.000,00 €
Melkstand	1	100.000,00 €	100.000,00 €
Tore			
3 Wege-Separiertor	18	1.000,00 €	18.000,00 €
Hubtore (1,8- 2,7 m)	27	1.200,00 €	32.400,00 €
Hubtore (2,7- 3,7 m)	18	1.400,00 €	25.200,00 €
Premium Rücklauf Sperre	15	400,00 €	6.000,00 €
Basic Rücklauf Sperre	8	200,00 €	1.600,00 €
Kuhtrieber	2	40.000,00 €	80.000,00 €
Fressgitter, Trennwände		30.000,00 €	30.000,00 €
Summe			2.309.200,00 €

In den Kosten für die Melktechnik sind die Montagekosten enthalten. Die Kosten beziehen sich jedoch nur auf die Melkeinheiten und nicht auf Toreinheiten, die für ein funktionierendes Konzept benötigt werden. In einem nächsten Kostenpunkt sind alle Toreinheiten und die beiden Kuhtrieber enthalten. Die genaue Anzahl der Separiertore, der Hubtore und der Rücklauf Sperren kann anhand der Zeichnung ermittelt werden. Für die Fressgitter und Trennwände wurde ein pauschaler Preis festgelegt, da eine genaue Ermittlung zu aufwendig ist. Grund dafür ist die nicht exakte Auflistung der einzelnen Kostenpunkte im CQT-Programm. Die genaue Anzahl aller Kostenpunkte, außer die Fressgitter und Trennwände, wurden ermittelt und in Tabelle 8 aufgeführt.

Die Tabelle 9 zeigt eine Kostenschätzung für einen Neubau eines VMS-Stalls mit 3 Melkeinheiten auf. Zur Erstellung der Tabelle wurde die Auflistung der Kosten aus der CQT-Software ebenfalls übernommen. Die einzelnen Posten wurde durch Ermittlung der Anzahl, der in der Zeichnung verwendeten Elemente, überprüft. Die Software gibt jedoch keine Schätzwerte für die Gebäudekosten vor. Diese Zahl wurde mit Hilfe der KTBL Online-Anwendung „Baukost“ für ein ähnliches Stallkonzept ermittelt. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass in den Gebäudekosten die Kosten für die Installation von Strom und Wasser enthalten sind. Die Kosten der einzelnen VMS beinhalten außerdem die

Montagekosten. Da bei einem Neubau auch in die gesamte Stalleinrichtung, wie Liegeboxen, Kuhbürsten und Fressgitter investiert werden muss, sind diese Punkte ebenfalls in der Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9 Kostenschätzung Neubau VMS-Stall (eigene Darstellung)

		Anzahl	Kosten je Stück	Gesamtkosten
Gebäudekosten/ Tierplatz		180	4.000,00 €	720.000,00 €
Melktechnik	VMS	3	100.000,00 €	300.000,00 €
	Vakuumpumpe, Kühlung, Milchtank		50.000,00 €	50.000,00 €
Tore	2 oder 3 Wege- Separiertor	3	1.000,00 €	3.000,00 €
	Premium Rücklaufsperr	4	400,00 €	1.600,00 €
	Schwenktor (Splitentry)	2	200,00 €	400,00 €
	Trennwände		5.000,00 €	5.000,00 €
Stalleinrichtung	Kuhbürste	2	2.000,00 €	4.000,00 €
	Futterstation	2	10.000,00 €	20.000,00 €
	Liegeboxen		50.000,00 €	50.000,00 €
	Fressgitter		5.000,00 €	5.000,00 €
				1.159.000,00 €

5. Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Betriebskonzepte erarbeitet. Die Unterschiede bestehen hauptsächlich in der Größe der Betriebe und der Form der Betriebsstruktur. Außerdem beinhalten die Konzepte auf der einen Seite einen Stallumbau und auf der anderen Seite einen Neubau. Daraus geht hervor, dass automatische Melksysteme in der Regel in jede Betriebsstruktur integriert werden können. Die Konzepte müssen jedoch auch in der Praxis umsetzbar sein. Aus diesem Grund spielt die Arbeitswirtschaftlichkeit eine große Rolle. Ein weiterer bedeutender Faktor sind die Tiere. Sie können nur gute Leistungen erbringen, wenn sie einen optimalen Gesundheitszustand haben und eine artgerechte Tierhaltung vorhanden ist. Durch bauliche Lösungen können vielen Problemen schon im Vorfeld verhindert werden. Ist ein Stallgebäude wie im Beispiel 1 vorhanden, sind die Voraussetzungen andere, als bei einem kompletten Stallneubau. Bei einem Stallumbau wird davon ausgegangen, dass das vorhandene Betriebssystem funktioniert und nur die Melktechnik verändert wird. Damit das System mit einem automatischen Melksystem weiterhin funktioniert, müssen die Gegebenheiten geschaffen werden, die den Kühen einen einfachen Zutritt zum VMS ermöglichen. Ist der Zutritt für die Kühe in irgendeiner Weise behindert, wird die gewünschte Melkhäufigkeit und Milchleistung nicht erreicht. Daher ist es wichtig die Umbaumaßnahmen so zu gestalten, dass eine gute Akzeptanz der Kühe erreicht wird. Im Beispiel der 1930er-Anlage wurden Liegeboxen entfernt, damit ein möglichst großer Freiraum vor den VMS entsteht. Ein Nachteil ist, dass sich dadurch die Gruppengröße aufgrund von einer geringeren Liegeboxenanzahl reduziert. Der entstandene Freiraum von 5 m (VMS bis erste Liegebox) ist jedoch von entscheidender Bedeutung. Unabhängig von dem Platz in der Rangordnung, hat jede Kuh die Möglichkeit die Melkeinheit ungestört aufzusuchen. Eine Reduzierung der Liegeplatzanzahl bewirkt außerdem ein besseres Tier-Fressplatz-Verhältnis, da die Umbaumaßnahmen auf die Futtertischlänge kaum Auswirkungen haben. Die Stützpfeiler der vorhandenen Stallkonstruktion müssen im entstandenen Freiraum für die Melkeinheiten bestehen bleiben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sie keine Behinderung für die Kühe darstellen. Zum Teil konnten die Stützpfeiler mit Torkonstruktionen verbunden werden. Eine weitere Umbaumaßnahme ist die Vertiefung des Bodens im Bereich der VMS- Serviceräume. Dies bewirkt eine deutliche Verbesserung des Arbeitsplatzes für den Menschen, da Behandlungen am Euter in einer angenehmen Arbeitshaltung durchgeführt werden können. Desweiteren ist die Sicht auf das Euter ähnlich wie in einem konventionellen Melkstand und ermöglicht eine einfachere Kontrolle. In dem Stallkonzept für den Umbau einer 1930er-Anlage sind die Liegeboxen und Laufgänge als Gegebenheiten angesehen worden und eine

bauliche Veränderung wird im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Trotzdem ist festzustellen, dass die Gegebenheiten nicht optimal sind und nicht den Experten Empfehlungen entsprechen, siehe Tabelle 1, 2 und 4. Die vorhandenen Liegeboxen können in der Länge nicht den Maßen der Tiere angepasst werden, da dafür aufwendige Betonarbeiten notwendig wären. Ein entscheidender Punkt, der zusätzlich gegen eine Verlängerung der Liegeboxen spricht, ist eine daraus resultierende Verschmälerung der Laufgänge. Die Laufgänge entsprechen nicht den aktuellen Empfehlungen und von einer zusätzlichen Verkleinerung sollte in jedem Fall abgesehen werden. Die zu kleinen Liegeboxen und Laufgänge beeinflussen das Tierwohl negativ. Zudem können sie den freien Tierverkehr in dem umgebauten VMS-Stall behindern, da rangniedere Kühe den ranghöheren Kühe nicht ausreichend ausweichen können. Diese Gegebenheit kann sich außerdem negativ auf die Besuchshäufigkeit der Melkeinheiten auswirken. Positiv zu bewerten ist der breite Haupttreibweg, der mit den Selektionseinrichtungen kombiniert werden kann, sodass eine Selektion an jedem VMS möglich ist. Die Selektionseinrichtungen verbessern die Arbeitswirtschaftlichkeit und erleichtern die Arbeitsabläufe. Jedoch ist zu beachten, dass der Rücktrieb in die Gruppe manuell erfolgen muss. Demnach sollten betriebsindividuelle Regelungen gefunden werden, wann eine Selektion sinnvoll ist und wann Behandlungen in der Gruppe erfolgen können. Die Trennung der Produktionsherde und der Special-Needs-Cows bewirkt das Entstehen von zwei Arbeitsbereichen, die autonom arbeiten können und sich nicht gegenseitig beeinflussen. Die VMS in der Produktionsherde werden nicht durch Special-Need-Cows behindert, was evtl. Zwischenspülungen und einen höheren Zeitbedarf erfordern würde. Die Entscheidung für ein konventionelles Melksystem im Special-Needs-Cows-Bereich ist zum einen durch einen geringeren Zeitbedarf für das Betreuungspersonal begründet. In einem Fischgräten- Melkstand können mehrere Kühe gleichzeitig gemolken werden. Außerdem kann die Behandlung direkt vor Ort erfolgen und es ist eine gute Tierkontrolle möglich, da jedes einzelne Tier betrachtet werden kann. In einem VMS müsste jede Melkung abgewartet werden, um die Kuh im Nachhinein zu behandeln. Die Entfernung von der Special-Needs-Cows-Gruppe bis zum Melkstand ist relativ gering. Außerdem befindet sich in unmittelbarer Nähe der Abkalbebereich, sodass auch die frischgekalbten Kühe den Melkstand einfach erreichen können.

