



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Landschaftsarchitektur
Fachgebiet Technik in der Tierhaltung

Bachelorarbeit

Bestimmung und Beurteilung des zitzennahen Melkvakuums bei automatischen Melksystemen

1. Gutachter: Prof. Dr. agr. Ludwig Popp
2. Gutachter: Dr. rer. agr. Sandra Rose-Meierhöfer

Vorgelegt von
Ann-Christin Entorf

September 2009

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0220-7

Widmung und Dank

Diese Bachelor-Arbeit möchte ich meinem Opa widmen, der mich schon als kleines Kind sprichwörtlich an die Hand nahm und an die Landwirtschaft heranführte.

Wilhelm Entorf

03.09. 1942 – 18.08.2007

Meiner Familie Gundula, Holger, Falko, der mir während meines Studiums als Mentor diente, Carsta und Laura-Elisabeth danke ich ganz herzlich für die vielseitige Unterstützung, die ich bis zu meinem jetzigen Werdegang erhalten habe.

Inhalt

Widmung und Dank	2
Abkürzungs- und Formelverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis	6
1 Einleitung	7
2 Stand des Wissens	8
Funktionsprinzip des Melkzeugs.....	8
Vakuum	9
Pulsation	10
Vakuumwirkung auf die Eutergesundheit.....	12
Automatische Melksysteme	14
Grundlagen	14
Verbreitung.....	15
Funktionsweise und Leistung.....	16
Auswirkungen auf die Tiergesundheit	18
Produkttypen automatischer Melksysteme.....	20
3 Material und Methoden	22
Vakuummessung	22
Untersuchte automatische Melksysteme	24
Ergebnisauswahl und –darstellung.....	25
4 Ergebnisse und Diskussion.....	27
Vakuumverlauf.....	27
Vergleich der Euterviertel	31
Vakuumabfall	36
Vakuumschwankungen	40
5 Schlussfolgerung	43
6 Zusammenfassung.....	44
7 Literatur.....	45
8 Anhang	48
9 Eidesstattliche Erklärung.....	53

Abkürzungs- und Formelverzeichnis

P	Druck
kPa	Kilopascal
AMS	Automatisches Melksystem
HL	Viertel hinten links
HR	Viertel hinten rechts
VL	Viertel vorne links
VR	Viertel vorne rechts

atmosphärische Luft

Luftzustand bei Umgebungsluftdruck und –temperatur, vorwiegend abhängig vom geografischen Ort und Höhe über N.N.

Vakuum (Unterdruck)

Druck geringer als Atmosphärendruck, gemessen als Differenz zum Atmosphärendruck in der Umgebung

Beispiel: Ein Vakuum von 50 kPa entspricht bei einem Atmosphärendruck in der Umgebung von 103 kPa einem absoluten Druck von 53 kPa.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tiergesundheit nach dem Wechsel auf ein automatisches Melksystem (nach FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005, geändert)	20
Tabelle 2: Darstellung der untersuchten Systeme	25
Tabelle 3: Vergleich der Automatischen Melksysteme hinsichtlich Vakuumabfall.....	40
Tabelle 4: Vergleich der Automatischen Melksysteme hinsichtlich Vakuumschwankungen .	41
Tabelle 5: Ergebnisse des AMS A	48
Tabelle 6: Ergebnisse des AMS C.....	48
Tabelle 7: Ergebnisse des AMS E.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teile des Melkzeuges einer Zweitakt-Melkmaschine mit alternierender Pulsierung (nach Tröger, 2003).....	8
Abbildung 2: Pulskurve mit Zitzenbecherdarstellung in Vakuum- und Druckphase (nach TRÖGER, 2003)	11
Abbildung 3: Weltweite Entwicklung der automatischen Melksysteme (HARMS, 2009).....	15
Abbildung 4: Anzahl der Betriebe mit automatischen Melksystemen in Mecklenburg-Vorpommern (M-V), Schleswig-Holstein (S-H) Stand März 2009 und in Deutschland (D) Stand Ende 2007 (M-V: Bockholdt, 2009; S-H: LKV SH, 2009; D: Pache 2009).....	16
Abbildung 5: Funktionen des Melkautomaten (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005)	17
Abbildung 6: Künstliche Zitze (DIN ISO 2007).....	23
Abbildung 7: Messstellen am Melkzeug (AHRWEILER, 2000).....	24
Abbildung 8: Vakuumverlauf beim AMS B, bei einem Durchfluss von 6 l/min.....	27
Abbildung 9: Vakuumverlauf beim AMS D, bei einem Durchfluss von 6 l/min	28
Abbildung 10: Vakuumverlauf beim AMS F, bei einem Durchfluss von 6 l/min.....	29
Abbildung 11: Vakuumabfall AMS B	31
Abbildung 12: Vakuumabfall AMS D	32
Abbildung 13: Vakuumabfall AMS F	33
Abbildung 14: Vakuumschwankung AMS B.....	33
Abbildung 15: Vakuumschwankungen AMS D.....	34
Abbildung 16: Vakuumschwankungen AMS F	35
Abbildung 17: Vergleich des Vakuumabfalls bei allen AMS.....	36
Abbildung 18: Mittleres Vakuum unter der Zitzen spitze in Abhängigkeit vom Milchfluss bei verschiedenen Melkzeugen nach ROSE 2005.	37
Abbildung 19: Vergleich der Vakuumschwankungen bei allen AMS.....	40
Abbildung A 1: Zitzenreinigung bei Lely (Foto: Ulrich Ströbel, 2008)	49
Abbildung A 2: Roboterarm SAC (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)	50
Abbildung A 3: Ansetzen der Zitzenbecher bei DeLaval (Foto: Ulrich Ströbel, 2008)	50
Abbildung A 4: Melkbecher am künstlichen Euter (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)	51
Abbildung A 5: Durchflussregler (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)	51
Abbildung A 6: Milchbehälter, verbunden mit Durchflussregler (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009).....	52

1 Einleitung

Um dauerhaft eine hohe Milchleistung produzieren zu können, ist ein perfektes Herdenmanagement notwendig. Auch die Melktechnik muss dahingehend angepasst und perfektioniert werden. Euterprobleme zählen zu den häufigsten Abgangsursachen in Milchviehbetrieben und verursachen demnach ökonomische Ausfälle. Ausgelöst werden die Probleme oftmals durch ungünstige Vakuumverhältnisse im zitzennahen Bereich. Durch den voranschreitenden technischen Fortschritt werden weltweit immer mehr Automatische Melksysteme (AMS) eingesetzt. In den Automatischen Melksystemen herrschen im Vergleich zum konventionellen Melkzeug andere Vakuumverhältnisse. Hohe Schwankungen und Vakuumabfall können hier durch die längeren Milchschräuche häufiger vorkommen. Anders ist es hingegen bei der Kräfteverteilung. Durch die viertelindividuelle Schlauchführung werden nicht nur die Kräfte besser auf das Euter verteilt, auch die Übertragung gefährlicher Erreger von Euterviertel zu Euterviertel kann dadurch ausgeschlossen werden.

Die drei führenden Hersteller für AMS haben ihre Systeme überarbeitet. Dies gibt Anlass dazu, das Vakuumverhalten der drei Produkttypen an der Zitzenspitze näher zu betrachten.

In der vorliegenden Arbeit soll daher untersucht werden, wie das Vakuumverhalten an der Zitzenspitze bei unterschiedlichen Milchflüssen beeinflusst wird. Dazu wurden Praxisversuche (Nassmessungen, DIN ISO 6690) an den automatischen Melksystemen vorgenommen. Es soll weiterhin festgestellt werden, ob bei den neuen Produkttypen durch konstruktive Veränderungen verbesserte Vakuumverhältnisse geschaffen werden.

2 Stand des Wissens

Funktionsprinzip des Melkzeugs

Eine Melkanlage ist nach DIN ISO 3918 (2007) eine vollständige Einrichtung zum Melken, die üblicherweise aus Vakuum- und Pulssystem und einem oder mehreren Melkzeugen (Abbildung 1) besteht. Letztere arbeiten unmittelbar am Euter und bestehen aus vier Zweiraumzitzenbechern, einem Sammelstück (5), welches mit einem Pulsator (9) gekoppelt ist, und diversen Schlauchverbindungen (4, 6, 8, 10, 13, 14). Am Euter wird während des Melkvorgangs eine Druckdifferenz aufgebaut, die die Schließkraft des Zitzenschließmuskels überwindet. Erst dadurch kommt es zur Milchgewinnung. Die gewonnene Milch gelangt über das Sammelstück und durch Leitungen zur anschließenden Lagerung in den Milchtank.

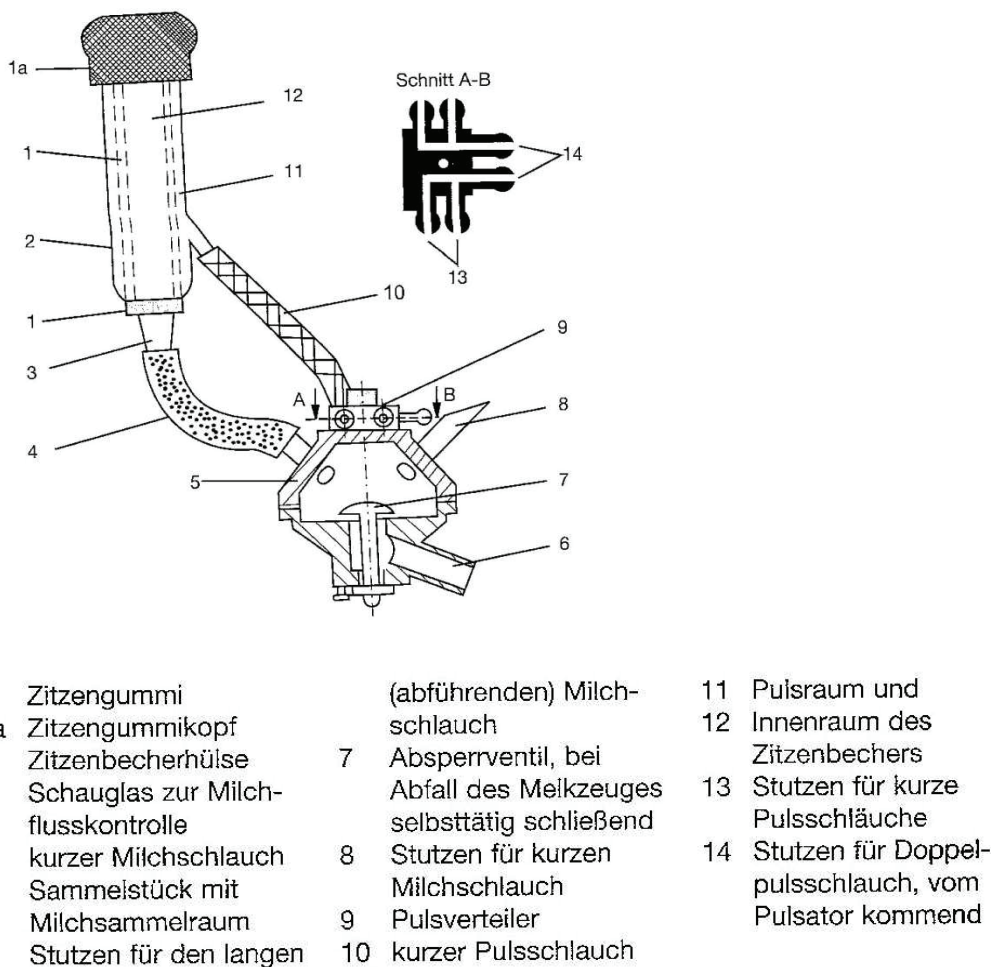


Abbildung 1: Teile des Melkzeuges einer Zweitakt-Melkmaschine mit alternierender Pulsierung (nach Tröger, 2003)

Der Zweiraumbecher hat bei diesem Vorgang direkten Kontakt zum Euter. Er besteht aus einer festen Becherhülse (1a) und einem flexiblen Zitzengummi (1). Zwischen diesen beiden entsteht ein Pulsraum, der vom Pulsator regelmäßig zyklischen Druckwechseln zwischen Atmosphärendruck und Anlagenvakuum ausgesetzt wird (HERMANN, 1990). Der sogenannte Zitzenbecher-Innenraum (12) nimmt die Zitze auf.

Vakuum

Das Betriebsvakuum in Melkanlagen wird durch eine Vakuumpumpe erzeugt. Dabei ist es nötig, dass die Leistung einer solchen Pumpe höher ist, als die für die Melkanlage benötigte Maximalleistung (TRÖGER, 2003). Bei einem Melkvakuum von 40 bis 42 kPa, kommt es in der Regel zu einem Vakuum von 30-36 kPa unter der Zitzenspitze, je nach Milchfluss. Die Zitzen werden stark belastet. Anzeichen für zu hohes Vakuum kann man am Verhalten der Tiere erkennen. Sie neigen zu einem nervösen Trippeln zu Melkbeginn und -ende, also wenn der Milchfluss geringer ist und das Vakuum zu hoch (BRUNOTTE-SCHÜTTE, 2000). Welches Vakuum für die Zitze optimal ist, ist noch nicht bekannt. Allerdings sind in den DIN-ISO Richtlinien 6690 und 5707 Rahmenbedingungen für die erlaubte Vakuumhöhe angegeben. Wer seine Anlage außerhalb dieser weit gefassten Rahmenbedingungen betreibt, gefährdet die Eutergesundheit seiner Tiere. Ein zu niedriges Vakuum führt zu verlängerten Melkzeiten und somit auch zu einer höheren Gewebelastung. Insbesondere im Bereich des tierindividuellen Niedrigvakuums besteht noch Forschungsbedarf.

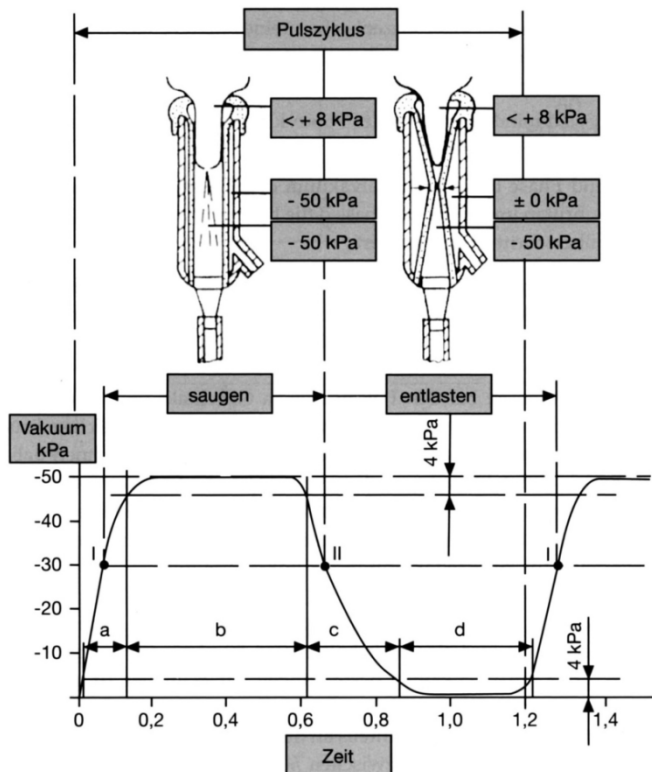
Das Anlagenvakuum in der Hauptleitung wird mit Hilfe eines Regelventils möglichst konstant gehalten. Da sich im Bereich vor dem Milchabscheider jedoch ein Milch-Vakuum-Gemisch in der Melkleitung befindet, treten in diesen Leitungen Vakuumschwankungen auf, insbesondere deshalb, weil der Milchfluss in der Regel zwischen null und zwei Litern pro Euterviertel pro Minute schwankt. Diese Schwankungen sind umso größer, je kleiner die Leitungsquerschnitte sind und je mehr Milch transportiert wird, da in diesen Situationen die Leitungsquerschnitte verengt sind und weniger Luft strömen kann.