Ein großer Vorteil eines Stallneubaus ist, dass keine Kompromisse eingegangen werden müssen und sich nicht an vorhandene Gegebenheiten angepasst werden muss. Demnach ist das Stallkonzept für einen VMS-Stall mit drei VMS mit einem großzügigen Platzangebot und den aktuellen stallbaulichen Empfehlungen erarbeitet worden. Die Laufgangbreiten und

Liegeboxenabmessungen entsprechen in jedem Fall den Richtlinien. Die Melkeinheiten sind zentral angeordnet und von jedem Bereich im Stall gut erreichbar. Zwischen den Robotern ist ausreichend Platz vorhanden, so dass Selektionseinrichtungen mit Treibegängen errichtet werden können. Die Special-Needs-Cows sind in Strohbuchten im direkten Anschluss an die beiden äußeren VMS errichtet, sodass der Zugang einfach und gute Tierkontrolle möglich ist. Im Durchschnitt befinden sich in dieser Gruppe nur 17 Kühe, wobei nicht alle Kühe unter Aufsicht gemolken werden müssen, demnach ist der Zeitaufwand für die Spezialkühe überschaubar. Negativ zu bewerten ist die Annahme, dass die Trockensteher in Altgebäuden untergebracht werden können. Nicht in jeder Betriebsstruktur ist dies Voraussetzung, demnach müsste das Konzept angepasst werden. Ist die Unterbringung der Trockensteher notwendig, könnte der Stall für den entsprechenden Bereich verlängert werden. In dem erarbeitenden Konzept wurde als Umtriebsform der freie Kuhverkehr gewählt. Ein Umbau auf einen gelenkten Tierverkehr ist jederzeit möglich. Grundvoraussetzung ist eine gerade Anzahl an Liegeboxen, die im beschriebenen Beispiel vorhanden sind, um die einzelnen Funktionsbereiche voneinander abzugrenzen. Der geplante Laufhof im Stallkonzept, wirkt sich positiv auf das Tierwohl aus. Ein Grund dafür ist das zusätzliche Platzangebot, das den Kühen zur Verfügung steht. Die rangniederen Kühe haben daher mehr Raum den ranghöheren Kühen auszuweichen. In den Wintermonaten ist an sonnigen Tagen die Aufenthaltsdauer, mit durchschnittlich 90 Minuten besonders hoch. Die Sonneneinstrahlung wirkt sich zudem positiv auf die Stoffwechselaktivität, den Hormonhaushalt und somit die Brunst aus (Eilers 2016).

Weiterhin wäre eine Spiegelung des Stalls möglich, so dass sich die Anzahl der melkenden Kühe auf bis zu 360 Kühe erhöht. Die Spiegelung sollte an der Giebelseite der Nebenräume erfolgen, so dass diese für beide Ställe genutzt werden können. Außerdem könnten die Sonderbereiche in den jeweiligen Ställen über den Laufgang am Futtertisch mit einander verbunden werden. Eine Spiegelung an einer Futtertischseite könnte sich negativ auf die Luftzirkulation auswirken, da sich bei zwei identischen Ställen nebeneinander eine Gesamtbreite von ca. 75 m ergibt. Eine gleichmäßige Durchlüftung in beiden Ställen kann nicht garantiert werden. Des Weiteren ist es bei diesem Stallkonzept möglich, nicht von Beginn an mit drei VMS zu melken, sondern mit wachsender Tieranzahl nach und nach die VMS zu installieren.

Die moderne Technik ist in den letzten Jahren ein großer Bestandteil unseres Alltags geworden, so auch in der Landwirtschaft. Neben positiven Effekten in Bezug auf eine Arbeitserleichterung, spielt sie auch für eine effiziente Produktion eine große Rolle. Der Einsatz elektronischer Technik in der Milchviehhaltung wird als Precision Dairy Farming gezeichnet (Brunsch et al. 2009). Besonders bei dem automatischen Melken werden mit Hilfe vieler Sensoren Daten rund um den Melkprozess erfasst und ausgewertet. Unter ökonomischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten ist es nach Schneider et al. (2011) sinnvoll Milchviehherden bis ca. 250 Kühe mit AMS zu melken. Herden ab 650 Kühe können am effizientesten in Melkkarussellen gemolken werden. In der Untersuchung wurden die jährlichen Gesamtkosten je produziertem kg Milch und der Arbeitsaufwand für die unterschiedlichen Melksysteme ausgewertet (Schneider et al. 2011). Nichts desto trotz gibt es Ausnahmen, da jeder Betrieb eines anderes Konzept und unterschiedliche Ziele hat. Dementsprechend wurde in der vorliegenden Arbeit ein AMS typisches Stallkonzept und ein Konzept für einen Großbetrieb erarbeitet, der in diesem Bereich eine Besonderheit darstellt.

Ein zentraler Punkt, der unabhängig von dem Stallkonzept ist, aber direkten Einfluss auf eine effiziente Milchproduktion hat, ist das Tierwohl. Ein möglichst hohes Maß an Tiergerechtigkeit sollte in jedem Fall vorhanden sein und regelmäßig überprüft werden. Dazu kann der Leitfaden für die Tierschutzindikatoren vom KTBL zur Hand genommen werden (KTBL 2015). Außerdem sollten die Empfehlungen von Experten bezüglich der Stalleinrichtung eingehalten werden, um eine möglichst hohe Leistung und das bestmögliche Tierwohl zu erreichen. Ein entscheidender Punkt, der sowohl eine effiziente Milchproduktion, aber auch das Tierwohl beim Melken mit VMS verbindet, ist der Tierumtrieb. Für beide Kriterien ergeben sich dabei Vor- und Nachteile, die im Rahmen dieser Arbeit erläutert wurden. Auf der einen Seite ist die Anzahl der freiwilligen Besuche des VMS und der Milchmenge bei gelenktem Tierverskehr höher als bei freiem Tierverskehr. Auf der anderen Seite beeinflusst der gelenkte Tierverskehr das Fressverhalten der Tiere (Bach et al. 2009). Der Landwirt muss demnach abwägen, welche Form des Umtriebes sich am Besten in das Betriebskonzept integrieren lässt.