Das Vakuum darf in der Anlage nur um maximal zwei kPa unter das eingestellte Anlagenvakuum absinken. Vakuumleitungen sollten so bemessen sein, dass sie dem zu erwartenden maximalen Luftdurchsatz entsprechen. Des Weiteren sollten sie möglichst ein leichtes Gefälle (0,4%) zur Vakuumpumpe aufweisen und über Entwässerungsventile verfügen. (TRÖGER, 2003; DEUTZ, OBRITZHAUSER, 2003)

Pulsation

Pulsation und Vakuum beeinflussen sich in Melkbechern gegenseitig. Die Pulsation sorgt für einen kurzfristig stark verminderten Vakuumeinfluss und damit für eine Druckmassagewirkung. Diese entsteht durch ein Einfalten des Zitzengummis. Es wird ein Blut- und Lymphstau im Zitzengewebe verhindert. Die Pulsation ist folglich physiologisch unverzichtbar.

Die Pulsierung ist demnach nichts anderes als eine Zitzengummibewegung. „Der Pulsator steuert im Wechsel (Taktzahl) Luft unter Vakuum und unter atmosphärischem Druck in die Pulsräume der Zitzenbecher“ (TRÖGER, 2003) und dadurch entstehen die einzelnen Pulsphasen (Abbildung 2).



- a Evakuierungs- oder Auffaltphase
- b Vakuumphase; (a + b = Saugphase)
- c Belüftungs- oder Einfaltphase
- d Druckphase (c + d = Entlastungsphase)

Strecke I II Zitzengummi-offen-Phase (entspricht etwa der Milchflussdauer im Zyklus)

Abbildung 2: Pulscurve mit Zitzenbecherdarstellung in Vakuum- und Druckphase (nach TRÖGER, 2003)

In Folge kommt es zum Zusammenfallen des Zitzengummis bei atmosphärischem Druck, was massierend auf die Zitze wirkt. Man nennt dies Druck- oder Entlastungsphase. Die Saugphase kommt zustande, wenn die Druckdifferenz aufgehoben wird, der Zitzengummi wieder seine normale Schlauchform annimmt, und das Vakuum wieder auf die Zitze wirkt. Die Saug- und Entlastungsphasen bilden den Pulszyklus, der aus dem Öffnen und Schließen des Zitzengummis besteht (TRÖGER, 2003).

Die DIN/ISO-Richtlinie 5707 (2007) besagt, dass die Pulszahl nicht mehr als ± 3 Zyklen/Minute vom vorgegebenen Wert abweichen darf. Außerdem muss die Saugphase mindestens 30% des Pulszyklus umfassen, wohingegen die Druckphase mindestens 15% des Zyklus in Anspruch nehmen muss und dabei nicht kürzer als 150 ms sein darf. Es ist weiterhin festgelegt, dass während der Vakuumphase das Maximalvakuum der Pulsation nicht

mehr als 4 kPa unterschritten und während der Druckphase die Differenz zu Null nicht um mehr als 4 kPa überschritten werden darf (DIN ISO 5707, 2007).

Bei der Pulsation kann zwischen Gleich- und Wechseltakt unterschieden werden. Während beim Gleichtakt an allen vier Melkbechern zur gleichen Zeit identische Druckverhältnisse herrschen, haben beim Wechseltakt immer zwei Becher Saugtakt und zwei Becher Entlastungstakt. Dies wird auch als alternierende Pulsation bezeichnet. Die Takte können sowohl zwischen linker und rechter Seite des Melkzeugs, als auch zwischen vorne und hinten übereinstimmen (TRÖGER, 2003). Nach TRÖGER ist einen Saugphasenanteil von 60-65% optimal.

Allein die Saugkraft des Vakuums lässt das Melkzeug am Euter haften. Lediglich in der Entlastungsphase kommt die zusätzlich wirkende Reibung an der Zitze zum Tragen (HOEFELMAYR, MAIER, 1980).

Vakuumpwirkung auf die Eutergesundheit

Die Melktechnik ist wesentlich daran beteiligt, dass es unzählige Fälle von Euterproblemen gibt. Die Milch fließt nicht ruhig und gleichmäßig durch das Melkzeug, sondern wird stoßweise, das heißt rhythmisch abtransportiert. Dies kommt durch den pulsierenden Zitzengummi zustande, der wie eine Pumpe wirkt. Wenn er sich zusammenzieht, wird der erzeugte Milchpfropfen von der Zitzenspitze weggestoßen. Beim anschließenden Öffnen zur Saugphase, wird die Milch wieder zurückgesaugt. Diese Bildung von vor- und rückwärtspendelnden Pfropfen hat Auswirkungen auf die Funktion der Melkmaschine und auf die Konstitution des Euters. Es kommt zu einer Blockierung der Vakuumversorgung und es entstehen zyklische Vakuumschwankungen. Das bedeutet, dass die Vakuumverhältnisse am Euter auch bei konstantem Anlagenvakuum unkontrolliert steigen und fallen. Hier liegt ein wesentlicher Grund für die meisten Euterkrankheiten (HOEFELMAYR, MAIER, 1980). Durch den Rückspray der Milch werden Keime von einem Euterviertel auf die anderen übertragen. Um dem entgegenzuwirken, wurde versucht kontinuierlich Luft in das Sammelstück zu lassen. Dieses hatte jedoch zur Folge, dass sich kleine Tröpfchen (Aerosole) bilden, die mit starker Geschwindigkeit durch den Rückfluss gegen die Zitzenspitze prallen. Der nötige Druckausgleich schadet zudem nicht nur dem jeweiligen Viertel, sondern insbesondere den

Zitzen der anderen Viertel, denn der Druck wird immer vom niedrigen Vakuum an der Einbruchsstelle zum höheren Vakuum (Zitzenspitze diagonal gegenüber) ausgeglichen (HOEFELMAYR, MAIER, 1980). Bei automatischen Melksystemen kann ein Rückspray durch die viertelindividuelle Schlauchführung vollständig ausgeschlossen werden. Bei Systemen mit viertelindividueller Schlauchführung werden ausschließlich Melkbecher mit Lufteinlass verwendet. Nur so kann die Milch störungsfrei abtransportiert werden.

Vakuumschwankungen können zu negativen Veränderungen des Zitzengewebes beitragen. Je höher das Vakuum unter der Zitze ist, desto stärker faltet sich der Zitzengummi in der Entlastungsphase zusammen und das Gewebe wird gequetscht (HOEFELMAYR, MAIER, 1980).

Anstatt bei sinkendem Milchfluss das Vakuum zu minimieren, ist in der technischen Praxis genau das Gegenteil der Fall. Mit sinkendem Milchfluss steigt das Vakuum an der Zitzenspitze. Dies hat weiterhin zur Folge, dass der Melkbecher an der Zitze hochklettert und keine vollständige Euterleerung mehr möglich ist, da die Passage vom Euter zur Zitze endgültig verschlossen wird. (GRIMM, 1991; SCHLAIB, 1994).

Das Ausmaß für die Vakuumschwankungen unter der Zitzenspitze wird durch die Höhe des Milchflusses und das Vorhandensein eines kontinuierlichen Lufteinlasses bestimmt. Je höher der Milchfluss ist, desto höher sind die Vakuumschwankungen. Demzufolge werden durch einen kontinuierlichen Lufteinlass am Sammelstück Vakuumschwankungen reduziert (MAYER, 2003). Unakzeptable Vakuumverluste kommen auch durch zu lange Milchschräuche (> 2,30 m) mit einem zu geringen Schlauchinnendurchmesser (< 16 mm), oder durch kurze Milchschräuche mit unpassendem Innendurchmesser (< 10 oder > 12 mm) zustande. Die Milch kann nicht richtig abfließen und es kommt zum bereits erwähnten Nassmelken. (HÖMBERG, 2008)

ROSE fand 2005 heraus, dass eine viertelindividuelle Schlauchführung im Durchschnitt der Euterviertel geringere Kräfte auf das Euter auslöst, was zu einem ungehinderten Milchfluss und geringeren Belastungen am Eutergewebe führt. Besonders große Kräfte wirken bei Kühen mit stufigen Euterformen an einzelnen Vierteln. Bezogen auf die Kraftwirkung am Euter können automatische Melksysteme mit viertelindividueller Schlauchführung positiv bewertet werden. Sie können schädliche Kräfte, die vom Melkzeug auf das Euter übertragen werden, nahezu verhindern.

Automatische Melksysteme

Grundlagen

Die ersten Automatischen Melksysteme wurden Mitte der Neunziger-Jahre serienreif auf den Markt gebracht und finden seither verstärkt Anwendung in der Praxis. Ihr Einsatz bietet die Möglichkeit die Arbeit direkt am Tier zu minimieren, ein besseres Sozialleben zu führen und möglicherweise eine höhere Milchleistung erzielen zu können. Die Gesundheitskontrolle der Kuh und Gütekontrolle der Milch wird von automatischen Systemen teilweise übernommen. Das System AMS ist abhängig von der Melkbereitschaft der Kuh. Sie soll selbst bestimmen, wann sie zum Melken bereit ist und zeitlich nicht vom Melker beeinflusst werden (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005; DE KONING, RODENBURG, 2004). Mit Hilfe von AMS wird der Kuh die Möglichkeit gegeben öfter ausgemolken zu werden und sich so außerdem an das Laktationsstadium anzupassen (SVENNERSTEN-SJAUNJA, PETERSSON, 2008). Ein wesentlicher Vorteil automatischer Melksysteme ist laut SVENNERSTEN-SJAUNJA UND PETERSSON der beständige Melkprozess, der anders als bei konventionellen Melksystemen nicht vom Melker abhängig ist.

Einige automatische Melksysteme können zu den viertelindividuellen Melksystemen gezählt werden. Dadurch können Hebelkräfte, die auf das Kuheuter wirken verringert werden (ROSE 2005).

Von Beginn an wurde die Entwicklung automatischer Melksysteme wissenschaftlich begleitet und verbessert. So gibt es eine Reihe von Untersuchungen zu den wichtigsten Neuerungen, welche die AMS verschiedener Hersteller bieten (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005; TRÖGER, 2003). HOGEVEEN, ET AL. (2004) beschäftigten sich mit den Beweggründen der niederländischen Landwirte, in AMS zu investieren. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der Hauptgrund im geringeren Arbeitsaufwand beim Melken liegt. Außerdem werden Flexibilität, mehrmaliges Melken und eine geringere Abhängigkeit von den starren Melkzeiten genannt.

Verbreitung

Die wirtschaftlichen Erfolgchancen und damit die technische Entwicklung für AMS wurden in Europa durch die hohen Arbeitskosten begünstigt. Nach mehreren angefertigten Prototypen dauerte es zehn Jahre, bis ein verlässliches System entwickelt war. Bis 1998 ging der Einsatz nur schleppend voran, aber ab diesem Zeitpunkt stieg die Zahl eingebauter AMS stark an. Die Akzeptanz von AMS steigt und es wird geschätzt, dass sie in mehr als 2200 Betrieben in mehr als 20 Ländern weltweit eingesetzt werden. Dazu zählen vor allem die Niederlande und Dänemark in Europa, aber auch Japan und Nordamerika (DE KONING, RODENBURG, 2004; HARMS, 2009).

De KONING UND RODENBURG (2004) sind der Meinung, dass keine andere neue Technik, seit der Einführung von Melkmaschinen, einen solchen Aufschwung erlebt hat.

Ende 2007 waren in Deutschland 635 AMS in 478 Unternehmen gemeldet (PACHE, 2009). Vor einigen Jahren lag der Anteil der neu installierten AMS in Deutschland noch bei 3%, ist aber inzwischen auf 10-15% gestiegen. Im europäischen Vergleich ist dies jedoch relativ gering. In Finnland waren 2006 80% der Neuinvestitionen Melkroboter (HARMS, 2009). AGRIDIREKT meldet im Juli 2009, dass derzeit 3,5% der deutschen Milchviehhaltungen einen Melkroboter besitzen, was eine Verdreifachung des Prozentsatzes von 2007 ausmacht.

Abbildung 3 zeigt die Anzahl der bis zum Zeitpunkt 2008 weltweit genutzten AMS.

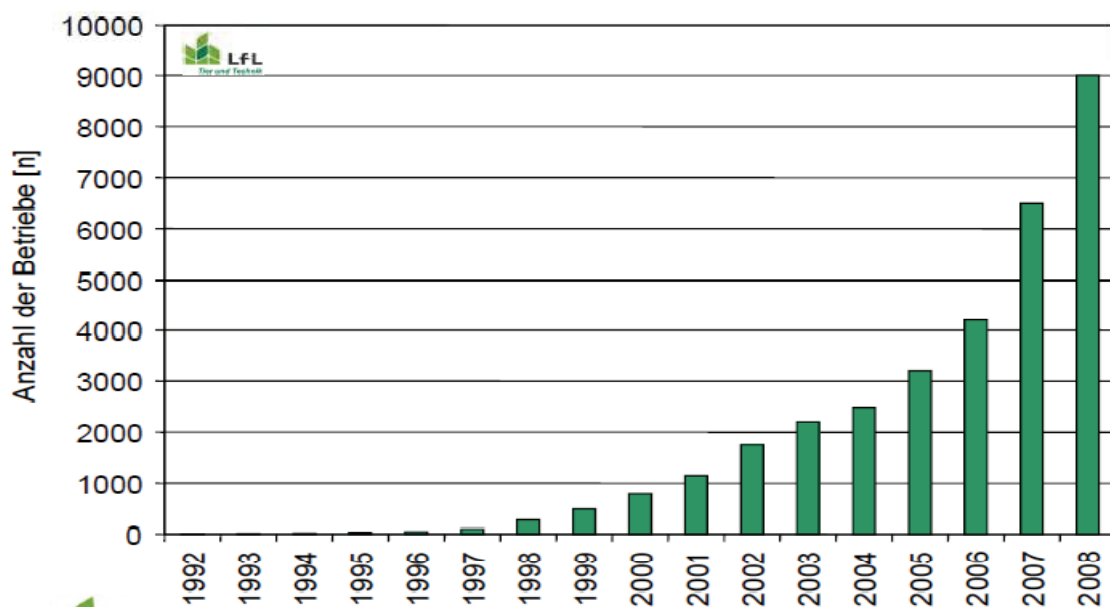


Abbildung 3: Weltweite Entwicklung der automatischen Melksysteme (HARMS, 2009)

Vergleichend dazu, soll Abbildung 4 die regionale Verbreitung der automatischen Melksysteme in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Gesamtdeutschland zeigen. Nach Angaben des LKV Mecklenburg-Vorpommern stieg die Anzahl der Betriebe, die automatische Melksysteme nutzen, von zwei im Juni 2002, auf 13 Betriebe im März 2009 (BOCKHOLDT, 2009). Derzeit werden 1,0% der Kühe Mecklenburg-Vorpommerns in 1,7% der Betriebe mit AMS gemolken. In Schleswig-Holstein ist die Situation ähnlich, nur dass die Zahl der neu installierten AMS wesentlich stärker ansteigt (LKV SCHLESWIG-HOLSTEIN, 2009).