Daraus lässt sich zusammenfassend schließen, dass bei der Entwicklung eines Stallkonzeptes viele Entscheidungen getroffen werden müssen, die sowohl auf die Effizienz als auch auf das Tierwohl Auswirkungen haben. Dies ist der Grund für die Individualität der einzelnen Betriebe und dafür, dass keine standardisierten Modelle bei der Planung eines Stallbaus angewendet werden können.

6. Schlussfolgerung

Bei der Entwicklung eines Stallbaukonzeptes für VMS müssen viele Parameter beachtet werden, um ein praxisnahes und umsetzbares Ergebnis zu erhalten. Neben den stallbaulichen Lösungen müssen vor allem die tier- und menschbezogenen Aspekte beachtet werden, da sie täglich damit umgehen müssen. Bei einem Stallneubau können alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um ein bestmögliches Maß an Tierwohl zu schaffen. Außerdem kann der Arbeitsplatz für den Menschen komfortabel und individuell gestaltet werden. Bei einem Stallumbau müssen immer Kompromisse eingegangen werden. Dabei muss abgewogen werden, ob die tier- oder menschbezogenen Aspekte eine höhere Bedeutung haben. Aus der Abwägung der Bedeutung von einzelnen Entscheidungen und Lösungen müssen die Kompromisse geschlossen werden. Weiterhin kann bei einem Stallumbau das Tierwohl nicht in dem Umfang beeinflusst werden, wie es bei einem Stallneubau der Fall wäre. Die vorhandenen Gegebenheiten stammen von älteren Stallbauten und entsprechen oft nicht mehr den aktuellen Empfehlungen für Milchviehställe. Ein Betrieb entscheidet sich jedoch nur für eine große Investition in einen Umbau und den Kauf von VMS, wenn er eine stabile Betriebsstruktur hat. Demnach muss das vorhandene Betriebskonzept funktionieren.

7. Zusammenfassung

Die Anzahl der Betriebe, die automatische Melksysteme verwenden, ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen, wie aus der Abbildung 3 ersichtlich wird. Es ist zu erwarten, dass sich die Zahl in den nächsten Jahren weiter erhöht. Ein Grund dafür ist die hohe Flexibilität, die vor allem AMS aufweisen, da sie sich in der Regel in jedes Stallkonzept integrieren lassen. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Hersteller die aktuellen Modelle überarbeiten werden und weitere technische Lösungen erzielen. Trotz vieler technischer Lösungen muss eine artgerechte Haltung und ein artgerechter Umgang mit dem Tier an erster Stelle stehen. Die Komplexität im Umgang mit VMS für den Menschen sollte außerdem Beachtung in der Weiterentwicklung finden. Wird ein zu hoher technischer Verstand erwartet, kann es zur Abschreckung beim Kauf oder Umgang führen. Die Reduzierung der körperlich schweren, zeitaufwendigen Arbeit ist jedoch ein deutlicher Vorteil automatischer Melksysteme. Eine sorgfältige und gut durchdachte Planung ist bei der Entwicklung eines Stallkonzeptes für VMS wichtig. Richtlinien und die Empfehlungen von Experten sollten beachtet werden. Das betriebsindividuelle Management sollte in der Erarbeitung des Konzeptes berücksichtigt werden, da dieses täglich damit umgehen muss.

Im Rahmen des Anstiegs im Kauf von automatischen Melksystemen werden Stallkonzepte immer eine bedeutende Rolle spielen, da darauf nicht verzichtet werden kann. Demnach ist es wichtig weiterhin Untersuchungen durchzuführen, die den Umgang damit und die Auswirkungen für das Tier untersuchen.

Literaturverzeichnis

Bach, A.; Devant, M.; Igleasias, C.; Ferrer, A. (2009): Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. In: *Journal of Dairy Science* 92 (3), S. 1272–1280. DOI: 10.3168/jds.2008-1443.

BMEL (2016): Abschlussbericht des Kompetenzkreises Tierwohl. Unter Mitarbeit von Kompetenzkreis Tierwohl, zuletzt geprüft am 10.10.2017.

Bonsels, T. (2014a): Einzug der Roboter. In: *dlz primus rind* Mai 2014, S. 14–17.

Bonsels, T. (2014b): Automatische Melksysteme sind anspruchsvoll. Optimierungspotenzial nutzen. In: *Bauernblatt* 2014, 06.09.2014, S. 46–49.

Brinkmann, J.; Ivemeyer, S.; Pelzer, A.; Winkler, C.; Zapf, R. (2016): Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. Darmstadt: KTBL.

Brunsch, R.; Brehme, U.; Rose, S. (2009): Precision Dairy Farming. Eine Chance für die moderne Milchviehhaltung. Online verfügbar unter <https://www.ktbl.de/inhalte/themen/tierhaltung/tierart/rind/milchvieh/precision-dairy-farming/>, zuletzt geprüft am 17.07.2018.

DeLaval (Hg.): DeLaval VMS- Leitfaden. Bessere Ergebnisse erzielen. Online verfügbar unter <https://www.delaval.com/de/uber-delaval/de/prospekte/>, zuletzt geprüft am 15.01.2018.

DeLaval (Hg.): DeLaval VMS- Leitfaden. Grundrissplanung. Online verfügbar unter <https://www.delaval.com/de/uber-delaval/de/prospekte/>, zuletzt geprüft am 29.11.2017.

DeLaval (Hg.) (2011): Unsere Produkte, damals und heute. Online verfügbar unter <http://www.delaval.ch/About-DeLaval/The-Company/History-of-the-company/Product-timeline-1878-/>, zuletzt geprüft am 10.04.2018.

DLG e. V. (Hg.) (2016): DLG- Merkblatt 381. Das Tier im Blick- Milchkühe. 4. Aufl. Online verfügbar unter http://www.dlg.org/merkblatt_tierhaltung.html, zuletzt geprüft am 06.12.2017.

Eilers, U. (2005): Die Selektionseinheit- wichtiger Bestandteil des Herdenmanagement. Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf. Online verfügbar unter http://lvvg.de/Eilers/Artikel_Planung_Selektionsbuchten_Infodienst.doc, zuletzt geprüft am 17.01.2018.

Eilers, U. (2011): Moderne Milchviehställe – wohin geht es in die Zukunft? Agroscope Reckenholz-Tänikon, 08.11.2011. Online verfügbar unter http://lvvg-bw.de/pb/,Lde,W-2/Startseite/Rinder_+und+Schafhaltung/Haltung+und+Stallbau, zuletzt geprüft am 18.01.2018.

Eilers, U. (2012): Moderne Milchviehställe- aktuelle Entwicklung im Stalbau und Tierkomfort. Beitrag zur Mitgliederversammlung der ALB Baden-Württemberg am 24.04.2012 in Aulendorf. Online verfügbar unter http://lvvg-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Rinder_+und+Schafhaltung/Haltung+und+Stallbau, zuletzt geprüft am 28.11.2017.

Eilers, U. (2015): Planungshilfen für den Rinder-Stallbau. Hg. v. LAZBW. Rinderhaltungs Aulendorf. Aulendorf. Online verfügbar unter

http://www.agricconcept.de/content/inhalte/informationen/n%C3%BCtzliche_infos/index.html, zuletzt aktualisiert am 06.02.2015, zuletzt geprüft am 24.04.2018.

Eilers, U. (2016): Frischluft für Kühe im Winterhalbjahr. Merkblatt. Online verfügbar unter <http://www.lazbw.de/pb/,Lde/Startseite/Themen/Allgemein>, zuletzt geprüft am 30.05.2018.

Geidel, S. (2012): Technologische Gestaltung des Melkprozesses mit AMS, Verfahrenskosten. 2. Fachtagung "Automatische Melksysteme". Jena, 21.05.2012. Online verfügbar unter <http://www.thueringen.de/th9/tll/veranstaltungen/materialien/melksysteme/index.aspx>, zuletzt geprüft am 29.11.2017.

Geidel, S. (2013): Trends zu Automatisierung in der Milchviehhaltung- Milchgewinnung. Iden, 20.03.2013. Online verfügbar unter https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/03_service/veranstaltungen/milchviehhalter/2011_bis_2015/13-1_mv_h_geidel.pdf, zuletzt geprüft am 05.01.2018.

Geidel, S. (2017a): Auch für die ganz Großen? In: *DLG Mitteilung* 2017, 2017 (6/2017), S. 72–74.

Geidel, S. (2017b): Arbeitskosten und Arbeitsorganisation- Wo ist der Mehrwert durch automatische Melksysteme? "Automatisierung in der Milchgewinnung- Melken 4.0". Fachtagung Bau und Technik. Köllitsch, 01.03.2017, zuletzt geprüft am 05.01.2018.

Geidel, S.; Graff, K. (2013): Kuhverkehr am Roboter: Drei Systeme im Vergleich. In: *top agrar* 2013, 04/2013, R32-R36.

Hackbarth, H.; Lückert, A. (Hg.) (2000): Tierschutzrecht. Praxisorientierter Leitfaden. 1. Aufl. München: Jehle.

Halachmi, I.; Metz, J.H.M.; Maltz, E.; Dijkhuizen, A. A.; Speelman, L. (2000): Designing the Optimal Robotic Milking Barn, Part 1. Quantifying Facility Usage. In: *Journal of Agricultural Engineering Research* 76 (1), S. 37–49. DOI: 10.1006/jaer.1999.0524.

Harms, J. H. (2005): Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Varianten des Tierumtriebs bei automatischen Melksystemen (Einboxenanlagen). Dissertation. Technische Universität München. Lehrstuhl für Landtechnik. Online verfügbar unter <https://mediatum.ub.tum.de/603544>, zuletzt geprüft am 14.11.2017.

Harsch, M. (2011): Automatisches Melken- Ergebnisse aus Forschung und Praxis. 1. Fachtagung "Automatische Melksysteme". Fachschule für Agrarwirtschaft und Hauswirtschaft Stadtroda, 18.05.2011. Online verfügbar unter <http://www.thueringen.de/th9/tll/veranstaltungen/materialien/melksysteme/index.aspx>, zuletzt geprüft am 29.11.2017.