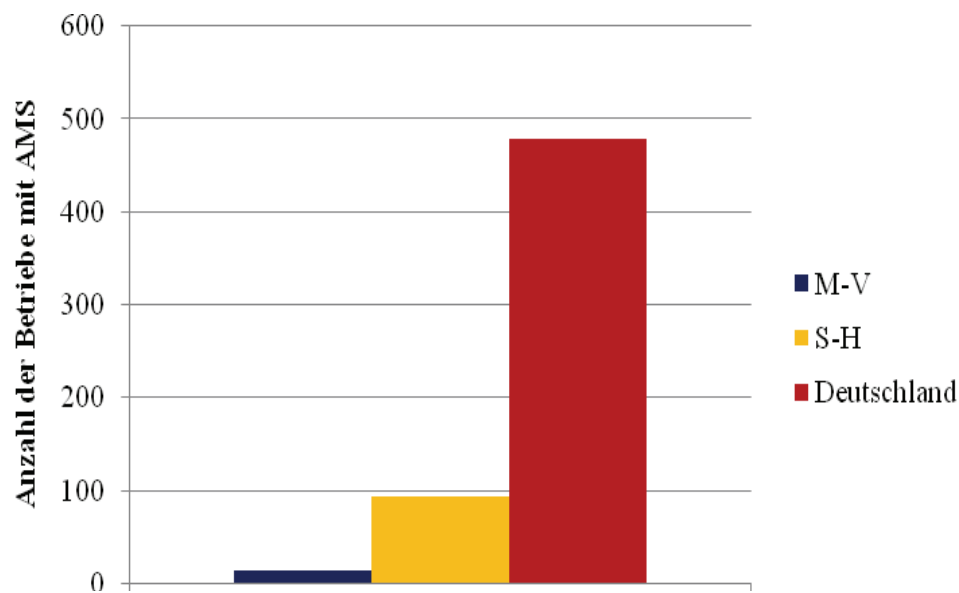


Abbildung 4: Anzahl der Betriebe mit automatischen Melksystemen in Mecklenburg-Vorpommern (M-V), Schleswig-Holstein (S-H) Stand März 2009 und in Deutschland (D) Stand Ende 2007 (M-V: Bockholdt, 2009; S-H: LKV SH, 2009; D: Pache 2009)

Eine weitere Entwicklung und Verbreitung ist immer abhängig von der jeweiligen Marktsituation und vor allem vom Milchpreis.

Funktionsweise und Leistung

Wenn eine Kuh die Box des AMS betritt (Abbildung 5), wird sie zunächst über einen Transponder (4a) identifiziert. Anschließend wird überprüft, ob eine Melkberechtigung vorliegt. Soll die Kuh nicht gemolken werden, wird sie aus der Box entlassen und diese wird wieder in die Ausgangsposition mit offenem Eingangstor (1) gebracht.

Ist sie jedoch berechtigt, startet der Melkprozess mit einer Kraftfuttergabe (2). Dann wird das Tier zunächst mit Hilfe einer Justierplatte (3) oder auch einer Kotschale in eine entsprechende Position gebracht. Das Melkmodul wird unter die Kuh zur Reinigung positioniert. Je nach Hersteller erfolgt diese mittels rotierender Bürsten (4b), einem separatem Reinigungsbecher, oder direkt im Zitzenbecher (4c). Dieser Vorgang stimuliert gleichzeitig das Euter und sorgt für die Bereitstellung von Oxytocin. Anschließend werden die Melkbecher nacheinander automatisch angesetzt. Die Basisdaten zum Euter jeder Kuh sind im System gespeichert. Für die Feinjustierung kommen Lasersensoren, Videokameras (Laserunterstützt), oder Ultraschall zum Einsatz, wobei die laserunterstützten Kameras am weitesten verbreitet sind. Gemäß den Anforderungen der Milchverordnung, wird zunächst das Vormelk getrennt abgeleitet. Die Abnahme der Zitzenbecher erfolgt viertelindividuell, je nach Milchfluss. Das Euter wird desinfiziert und der Melkarm bewegt sich in Ausgangsposition. Das Auslasstor öffnet sich und die Kuh kann austreten. Bleibt ein Tier länger in der Melkbox, wird eine Nachtreibehilfe eingesetzt. Hat die Kuh die Box verlassen, schließt sich das Auslasstor und das Eingangstor öffnet sich für das nächste Tier. In der Zwischenzeit werden sowohl das Reinigungsmodul, als auch die Zitzenbecher gereinigt und desinfiziert (FÜBBEKER, KOWALEWSKY 2005). Eine Hauptreinigung des Systems findet je nach Produkttyp und Hersteller nach einer bestimmten Anzahl Melkungen, nach einer Zeitspanne von beispielsweise acht Stunden, oder zu festgelegten Zeiten statt (FREIBERGER, BAUMEISTER, LEHMANN, 2005).

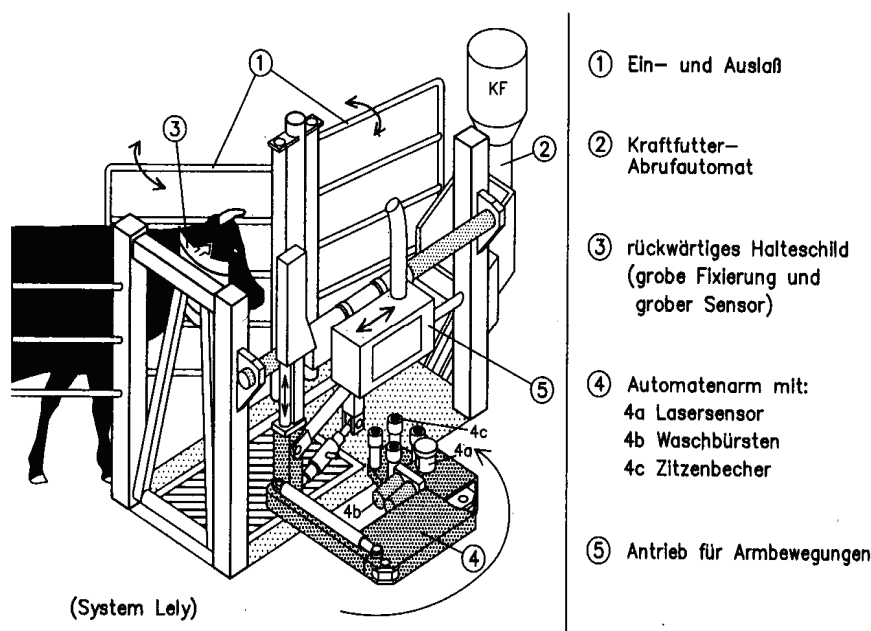


Abbildung 5: Funktionen des Melkautomaten (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005)

Die Steuerung einer solchen Anlage erfolgt über einen zentralen Prozessrechner. Dieser kann die erhaltenen Daten über Milchmenge, -qualität, Melkdauer und -geschwindigkeit direkt an eine Managementsoftware übermitteln. Aus den erhaltenen Daten können ferner Aussagen zum Auslastungsgrad der Anlage getroffen werden.

Besonders wichtig ist die Prüfung der Milchqualität und der Eutergesundheit, da eine visuelle Kontrolle durch den Melker entfällt. Neben der elektrischen Leitfähigkeit werden daher auch der Milchfluss, die Temperatur und die möglichen farblichen Veränderungen der Milch geprüft. Erkennt das System, dass die Milch nicht in verkehrsfähigem Zustand ist, wird das Gemelk verworfen und die Information an das Managementprogramm weitergeleitet (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005). Der zuständige Herdenmanager sollte daher täglich die Alarmlisten kontrollieren, um eventuell kranke Tiere separieren zu können.

Die Leistung eines AM-Systems variiert je nach Anlage. So gibt es Einboxenanlagen, die einzeln im Stall aufgestellt werden und 55-60 Kühe melken. Mehrboxenanlagen mit zwei bis vier Boxen melken 80 bis 150 Kühe bis zu dreimal am Tag. Sie ähneln einem einseitigen Tandem-Melkstand, wobei die Boxen nacheinander aufgestellt sind (DE KONING, RODENBURG, 2004). Des Weiteren gibt es gegenüberliegende Boxen, die mit einem Arm bedient werden.

Eine wichtige Rolle spielen auch Euter- und Zitzenformen. So müssen vor allem Kühe mit Stufeneuter, Zitzenengstellungen, Zitzenschragstellungen und kleinen, bzw. sehr großen Zitzen gemerzt werden. Negativ wirken sich außerdem starke Euterbehaarung und Beizitzen aus, da diese die Justierungsvorgänge beeinträchtigen können (TRÖGER, 2003).

Auswirkungen auf die Tiergesundheit

Das häufigere Melken hat sowohl positive, als auch negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit (LIND ET AL., 2000). Der Zitzenkanal wird mehrmals täglich gespült und somit auch mögliche Krankheitserreger ausgeschwemmt. Da die Kuh selber den Gang zur Melkbox bestimmt, gibt es kurze, wie auch lange Zwischenmelkzeiten. Bei kurzen Intervallen hat das Zitzengewebe weniger Zeit sich zu erholen. Wohingegen lange Intervalle den Bakterien Zeit geben in die Zitze einzudringen (RASMUSSEN ET. AL., 2001).

Ergebnisse aus den Niederlanden (KLUNGEL ET AL., 1998) und Dänemark (JUSTESEN, RASMUSSEN, 2000) zeigen, dass der somatische Zellzahlgehalt bei Einführung des

automatischen Melkens steigt. Die Erhöhungen sind jedoch meist nur durch die Umstellphase bedingt und pendeln sich in den meisten Fällen nach der Eingewöhnungszeit wieder ein. Weitere statistische Analysen aus den Niederlanden offenbaren, dass die somatischen Zellzahlen nach Einführung von AMS nicht steigen (KLUNGEL ET AL., 1998).

RASMUSSEN nutzte für seine Studie 2001 69 dänische Betriebe mit AMS, mit einer Durchschnittsherdengröße von 90 Tieren. Er kam zu dem Ergebnis, dass der durchschnittliche Zellzahlgehalt, der als Indikator für Mastitis gilt, im ersten Jahr nach der Umstellung auf automatische Melksysteme stieg. Der Gehalt stieg in den ersten Monaten nach der Veränderung. Er fiel jedoch im folgenden Jahr wieder. Des Weiteren wurde deutlich, dass die Milchmenge der Tiere stieg, was RASMUSSEN mit häufigerem Melken erklärt. Er ist der Meinung, dass der Umstellungsphase mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte, um Probleme zu minimieren (RASMUSSEN ET AL., 2001).

Ein weiteres Projekt zu AMS stammt aus Dänemark, den Niederlanden und Großbritannien. Es wurde die Gesundheit der Kühe untersucht, die von automatischen Melksystemen gemolken wurden. Ziel war es, herauszufinden welche Auswirkungen die Umstellung vom konventionellen zum automatischen Melken hatte. Beim Wechsel wurden keine signifikanten Beeinträchtigungen in Sachen Körperkondition (BCS), Lahmheit oder Zitzenverfassung festgestellt (HILLERTON ET AL.).

Nach der Umstellung auf automatische Melksysteme fehlt der intensive Kontakt zwischen Melker und Kuh. Einige Krankheiten sind schwerer bzw. später erkennbar. Durch die Fortschritte bei der Entwicklung der Managementsoftware lassen sich heute jedoch bereits frühzeitig Unregelmäßigkeiten in der Milch, wie eine veränderte Leitfähigkeit erkennen, was zu einer schnelleren Krankheitserkennung führt (FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005).

FÜBBEKER UND KOWALEWSKY zeigen Ergebnisse nach der Befragung von 18 Betrieben (Tabelle 1), die verdeutlichen, dass bei Färsen und Kühen nach der Umstellung auf Dauer oftmals weniger Euterprobleme auftreten. Auf Stoffwechselstörungen, Klauen- und andere Erkrankungen sind demnach ebenfalls keine signifikanten Auswirkungen bekannt.

Tabelle 1: Tiergesundheit nach dem Wechsel auf ein automatisches Melksystem (nach FÜBBEKER, KOWALEWSKY, 2005, geändert)

Tiergesundheit nach dem Wechsel auf AMS	Euterentzündungen		Anzahl Antworten der 18 Betriebe			
	Färsen	Kühe	Drei-strichigkeit	Stoffwechselstörungen	Klauenerkrankungen	Sonstige Erkrankungen
Deutlich mehr	0	0	2	1	1	0
Eher mehr	2	2	2	0	3	3
Gleich	5	4	6	10	10	12
Eher weniger	8	10	6	4	4	2
Deutlich weniger	3	2	1	3	0	1
Keine Angabe	0	0	1	0	0	0

Produkttypen automatischer Melksysteme

In der vorliegenden Arbeit werden die automatischen Melksysteme drei verschiedener Hersteller hinsichtlich ihres Melkvakuums verglichen. Ausgewählt wurden das Astronaut Melkrobotersystem von Lely (A3), das Robotic Dairy System (RDS) von SAC und der Melkroboter VMS (Voluntary Milking System) von DeLaval.

Das Astronaut Melkrobotersystem von Lely besteht vorwiegend aus den Materialien Edelstahl und Kohlefasern. Mittelpunkt des Systems ist der dreidimensional bewegliche Roboterarm, mit dessen Hilfe die Zitzen gereinigt und die Melkbecher angesetzt werden. Lely arbeitet bei der Zitzenreinigung mit gegenläufig rotierenden Bürsten, die nicht nur die Zitze selbst, sondern auch die Euterunterseite reinigen (Abb. A1). Nach der Reinigung werden die Becher mit Hilfe eines Lasersensors angesetzt und der Arm verbleibt unter der Kuh. Der Astronaut A3 sorgt während der Melkung für eine viertelindividuelle Pulsation. In Zusammenhang mit einem Milchqualität- Kontrollsystems wird diese den Anforderungen pro Viertel angepasst. Nach der Abnahme werden die Zitzenbecher gereinigt. Optional kann beim A3 ein Dampfreinigungssystem eingesetzt werden, welches Bakterien ohne den Einsatz von

Reinigungsmitteln abtötet. Neben den üblichen Informationen, wie Melkzeit, Melkgeschwindigkeit, Milchfarbe, Leitfähigkeit und Milchmenge, wird das Gewicht der Kühe bei jeder Melkung im Melkroboter ermittelt und im Herdenmanagementsystem gespeichert. Dies ist eine wesentliche Information, die zur Krankheitsdiagnose beitragen kann (LELY GMBH DEUTSCHLAND).

Hauptelement des SAC Robotic Dairy System ist ein schwerer Arm eines Industrieroboters, der allein ein Parallelsystem mit zwei Boxen bedient, und somit bis zu 150 Kühe melken kann (Abb. A2). Am Arm befindet sich ein separater Zitzenbecher, der die Zitzen wäscht, trocknet und vormelkt. Im nächsten Schritt greift der Arm die Melkbecher und setzt diese einzeln an. Die Zitzenfindung geschieht mittels Laser und Kamera. Während des Melkvorgangs fährt der Roboterarm in die Ausgangsposition zurück und der Scannerkopf, sowie der Reinigungsbecher werden gespült. Die Abnahme der Zitzenbecher erfolgt automatisch und viertelindividuell. Eine Wascheinheit reinigt und desinfiziert das Melkzeug nach jedem Melkvorgang (S.A. CHRISTENSEN & CO).

Der Melkroboter VMS von DeLaval ist mit einem hydraulisch betriebenen Roboterarm aus verstärktem Stahl ausgestattet. Er bereitet die Zitzen für das Melken vor, setzt die Zitzenbecher an, richtet die Milchschräume aus und desinfiziert die Zitzen nach dem Melken. Eine Kamera in Kombination mit einem Doppellaser sorgt für die Zitzenerkennung. Diese werden dann einzeln in einem separaten Vorbereitungsbecher mit warmem Wasser und Druckluft gereinigt. Dies sorgt gleichzeitig für Stimulation. Nach dem vormelken wird die Zitze getrocknet und der Melkarm setzt die Zitzenbecher für den Melkvorgang an. Jedes Euterviertel wird beim VMS einzeln gemolken (Abb. A3). Eine Software prüft Milchmenge, Melkdauer, elektrische Leitfähigkeit und eventuelle Blutbeimengungen. Nach der Abnahme wird jeder Zitzenbecher innen und außen gespült. Anschließend werden sie mit der Kopföffnung nach unten im Zitzenbechermagazin aufbewahrt. Restwasser kann so abfließen und Schmutzpartikel fallen nicht in die Becher. Die Melkstation verfügt über eine offene Bauweise, die es ermöglicht die Zitzenbecher auch von Hand anzusetzen. Der Roboterarm, die Tore und das Standgerüst sind aus elektropoliertem Stahl. Der Rest der Station besteht aus Edelstahl (DeLaval, 2009).