Hoy, S. (Hg.) (2009): Nutztierethologie. 35 Tabellen. 1. Aufl. Stuttgart: Ulmer (utb.de Bachelor-Bibliothek, 3312).

Hoy, S.; Aillaud, B. (2018): Was Kühe wollen. In: *agrarheute Rind* (3), S. 16–19.

Hulsen, J. (2009): Kuh-Signale. Krankheiten und Störungen früher erkennen. 4. Aufl. Zutphen, Münster-Hiltrup: Roodbont Uitg; Landwirtschaftsverl.

Jeroch, H.; Drochner, W.; Simon, O. (Hg.) (2008): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. Ernährungsphysiologie, Futtermittelkunde, Fütterung ; 198 Tabellen. 2., überarb. Aufl. Stuttgart: Ulmer (UTB Agrarwissenschaften, Veterinärmedizin, 8180).

Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (Hg.) (2017): Technik Tierhaltung. 2., vollständig überarb. und erw. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB, 2641).

Konold, M. (2015): Zukunft des Melkens? Melkroboter im Vergleich zu anderen Systemen. ALB Fachtagung "Milchviehhaltung". Hohenheim, 05.03.2015. Online verfügbar unter https://alb-bw.uni-hohenheim.de/archiv#jfmulticontent_c318430-3, zuletzt geprüft am 11.04.2018.

Kremer, P.; Nüske, S.; Scholz, A. M.; Förster, M. (2006): Einfluss von elastischem Bodenbelag auf Milchmenge, Fett, Eiweiß und Zellgehalt bei Kühen in Laufstallhaltung. In: *Arch. Anim. Breed.* 49 (3), S. 250–258. DOI: 10.5194/aab-49-250-2006.

KTBL (Hg.) (2000): Automatische Melksysteme. Stand der Technik, Melkphysiologie und Milchhygiene, Tierhaltung, bauliche Lösungen, Praxiserfahrungen, Management und Wirtschaftlichkeit. Unter Mitarbeit von H. Schön. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverl. (KTBL-Schrift 395).

KTBL (Hg.) (2005): Automatisches Melken in modernen Milchviehställen. Ergebnisse des BMVEL-Modellvorhabens "Landwirtschaftliches Bauen". Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL-Schrift, 430).

KTBL (Hg.) (2013): Automatische Melksysteme. Verfahren - Kosten - Bewertung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL-Schrift, 497).

KTBL (Hg.) (2015): Tierschutzindikatoren. Vorschläge für die betriebliche Eigenkontrolle. Unter Mitarbeit von R. Zapf, U. Schultheiß, W. Achilles, L. Schrader, U. Knierim, H.-J. Hermann et al. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (KTBL-Schrift, 507).

KTBL (Hg.) (2016): Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 2016. Vorträge anlässlich der 48. Internationalen Arbeitstagung "Angewandte Ethologie bei Nutztieren" der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V. (DVG), Fachgruppe Ethologie und Tierhaltung. Freiburg/Breisgau, 17. -19.11.2016. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Internationale Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (KTBL-Schrift, 511).

LfL (Hg.) (2015): LfL-Jahrestagung // Zuchtzielbestimmung, populationsgenetische Analysen und Optimierung der Zuchtprogramme für die Pferderassen Süddeutsches Kaltblut und Haflinger. Die bayerische Milchwirtschaft im freien Wettbewerb. Zugl.: München, Univ., Diss., 2006. LfL-Jahrestagung. Grub, 22.10.2015. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Oktober 20145 (Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, 2006,9). Online verfügbar unter <http://www.lfl.bayern.de/publikationen/041349/index.php>, zuletzt geprüft am 23.11.2017.