3 Material und Methoden

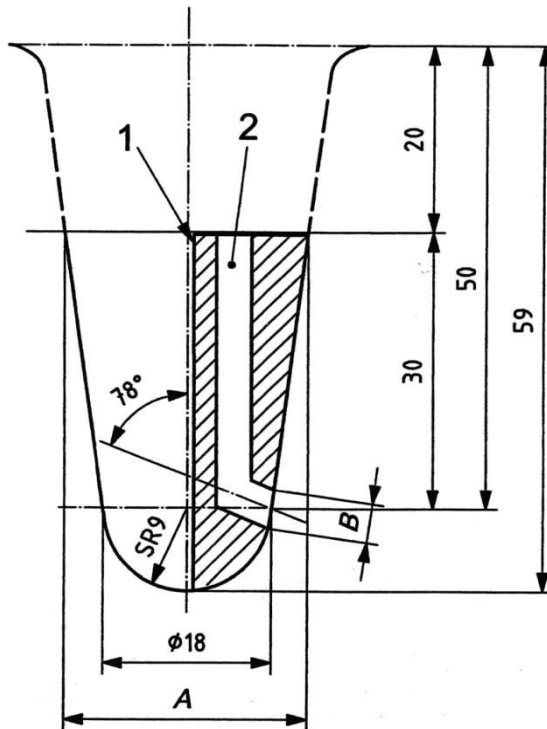
Vakuummessung

Die Vakuummessungen zur objektiven Beurteilung des zitzenahen Melkvakuums wurden auf verschiedenen Versuchsstandorten, praxisnah, durchgeführt. Untersucht wurden die bereits näher beschriebenen Automatischen Melksysteme, an jeweils zwei unterschiedlichen Standorten, so dass insgesamt sechs Praxisversuche durchgeführt wurden. Die Automatischen Melksysteme werden im Folgenden mit AMS A, B, C, D, E, F bezeichnet.

Es wurden Nassmessungen nach DIN ISO 2007 durchgeführt. Als Flüssigkeit wurde Milch verwendet (Abb. A4). Die Nassmessmethode ermöglicht die Simulation des Melkvorgangs, da im Gegensatz zur Trockenmessung die Wirkung vom Flüssigkeits- Luftgemisch an der Zitze erfasst werden kann (ROSE, 2005).

Für den Versuch werden die ISO-Zitzen des Kunsteuters an einen Durchflussregler angeschlossen, um für die Messung verschiedene Milchflüsse zu simulieren. Dieser ist ebenfalls über vier Schläuche mit einem separaten Milchtank verbunden (Abb. A5 und A6).

Die Zitzen (Abbildung 6) bestehen aus einem starren Werkstoff. Nach der DIN ISO 6690 (2007) werden die Austrittsöffnungen von dem Zitzengummi verschlossen, und die Zitze so angebracht, dass der geschlossene Zitzengummi die Öffnung der Zitze abdeckt.



Legende

- 1 Messkanal
- 2 Flüssigkeitskanal
- A Durchmesser der künstlichen Zitze
- B Durchmesser der Austrittsöffnung der künstlichen Zitze

Abbildung 6: Künstliche Zitze (DIN ISO 2007)

Für die in Tabelle 2 aufgeführten standardisierten Durchflussmengen sollte jeweils eine Vakuummessung durchgeführt und aufgezeichnet werden. Da die AMS unterschiedliche Schaltschwellen zur Melkzeugabnahme haben, konnte insbesondere bei niedrigen Durchflussraten teilweise keine vollständige Messung durchgeführt werden.

Während des Melkvorgangs wurde das Vakuum mit dem Druckmessgerät „BoviPress“ der Firma A & R TRADING GMBH gemessen. Hiermit lässt sich synchron an zehn Messstellen (Abbildung 7) der Druck in Melkanlagen messen. Um die Drucksensoren vor Flüssigkeit oder Schmutz zu schützen, sind sie in Kunststoffdosen untergebracht. Die Sensoren sind überwiegend mit T-Stücken versehen worden, welche dem Innendurchmesser des Schlauches angepasst waren. Weicht der Durchmesser ab, müssen die Sensoren mit einer Messnadel (16 G-Nadeln) versehen werden, die dazu auf den herausragenden Kunststoffschlauch gesteckt werden. Im Messgerät werden die zehn analogen Messsignale gebündelt und in digitale

umgewandelt. Zusätzlich wird der Umgebungsluftdruck von einem weiteren Sensor ermittelt. Es sind gleichzeitig zehn Messungen möglich. Die maximale Messrate beträgt 2 msec/10 Sensoren. Der Hersteller gibt eine Messgenauigkeit von $\pm 0,1$ kPa an (AHRWEILER, 2000). Die DIN ISO 6690 fordert eine Messgenauigkeit von mindestens $\pm 0,6$ kPa.

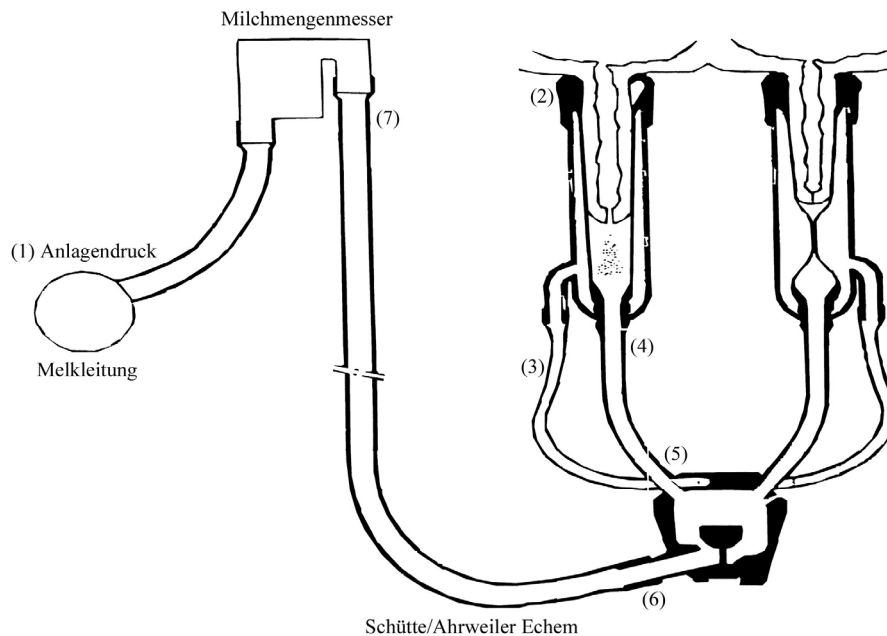


Abbildung 7: Messstellen am Melkzeug (AHRWEILER, 2000)

Untersuchte automatische Melksysteme

Die durchgeführten Messungen erstreckten sich über Deutschland und Dänemark. Bei allen Versuchen wurden als Standard die Durchflussmengen [0,8] [2,0] [2,8] [4,0] [4,8] [5,6] [6,0] [7,0] [8,0] eingestellt. Bei den Messungen zu AMS A, B und E konnten nicht bei allen Standarddurchflussmengen Messungen durchgeführt werden, da sich die Einstellung des Durchflusses als schwierig erwies. Neben den hier verwendeten Durchflussmengen gibt Tabelle 2 außerdem einen Überblick zu den wichtigsten Eigenschaften der einzelnen Melksysteme. Bei allen sechs getesteten Automatischen Melksystemen waren frequenzgesteuerte Vakuumpumpen eingebaut. Bei allen Melksystemen lag Wechseltakt vor, wobei das Taktverhältnis und die Pulszyklen weitestgehend gleich waren.

Tabelle 2: Darstellung der untersuchten Systeme

	AMS					
	A	B	C	D	E	F
Baujahr	2000	2008	2008	2008	2008	2006
Messdatum	14.07.2008	15.08.2008	01.10.2008	15.01.2009	17.02.2009	25./26.03.2009
Anlagen-vakuum	46 kPa	47 kPa	44 kPa	44 kPa	40 kPa	44 kPa
Durchflussmenge in l/min	4,0; 4,8; 5,6;6,0; 7,2	Standard, außer 7,0 und 8,0	Standard	Standard	Standard, außer 0,8	Standard
Verwendete Flüssigkeit	Kuhmilch	Kuhmilch	Kuhmilch	Kuhmilch	Kuhmilch	Testflüssigkeit
Taktverh.	65/35	65/35	65/35	65/35	60/40	60/40
Pulsation	60 Zyklen /min	60 Zyklen /min	60 Zyklen /min	60 Zyklen /min	60 Zyklen /min	60 Zyklen /min
Konstruktionsmerkmale	Einzelne Schlauchführung	Einzelne Schlauchführung	Modul	Modul	Einzelne Schlauchführung	Einzelne Schlauchführung
Schlauchlänge bis zum Sammelstück	Ca. 2m	Ca. 2m	Ca. 1m	Ca. 1m	Ca. 2,5 m	2,5 m
Innen-durchmesser Milchschlauch	12 mm	12 mm	12 mm	12 mm	13 mm	11 mm

Ergebnisauswahl und –darstellung

Zur statistischen Auswertung wurden die mit dem speziellen Messprogramm aufgezeichneten Datensätze in Excel® und Access® übertragen und anschließend mit SAS bearbeitet. Es wurde jeweils der erste Messdurchgang ausgewertet, da die Ergebnisse der ersten Wiederholung zumeist ohne vorzeitige Abnahme des Melkzeuges aufgezeichnet werden konnten. Berechnet wurden jeweils Minimal-, Maximal- und Mittelwerte. Diese bildeten die Grundlage zur weiteren Berechnung von Vakuumschwankungen und Vakuumabfall.

Die Vakuumschwankung ist der Unterschied zwischen dem errechneten Minimal- und Maximalwert und erfolgt nach folgender Berechnung (DIN ISO 6690, 2007):

$$VS = \frac{p_{\max 1} + p_{\max 2} + p_{\max 3} + p_{\max 4} + p_{\max 5} + \dots + p_{\max n}}{n} - \frac{p_{\min 1} + p_{\min 2} + p_{\min 3} + p_{\min 4} + p_{\min 5} + \dots + p_{\min n}}{n}$$

VS = Vakuumschwankung

p_{\max} = maximaler Druck pro Puls

p_{\min} = minimaler Druck pro Puls

Die jeweiligen Maxima und Minima wurden zumeist aus 16 Pulsen ermittelt, bis auf zwei Ausnahmen, bei denen nur sieben und 14 Pulszyklen ausgewertet wurden. Nach DIN ISO-Richtlinie 6690 (2007) müssen mindestens fünf Pulszyklen ausgewertet werden.

Der Vakuumabfall errechnet sich durch Subtraktion des mittleren Vakuums der B-Phase vom Betriebsvakuum. Alle Berechnungen erfolgten nach Vorgabe der DIN ISO-Richtlinie 6690 (2007).

Um festzustellen, ob statistisch signifikante Unterschiede bei Vakuumschwankungen und Vakuumabfall zwischen den einzelnen Produkttypen bestehen, wurde der nichtparametrische Wilcoxon-Test durchgeführt (SUMPFF, MOLL, 2004). Die Berechnung wurde mit der Statistiksoftware SAS Version 9.1.3 Service Pack 4 vorgenommen.

4 Ergebnisse und Diskussion

Vakuumverlauf

Die folgenden Abbildungen (8-10) stellen von jeweils einem Produkttyp ein Verlaufsdiagramm des Vakuums dar. Dabei wird der Vakuumverlauf an verschiedenen Punkten am automatischen Melksystem dargestellt.

Abbildung 8 zeigt den Vakuumverlauf beim AMS B, bei einem Milchfluss von 6 l/min. Es handelt sich hier um alternierende Pulsation, wobei die jeweils rechte und linke Euterhälfte mit dem gleichen Pulsvakuum versorgt werden. Das mittlere Vakuum gemessen an der Zitze hinten links beträgt 38,45 kPa. Für die Zitze vorne links ergibt sich ein Wert von 33,58 kPa. Das Vakuum an der Zitzenspitze bleibt beim AMS B stets unter dem Anlagenvakuum von 47 kPa. Die Pulskurven für HL und VL sind identisch und fallen ab Erreichen des Anlagenvakuums sehr schnell bis 10 kPa ab. Danach erfolgt ein etwas langsamerer Abfall bis Atmosphärendruck erreicht wird.

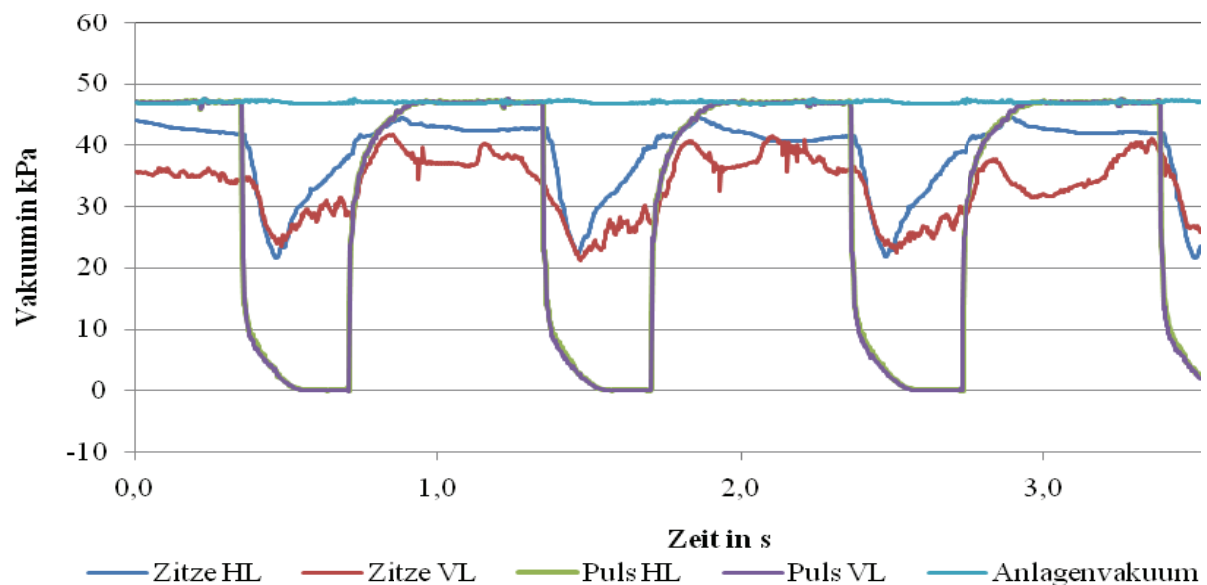


Abbildung 8: Vakuumverlauf beim AMS B, bei einem Durchfluss von 6 l/min

Den Vakuumverlauf fürs AMS D zeigt Abbildung 9. Auch hier liegt ein Milchfluss von 6 l/min und alternierende Pulsation vor. Das mittlere Vakuum der Zitze hinten links beträgt 37,29 kPa, und für die linke vordere Zitze beträgt es 37,20 kPa. Auch beim AMS D bleibt das Vakuum an der Zitzenspitze stets unter dem Anlagenvakuum von 44 kPa. Im Unterschied zu

AMS B fällt das Vakuum hier in der C-Phase von 44 kPa bis 25 kPa. Ab 25 kPa verlangsamt sich der Abfall, bis Atmosphärendruck erreicht wird. Der Verschluss des Zitzengummis in der Entlastungsphase erfolgt also bei AMS D geringfügig langsamer als beim AMS B und F. Dies wirkt sich auf Dauer und Vakuumhöhe der Entlastungsphase aus. Diese ist enorm wichtig, da neben Milch auch Blut und Lymphe in die Zitze gesaugt werden. Die Entlastungsphase verhindert eine Blutansammlung in der Zitze und sollte mindestens 35% der Pulsation einnehmen. Ursache für ein langsames Einfalten des Zitzengummis kann das verwendete Material sein. Steifere Gummiarten falten sich später ein als weichere.

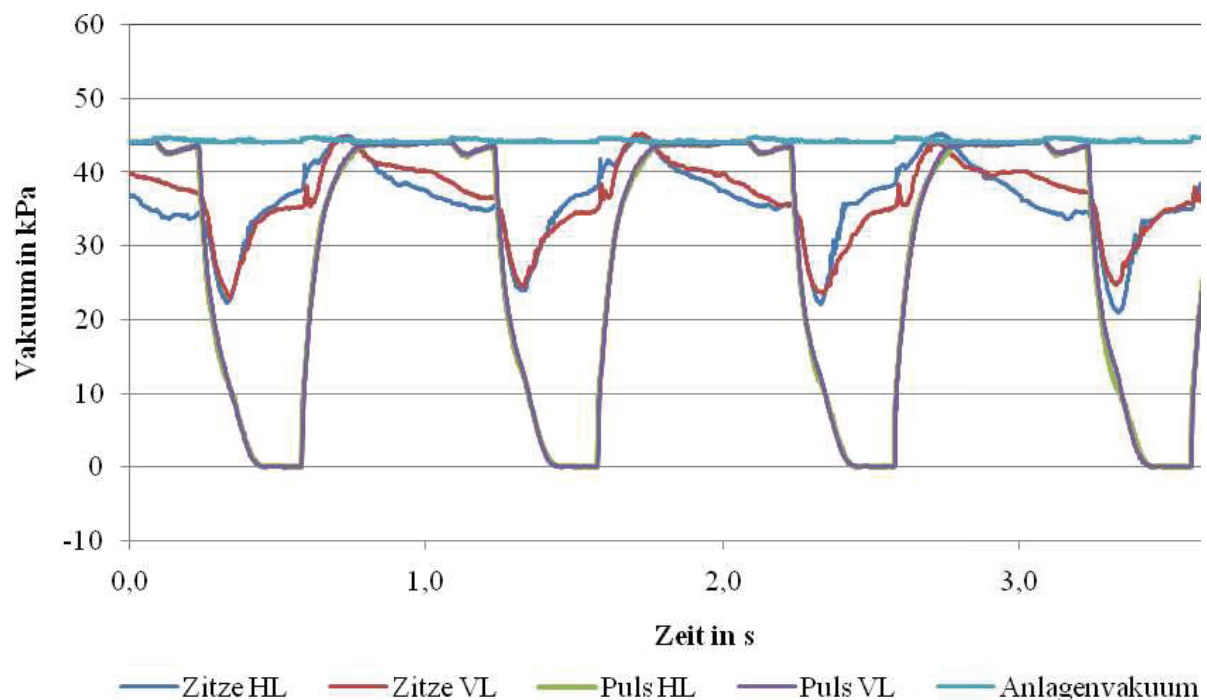


Abbildung 9: Vakuumverlauf beim AMS D, bei einem Durchfluss von 6 l/min

Anders als bei den vorhergegangenen Melksystemen werden beim AMS F (Abbildung 10) die jeweils vorderen und hinteren Euterhälften mit unterschiedlichem Pulsvakuum versorgt. Auffallend hier ist, dass das zitzenahe Vakuum der vorderen linken Zitze bei jedem Pulszyklus über das Anlagenvakuum steigt. Der Mittelwert der Vakuumwerte der vorderen linken Zitze beträgt 41,36 kPa. Der Durchschnittswert liegt sehr nah am Anlagenvakuum, welches 44 kPa beträgt. Mit den 41,36 kPa weist das AMS F im Vergleich mit AMS B und D den höchsten mittleren Vakuumwert an der Zitze auf. Der mittlere Vakuumwert der hinteren linken Zitze liegt bei 37,83 kPa. Beim AMS F und auch beim AMS D (Abbildung 12) wird im Milchschauch die Höhe des Anlagenvakuums früher wieder erreicht als beim AMS B (Abbildung 11).

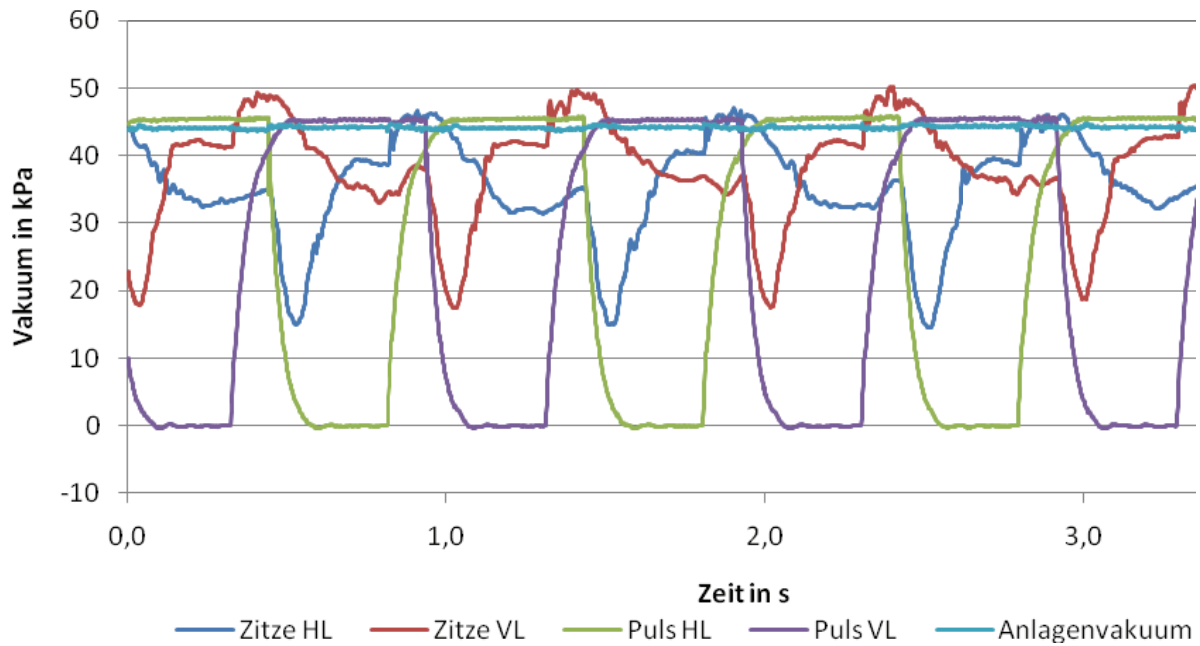


Abbildung 10: Vakuumverlauf beim AMS F, bei einem Durchfluss von 6 l/min

Beim AMS F liegt das Vakuum unter der Zitzenspitze zeitweise über, aber auch deutlich unter dem mittleren Anlagenvakuum. Dies wird besonders an der vorderen linken Zitzenspitze deutlich. Ursache für diese zyklischen Schwankungen sind Zitzengummibewegungen. SCHLAIB (1994) stellte fest, dass die Höhe der Zitzengummigeschwindigkeit Einfluss auf die zyklischen Schwankungen hat. Hauptfaktor für zyklische Schwankungen ist jedoch die tierindividuelle Milchflussintensität, also der Milchdurchsatz pro Zeiteinheit, welcher in Abbildung 11 bei 6 l/min liegt (MAYER, 2003; SCHLAIB, 1994; WORSTORFF, 1976).

Nach Hömberg (2008) soll das Zitzenvakuum in der Entlastungsphase unter 20 kPa sinken und vor allem in den Saugphasen durchgängig gleich bleiben, um für geringe Nachgemelke zu sorgen und die Zitzen zu schonen. Dies ist bei den AMS B, D und F nur teilweise der Fall. Lediglich bei AMS B liegt eine Affinität in der Saugphase vor. Bei den AMS D und F fällt das Vakuum über den Zeitverlauf der B-Phase relativ stark ab.

Die DIN ISO 5707 fordert für das an der Zitzenspitze bei maximalem Milchfluss anliegende Vakuum einen Optimalbereich zwischen 32 und 40 kPa. Dieser Bereich liegt unter dem Anlagenvakuum. Dies erklärt sich dadurch, dass die ausströmende Milch die evakuierten Milchwege immer wieder ausfüllt und der Milchstrom daher Vakuumsenkend wirkt. WORSTORFF gibt einen physiologisch vertretbaren oberen Grenzwert für das zitzenahe Vakuum mit 38 – 43 kPa an. Das durchschnittliche Vakuum an der Zitzenspitze liegt bei den AMS A, D und F zwischen 33,58 und 41,36 kPa. Somit überschreitet keins der drei den

oberen Optimalbereich von WORSTORFF. Jedoch liegen sie alle mit mindestens einem Wert darunter. WORSTORFF argumentiert, dass durch ein zu niedriges Vakuum die Melkdauer unphysiologisch verlängert wird. Demnach sollte vor allem bei AMS A und D ein geringfügig höheres Durchschnittsvakuum an der Zitzenspitze erreicht werden. Positiv zu bewerten ist, dass bei allen AMS das Anlagenvakuum konstant bleibt und keinen starken Schwankungen unterliegt.

Vergleich der Euterviertel

In Abbildung 11 ist der Abfall des Vakuums an den Zitzenspitzen an allen vier Eutervierteln am AMS B dargestellt. Das mittlere Vakuum an der Zitzenspitze sinkt mit steigendem Milchfluss an allen Eutervierteln. Zu solchen Ergebnissen kommen auch WORSTORFF (1976) und HERRMANN (1985) in ihren Ausführungen. Es ist erkennbar, dass das Vakuum mit zunehmendem Milchfluss immer stärker abfällt. Die Werte zum Vakuumabfall liegen bei geringerem Milchfluss nah beieinander, weichen ab einem Fluss von 3 l/min pro Euterviertel jedoch immer mehr voneinander ab, wobei HL und VR, und VL und HR tendenziell eher zusammenliegen. Der größte Abfall beträgt 13,2 kPa und ist bei einem Durchfluss von 6 l/min am vorderen linken Euterviertel zu verzeichnen. Schon bei einem Durchfluss von 4 l/min sind VR und HL bereits über 8 kPa Vakuumverluste zu verzeichnen. Nach DIN ISO 5707 darf das Vakuum bei einem Fluss von 5 l/min nur um 5 kPa abfallen. Treten höhere Vakuumabfallwerte auf, ist mit negativen Auswirkungen auf die Zitzengesundheit zu rechnen. Wie HÖMBERG (2008) darstellt, senken hohe Vakuumverluste nicht nur die Milchflussraten, sondern erhöhen auch die Melkdauer und sorgen somit für höhere Belastungen an den Zitzen.

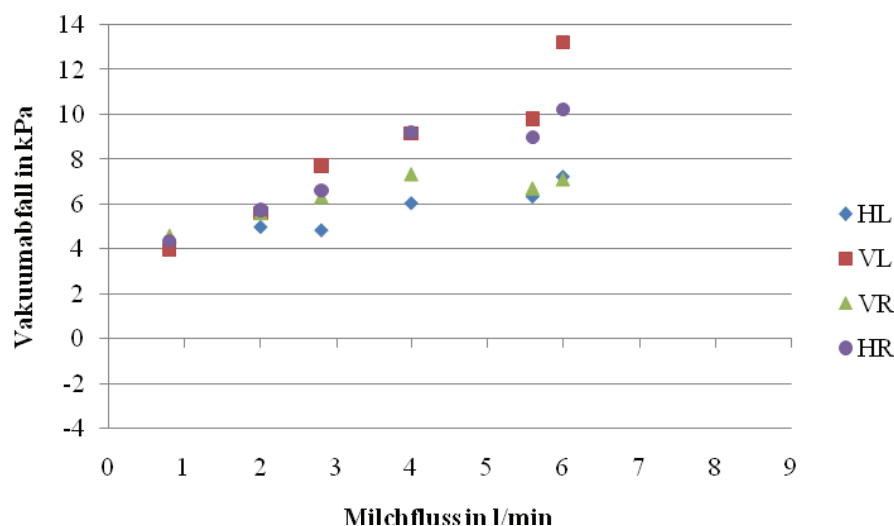


Abbildung 11: Vakuumabfall AMS B

Den Vakuumabfall des zweiten Produkttyps zeigt Abbildung 12. Der Vakuumabfall wird auch hier mit steigendem Milchfluss größer. Im Gegensatz zu AMS B liegen die Werte beim AMS D näher zusammen. Der größte Vakuumabfall ist hier ebenfalls am vorderen linken Viertel zu verzeichnen, beträgt jedoch nur 5,1 kPa. Im Vergleich mit den anderen AMS weist

das automatische Melksystem dieses Produkttyps beim Vakuumabfall den geringsten Unterschied unter den einzelnen Vierteln auf. Die Werte zum Vakuumabfall liegen bei allen eingestellten Durchflussraten nah beieinander, sie weichen auch bei einem hohen Milchfluss nur gering voneinander ab. Tendenziell liegen hier eher die beiden linken und die beiden rechten Euterviertel zusammen.

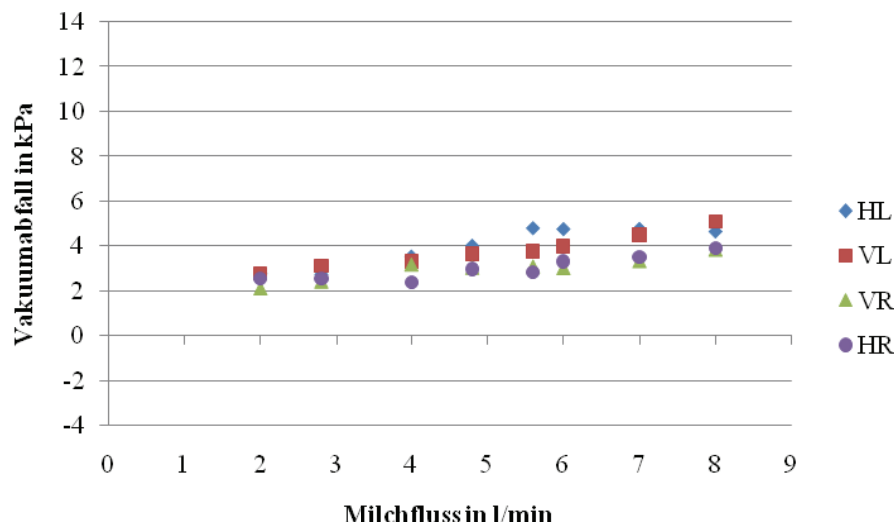


Abbildung 12: Vakuumabfall AMS D

Den Vakuumabfall mit steigendem Milchfluss beim AMS F zeigt Abbildung 13. Auffallend ist, dass am vorderen linken Euterviertel bis zu einem Milchfluss von 6 l/min kein Vakuumabfall auftritt. Bis zum genannten Durchfluss liegt hier das mittlere Melkvakuum über dem Anlagenvakuum. Dies ist auch in Abbildung 10 erkennbar. Das Vakuum steigt in diesem Fall kurzzeitig über das Anlagenvakuum. Die drei anderen Euterviertel liegen beim AMS F alle sehr nah zusammen. Es ergibt sich ein maximaler Vakuumabfall an der vorderen rechten Zitze von 7,7 kPa. An allen Abbildungen zum Vakuumabfall (Abb. 11-13) wird deutlich, dass der größte Vakuumverlust am maximalen Durchfluss auftritt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch WORSTORFF (1976).

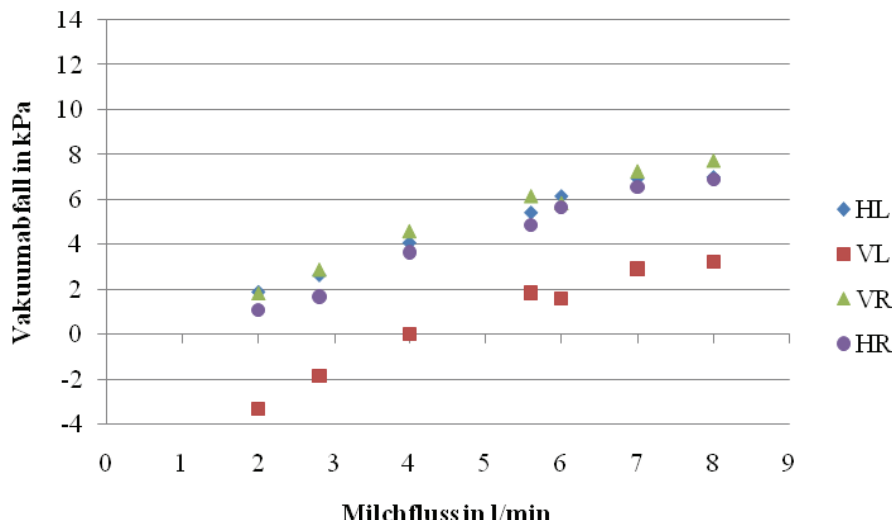


Abbildung 13: Vakuumabfall AMS F

In den folgenden drei Abbildungen (Abb. 14-16) sind die ermittelten Vakuumschwankungen der Melksysteme bei verschiedenen Durchflussmengen separat für jedes Euterviertel dargestellt. Die Vakuumschwankungen vom AMS B sind in Abbildung 14 festgehalten. Die Schwankungen der einzelnen Euterviertel befinden sich auf ähnlichem Niveau, wobei das hintere rechte Euterviertel die geringsten Schwankungen aufweist. Anders als beim Vakuumabfall an diesem AMS, gibt es hier keinen Zusammenhang zwischen dem Durchfluss und den Vakuumschwankungen. Die geringste Schwankung bei 6 l/min an der hinteren linken Zitze beträgt 3,1 kPa, während die größte Schwankung beim gleichen Milchfluss pro Minute am vorderen linken Euterviertel mit 10,3 kPa erkennbar ist.

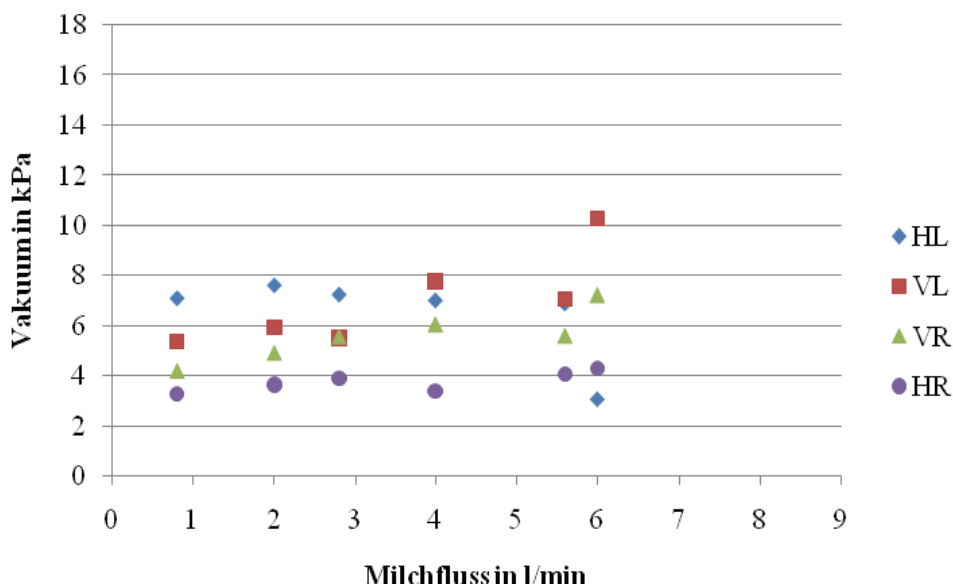


Abbildung 14: Vakuumschwankung AMS B

Sehr nah beieinander liegen die Vakuumschwankungen beim AMS D (Abbildung 15). Es ist ein schwacher Trend erkennbar, der zeigt, dass die Schwankungen bei steigendem Milchfluss stärker werden. Auch MAYER (2003) kommt zu dem Schluss, dass je höher der Milchfluss, die Schwankungen intensiver werden. Er plädiert für einen kontinuierlichen Lufteinlass am Sammelstück, der die Schwankungen reduzieren sollte. Alle verwendeten AMS verfügten jeweils über einen Lufteinlass in Höhe des Melkbecherendes. Anders als beim AMS B, bei dem die Schwankungen bei einem niedrigen Niveau beginnen (3,3 kPa), beträgt die kleinste Schwankung beim AMS D bereits 6,3 kPa. Die größte Schwankung wird am hinteren rechten Euterviertel bei einem Durchfluss von 7l/min erreicht und beträgt 9,8 kPa. Dass die Milchflussintensität die zyklischen Vakuumschwankungen beeinflusst stellt WORSTORFF (1976) fest. Seiner Meinung nach entstehen Vakuumschwankungen durch zyklische Volumenänderungen des pulsierenden Zitzengummis, welche hauptsächlich durch den Milchfluss geprägt sind. Um seine These zu festigen, zeigt er auf, dass beim Blindmelken praktisch keine Schwankungen auftreten, während bereits bei 4 l/min starke zyklische Fluktuationen auftreten. Dieser Trend ist in Abbildung 15 ersichtlich und verstärkt sich in Abbildung 16 bei den Vakuumschwankungen des AMS F.

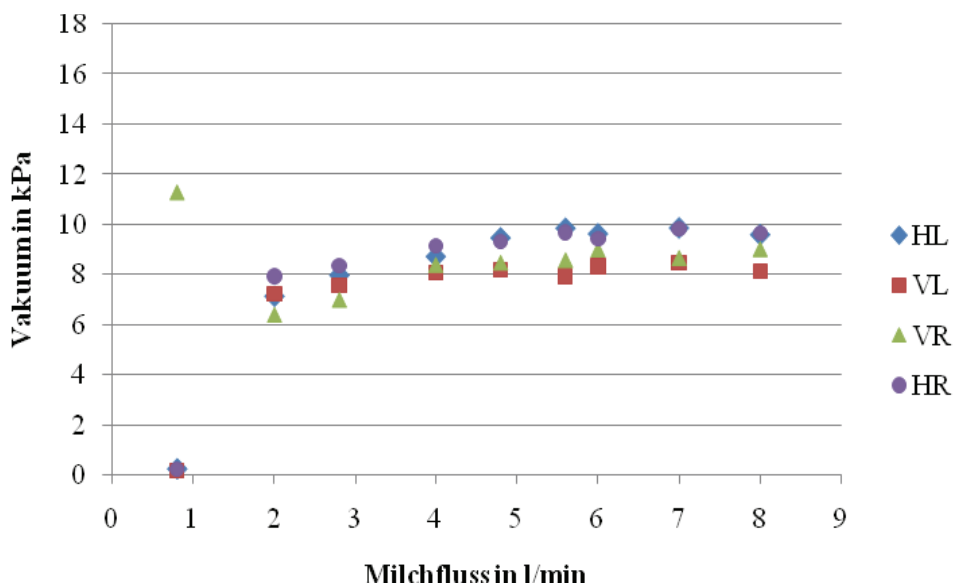


Abbildung 15: Vakuumschwankungen AMS D

Die ermittelten Vakuumschwankungen des AMS F verdeutlicht Abbildung 16. Hier ist deutlich erkennbar, dass die Schwankungen mit steigendem Milchfluss intensiver werden. Die Euterviertel liegen in diesem Fall alle sehr nah beieinander. Die Schwankungen beginnen

bereits bei einem Durchfluss von 2 l/min auf einem sehr hohen Niveau von 8,2 kPa. Der Maximalwert wird bei einem Milchfluss von 7 l/min erreicht und beträgt 16,6 kPa.

Das AMS dieses Produkttyps weist auf alle vier Viertel bezogen die stärksten Vakuumschwankungen auf.

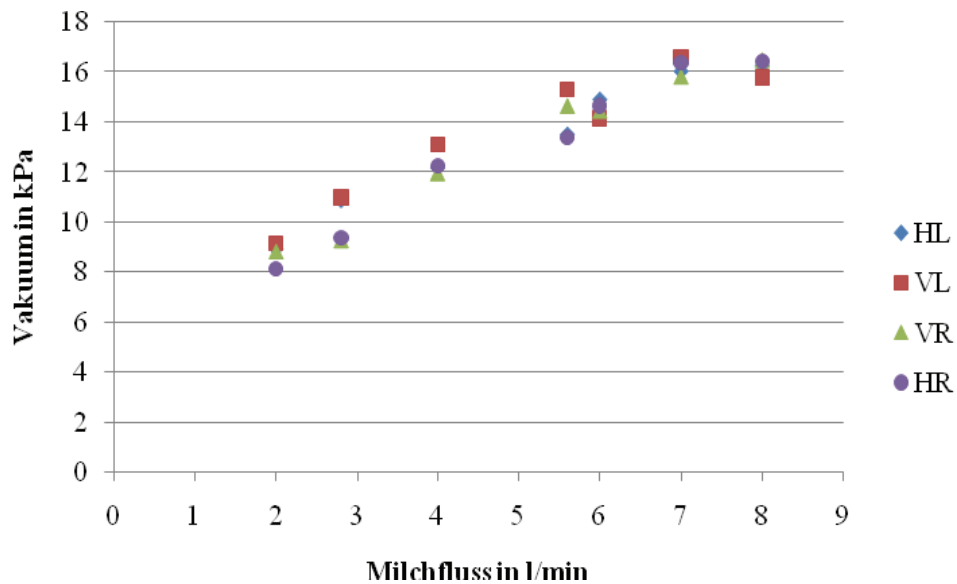


Abbildung 16: Vakuumschwankungen AMS F

Die Ergebnisse zu den Automatischen Melksystemen A, C und E sind in Tabellenform dargestellt und im Anhang zu finden.

Vakuumbabfall

Um die Produkttypen vergleichen zu können, wurden die Mittelwerte für den Vakuumbabfall aus allen vier Eutervierteln berechnet (Abbildung 17).

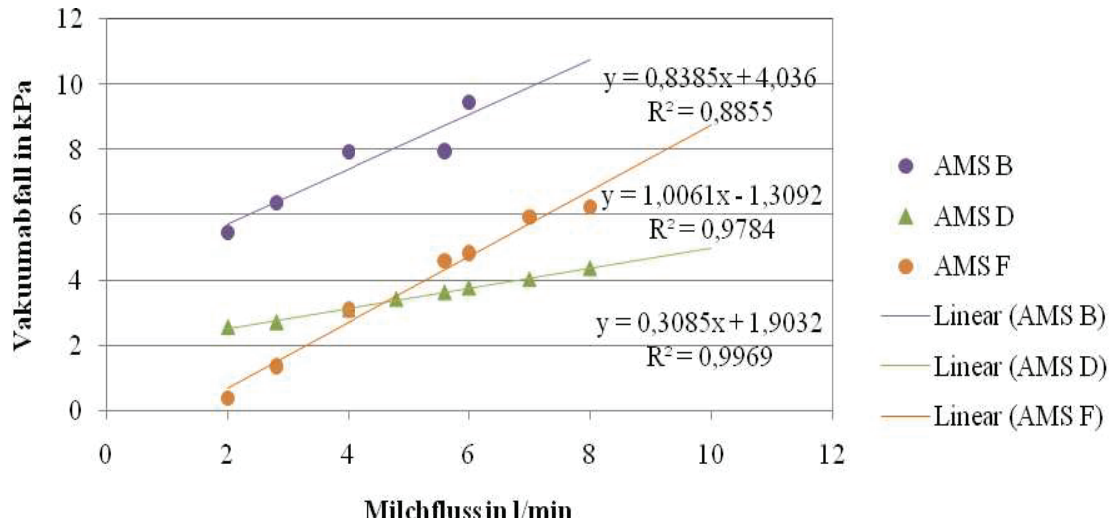


Abbildung 17: Vergleich des Vakuumbabfalls bei allen AMS

Es wird deutlich, dass der Vakuumbabfall, wie schon in den Abbildungen 11-13 ersichtlich, an der Zitzenspitze mit steigendem Milchfluss zunimmt. Um den Verlauf und einen möglichen Trend des Vakuumbabfalls darzustellen, wurden Regressionsgeraden für jede Messreihe berechnet. Die Werte der AMS D und F liegen sehr nah beieinander, auf einem niedrigeren Niveau als AMS B. Der höchste Vakuumbabfall von 9,5 kPa kann beim AMS B, bei einem Durchfluss von 6 l/min beobachtet werden. Wogegen der geringste Abfall von 0,4 kPa vom AMS F bei einem geringen Durchfluss von 2 l/min erreicht wird. Beim AMS F steigt der Vakuumbabfall mit zunehmendem Milchfluss am stärksten an. Ein Grund dafür können die verwendeten Milchschräuche sein, die mit 2,50 m im Vergleich mit den anderen getesteten AMS die längsten sind. ROSE (2005) legt in ihren Ausführungen dar, dass der von WORSTORFF (1976) festgestellte Zusammenhang, dass der Innendurchmesser der Milchschräuche Einfluss auf das Vakuum an der Zitzenspitze hat, auch für viertelindividuelle Melkzeuge gilt. Diese Erkenntnis belegt auch Abbildung 18. Da hier nur das mittlere Vakuum an der Zitzenspitze dargestellt ist, muss der Vakuumbabfall bei jedem Durchfluss aus dem Anlagenvakuum abzüglich des jeweiligen mittleren Vakuums ermittelt werden. Die

Melkzeuge MZ A, MZ B und MZ C wurden bei einem Anlagenvakuum von 40 kPa betrieben. MZ A und B sind zwei zentralenlose Melkzeuge, welche am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. zu Versuchszwecken aufgebaut wurden. Bei diesem Aufbau endeten die „kurzen Milchschräuche“ vor dem Milchmengemesser in einem Rohr, welches mit dem Milchmengemesser über ein kurzes „langen Milchschräuch“ verbunden ist (ROSE, 2005). Als Zitzenbecher wurden Becher mit einer Kopfbelüftung eingesetzt. Bei MZ A waren die „kurzen Milchschräuche“ wie folgt bemessen: 12 mm Innendurchmesser, bei 1800 mm Länge und bei MZ B betragen die Maße 16 mm Innendurchmesser bei 1350 mm Länge. Die übrigen Melkzeuge waren handelsübliche Melkzeuge mit Sammelstück und kurzen Milchschräuchen, welche zwischen 150 und 200 mm lang waren. MZ D und E sind vom gleichen Hersteller produziert und wurden bei einem Anlagenvakuum von 43,8 kPa betrieben, (MZ C bei 40 kPa).

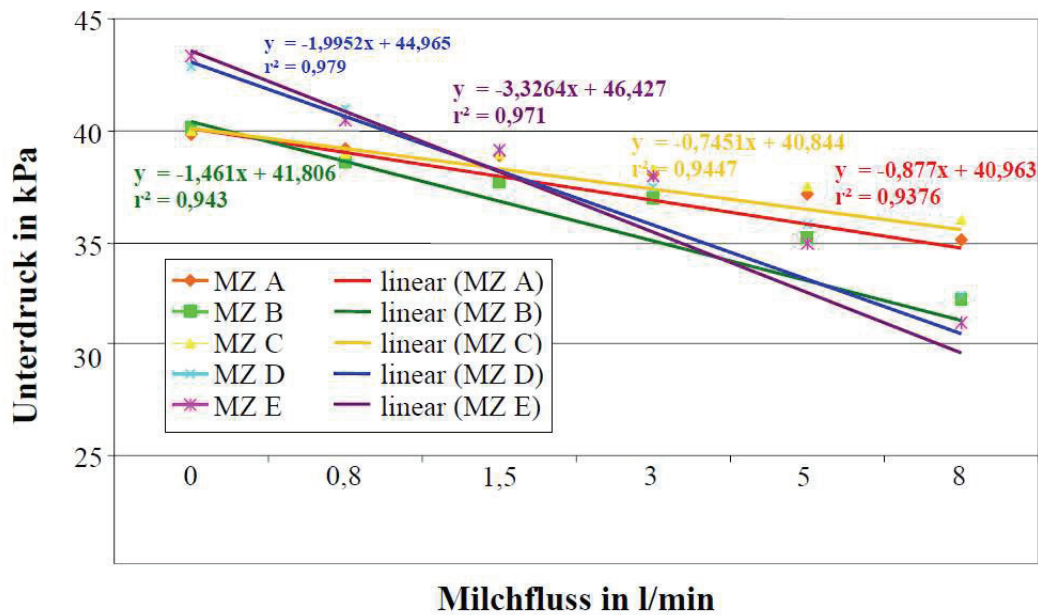


Abbildung 18: Mittleres Vakuum unter der Zitzenspitze in Abhängigkeit vom Milchfluss bei verschiedenen Melkzeugen nach ROSE 2005.

Der höchste Vakuumabfall in Abbildung 18, wird demnach bei MZ D und E registriert. MZ A und MZ C weisen den geringsten Vakuumabfall auf, womit belegt wird, dass mit einem 1350 mm langen „kurzen Milchschräuch“ ein ähnlich niedriger Vakuumabfall erreicht werden kann, wie mit einem konstruktiv ausgereiften konventionellen Melkzeug. Das MZ B mit 1800 mm langen „kurzen Milchschräuchen“ hat sogar etwas niedrigere Vakuumabfallwerte als die beiden konventionellen Melkzeuge D und E, wobei alle drei Melkzeuge über den gleichen

Milchschlauchinnendurchmesser von 12 mm verfügten. Absolut gesehen weisen MZ B, D und E jedenfalls einen hohen Abfall von bis zu 13 kPa bei einem Milchfluss 8 l/min auf.

Im Vergleich zu den in dieser Arbeit untersuchten automatischen Melksystemen kann festgestellt werden, dass sowohl bei konventionellen Melkzeugen als auch bei zentralelosen Systemen bzw. Melkzeugen niedrige Vakuumabfallwerte möglich sind, wenn die Konstruktion größere Volumina in Zitzennähe vorsieht. Dies kann sich allerdings in Bezug auf Vakuumschwankungen und den Gehalt an freien Fettsäuren in der Milch je nach Konstruktion wiederum negativ auswirken. Aus diesem Grunde werden, wie die vorliegende Arbeit zeigt, auch heute bei den untersuchten AMS noch keine Schläuche mit 16 mm Innendurchmesser eingesetzt. Überraschend ist, dass beim Vergleich beider Messreihen festgestellt werden kann, dass AMS B ähnlich hohe Vakuumabfallwerte wie MZ E und F aufweist. AMS F weist ähnliches Verhalten wie beim MZ B auf, da MZ B zentralelos war, liegen hier sehr ähnliche konstruktive Verhältnisse in Bezug auf Schlauchlänge und Innendurchmesser vor. Die besten Werte wurden mit AMS D (Milchschlauchlänge ca. 1000 mm) erreicht. Hier ist der Abfall auf fast gleich niedrigem Niveau, wie bei MZ A und C. Damit ist belegt, dass bei der neuen Generation von AMS bereits niedrige Vakuumabfälle möglich und künftig noch niedrigere Vakuumabfallwerte zu erwarten sind.

Das Verhältnis Schlauchlänge zu Innendurchmesser sollte so gewählt werden, dass noch eine vollständige Viertelgemelktrennung erhalten bleibt und die Parameter „freie Fettsäuren“ in der Milch und „Vakuumschwankungen“ nicht steigen. In Bezug auf das Vakuumverhalten eines Systems können jedenfalls kurze dicke Schläuche empfohlen werden. Schläuche unter etwa 1500 mm Länge sind nach bisherigem Stand der Technik jedoch nur bei AMS in Modulbauweise möglich. Hierbei hängen die Melkbecher dann nicht mehr völlig frei am Euter. Es können nach ROSE (2005) Vertikalkräfte an den Zitzen auftreten. Ob hohe Vertikalkräfte oder ein hoher Vakuumabfall sich stärker negativ auf die Eutergesundheit auswirkt, sollte in weiteren Studien herausgefunden werden.

Bestätigend belegt auch WORSTORFF (2001), dass kleine Innendurchmesser bei langen Schläuchen im Vergleich zu größeren Durchmessern die Vakuumverluste verstärken können. Der gleichen Auffassung ist auch HÖMBERG (2008), der darstellt, dass zu lange Milchschläuche über 2,30 m mit geringen Innendurchmessern in der Praxis zu unakzeptabel hohen Vakuumverlusten führen. AMS D weist die geringste Steigung auf und ist somit am geringsten vom Milchfluss abhängig. Bei diesem Produkttyp wurden auch die bis zum

Milchabscheider kürzesten Schläuche verwendet (1 m). Dies wirkt sich offenbar positiv auf die Vakuumverhältnisse aus.

Dass mit steigendem Milchfluss das mittlere Vakuum an der Zitzenspitze nahezu linear sinkt, fanden auch WORSTORFF (1977), HERRMANN (1985) und ROSE (2005) in ihren Untersuchungen schon heraus. Bei allen dreien wird deutlich, dass die durchschnittliche Vakuumhöhe mit zunehmendem Flüssigkeitsdurchsatz sinkt und das Melkvakuum an der Zitzenspitze Schwankungen aufweist (Abbildung 19). Nach WORSTORFF (1976) kann nicht von einem stabilen Vakuum an der Zitzenspitze gesprochen werden. Auch KIELWEIN verdeutlicht, dass auch bei einwandfreien Melkanlagen, die keinerlei Undichtheiten im vakuumzuführenden und milchableitenden System vorweisen, konstruktionsbedingte Vakuumschwankungen nicht zu vermeiden sind. Seiner Meinung nach können Vakuumschwankungen auch Ursache einer ungenügenden Stimulierung der Zitze sein und demnach zu einer Verringerung der Milchflussintensität führen. Da die hier durchgeführten Versuche nur am Kunsteuter durchgeführt wurden, wurde keine zusätzlich mögliche Zitzenstimulierung durchgeführt. Demnach kann die These KIELWEINS mit dieser Untersuchung nicht gestützt werden.

Nachdem der Wilcoxon-Test für die gemessenen Daten durchgeführt wurde, ist erwiesen, dass AMS B den stärksten Vakuumabfall zu verzeichnen hat. Dieses Ergebnis zeigt auch Tabelle 3. Es wurden weiterhin Tendenzen zu den AMS D und F ersichtlich, aber diese konnten wegen verletzten Voraussetzungen für die Methodik nicht angewendet werden. Sicher ist jedoch, dass AMS B sich signifikant von AMS D und F unterscheidet.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Gesamtüberblick über den Vakuumabfall der sechs verglichenen Automatischen Melksysteme. Anders als für die vorhergegangenen Abbildungen wurden hier nicht die Mittelwerte der Euterviertel als Grundlage genommen, sondern die Durchschnittswerte aller Messungen. Alle einzelnen Vakuumabfallwerte für jedes Euterviertel, bei jedem gemessenen Milchfluss wurden gemittelt. Hier ist eindeutig zu erkennen, dass der Produkttyp der AMS C und D den geringsten Vakuumabfall zu verzeichnen hat. Auch der durchschnittliche Vakuumabfall ist mit 3,15 kPa im Vergleich mit den anderen am geringsten beim AMS C. Den stärksten Vakuumabfall hingegen weist AMS B mit 13,2 kPa auf. Auch hier wird ersichtlich, dass die größten Vakuumabfallwerte bei hohen Durchflussraten auftreten.

Tabelle 3: Vergleich der Automatischen Melksysteme hinsichtlich Vakuumbabfall

	A*	B	C	D	E	F
kleinster Vakuumbabfall	5,92 kPa bei 4,2 l/min	3,96 kPa bei 0,8 l/min	0 kPa bei 2 l/min	2,13 kPa bei 2,0 l/min	2,43 kPa bei 2,0 l/min	-3,3 kPa bei 2,0 l/min
Größter Vakuumbabfall	10,5 kPa bei 5,7 l/min	13,2 kPa bei 6,0 l/min	4,8 kPa bei 6,0 l/min	5,1 kPa bei 8,0 l/min	12,7 kPa bei 6,0 l/min	7,7 kPa bei 8,0 l/min
Durchschnittlicher Vakuumbabfall	8,04 kPa	7,02 kPa	3,15 kPa	3,45 kPa	5,77 kPa	3,77 kPa

*Aufgrund technischer Probleme mit dem Durchflussbegrenzer waren bei dieser Messung keine Durchflussmengen unter 4 l/min möglich.

Vakuumschwankungen

Die ermittelten Vakuumschwankungen der untersuchten AMS B, D und F bei verschiedenen Durchflussmengen zeigt Abbildung 19 vergleichend.

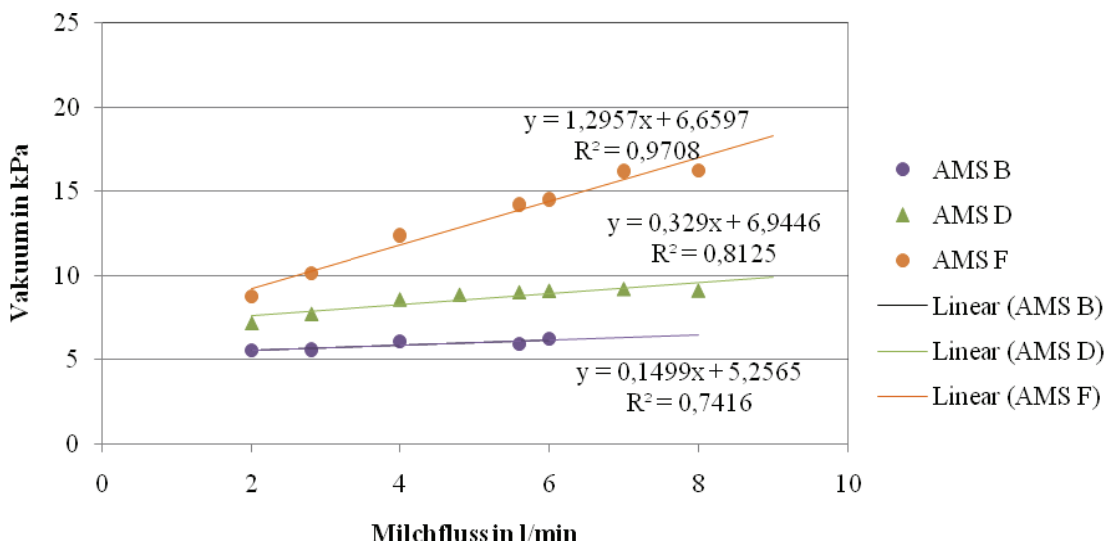


Abbildung 19: Vergleich der Vakuumschwankungen bei allen AMS

Die stärksten Schwankungen weist im Vergleich AMS F auf. Die Schwankungen steigen hier deutlich mit steigendem Milchfluss, so weist dieses Automatische Melksystem eine starke Abhängigkeit vom Milchfluss auf. Nicht ganz so ausgeprägt ist dieser Trend bei den AMS B

und D. Sie haben eine geringere Steigung von 0,329 und 0,1499. Bis zu einem Milchfluss von 8 l/min kann in Bezug auf die genutzten Daten von einem linearen Zusammenhang zwischen Durchfluss und Vakuumabfall ausgegangen werden. In diesem Fall lässt sich dieser Trend mit der Länge der Milchschräume und deren geringen Innendurchmessern erklären. Laut WORSTORFF (1976) sind auch für die unregelmäßigen Schwankungen Ursachen in den Schlauchlängen und Durchmessern zu suchen. Grund ist die verstärkte Pfropfenbildung in längeren und dünneren Schläuchen. Worstorff geht soweit zu sagen, dass „aufgrund der vielfältigen, im Rahmen von Praxisversuchen kaum zu kontrollierenden Interaktionen [...] eine klare Aussage über die Bedeutung von Vakuumschwankungen kaum zu treffen“ ist. BJERRING UND RASMUSSEN zeigen in ihren Ausführungen, dass bei automatischen Melkssystemen die Vakuumschwankungen größer sind als bei konventionellen Melkssystemen. Als Ursache hierfür nennen sie den geringeren Lufteinlass als bei konventionellen Melkssystemen. Dass die Konstruktion der Melkzeuge für Vakuumschwankungen verantwortlich sein kann, verdeutlicht WORSTORFF (1977). Er geht bei diesem Thema soweit, dass bei richtiger Auswahl und Auslegung des Melkanlagentyps gewisse Vakuumschwankungen vermieden werden können.

Der durchgeführte Wilcoxon-Test ergab, dass sich alle drei AMS signifikant voneinander unterscheiden. Dabei weist AMS F die signifikant höchsten und AMS B die signifikant niedrigsten Schwankungen auf. Die Ergebnisse konnten bei einem weiteren Test, bei welchem der Milchfluss als Einflussfaktor ins Modell einbezogen war, bestätigt werden. Die gleichen Ergebnisse zeigt auch nachfolgende Tabelle für alle verwendeten AMS.

Tabelle 4: Vergleich der Automatischen Melkssysteme hinsichtlich Vakuumschwankungen

	A*	B	C	D	E	F
Kleinste Schwankung	3,11 kPa bei 4,2 l/min	3,10 kPa bei 6,0 l/min	4,99 kPa bei 2,0 l/min	6,38 kPa bei 2,0 l/min	7,65 kPa bei 2,8 l/min	8,17 kPa bei 2,0 l/min
Größte Schwankung	21,16 kPa bei 5,7 l/min	10,26 kPa bei 6,0 l/min	9,41 kPa bei 5,6 l/min	9,85 kPa bei 7,0 l/min	32,56 kPa bei 6,0 l/min	16,57 kPa bei 7,0 l/min
Durchschnittliche Schwankungen	11,52 kPa	5,7 kPa	7,64 kPa	8,60 kPa	16,82 kPa	13,21 kPa

*Aufgrund technischer Probleme mit dem Durchflussbegrenzer waren bei dieser Messung keine Durchflussmengen unter 4 l/min möglich.

Demnach weist das AMS B die kleinste Schwankung mit nur 3,10 kPa bei 6 l/min auf. Auch beim errechneten Durchschnitt der Schwankungen zeigt AMS B das beste Ergebnis. Die

schlechtesten Werte sind bei den AMS E und F zu finden, was sich, wie oben bereits erläutert, mit den Schlauchlängen erklären lässt. AMS C und D liegen, was die Schwankungen angeht im Mittelfeld, wobei die größten Schwankungen jeweils noch unter denen von AMS B liegen. Das beste Ergebnis zeigt zusammenfassend das AMS D. Es weist nicht nur die geringsten Werte beim Vakuumabfall auf, sondern erzielt auch bei den Schwankungen gute Werte. Im Gegensatz zu den anderen weist dieser Produkttyp ein Melkmodul auf. Nach Rose (2005) und Worstorff (1976) lassen sich sowohl Vakuumschwankungen, als auch Vakuumabfall an der Konstruktion der Melkzeuge erklären.

5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen bei allen automatischen Melksystemen, dass das mittlere Vakuum an der Zitzenspitze mit steigendem Milchfluss sinkt. Bei den Schwankungen ist ein ähnlicher Trend ersichtlich. Es konnte verdeutlicht werden, dass sich sowohl Vakuumschwankungen, als auch Vakuumabfall mit der Konstruktion der Melkzeuge erklären lassen können.

Die Resultate weisen auch darauf hin, dass sowohl niedrige Vakuumabfallwerte als auch Vakuumschwankungen kaum unter gleichen konstruktiven Bedingungen mit einem Schlauchinnendurchmesser bis 14 mm erreichen lassen. Deshalb kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse festgestellt werden, dass beim Produkttyp der AMS C und D ein sehr guter Ausgleich zwischen Vakuumabfall- und Schwankungsreduktion gelungen ist. So werden beim Produkttyp A und B niedrige Schwankungen bei einem hohen Vakuumabfall erreicht. Gegensätzlich hierzu werden bei Produkttyp E und F ein niedriger Vakuumabfall bei hohen Vakuumschwankungen erreicht. Da jedoch sowohl bei Vakuumabfall als auch bei Vakuumschwankungen besonders die hohen Werte als euterschädigend erkannt wurden (DIN ISO-Richtlinie 5707 (2007)), ist bei Produkttyp C und D der beste Kompromiss für die untersuchten Geräte gefunden worden. Dieser ist vermutlich nur durch die modulare Bauweise und die dadurch vorhandenen kurzen Milchschräuche möglich. Die Systeme A, B, E und F weisen hingegen aufgrund der Einzelschlauchführung geringere Vertikalkräfte für die jeweiligen Kuhzitzen auf. Generell können die Werte für Vakuumschwankungen und Vakuumabfall durch Elektronikeinsatz voraussichtlich noch stärker verringert werden. Hier besteht noch Forschungsbedarf. Wird in Zukunft eine Unabhängigkeit des Vakuumzustandes von den konstruktiven Parametern der Milchschräuche erreicht, so kann die Konstruktion in Bezug auf geringe Vertikalkräfte am Euter und hinsichtlich niedriger Gehalte an freien Fettsäuren in der Milch optimiert werden.

Dies sollte langfristig zu einem automatischen Melkprozess führen, welche sich noch schonender als bisher auf das Kuheuter auswirkt.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden sechs automatische Melksysteme der drei führenden Hersteller hinsichtlich ihres Vakuumverhaltens untersucht. Dazu wurden Praxisversuche (Nassmessungen, DIN ISO 6690) bezüglich Vakuumschwankungen und Vakuumabfall durchgeführt. Das Vakuumverhalten an der Zitzenspitze ist entscheidend, wenn es um die Vermeidung von euterphysiologischen Krankheiten geht.

In den Versuchen wird deutlich, dass ein Einfluss von Länge und Innendurchmessers der Milchschräuche auf das Vakuumverhalten an der Zitze festgestellt werden kann. Die Ergebnisse von AMS F zeigen, dass bei einem Einsatz von langen Schläuchen mit größerem Schlauchinnendurchmesser die Vakuumverluste steigen. Im Vergleich dazu fallen die Ergebnisse beim AMS D, mit kurzen Milchschräuchen deutlich besser aus.

Bei allen durchgeführten Messungen wurde ersichtlich, dass das durchschnittliche Vakuum an der Zitzenspitze mit steigendem Milchfluss sinkt. Den stärksten Abfall hat das AMS B zu verzeichnen. Hier sinkt das Vakuum schon bei geringen Durchflussmengen sehr stark. Obwohl AMS F nicht die besten Werte aufweisen kann, muss festgestellt werden, dass der Vakuumabfall bis zu einem Durchfluss von 4 l/min sehr niedrig ist und erst ab höherem Fluss stärker ansteigt. Den geringsten Abfall weist der Produkttyp der AMS C und D auf. Hier ist der Abfall nur gering vom Milchfluss abhängig.

Dass die Schwankungen mit steigendem Milchfluss stärker werden, konnte nicht bei jeder Messung bestätigt werden. AMS B weist die geringsten Schwankungen auf, die jedoch nicht vom Milchfluss abhängig sind. Die stärksten Schwankungen hingegen konnten beim AMS F festgestellt werden. Sind die Schwankungen bis zu einem Milchfluss von etwa 3 l/min noch fast gleich stark, werden sie ab einem höheren Fluss sehr viel stärker.

Es kann also festgestellt werden, dass beim Produkttyp der AMS C und D unter den untersuchten Geräten der beste Kompromiss zwischen niedrigem Vakuumabfall und Vakuumschwankungen gefunden wurde. Insgesamt wurden bei Produkttyp C und D außerdem ähnlich gute Vakuumwerte wie bei konventionellen Melkzeugen erreicht.

7 Literatur

- AgriDirekt (2009): Deutsche Markt bietet mehr Möglichkeiten für Melkroboter. <http://www.agridirect.nl/news.php#nieuws1245308165,82780>, am 02.09.2009; Platziert am 17.07.2009.
- Ahrweiler, C. (2000): Bedienungsanleitung BoviPress, A & R Trading GmbH.
- Bjerring, M.; Rasmussen, M. D. (2002): Vacuum fluctuations in the liner during automatic milking.
- Bockholdt, Britta (2009): Persönliche Mitteilung, LKV (Landeskontrollverband) Mecklenburg-Vorpommern, 16.03.2009.
- Brunotte-Schütte, G. (2000): Zitzengummis müssen passen. Land & Forst, H. 9/2000, S. 46-48.
- De Koning, K., Rodenburg, J.: Automatic Milking: state of the art in Europe and North America. Hrsg: Meijering, A., Hogeveen, H., de Koning, C.J.A.M. (2004): Automatic Milking. Wageningen Academic Publishers, S.27-36.
- De Laval (2009): <http://www.delaval.de/Products/default/DeLaval-VMS-in-detail/default.htm> am 05.03.2009; letzte Aktualisierung: 27.10.2008.
- Deutz, A., Obritzhauser, W. (2003): Eutergesundheit und Milchqualität – Krankheiten erkennen, vorbeugen, handeln. Leopold Stocker Verlag, Graz, 99-102.
- DIN ISO 5707 (2007): Melkanlagen (Begriffe).
- DIN ISO 5707 (2007): Melkanlagen (Konstruktion und Leistung).
- DIN ISO 6690 (1998): Melkanlagen (Mechanische Prüfungen).
- DIN ISO 6690 (2007): Anhang A; Laborprüfung des Vakuums in der Melkeinheit.
- Freiberger, F., Baumeister, J., Lehmann, B. (2005). In: Automatisches Melken in modernen Milchviehställen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
- Friggens, N.C., Rasmussen, M.D. (2001): Milk quality assessment in automatic milking systems: accounting for the effects of variable intervals between milking on milk composition. Department of Animal Health and Welfare, Danish Institute of Agricultural Science.
- Fübbeker, A., Kowalewsky, H.-H. (2005): Praxiserfahrungen mit automatischen Melksystemen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 5-7, 19-20.
- Grimm, H. (1991): Konzepte zur Melkmaschinensteuerung und Realisierung in einem computergestützten Melkstand – Ansätze zum individuellen Melken. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim, 1991.

- Harms, Dr. J. (2009): Automatisches Melken – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Hermann, A. (1985): Untersuchungen zur Zitzengummibewegung und zum Strömungsverhalten der Milch in Melkzeugen mit periodischem Lufteinlass. Diplomarbeit, Universität Hohenheim.
- Hermann, A. (1990): Entwicklung eines digitalen Meßsystems zur simultanen Erfassung der Pulsierung, der Zitzengummibewegung und des Drucks auf die Zitze im Melkzeug. Dissertation, Universität Hohenheim.
- Hillerton, J.E., Dearing, J., Dale, J., Poelarends, J.J., Neijenhuis, F., Sampimon, O.C., Miltenburg, J.D.H.M., Fossing, C.: Impact of automatic milking on animal health. Hrsg: Meijering, A., Hogeveen, H., de Koning, C.J.A.M. (2004): Automatic Milking. Wageningen Academic Publishers, S. 125-134.
- Hoefelmayer, Dr. T., Maier, I. (1980): Vom klassischen Zweiraumbecher zum Bio-Milker. Sonderdruck.
- Hogeveen, H., Heemskerk, K., Mathijs, E.: Motivations of Dutch farmers to invest in an automatic milking system or a conventional milking parlour. Hrsg: Meijering, A., Hogeveen, H., de Koning, C.J.A.M. (2004): Automatic Milking. Wageningen Academic Publishers, S. 56-61.
- Hömberg, D. (2008): Wenn Vakuumverluste Kühe krank machen. DLZ Agrarmagazin, H. 11/2008, S. 119-121.
- Justesen, P., Rasmussen, M. D. (2000): Improvement of milk quality by the Danish AMS self monitoring programme. Journal of Dairy Science Vol. 85 No. 11 2869-2878.
- Kielwein, G. (1994): Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene. 3. Auflage. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
- Klungel, G.; Slaghuis, B.; Hogeveen, H. (1998): Melkkwaliteit bij automatisch melken verdient aandacht.
- Lely GmbH Deutschland: Produktinformation Lely Astronaut – Melkrobotersystem.
- Lind, O., Ipema, A.H., de Koning, C., Mottram, T.T., Hermann, H.-J. (2000): Automatic milking: reality, challenges and opportunities. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- LKV Schleswig-Holstein. Persönliche Mitteilung. 21.04.2009
- Mayer, M. (2003): Einflüsse von Pulsierung und Melkparametern auf die Bewegung des Zitzengummis. Diplomarbeit. Universität Hohenheim.
- Pache, S.: Automatisches Melken - Anforderungen an Tier und Mensch am sächsischen Landesamt für Wirtschaft Umwelt und Geologie, Auszug aus Vortrag auf dem Anwenderseminar am 28.04.2008 in Köllitsch. Sächsisches Landesamt für Wirtschaft, Umwelt und Geologie, <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/13712.htm>, 2009

- Rasmussen, M.D., Blom, J.Y., Nielsen, L.A.H., Justesen, P. (2001): Udder health of cows milked automatically. Danish Institute of Agricultural Science, Danish Agricultural Advisory Centre, Danish Dairy Board.
- Rose, S. (2005): Untersuchung mechanischer Belastungen am Euter bei verschiedenen Melksystemen. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG).
- S.A. Christensen & Co.: Produktinformation SAC Robotic Dairy System.
- Schlaiß, G. (1994): Einfluß von modifizierter Zitzengummibewegung auf Milchabgabeparameter und zyklische Vakuumschwankungen. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG).
- Sumpf, D., Moll, E. (2004): Einführung in die Biometrie Bd. 2, Schätzen eines Parameters und Vergleich von bis zu zwei Parametern. Senat der Bundesforschungsanstalten des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.
- Svennersten-Sjaunja, K. M., Pettersson, G. (2008): Pros and Cons of automatic milking in Europe. Department of Animal Nutrition and Management, Uppsala.
- Tröger, F. (2003): Milchgewinnung. Hrsg: Fahr, R.-D., von Lengerken, G. (2003): Milcherzeugung, Grundlagen – Prozesse – Qualitätssicherung. Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 373-387, 428-437.
- Worstorff, H. (1976): Einfluß von Vakuumschwankungen in Melkanlagen auf Pulsierung und Eutergesundheit. Landtechnik, Heft 12/1976, S. 528-530.
- Worstorff, H. (1977): Experimentelle Untersuchung zur Stabilisierung des Vakuums in der Melkeinheit. Habilitationsschrift. Technische Universität München-Weihenstephan.

8 Anhang

Tabelle 5: Ergebnisse des AMS A

Viertel	Vakuum-schwankungen in kPa	Schwankungen Standard-abweichung in kPa	Verlaufsgerade Schwankungen	Vakuum-abfall in kPa	Abfall Standard-abweichung in kPa	Verlaufsgerade Abfall	Anlagen-vakuum
HL	16,34	4,075	$y = 1,51x + 11,06$	7,53	1,711	$y = 0,64x + 5,29$	46
VL	9,60	2,140	$y = -0,06x + 9,81$	6,63	0,576	$y = 0,11x + 6,25$	46
VR	4,93	1,426	$y = 0,27x + 4,13$	9,43	0,827	$y = 0,39x + 8,26$	46
HR	15,23	2,557	$y = 0,66x + 12,91$	8,55	0,828	$y = 0,36x + 7,29$	46

Tabelle 6: Ergebnisse des AMS C

Viertel	Schwankungen in kPa	Schwankungen Standard-abweichung in kPa	Verlaufsgerade Schwankungen	Vakuum-abfall in kPa	Abfall Standard-abweichung in kPa	Verlaufsgerade Abfall	Anlagen-vakuum
HL	7,74	1,3621	$y = -0,85x + 43,52$	3,45	1,861	$y = 0,85x + 0,48$	44
VL	8,72	0,7650	$y = -0,99x + 45,25$	2,21	2,036	$y = 0,99x + 1,25$	44
VR	7,19	1,1549	$y = -0,78x + 43,13$	3,62	1,752	$y = 0,79x + 0,87$	44
HR	6,91	0,7815	$y = -0,76x + 43,32$	3,33	1,784	$y = 0,76x + 0,68$	44

Tabelle 7: Ergebnisse des AMS E

Viertel	Schwankungen in kPa	Schwankungen Standardabweichung in kPa	Verlaufsgerade Schwankungen	Vakuumabfall in kPa	Abfall Standardabweichung in kPa	Verlaufsgerade Abfall	Anlagenvakuum
HL	9,54	1,585	$y = 1,18x + 6,59$	4,02	1,349	$y = 1,02x + 1,48$	40
VL	29,02	3,513	$y = 2,69x + 22,3$	9,48	2,971	$y = 2,29x + 3,76$	40
VR	20,91	1,671	$y = 1,23x + 17,85$	6,79	1,833	$y = 1,38x + 3,33$	40
HR	7,80	0,129	$y = 0,07x + 7,63$	2,78	0,390	$y = 0,29x + 2,06$	40



Abbildung A 1: Zitzenreinigung bei Lely (Foto: Ulrich Ströbel, 2008)



Abbildung A 2: Roboterarm SAC (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)



Abbildung A 3: Ansetzen der Zitzenbecher bei DeLaval (Foto: Ulrich Ströbel, 2008)



Abbildung A 4: Melkbecher am künstlichen Euter (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)



Abbildung A 5: Durchflussregler (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)

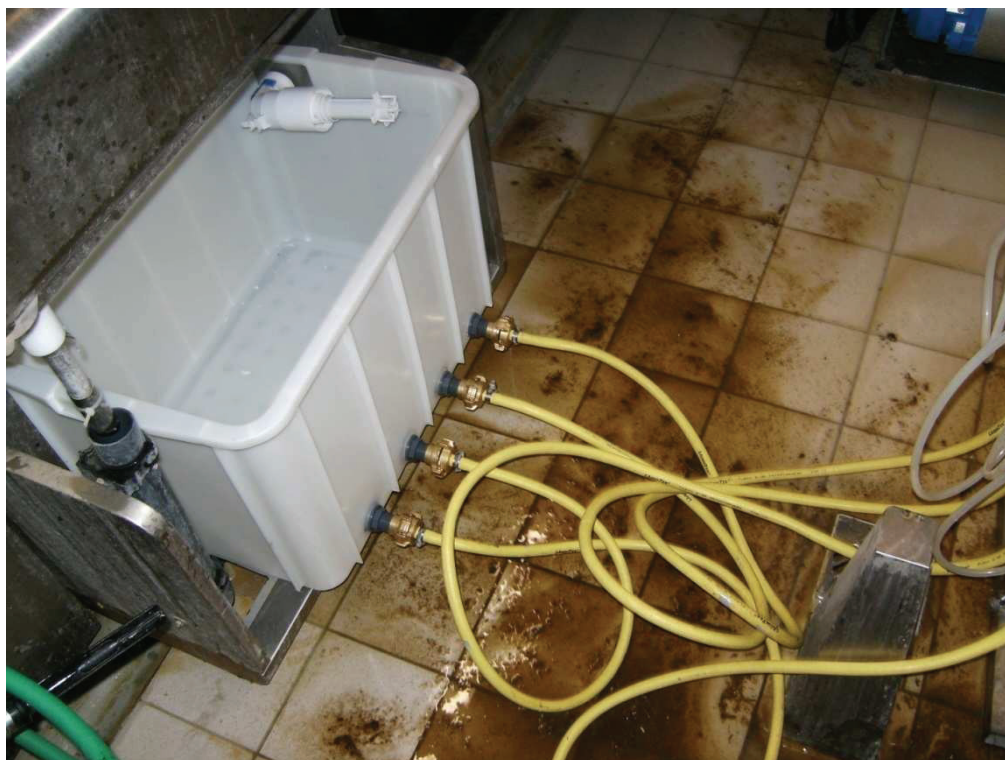


Abbildung A 6: Milchbehälter, verbunden mit Durchflussregler (Foto: Ann-Christin Entorf, 2009)

9 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, die vorliegende Bachelor-Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

Ort/ Datum

Ann-Christin Entorf