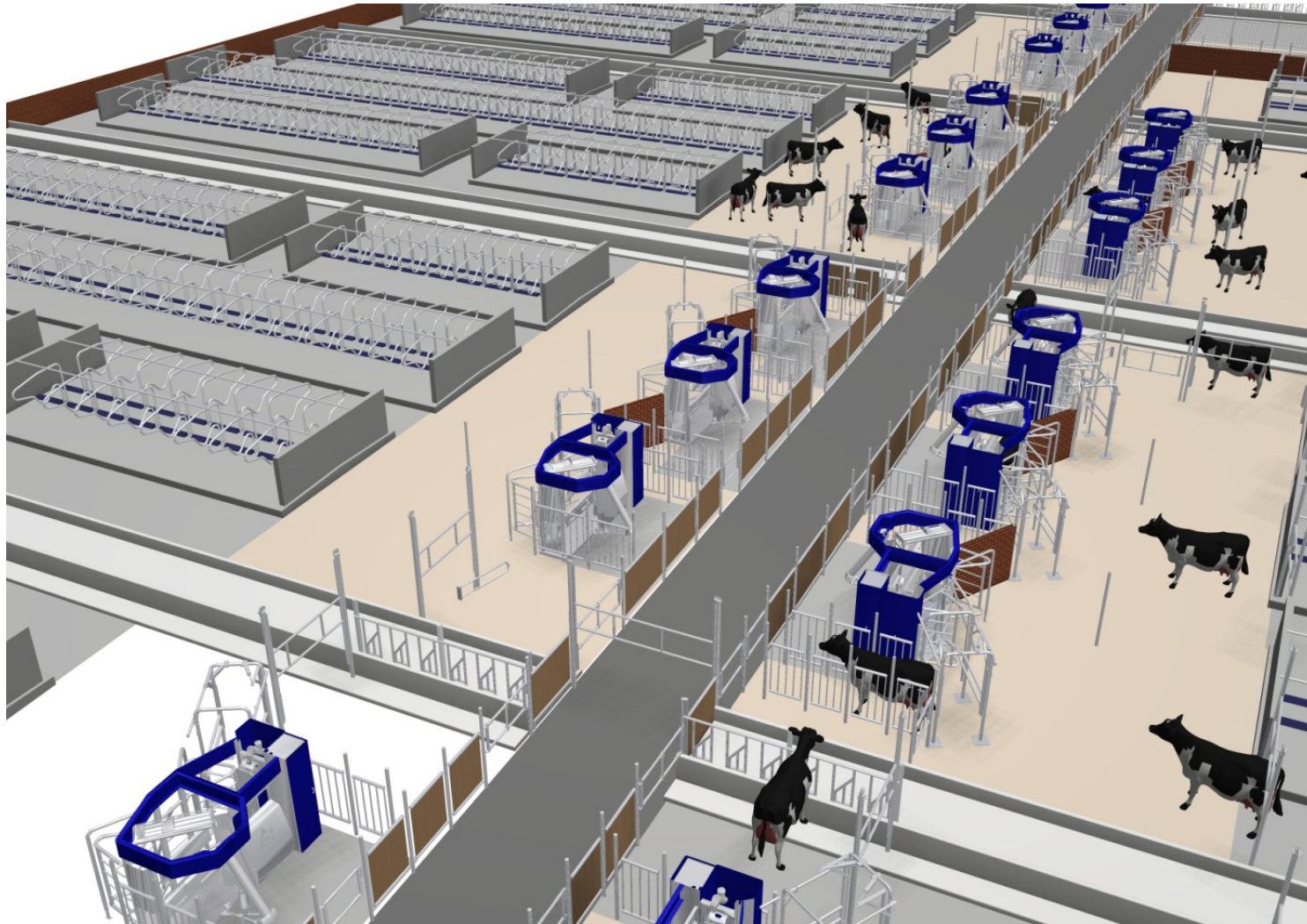
Lindena, T.; Eißel, R.; Hansen, H. (2017): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Braunschweig, 08.03.2017. Online verfügbar unter <https://www.thuenen.de/de/thema/nutztiershyhaltung-und-aquakultur/nutztierhaltung-und-fleischproduktion-in-deutschland/systeme-der-milchviehhaltung/?key=6-8&cHash=37dff02500d3866582f9427f920251a4>, zuletzt geprüft am 11.05.2018.

Liste, P. (2011): Melkroboter: Beim Stallbau umdenken! In: *top agrar* (9), R30-R33. Online verfügbar unter https://www.topagrar.com/magazin/magazin_421013.html.

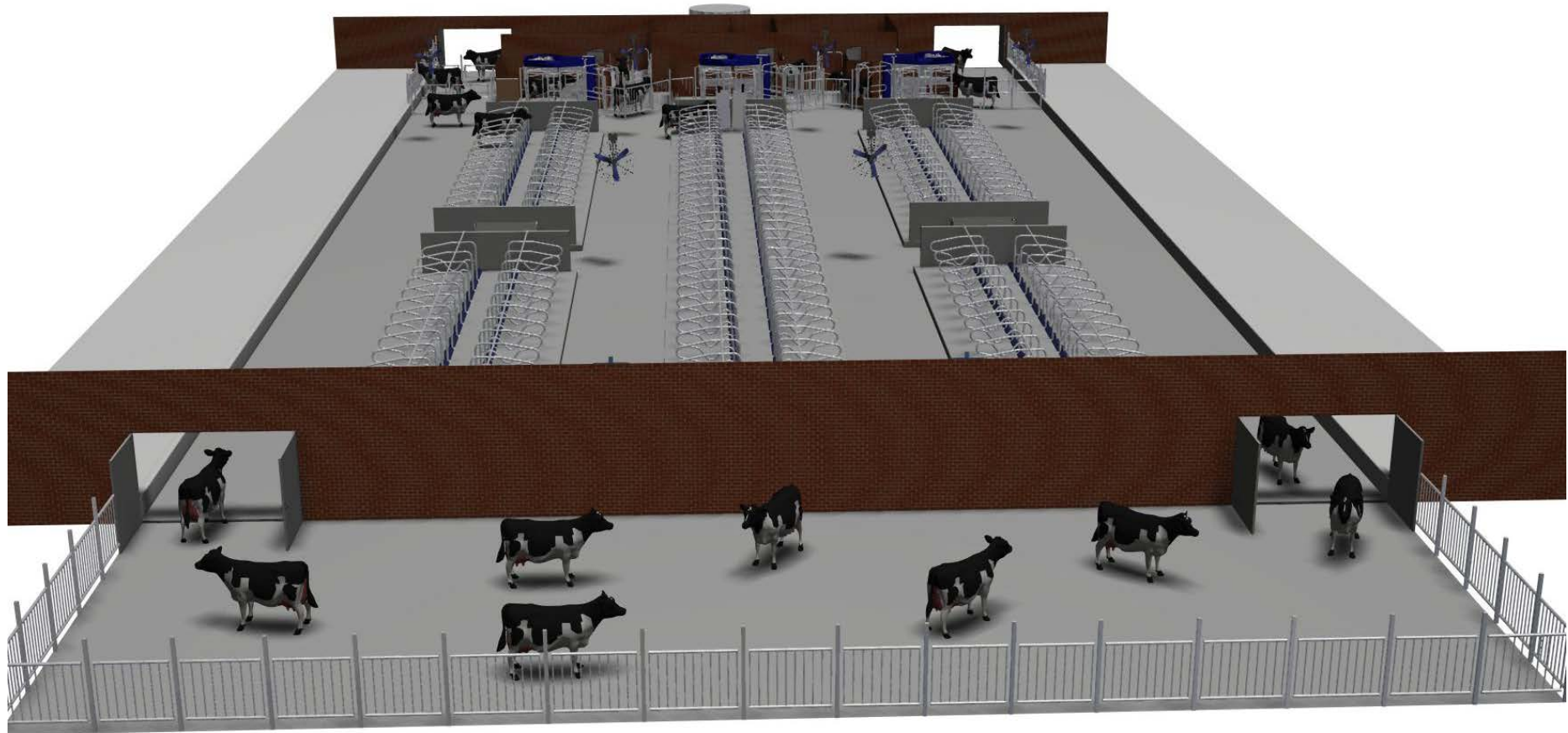
- Meijering, A.; Hogeveen, H.; DeKoning, C. J. A. M. (Hg.) (2004): Automatic milking. A better understanding. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=947811>.
- Methling, W.; Unshelm, J. (2002): Umwelt- und tiergerechte Haltung. von Nutz-, Heim- und Begleittieren. Berlin: Parey.
- Müller, C. (2009): How do special need cows and an automatic milking system fit together? In: *International Dairy Topics 2009* (Volume 8, Number 3), S. 7–9.
- Ostermann-Palz, B. (2017): Automatisch Melken: Arbeitsorganisation verändert sich. In: *Elite* 02.06.2017.
- Pache, S. (2008): Automatisch melken. Anforderungen an Mensch und Tier. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Köllitsch, 28.04.2008.
- Pache, S. (2011): Automatische Melksysteme - Anforderungen an Mensch und Tier. 1. Fachtagung "Automatische Melksysteme". Fachschule für Agrarwirtschaft und Hauswirtschaft Stadtroda, 18.05.2011. Online verfügbar unter <http://www.thueringen.de/th9/tll/veranstaltungen/materialien/melksysteme/index.aspx>, zuletzt geprüft am 29.11.2017.
- Schneider, F.; Popp, L.; Rose-Meierhöfer, S.; Fuchs, C. (2011): Verfahrenstechnische und ökonomische Untersuchungen zu Melksystemen für größere Herden. In: *Landtechnik* (2), S. 124–127.
- Schön, H.; Pirkelmann, H. (Hg.) (1997): Automatisches Melken (AMS). Technischer Vergleich, erste Versuchsergebnisse und Erfahrungen, bauliche Lösungen, züchterische Konsequenzen, wirtschaftliche Bewertung. Arbeitskreis Automatisches Melken. Münster-Hiltrup: KTBL-Schr.-Vertrieb im Landwirtschaftsverl. (Arbeitspapier / Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 248).
- Schön, H.; Rittel, L.; Wendl, G.; Karrer, M.; Pirkelmann, H. (1998): Stallbaulösungen für den Einsatz automatischer Melksysteme. In: *Landtechnik* 53. Jahrgang (4/ 98), S. 262–263.
- Spöndly, E.; Wredle, E. (2004): Automatic Milking and Grazing—Effects of Distance to Pasture and Level of Supplements on Milk Yield and Cow Behavior. In: *Journal of Dairy Science* 87 (6), S. 1702–1712. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73323-8.
- top agrar (Hg.) (2012): Melkroboter Management. [Stallbau, Technik, Handling]. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH (top agrar Ratgeber).
- Wendl, G.; Schön, H.; Harms, J.; Purucker, S.; Pirkelmann, H. (2001): Tier- und Melkverhalten bei automatischen Melksystemen. Ergebnisse von Einsatzuntersuchungen mit Einboxenanlagen. In: Monika Krause (Hg.): Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Conference Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming. Stuttgart: Inst. für Agrartechnik Univ. Hohenheim, S. 179–184.
- Wendl, G.; Wiedemann, M. (2002): Einfluss der Grundfütterration auf Tier- und Melkverhalten beim automatischen Melken. In: *Landtechnik* 4/2002 (57), S. 232–233.

Anhang

Anhang 1:



Anhang 2:



Eidesstattliche Erklärung

Ich, Marleen Helms, erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Thema „Planung eines Stallbaukonzeptes für Voltuntary Milking Systems unter dem Kriterium Tierwohl“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift