

Aus dem Department für Nutztierwissenschaften
- Abteilung Produktionssysteme der Nutztiere -
der Georg-August-Universität Göttingen
Fakultät für Agrarwissenschaften

**Untersuchungen zum Einfluss
melktechnischer Parameter auf die
Zitzenkondition von Milchkühen**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Michael Hubal
geboren in Bremen

Göttingen, Dezember 2010

D 7

Referent: Prof. Dr. Dr. M. Gauly

Korreferent: Prof. Dr. D. Ordolff

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Abbildungsverzeichnis.....	X
1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Literaturübersicht.....	3
2.1 Zitzenkondition und Zitzenkonditionsstörungen.....	3
2.2 Maschiner Milchentzug	5
2.3 Melkanlagenprüfung.....	6
2.4 Melktechnische Parameter	9
2.4.1 Melkdauer	9
2.4.2 Blindmelken und Abnahmeschwelle	9
2.4.3 Vakuumhöhe	11
2.4.4 Pulsierung.....	14
2.4.5 Überdruckapplikation.....	17
2.4.6 Zitzengummi	18
2.4.7 Melkzeug.....	20
3. Material und Methoden.....	22
3.1 Betriebe	22
3.1.1 Leistungsstand.....	22
3.1.2 Technischer Zustand der Melkanlagen	22
3.1.3 Melktechnik der Betriebe.....	23
3.1.4 Melkarbeit in den Betrieben.....	26
3.2 Tiere.....	27
3.2.1 Leistungsstand.....	27
3.2.2 Laktationszahl und Laktationstag	27
3.2.3 Eutergesundheitszustand der ausgewählten Tiere.....	27

3.3 Mess- und Beurteilungsmethoden	28
3.3.1 Druckmessung.....	28
3.3.2 Einfaltdruck des Zitzengummis	30
3.3.3 Milchflussmessung.....	30
3.3.4 Zitzengewebefestigkeit (Zitzendicke).....	31
3.3.5 Zitzenvermessung	32
3.3.6 Zitzenform und Zitzenkuppenform.....	34
3.3.7 Beurteilung der Zitzenkondition	35
3.3.7.1 Zitzenhaut.....	36
3.3.7.2 Zitzenhautfarbe	36
3.3.7.3 Ödeme	37
3.3.7.4 Hyperkeratosen	38
3.3.7.5 Hautfeuchte	39
3.3.8 Anrücken der Versuchstiere	39
3.3.9 Bestimmung des Ausmelkgrades	39
3.4 Ablauf der Untersuchungen	39
3.5 Mathematisch-statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse	41
4. Ergebnisse	42
4.1 Betriebe	42
4.1.1 Fabrikate und Melkzeuge.....	42
4.1.2 Pulsation.....	43
4.1.3 Vakuumverhältnisse.....	43
4.1.4 Zitzengummidesign.....	43
4.2 Tiere	45
4.2.1 Eutergesundheit und Leistung.....	45
4.2.2 Milchflussparameter.....	46
4.2.3 Zitzenhaut.....	47
4.2.4 Zitzenmaße.....	47

4.2.5 Zitzenform und Zitzenkuppenform	48
4.2.6 Grad der Hyperkeratosen	50
4.2.7 Zitzengewebefestigkeit (Zitzendicke).....	50
4.2.8 Ödematisierung an der Zitzenbasis und Kongestion an der Zitzenspitze	51
4.3 Einfluss der untersuchten Merkmale auf die Zitzenkondition (univariate Datenanalyse).....	52
4.3.1 Grad der Hyperkeratosen	52
4.3.2 Hautfarbe.....	63
4.3.3 Gewebefestigkeit.....	69
4.3.4 Kongestion der Zitzenspitze.....	74
4.3.5 Ringbildung.....	79
4.4 Einfluss der untersuchten Merkmale auf die Zitzenkondition (multivariate Datenanalyse)	80
4.4.1 Grad der Hyperkeratosen	80
4.4.2 Hautfarbe.....	80
4.4.3 Gewebefestigkeit.....	81
4.4.4 Kongestion der Zitzenspitze.....	81
5. Diskussion	82
5.1 Betriebsauswahl und Versuchstiere	82
5.2 Zitzenmorphologie	83
5.3 Einflüsse der melktechnischen Variablen	84
5.3.1 Melkdauer	84
5.3.2 Pulsation.....	85
5.3.3 Vakuumhöhen	86
5.3.4 Melkzeug.....	87
5.3.5 Zitzengummi	87
5.3.6 Melkanlagenfabrikat	88
6. Schlussfolgerungen.....	90

7. Zusammenfassung	92
8. Summary	94
9. Literaturverzeichnis	96
10. Anhang	103

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
Abb.	Abbildung
cm	Centimeter
CutiVor	Messwert des modifizierten Kutimeters vor dem Melken
CutiNach	Messwert des modifizierten Kutimeters nach dem Melken
CutDiff%	Differenz der Messwerte des modifizierten Kutimeters vor und nach dem Melken in %
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMKMS	Durchmesser kurzer Milchschauch
DMLMS	Durchmesser langer Milchschauch
EDkPa	Einfaltdruckdifferenz in KiloPascal
g	Gramm
GHKHL	Grad der Hyperkeratose hintere linke Zitze
GHKHR	Grad der Hyperkeratose hintere rechte Zitze
GHKVL	Grad der Hyperkeratose vordere linke Zitze
GHKVR	Grad der Hyperkeratose vordere rechte Zitze
HautFarb	Farbe der Zitzenhaut nach dem Melken
HautFeu	Feuchte der Zitzenhaut nach dem Melken
HautText	Hauttextur
HMF	Höchster Milchfluss
ISO	International Organisation for Standardization
ICAR	International Committee for Animal Recording
k	kilo
Kong	Kongestion
Kopf	Durchmesser Kopflochöffnung des Zitzengummis
KopfVak	Vakuum im Zitzengummikopfraum
KMS	Kurzer Milchschauch
KMSMax	Maximales Vakuum im kurzen Milchschauch während eines Melkzyklus
KMSMin	Minimales Vakuum im kurzen Milchschauch während eines Melkzyklus

L	Liter
LAKTAG	Laktationstage
LE	Lufteinbruch
LKV	Landeskontrollverband
LMS	Langer Milchschauch
LWK	Landwirtschaftskammer
MGG	Gesamtgemelk
min	Minute
MLP	Milchleistungsprüfung
mm	Millimeter
ms	Millisekunde
MZtyp	Melkzeugtyp
pa	Pascal
PA	Pulsationsart (Alternierend oder Simultan)
Prate	Pulsrate (Zyklen je Minute)
RB	Ringbildung an der Zitzenbasis
SCC	Somatischer Zellgehalt
Schaft	Durchmesser des Zitzengummischafte
SD	Standardabweichung
t400	Zeit in Minuten zwischen Milchfluss 400 Gramm je
Minute	und 200 Gramm je Minute am Ende des Melkvorgangs
tAB	Dauer der Abstiegsphase in Minuten
tAN	Dauer der Anstiegsphase in Minuten
tMGG	Dauer der gesamten Melkung in Minuten
tPL	Dauer der Plateauphase in Minuten
VDKMS	Fluktuation des Vakuums im kurzen Milchschauch
während	des höchsten Milchflusses
ZFHL	Zitzenform hintere linke Zitze
ZFHR	Zitzenform hintere rechte Zitze
ZFVL	Zitzenform vordere linke Zitze
ZFVR	Zitzenform vordere rechte Zitze
ZitzDick	Zitzendicke
ZitzLaen	Zitzenlänge

ZKFHL	Zitzenkuppenform hintere linke Zitze
ZKFHR	Zitzenkuppenform hintere rechte Zitze
ZKFVL	Zitzenkuppenform vordere linke Zitze
ZKFVR	Zitzenkuppenform vordere rechte Zitze

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Häufigkeit der Melkanlagenfabrikate und verwendete Melkzeuge	42
Tabelle 2: Pulsationscharakteristika der untersuchten Betriebe.....	43
Tabelle 3: Vakuumverhältnisse im Melkzeug während des Melkens.....	44
Tabelle 4: Zitzengummimaße und Einfaltdruckdifferenz	45
Tabelle 5: Zellgehalte und Gemelksmengen der untersuchten Tiere	46
Tabelle 6: Milchflussparameter der untersuchten Tiere.....	46
Tabelle 7: Zitzenhautbeschaffenheit vor und nach dem Melken	47
Tabelle 8: Zitzenmaße der hinteren linken Zitzen	47
Tabelle 9: Häufigkeit der Zitzenformen.....	48
Tabelle 10:Häufigkeit der Zitzenkuppenformen.....	49
Tabelle 11:Verteilung der Hyperkeratosenstufen nach Eutervierteln.....	50
Tabelle 12:Gewebefestigkeit der Zitzen in cm Kutimeterwert	51
Tabelle 13:Durchschnittliche Melkdauer und durchschnittliche Melkdauer mit geringem Milchfluss nach Hyperkeratoseklassen der Tiere	53
Tabelle 14:Dauer der Pulsationsphasen nach Hyperkeratoseklassen der Tiere....	54
Tabelle 15:Bewertung der Hyperkeratosen nach Pulsationsarten und Vierteln....	55
Tabelle 16:Bewertung der Hyperkeratosen nach Vakuumverhältnissen	56
Tabelle 17:Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkzeug- und Zitzengummi- eigenschaften.....	57
Tabelle 18:Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkzeugtyp.....	58
Tabelle 19:Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkanlagenfabrikat.....	59
Tabelle 20:Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenmaßen	60
Tabelle 21:Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenlänge in Gruppen	60
Tabelle 22:Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenformen	61
Tabelle 23:Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenkuppenformen.....	62
Tabelle 24:Durchschnittliche Melkdauer und durchschnittliche Melkdauer mit geringem Milchfluss in den Hautfarbenklassen nach dem Melken	63
Tabelle 25:Dauer der Pulsationsphasen in den Hautfarbenklassen.....	64
Tabelle 26:Anteil der Zitzen in den Hautfarbenklassen nach Pulsationsart	64

Tabelle 27:Mittlere Vakuumhöhen in den Hautfarbenklassen der Zitzen	65
Tabelle 28:Mittlere Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten in den Hautfarbenklassen der Zitzen.....	66
Tabelle 29:Anteil der Hautfarbenklassen der Zitzen nach Melkzeugtyp.....	67
Tabelle 30:Anteil der Hautfarbenklassen der Zitzen nach Melkanlagenfabrikat..	68
Tabelle 31:Maße der Zitzen in den Hautfarbenklassen.....	68
Tabelle 32:Melkdauer, Abstiegsdauer und Melkdauer mit geringem Milchfluss und Gewebefestigkeitsveränderung der Zitzen nach dem Melken	69
Tabelle 33:Dauer der Pulsationsphasen und Gewebefestigkeitsänderung.....	70
Tabelle 34:Anteil der Gewebefestigkeitsveränderungen nach Pulsationsart	70
Tabelle 35:Mittlere Vakuumhöhen und Gewebefestigkeitsveränderung.....	71
Tabelle 36:Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten und Gewebefestigkeitsveränderung	72
Tabelle 37:Zitzenmaße und Gewebefestigkeitsveränderung	73
Tabelle 38:Melkdauer, Abstiegsdauer und Melkdauer mit geringem Milchfluss in Bezug zu vorhandener Kongestion der Zitzenspitze.....	74
Tabelle 39:Dauer der Pulsationsphasen und das Auftreten von Kongestionen	75
Tabelle 40:Anteil der Kongestionen nach Pulsationsart	75
Tabelle 41:Vakuumhöhen und Kongestionen der Zitzenspitze	76
Tabelle 42:Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten und das Auftreten von Kongestionen.....	77
Tabelle 43:Zitzenmaße und das Auftreten von Kongestionen.....	78
Tabelle 44:Mittlere Werte der Zitzengummidaten und das Auftreten von Ringbildung an der Zitzenbasis.....	79
Tabelle 45:Ergebnisse der binären logistischen Regression für das Auftreten von Kongestionen anhand von melktechnischen und morphologischen Variablen	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufbau einer Melkanlage (LWK Niedersachsen, 2006).....	6
Abbildung 2:	Stellung des Zitzengummis in den Melkphasen (verändert nach DeLaval, 2008).....	15
Abbildung 3:	Darstellung des Vakuums im Pulsraum (aus DIN/ISO 3918/2010).....	15
Abbildung 4:	Zitzengummibegriffe und Maße (nach DIN/ISO 3918/2010)	25
Abbildung 5:	Die Messstellen im Melkzeug.....	29
Abbildung 6:	Messnadel im kurzen Milchschauch (Schema).....	29
Abbildung 7:	Zitzengummikopf mit eingeführtem Tubus	29
Abbildung 8:	Beispiel eines Milchabgabeprofiles (Aus: Bedienungsanleitung LactoCorder®)	31
Abbildung 9:	Cutimeter zur Messung der Gewebefestigkeit (Nach Hamann und Mein, 1988).....	32
Abbildung 10:	Messlehre zur Zitzenvermessung.....	33
Abbildung 11:	Einsatz der Messlehre zur Zitzenvermessung	33
Abbildung 12:	Zitzenformen nach Grunert (1990)	34
Abbildung 13:	Zitzenkuppenformen nach Grunert (1990).....	35
Abbildung 14:	Stufen der Zitzenhautkondition.....	36
Abbildung 15:	Zitzen mit Ringwulst an der Basis	37
Abbildung 16:	Einteilung der Hyperkeratosen (verändert nach Mein et al., 2001)	38
Anhang		
A1	DIN/ISO Protokoll Niedersachsen nach DIN/ISO 6690/1998..	103
A2	Rückseite Protokoll Niedersachsen nach DIN/ISO 6690/1998	104
A3	Druckmessgerät Bilgery MT 52.....	105
A4	Datenerhebungsprotokoll Betriebs- und Melkanlagendaten	106
A5	Datenerhebungsprotokoll Kuhdaten.....	107
A6	Datenerhebungsprotokoll Bewertungsschemen	108

1. Einleitung und Zielsetzung

Neben der Melkarbeit und den Haltungsbedingungen nehmen melktechnische Variablen Einfluss auf die Zitzenkondition von Milchkühen. Da eine unzureichende Zitzenkondition mit Störungen der Eutergesundheit in Verbindung gebracht wird (Hamann, 1988b), sollten die technischen Variablen so gewählt werden, dass möglichst nur geringe melkabhängige Störungen der Zitzenkondition auftreten. Durch die komplexe Interaktion der melktechnischen Variablen ist eine Verbesserung der Zitzenkondition durch eine Optimierung der Einstellung nicht einfach zu erreichen.

Bei der Entstehung der Faktorenkrankheit Mastitis kann dem maschinellen Milchentzug eine zentrale Bedeutung zukommen. Dieser soll schonend, vollständig und zügig ablaufen, um Risiken für die Mastitiserkrankung zu vermeiden. Es werden verschiedene Mechanismen diskutiert, die im Zusammenhang mit dem Zweiraummelbechersystem Einfluss auf die Neuinfektionsrate eines Betriebes nehmen können. Direkte Einflüsse, wie zum Beispiel durch massive Druckdifferenzen entstehende Impacts, die Erreger über den Zitzenkanal in die Zitzenzisterne transportieren, bewirken eine Zunahme der Zitzenkontamination mit potentiell euterpathogenen Mikroorganismen. Dieses Risiko des Zweiraummelbechers kann mittels melkhygienischer Maßnahmen deutlich reduziert werden.

Darüber hinaus können maschinelle Melksysteme die lokalen Abwehrsysteme im Zitzenbereich nachhaltig schädigen, oder durch ein unvollständiges Ausmelken gute Wachstumsvoraussetzungen für Mastitiserreger schaffen und so indirekten Einfluss auf die Neuinfektionsrate nehmen.

Mein et al. (2004) nehmen an, dass die Melkmaschine zu 10% direkt - durch den Transport von Bakterien, Kreuz-Kontamination sowie die oben beschriebenen "impacts" - und zu weiteren 10% indirekt - durch Effekte auf die Gesundheit des Zitzenkanals, des Zitzengewebes und der Zitzenhaut - zur Entstehung von neuen Infektionen beiträgt.

Eine Belastung der lokalen Abwehrsysteme kann sich durch Störungen der Zitzenkondition ausdrücken. Wenngleich *in praxi* eine Erkennung übermäßiger Störungen der Zitzenkondition häufig noch gelingt, fehlen aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge klare Ableitungen zur Verbesserung des maschinellen Milchentzuges durch eine optimierte Anpassung der melktechnischen Variablen.

Die wissenschaftliche Literatur zum Zusammenhang von Melktechnik und Zitzenkondition von Milchkühen gibt einige Optimierungshinweise, zeigt aber gleichzeitig deutlich, dass eine systematische Optimierung der Zitzenkondition durch Anwendung klarer melktechnischer Vorgaben bislang nicht möglich ist. Dies lässt Raum für werbewirksame, ungeprüfte Hypothesen und verhindert eine kontinuierliche Verbesserung der Eutergesundheit durch optimierte Melkbedingungen. Aus diesem Grund sind Untersuchungen, die bestehendes Wissen integrieren und ergänzen sowie die komplexe Interaktion zwischen Zitzenkondition und Melktechnik darstellen, zwingend erforderlich.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Einfluss verschiedener melktechnischer Variablen auf die Zitzenkondition von Milchkühen zu erfassen und zu bewerten, um der Entwicklung von Beratungsempfehlungen für die Praxis Vorschub zu leisten.

Dazu wurden Melk- und Zitzenkonditionsparameter von Milchkühen erfasst, die unterschiedlichen melktechnischen Einflüssen unterlagen. Die Variation und die Häufigkeit der unterschiedlichen Einflusskonstellationen bilden hierbei das tatsächliche Spektrum der in der norddeutschen Milchviehwirtschaft vorherrschenden Melktechnik ab.

2. Literaturübersicht

2.1 Zitzenkondition und Zitzenkonditionsstörungen

Der beobachtbare und palpierbare Zustand der Zitze wird als „Zitzenkondition“ bezeichnet. Zitzen sollten nach Abnahme des Melkzeuges genauso aussehen wie vor dem Melken: rosafarben, glatt und trocken. Alle Anzeichen einer eingeschränkten Blutversorgung der Zitze sind unerwünscht und weisen auf ein erhöhtes Risiko für die Anheftung an und den Eintritt von Mastitiserregern in die Zitze hin. Mein et al. (2001) unterscheiden bei der Erfassung der Zitzenkondition Kurzzeitveränderungen (als Reaktion des Gewebes nach nur einer Melkzeit zu beobachten), Reaktionen, die innerhalb weniger Tage bis Wochen in Erscheinung treten und Langzeitveränderungen, deren Entwicklung zwei bis acht Wochen benötigt.

Wenn mehr als 20 % aller Kühe eines Betriebes entsprechende Veränderungen aufweisen (bei Blutungen maximal 10 %), liegt ein Zitzenkonditionsproblem vor, das sowohl das eigentliche Melken nachteilig beeinflusst, als auch das Risiko für Euterentzündungen erheblich erhöht, da Mikroorganismen bessere Bedingungen zur Anheftung finden. In solch einem Fall sollte eine Ursachenforschung durchgeführt werden (Krömker, 2006). Eine diesbezügliche Kontrolle durch Adspektion und Palpation sollte bei mindestens 10 % der Tiere einer Herde bzw. bei mindestens 10 Tieren durchgeführt werden, um aussagekräftige Informationen über den Einfluss des maschinellen Melkens auf die Zitzenkondition zu erhalten (Krömker und Hamann 1997). Dabei sollte bei der Tierauswahl berücksichtigt werden, dass die stärksten chronischen Zitzenkonditionsstörungen zwischen dem 100. und 200. Laktationstag auftreten.

Akute Veränderungen, die im Rahmen solcher Untersuchungen gefunden werden und als Mastitis fördernd angesprochen werden müssen, sind z.B. palpierbare Ödeme an Zitzenschaft und -kuppe (normal oder fest), Petechien und Farbabweichungen, eingeteilt in normal, gerötet und blau sowie

palpierbare Ringbildungen an der Zitzenbasis, die allerdings auch chronisch manifestiert als so genannter Ringwulst auftreten können. Weiterhin können Läsionen und kleine Wunden als Folge der maschinellen Milchgewinnung vorkommen.

Zur Feststellung von Kongestionen kann die Dicke des Zitzengewebes mit Hilfe eines modifizierten Kutimeters durch Doppelmessung vor und nach dem Milchentzug bestimmt werden (Hamann, 1988a). Diese Parameter werden innerhalb etwa einer Minute nach Abnahme des Melkzeuges erfasst.

Als Langzeitveränderungen sind vor allem Hyperkeratosen anzusehen, die in Folge wiederkehrender, länger andauernder mechanischer Belastung und damit einhergehender Minderdurchblutung bzw. mangelnder Sauerstoffversorgung entstehen. Sie werden von Mein et al. (2001) in N (no ring), S (smooth, slightly rough), R (rough) und VR (very rough) eingeteilt. Diese Einteilung eignet sich nach Meinung der Autoren vor allem für Untersuchungen im Feld.

Für wissenschaftliche Untersuchungen dagegen empfehlen sie den Einteilungsschlüssel nach Neijenhuis et al. (2000). Diese unterteilen Hyperkeratosen in fünf Klassen (N= normal, A= slight, B= moderate, C= thick, D= extreme) und bewerten sie zusätzlich noch als weich (1) oder rau (2).

Fühlbare Verhärtungen der Zitzenspitze sind ebenfalls Zeichen einer chronischen Gewebsschädigung.

Die hier genannten Erscheinungsbilder der Zitzenkondition werden unter anderem von morphologischen (Seykora und McDaniel, 1985) und auch von melktechnischen Parametern beeinflusst. Dies wurde für einzelne melktechnische Parameter bereits in der Vergangenheit beschrieben (siehe ab 4.1).

2.2 Maschineller Milchentzug

Beim maschinellen Milchentzug wird die Kraft eines applizierten Vakuums zur Überwindung des Zitzenkanalwiderstandes genutzt. Dazu werden heute üblicherweise Melkeinheiten verwendet. Als Melkeinheit wird ein Satz von Bauteilen bezeichnet, der aus dem Melkzeug, dem Pulsator, dem langen Milchschauch und dem langen Pulsschlauch besteht (DIN/ISO3918). Das Melkzeug für Kühe besteht aus vier Zweiraummelkbechern mit je einem kurzen Milchschauch, einem kurzen Pulsschlauch und dem Sammelstück (DIN/ISO 3918). Ein in die Melkbecherhülse eingezogener Zitzengummi bildet mit dieser den Zweiraummelkbecher. Im Zitzengummiinnenraum besteht kontinuierlich ein Unterdruck, während im Pulsraum – dem Raum zwischen Melkbecherhülse und Zitzengummi – zyklisch ein Wechsel zwischen Unterdruck (Betriebsvakuum) und atmosphärischem Druck vollzogen wird. Durch diesen periodischen Druckwechsel wird eine Bewegung des Zitzengummis erreicht, welches sich abwechselnd öffnet und schließt (Hamann et al., 2001). Die Öffnungs- und Offenphase wird als Saugphase bezeichnet, die Schließ- und Geschlossenphase als Druckphase. Findet dieser Druckwechsel auf allen vier Melkbechern gleichzeitig statt, spricht man von simultaner Pulsation (Gleichtakt), bei der alternierenden Pulsation (Wechseltakt) befinden sich jeweils zwei von vier Melkbechern wechselweise in der Saug- beziehungsweise Druckphase.

Die Melkeinheit ist über den langen Milchschauch mit der Milchleitung verbunden. Diese wird von der Vakuumpumpe über eine Vakuumleitung und den Milchabscheider, welcher die Milch zyklisch aus dem Vakuumbereich ausschleust, evakuiert. Die Stabilität des Unterdrucks im Vakuum- und Milchsystem wird über eine Regeleinheit gesteuert. Diese Regeleinheit kann aus einem gesteuerten Lufteinlass oder aus der Steuerung der Förderleistung der Vakuumpumpe bestehen. Die Evakuierung der Pulsatoren wird über eine separate Leitung gewährleistet, die von der Hauptluftleitung abzweigt (LWK Niedersachsen, 2006).

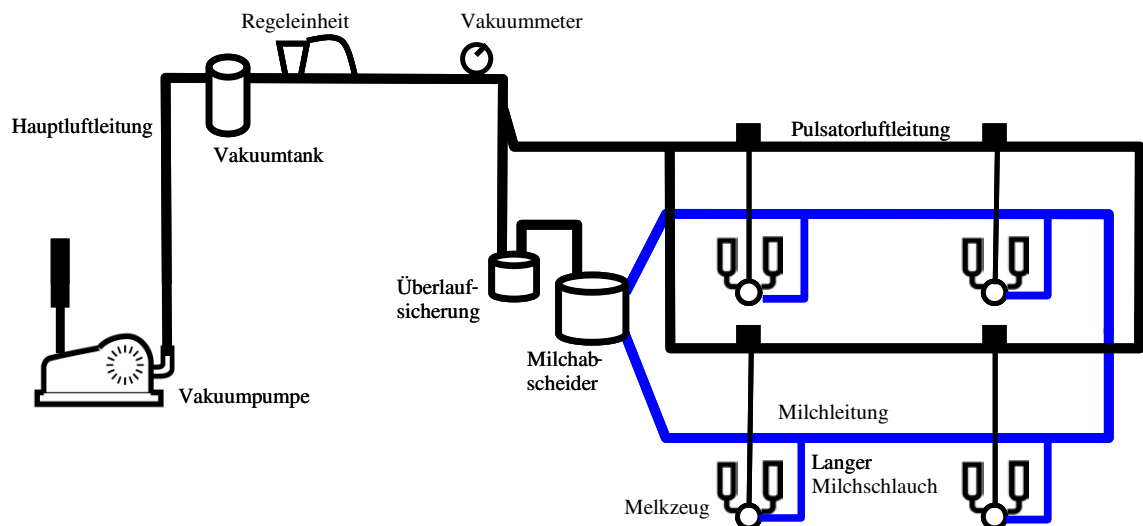


Abbildung 1: Aufbau einer Melkanlage (LWK Niedersachsen, 2006)

2.3 Melkanlagenprüfung

Die Arbeitsweise und Funktion einer Melkanlage unterliegt Mindestanforderungen, die im Rahmen von Prüfungen mittels Messung kontrolliert werden. Die Überprüfung nach technischem Regelwerk, den DIN ISO Normen, gilt für alle Melkanlagen verbindlich. Für alle seit dem Frühjahr 2010 neu installierten Melkanlagen gelten die von der Internationalen Organisation für Normung erstellten und von den nationalen Organisationen anerkannten Normen. Vor diesem Zeitpunkt installierte Melkanlagen wurden nach der DIN/ISO von 1998 bewertet, die im Wesentlichen der jetzt gültigen Norm entspricht (Hubal, 2005).

Hält eine Melkanlage der DIN ISO Prüfung nicht stand, ist dies als Hinweis auf ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Eutergesundheitsproblemen zu werten (Hubal, 2005).

Bei der Überprüfung einer Melkanlage werden verschiedene Daten erfasst und in ein Datenblatt übertragen. Dieses Datenblatt – das DIN/ISO Protokoll – umfasst folgende anlagenrelevanten Angaben:

- Fabrikat und Art der Melkanlage
- Anzahl der Bedienungspersonen beim Melken
- Anzahl der Melkzeuge
- Länge und Durchmesser der Leitungen (beim Durchmesser: Ist- und Sollwerte)
- Art der Zusatzeinrichtungen, wie z.B. automatische Melkzeugabnahme
- Nenn-Betriebsvakuum, Reinigungsvakuum und atmosphärischer Luftdruck

Zudem werden Daten zu Vakuumhöhen und deren zulässigen sowie tatsächlichen Abweichungen erfasst. Die Daten geben Auskunft über die Funktion des Manometers, der Regeleinheit sowie der Auslegung der Vakuumleitungen (Hubal, 2005).

Mittels Luftdurchflussmessungen werden die Reservekapazität, der Regelverlust, die Leckluft der Regeleinheit sowie die Dichtigkeit der Melk- und Vakuumleitungen überprüft. Der Reservedurchfluss lässt sich anhand von Tabellen für das Melken und Reinigen der Anlage bestimmen, der jeweils höhere Wert (Reservedurchfluss Melken oder Reinigen) ist ausschlaggebend. Anhand des Sollwertes kann der Anlagenbetreiber erkennen, ob seine Melkanlage den Anforderungen genügt. Der Regelverlust beschreibt den Zusammenhang zwischen der Dimensionierung der Hauptvakuumleitung und der daraus resultierenden Funktion der Regeleinheit, die auch vom Montageort abhängig ist. Bei Überschreitung des Grenzwertes ist die ordnungsgemäße Funktion der Vakuumregelung eingeschränkt. Die Leckluft der Regeleinheit gibt Auskunft über eine mögliche Verunreinigung oder Beschädigung des Regelventils (Hubal, 2005).

Das Registrieren des Luftverbrauchs der Melkeinheiten – eine über die DIN/ISO hinausgehende Prüfung - erlaubt beim Vergleich mit den Herstellerangaben Rückschlüsse über evtl. Fehlfunktionen Luft verbrauchender Teile, wie z.B. der Pulsatoren (Hubal, 2005).

Durch Vergleich der Grenz- und Messwerte bei der Dichtigkeitsprüfung der Anlagenabschnitte Melksystem und Luftsystem lassen sich Undichtigkeiten aufdecken, die zu unnötigem Leistungsverlust und Eindringen von Schmutz in das Leitungssystem führen können (Hubal, 2005).

Abschließend wird die Leistung der Vakuumpumpe (Luftdurchfluss bei 50 kPa) festgestellt. Diese kann mit der Herstellerangabe, sollte aber in jedem Fall mit dem tatsächlich erforderlichen Bedarf verglichen werden (Hubal, 2005).

Ein weiterer wesentlicher Teil der Anlagenüberprüfung besteht in der Messung der Pulsatoren. Diese wird in der Regel gesondert dokumentiert, da die Messergebnisse für das Protokoll zu umfangreich sind (Hubal, 2005). Die Funktion der Pulsatoren sowie eine typische Pulsgrafik sind in Kapitel 2.4.4 (Pulsierung) in Abbildung 2 und 3 dargestellt.

Das Protokoll erlaubt außerdem die Dokumentation einiger optionaler Messungen und kurzer Beratungsaussagen. Der den Abtransport der Milch bewirkende Lufteinlass am Melkzeug wird ebenso gemessen wie die Funktion des Absperrventils, das gewährleistet, dass das Melkzeug schonend vom Euter entfernt werden kann. Der Luftdurchfluss am langen Milchschauch, der vom Hersteller melkanlagenspezifisch angegeben wird, ist für die Vakuumversorgung am Melkzeug und den Abtransport der Milch mit entscheidend. Punkte wie das Niedrigvakuum, der Schaltpunkt und die Verzögerungszeit sind Hersteller- und Anlagenspezifisch und sollten somit den Herstellerangaben entsprechen. Hier bestehen jedoch auch Einflussgrößen, die durch die Melkbarkeit der Herde bestimmt werden und mit einem gewissen Spielraum eine Einstellung erlauben (Hubal, 2005).

2.4 Melktechnische Parameter

2.4.1 Melkdauer

Die Dauer der Einwirkung des Melkvakuums auf die Zitzen beeinflusst die Zitzenkondition. Thompson und Sieber (1980) wiesen nach, dass bei einer mittleren Melkzeit von unter 5 Minuten 20 % der Zitzen einer Herde eine glatte, nicht herausgestülpte, geschlossene Öffnung aufweisen. Demgegenüber sank der Anteil der Zitzen mit einer derartigen Zitzenkondition bei einer mittleren Melkzeit von über 6 Minuten auf 10 %. Neijenhuis et al. (2000) ermittelten einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,22$ ($P = 0,08$) für die Beziehung zwischen der Melkzeughaftzeit (machine-on time) und der Rauigkeit der Hyperkeratose. Reinemann et al. (2008) konnten aufzeigen, dass bei einer Melkdauer von unter 4,3 Minuten die Wahrscheinlichkeit zur Entstehung von Hyperkeratosen der Zitzenspitze, verglichen mit einer Melkdauer von über 5,3 Minuten, sinkt. Auch Reid und Johnson (2003) gehen von einer Verbesserung der Kondition der Zitzenhaut und der Zitzenkuppe durch eine Reduzierung der Melkdauer aus. Graff et al. (2007) empfehlen eine Melkzeughaftzeit von 6-8 Minuten. Hamann und Mein (1995) befürworten eine mittlere Melkgeschwindigkeit von mindestens 2 kg/min. für die ersten 10 kg eines Gemelks und von 5 kg/min. für das weitere Gemelk.

Um das Auftreten von Hyperkeratosen zu vermindern, empfehlen Mein et al. (2003b) die Reduzierung der Melkdauer. Die Autoren verweisen darauf, dass vor allem das Melken bei einem Milchfluss von unter 1 kg/min sowie bei einem mittleren Sammelstückvakuum von über 42 bis 45 kPa, reduziert werden muss.

2.4.2 Blindmelken und Abnahmeschwelle

Die Dauerbelastung der Zitzen durch das anliegende Melkvakuum wird während der Milchabgabe durch die in das Melksystem eintretende Milch und

die daraus entstehende Vakuumabsenkung gemindert. Wird nach dem Sistieren des Milchflusses der maschinelle Milchentzug nicht beendet und das Melkzeug von der Milchdrüse entfernt, liegt das Melkvakuum in voller Höhe an der Zitze an, so dass die mechanische Belastung in dieser Phase besonders hoch ist (Blindmelken).

Nach Grindal (1988) führt Blindmelken zu einer Schädigung des Epithels der Zitzenzisterne, da die Epithelien während des Kollabierens des Zitzengummis untereinander als Reibungsflächen dienen können. Durch das Blindmelken dringt das Vakuum in das Zitzenlumen vor, so dass in Verbindung mit der Pulsation Epithelschäden auftreten (Wendt, 2004). Nach Rasmussen (2004) sind mindestens 10 Pulszyklen notwendig, bis das Vakuum in der Zitzenzisterne der Pulsationskurve folgt. Die Dauer des Blindmelkens sollte optimalerweise unter 30 bis 40 Sekunden liegen (Graff et al., 2007). Hillerton et al. (2002) untersuchten die Zitzenkondition bei einer Abnahmeschwelle von 200 g/min ohne Blindmelken und nach einer Dauer des Blindmelkens von 2 und 5 Minuten. Mit zunehmender Zeit des Blindmelkens nahm die Anzahl verfärbter und fester Zitzen signifikant zu. Zusätzlich wurde ein signifikanter Anstieg des Anteils an Zitzen mit palpierbaren Ringen festgestellt. Rasmussen (1993) untersuchte die Effekte der Abnahmeschwellen von 200 g/min und 400 g/min bei Einsatz einer automatischen Abnahmehilfe. Für die Hinterviertel erstlaktierender Tiere war nach acht Wochen und für ältere Tieren nach vier Wochen ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Grades der Hyperkeratosen festzustellen. Die höhere Abnahmeschwelle war mit einer herabgesetzten Melkdauer verbunden und führte zu einer reduzierten Zitzenkuppendinge erstlaktierender Kühe. Der Autor schlussfolgerte aus seinen Untersuchungen, dass die letzten 30 Sekunden des Melkens für die Entstehung von Hyperkeratosen entscheidend sind. Gleeson et al. (2002) stellten mit zunehmender Dauer des Blindmelkens von 0 Minuten, 5 Minuten und 8 Minuten bei einer Abnahmeschwelle von 200 g/min keine signifikanten Effekte auf Zitzenkanallänge, Zitzendurchmesser, Zitzenwanddicke und Zitzenlänge fest. Ein signifikanter Unterschied bestand hinsichtlich der

Änderung des Durchmessers der Zitzenzisterne zwischen den Zitzen, bei denen das Melkzeug an der Abnahmeschwelle entfernt wurde und den blindgemolkenen Zitzen. Die Abnahme des Melkzeuges an der Abnahmeschwelle führte zu einer Reduzierung des Durchmessers der Zitzenzisterne um 7,7 mm. Nach dem Blindmelken für 5 Minuten war eine Reduktion um 8,5 mm und nach 8minütigem Blindmelken eine Minderung um 8,8 mm zu beobachten. Der Vergleich der Zitzen, von denen das Melkzeug bei einer Abnahmeschwelle von 200 g/min entfernt wurde und von für 5 Minuten blindgemolkenen Zitzen erbrachte einen signifikant niedrigeren Anteil an Zitzenkanalokeratin und einen signifikant höheren Anteil an Zitzenzisternenverletzungen nach dem Blindmelken (Gleeson et al., 2003).

Beobachtungen von Paulrud et al. (2005) zeigen, dass die Zunahme der Zitzenwanddicke eine Folge des Blindmelkens darstellt. Blindmelken über kurze bis mittellange Zeiträume geht mit verfärbten Zitzen, Ringen an der Zitzenbasis und einer Erhöhung der Festigkeit der Zitzen einher. Blindmelken über längere Zeiträume dagegen führt zur Bildung von Hyperkeratosen. Fällt die Milchmenge unter 0,9 kg/min., so verschlechtert sich die Zitzenkondition aufgrund der Bildung rauer oder sehr rauer Zitzenkuppen (Kirk, 2003).

2.4.3 Vakuumhöhe

Beim maschinellen Milchentzug entsteht die auf das Zitzengewebe einwirkende und damit die Zitzenkondition verändernde Kraft durch die Druckdifferenz zwischen anliegendem Vakuum und dem atmosphärischen Druck. Insofern kann die Krafteinwirkung durch die Wahl der Vakuumhöhe beeinflusst werden. Während grundsätzlich eine größere Kraft eine Maximierung der Milchentleerungsgeschwindigkeit und eine kräftigere Massage des Zitzengewebes bewirkt, so hat sie auch eine stärkere Gewebsbelastung zur Folge.

Ein überhöhtes Melkvakuum führt zu radialen Brüchen im Epithel und folglich zu einer sofortigen Verhornung der Zellen des *Stratum granulosum* (Williams

und Mein 1985). Hamann und Mein (1988) untersuchten die Dicke der Zitzenspitze bei Anlagenvakua von 30 kPa, 50 kPa und 70 kPa und einer Pulsrate von 60 Zyklen/min. Der Anteil der Saugphase lag bei 70 %. Die Zitzenspitzendicke nahm während des Melkens mit zunehmendem Vakuum im Mittel um 2 % bei einem Vakuum von 30 kPa, um 8 % bei einem Vakuum von 50 kPa sowie um 21 % bei einem Vakuum von 70 kPa zu. Bei Verwendung eines pulsationslosen Systems lagen die mittleren Zunahmen mit 10% für die Vakuumstufe von 30 kPa, mit 18 % für 50 kPa und mit 25 % für 70 kPa deutlich höher. Nach Hamann (1988b) führt ein höheres Vakuum zu einer stärkeren prozentualen Zunahme der Gewebefestigkeit für die untersuchten Vakuumstufen 30 kPa, 50 kPa und 70 kPa. Die Saugphase hatte einen Anteil von 71,5 %. Mit Erhöhung der Pulszahl von 20 auf 40 und 60 verringert sich die prozentuale Gewebefestigkeit je Vakuumstufe. Die Unterschiede der prozentualen Gewebefestigkeitsänderung waren bei 30 und 50 kPa signifikant. Ebdorff und Ziesack (1991) stellten, verglichen mit einem Vakuum von 50 kPa, bei einem Vakuum von 45 kPa, einer Pulsrate von 60 Zyklen/min und einer Saugphase von 60 % einen signifikant höheren Anteil von Kühen fest, die adspektorisch und palpatorisch ohne Befund waren. Während bei 45 kPa Rötungen und Blaufärbungen nach der Melkzeugabnahme seltener zu beobachten waren, eine signifikant geringere Verhornung der Zitzenkanalmündung auftrat und mehr Zitzenkanäle nach der Melkzeugabnahme verschlossen waren, konnten beim Auftreten der Kongestionen keine Differenzen beobachtet werden. Der Anteil starker Hyperkeratosen war in beiden Versuchsgruppen gleich. Hamann und Mein (1990) beobachteten bei den Vakuumstufen 25 kPa und 50 kPa (60 Zyklen/min, Saugphase 70 %) nach dem Melken bei niedrigem Vakuumlevel eine Abnahme der Zitzendicke um 5 % und eine Zunahme um 10-15 % bei der hohen Vakuumstufe. Das pulsationslose System führte sogar zu Zunahmen um über 30 %. Hamann et al. (1993) konnten zeigen, dass nach dem Melken mit 40 kPa die Zitzenspitze signifikant dicker war als bei einem Vakuum von 30 kPa. Auch nach dem Melken mit 50 kPa war im Vergleich zu dem Melkvakuum von 40 kPa ein

signifikanter Unterschied der Dicke der Zitzenspitze festzustellen. Die Zitze war bei den höheren Vakua (50 kPa bzw. 40 kPa) nach dem Melken im Mittel ebenfalls dicker als bei den niedrigen Vakua (40 kPa bzw. 30 kPa). Nach dem Melken mit einem Vakuum von 53 kPa konnte eine größere Öffnung des Zitzenkanals beobachtet werden als bei einem Vakuum von 43 kPa (Mellinger 1988; aus Geidel und Graff 2001). Rasmussen und Madsen (2000) stellten bei einer hoch verlegten Anlage (60 Zyklen/min, Pulsverhältnis 60:40) eine Abnahme der Zitzendicke um 1 bis 2 % bei einem Vakuum von 38 kPa in der Milchleitung fest, während bei 48 kPa eine Zunahme der Zitzendicke um 1 bis 3 % zu verzeichnen war. Für eine tief verlegte Anlage konnten eine Abnahme um über 2 % bei 32 kPa und bei 42 kPa eine Zunahme um 1 bis 2 % erfasst werden; die Unterschiede waren nicht signifikant. Eine Vakuumstufe von 44 kPa bei einer Dauer der b-Phase (Vakuumphase) von 322 ms führte zu einer Zunahme der Dicke der Zitzenwand um 25 %. Bei 47 kPa sowie 50 kPa und einer Länge der b-Phase von ≥ 500 ms nahm die Dicke der Zitzenwand sogar um 35 % zu (Reinemann et al., 2008).

Untersuchungen von Ryšánek et al. (2001) zu Folge korrelierte ein übermäßiges Vakuum signifikant mit dem Auftreten von Hyperkeratosen vor allem bei simultaner Pulsation. Nach Neijenhuis et al. (2004) führt eine Reduzierung des Melkvakuums von 50 kPa auf 40 kPa zu einem verringerten Risiko für die Entstehung schwerer Hyperkeratosen. Lacy-Hulbert et al. (1996) konnten jedoch weder bei einem Melkvakuum von 45 kPa noch von 50 kPa signifikante Effekte auf die entfernte Keratinmenge ermitteln, obwohl sich die Milchflussraten um 17 % unterschieden. Die Reduzierung des Systemvakuums führt zu einer Verlängerung der Melkdauer, die wiederum negative Effekte auf die Kondition der Zitzenkuppe zur Folge hat (Reid und Johnson, 2003). Neijenhuis et al. (2000) stellten fest, dass eine längere Melkdauer (machine-on time) mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten rauer Callusringe verbunden ist. Nach Hamann et al. (1993) ist das Melken mit Vakua von 30 kPa oder niedriger nicht empfehlenswert; Vakuumapplikationen von 16-22 kPa führen Untersuchungen von Geidel und Graff (2001) zufolge zu

keiner Kontraktion des Gewebes mehr. Um Läsionen der Zitzenenden zu reduzieren, empfehlen Ortega et al. (2008) eine Differenz zwischen dem Vakuum im Sammelstück und dem Einfaltdruck des Zitzengummis (collapse force) im Bereich von 26 bis 27 kPa.

2.4.4 Pulsierung

Die Vakuumapplikation führt zur vermehrten Ansammlung von Gewebeflüssigkeit in der Zitzenspitze (Mein und Williams 1984). Dieser vermehrten Flüssigkeitsansammlung im Gewebe wird durch massierendes, zyklisches Öffnen und Schließen des Zitzengummis entgegen gewirkt (Pulsierung, Abb. 3). Dies geschieht durch das zyklische Evakuieren und Belüften des Zwischenraumes zwischen Zitzengummi und Zitzenbecherhülse (Pulsraum, Abb.2). Wenn eine effektive Pulsierung nicht gelingt, können maschinelle Melksysteme die lokalen Abwehrsysteme im Zitzenbereich nachhaltig schädigen. Trotz optimaler Pulsierung, die neben morphologischen Eigenschaften (Zitzenlänge, Zitzendurchmesser) von technischen Parametern der Melkanlage (Zitzengummityp, Vakuumversorgung, Pulsations-Charakteristik) beeinflusst wird, kann die dauerhafte Integrität des Zitzengewebes nur dadurch sichergestellt werden, dass die Anwendung des Vakuums zeitlich begrenzt erfolgt.

Bei der Pulsierung darf das höchste Vakuum im Pulsraum in der Vakuumphase nicht mehr als 2 kPa unter dem Betriebsvakuum und das niedrigste Vakuum in der Druckphase nicht mehr als 4 kPa über dem Umgebungsdruck liegen (DIN/ISO 3918). Das komplette Bewegen des Zitzengummis vom Öffnen über das Schließen bis zum nächsten Öffnen umfasst einen Pulszyklus (Abb. 2).

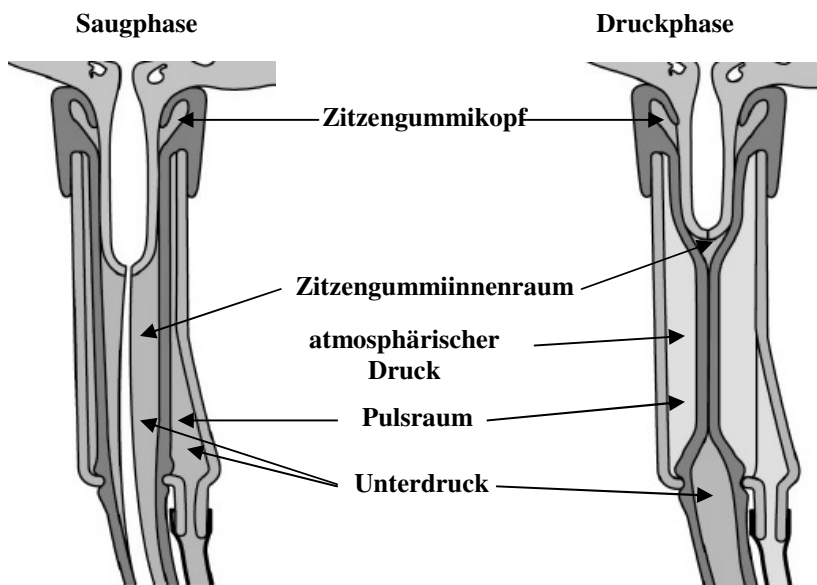
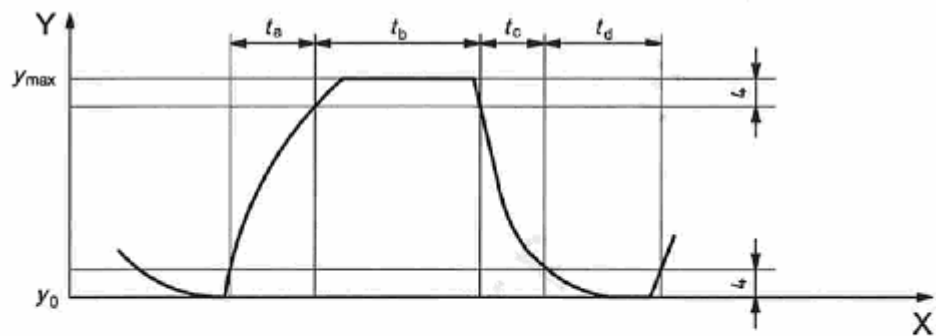


Abbildung 2: Stellung des Zitzengummis in den Melkphasen, verändert nach (DeLaval, 2008)



Legende

- X Zeit
- Y Vakuum in Kilopascal
- y_{\max} **höchstes Vakuum im Pulsraum** (5.7.5)
- y_0 atmosphärischer Druck
- t_a Dauer der **Evakuierungsphase** (5.9)
- t_b Dauer der **Vakuumphase** (5.10)
- t_c Dauer der **Belüftungsphase** (5.11)
- t_d Dauer der **Druckphase** (5.12)

Abbildung 3: Darstellung des Vakuums im Pulsraum (aus DIN/ISO 3918)

Wie stark die mechanische Einwirkung auf das Zitzengewebe ist, hängt davon ab, welche Materialeigenschaften das Zitzengummi hat, wie stark es im eingebauten Zustand gedehnt wird und wie groß die Druckdifferenz zwischen Zitzengummiinnenraum und Pulsraum ist. Nicht zuletzt spielt auch das Verhältnis der einzelnen Phasen der Pulsation (Abb. 3) eine Rolle, da durch sie die mechanische Einwirkung zeitlich gesteuert wird.

Hamann und Mein (1996) untersuchten die Effekte der Taktzahlen 40 Zyklen/min, 60 Zyklen/min und 80 Zyklen/min bei einem Anteil der Saugphase von 50 %, 60 %, 70 % und 80 % des Pulszyklus. Die Dicke der Zitzen nahm bei Anteilen der Saugphase von 50 % und 60 % ab; bei einer Zunahme des Anteils der Saugphase war die Zitzendicke bei einer Taktzahl von 60 Zyklen/min am geringsten. Nach Grindal (1988) führt eine Verlängerung der Saugphase zu einer Zunahme von Zitzenläsionen und subkutanen Blutungen.

Billon und Gaudin (2001) vermuten, dass kürzere a-(Evakuierungs-) und c-(Belüftungs-)Phasen zu schnelleren Bewegungen des Zitzengummis führen und daraus Kongestionen resultieren. Die Autoren konnten jedoch für die Anteile der a-/c-Phasen von 14 %/9 % und 23 %/15 % des Pulszyklus (bei 41 kPa, 60 Zyklen/min) keine signifikanten Unterschiede der Dicke der Zitzenenden feststellen. Für die Vorderviertel wurde jedoch im Hinblick auf die Zitzenkondition ein signifikanter Unterschied ermittelt; die derjenigen Viertel, die mit langen Phasen gemolken wurden, war verbessert. Eine b-Phase (Vakuumphase) mit einer Dauer von über 1 sec. und eine d-Phase (Druckphase) mit einer Dauer von 200 ms führten ebenso wie eine b-Phase von 600 ms und eine d-Phase von 50 ms zu einer signifikanten Zunahme der Zitzendicke (Hamann und Mein, 1996). Ist die d-Phase kürzer als 150 ms, nimmt den Autoren zufolge die Zitzendicke signifikant zu. Nach Mein et al. (2003 b) ist zur Verhinderung des Auftretens von Kongestionen eine d-Phase mit einer Länge von mindestens 150 ms notwendig. Kirk (2003b) sowie Reid und Johnson (2003) führen d-Phasen mit einer Länge von unter 200 ms als

Ursache für die Zunahme von Irritationen der Zitzenspitze und von Hyperkeratosen auf. Østerås et al. (1995) konnten beobachten, dass Herden, die mit d-Phasen von $300,4 \pm 3,53$ ms gemolken wurden, frei von Zitzenläsionen waren, wohingegen in Herden, die mit einer d-Phase von $288 \pm 3,60$ ms gemolken wurden mindestens eine Läsion, die eine tierärztliche Behandlung erforderte, nachzuweisen war. Die Autoren empfehlen für hochverlegte Anlagen d-Phasen von über 250 ms, bevorzugt von 300 ms und eine Pulsationsrate von über 55 Zyklen/min. Mein et al. (2003b) weisen darauf hin, dass die Gesamtzahl der Pulsationszyklen pro Melkvorgang sowie die Spannung des Zitzengummis vermindert werden sollten, um Zitzenkonditionsstörungen zu reduzieren. Eine Kontrolle und Steuerung der Druckdifferenz entlang der Zitzengummiwand während der d-Phase sind den Autoren zufolge wichtige Maßnahmen zur Reduzierung von Hyperkeratosen (Mein et al. 2003 b).

2.4.5 Überdruckapplikation

Durch die Applikation von Überdruck (Druck oberhalb vom Umgebungsdruck) in den Pulsraum kann das Vakuum in der Druckphase unter der Zitzenspitze gemindert werden, ohne dass mit einer verschlechterten Massagewirkung gerechnet werden muss.

Die Gewebefestigkeit nimmt bei einer Überdruckapplikation von 35 kPa und einem Melkvakuum von 50 kPa um 5 % ab, beim konventionellen System ohne Überdruckapplikation ist eine Zunahme um 8 % zu verzeichnen (Hamann, 1988b). Hamann und Mein (1988) konnten bei einer Überdruckapplikation von 35 kPa und einem Melkvakuum von 50 kPa eine Reduzierung der Dicke der Zitzenspitze um 8%, verglichen mit dem Status vor dem Melken, ermitteln. Hamann et al. (1994) beobachteten bei Nutzung eines konventionellen Melksystems mit einem Vakuum von 50 kPa nach dem Melken eine Zunahme der Zitzendicke um 12 %, und bei einem System mit einer Überdruckapplikation von 35 kPa eine Zunahme der Zitzendicke um 2 %.

Eine Überdruckapplikation von 20 kPa führte in Untersuchungen von Geidel und Graff (2001) bei einem Melkvakuum von 43 kPa zu einer geringeren Einengung des Zitzenkanals durch die Volumenzunahme der Zitzenwand.

2.4.6 Zitzengummi

Die unmittelbare Übertragung der durch die Druckdifferenz zwischen Pulsraum und Zitzengummiinnenraum des Melkbeckers entstehenden Kraft auf das Zitzengewebe erfolgt durch das Zitzengummi. Durch die vakuumabhängige Bewegung des Zitzengummis findet die Kraftübertragung auf die Zitze statt.

Ein Einfaltdruck von über 13-14 kPa resultiert in einer Verschlechterung der Kondition der Zitzenenden aufgrund der Bildung von Hyperkeratosen. Dagegen ist ein Einfaltdruck von unter 8 kPa zu niedrig, um der Entstehung von Kongestionen und Ödemen entgegenzuwirken (Mein et al., 2003a). Der Keratingehalt der Zitze ist proportional zur Spannung des Zitzengummis; eine hohe Spannung führt zu schweren Hyperplasien und Hyperkeratosen. Die Keratinmenge, die während des Melkens entfernt wird, wird jedoch nicht durch die Spannung des Zitzengummis beeinflusst (Capuco et al., 2000).

Bei Einsatz eines weichen Zitzengummis sind die Zitzen nach dem Melken kühler als bei Einsatz eines Standardzitzengummis, das unter hoher Spannung montiert wurde. Die Zitzenkondition der Zitzen, die mit dem weichen Gummi gemolken werden, normalisiert sich innerhalb von 20 Minuten nach dem Melken. Wird ein Zitzengummi, das unter hoher Spannung steht, verwendet, sind die Zitzenkanäle auch 20 Minuten nach dem Melken noch verlängert (Paulrud et al., 2005).

Nach Grindal (1988) können Zitzengummis mit weiten Öffnungen zu einer Überdehnung des Zitzengewebes führen. Gleeson und O`Callaghan (2001) untersuchten den Effekt eines Zitzengummis mit einer weiten, konischen Öffnung von 31,6-21,0 mm im Vergleich mit einem Zitzengummi mit einer

engen Öffnung von 25,0-20,0 mm. Sie konnten keine signifikanten Unterschiede der Zitzenkondition feststellen.

Gleeson et al. (2003) verglichen die Wirkung von engen, konischen Zitzengummis mit einer Öffnung von 25,0-20,0 mm bei alternierender Pulsation und einem Melkzeuggewicht von 1,65 kg mit der von weiten, konischen Zitzengummis bei simultaner Pulsation und einem Melkzeuggewicht von 3,2 kg. Die Autoren kamen zu der Erkenntnis, dass die Kombination mit dem engen Zitzengummi zu einer geringeren Ödembildung führte. Hamann et al. (1994) konnten nachweisen, dass ein Zitzengummi mit einer Öffnung von 24,6 mm bei 50 kPa, 60 Zyklen/min und 70 % Saugphasenanteil zu einer Zunahme der Zitzendicke um 12 % führt. Im Gegensatz dazu resultierte aus einer geringeren Öffnung des Zitzengummis von 21,0 mm eine Zunahme der Zitzendicke von nur 1 %. Die Unterschiede waren signifikant. Boast et al. (2005) sind der Ansicht, dass ein Zitzengummi, das im Durchmesser kleiner ist als die Zitze, zu einer radialen Kompression und damit einhergehend zu einer Verlängerung der Zitze führt. Nach Wendt (1994) darf der Zitzendurchmesser maximal +/-20-25 % vom Innendurchmesser des Zitzengummis abweichen.

Rønningen und Reitan (1990) konnten eine positive Korrelation zwischen der Penetrationstiefe der Zitze in das Zitzengummi und der Festigkeit der Zitzen der Vorderviertel ermitteln. Nach Mein et al. (2003a) kann die Penetrationstiefe durch eine Erhöhung des Melkzeuggewichtes sowie durch eine Erhöhung der Oberflächenreibung reduziert werden.

Runde Zitzengummis führen, verglichen mit eckigen Zitzengummis, zu einer Zunahme der Keratinisierung (Schukken et al., 2006). Die Autoren beobachteten bei Verwendung runder Zitzengummis 20% mehr rissige Zitzen.

Nach Hillerton et al. (2003) verlängern sich Zitzengummis mit zunehmender Nutzungsdauer, so dass die Zitzengummispannung und damit auch die Massagewirkung signifikant reduziert wird. Andererseits nimmt den Autoren zufolge der Anteil palpierbarer, dicker Ringe an der Zitzenbasis mit dem Alter des Zitzengummis ab. Grindal (1988) stellte fest, dass die Verwendung harter Zitzengummis in Kongestionen der Zitzenwand resultiert.

Rasmussen et al. (1998) verglichen die Effekte der Höhen des Kopfstückbereichs von 30 mm bei einer Öffnung von 23 mm und von 18 mm bei einer Öffnung von 19 mm auf die Zitzenkondition. Die Verwendung des Zitzengummis mit der Kopfstückhöhe von 30 mm führte zu einer signifikant erhöhten Häufigkeit von roten und blauen Zitzen nach dem Melken.

2.4.7 Melkzeug

Die Gewichtslast, die während des maschinellen Milchentzuges an der Milchdrüse wirkt, kann das Melkverhalten (Melkgeschwindigkeit, Positionierung) und somit die Zitzenkondition beeinflussen. Hillerton et al. (2000) verglichen die Wirkung eines Melkzeugs mit einem Gewicht von < 3,2 kg bei alternierender Pulsation auf die Zitzenkondition mit derjenigen eines 3,5 kg schweren Melkzeugs bei simultaner Pulsation. Das schwere Melkzeug führte zu einem signifikant höheren Anteil roter und blauer Zitzen sowie palpierbarer Ringe an der Zitzenbasis. Nach Entfernung des schweren Melkzeugs waren mehr offene Zitzenkanäle festzustellen. Hinsichtlich des Schweregrads der Hyperkeratosen wurden keine Unterschiede beobachtet. Hillerton et al. (2002) konnten bei Verwendung verschiedener Zitzengummitypen in Verbindung mit unterschiedlichen Melkzeuggewichten (2,3 kg, 2,8 kg, 3,5 kg) keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf den Anteil verfärbter Zitzen beobachten. Rasmussen und Madsen (2000) kommen zu der Erkenntnis, dass beim Vergleich der Effekte der Melkzeuggewichte von 1,6 und 2,3 kg kein Einfluss auf die Zitzendicke zu beobachten ist. Auch hinsichtlich des Ausmelkgrades waren keine Unterschiede festzustellen. Ohnstad (1998) beobachtete bei einem Melkzeug, das schwerer als 2,4 kg war, einen höheren Ausmelkgrad als bei Verwendung eines Melkzeugs mit einem Gewicht von 2,4 kg, wobei die Nutzung des schwereren Sammelstückes in einem höheren Anteil an Kühen mit roten oder blauen Zitzen resultierte. Nach Neijenhuis et al. (2004) führt die Vergrößerung des Durchmessers des kurzen Milchschauchs zu einer Reduzierung des Anteils rauer Zitzenkuppen.

Den Autoren zufolge ist dies eine Konsequenz aus der Stabilisierung des Vakuums durch die Erhöhung des Schlauchdurchmessers.

3. Material und Methoden

3.1 Betriebe

3.1.1 Leistungsstand

Die Studie wurde im Zeitraum von September bis Dezember 2009 in 50 norddeutschen Betrieben durchgeführt. Die Jahresdurchschnittsmilchleistung der untersuchten Herden variierte von 7000 kg/Kuh bis 10992 kg/Kuh bei einem Durchschnitt von 9084 kg/Kuh. Die Daten wurden der Auswertung der offiziellen Milchleistungsprüfung entnommen, die vom Rechenzentrum VIT Verden bzw. vom LKV Schleswig-Holstein erstellt wurde.

3.1.2 Technischer Zustand der Melkanlagen

Eine Melkanlage, die der DIN ISO Prüfung nicht standhält, führt nicht zwangsläufig zu einer Verschlechterung der Eutergesundheit oder der Melkleistung. Die Mängel erhöhen jedoch das Risiko dafür. Um diesen Effekt in der vorliegenden Studie auszuschließen, wurden alle Melkanlagen der Prüfung nach DIN/ISO 5707: 1998 und DIN/ISO 6690: 1998 unterzogen. Hierzu wurde das niedersächsische Protokoll zur Überprüfung von Melkanlagen nach DIN/ISO 6690 verwendet (Anhang 1). Die Messungen erfolgten entsprechend der in Kapitel 2.3 beschriebenen Vorgehensweise mit dem Druckmessgerät MT52[®] (Bepro AG, Göttingen, Schweiz) und dem zugehörigen Luftdurchflussmessgerät (Anhang 3).

Es wurden ausschließlich Betriebe in die Untersuchungen einbezogen, die die nach DIN/ISO Prüfung geforderten Normen erfüllten. Dank der möglichen Vorauswahl aus früheren Prüfungen erfüllten alle Betriebe, die für die Untersuchungen geprüft wurden, diese Norm.

3.1.3 Melktechnik der Betriebe

Die Melkanlage eines Betriebes stellt grundsätzlich ein Unikat dar, da sie für den einzelnen Betrieb und dessen räumliche Situation konfiguriert wurde. Dieser Umstand hat Auswirkungen auf die Regelcharakteristik des Vakuums bis hin zur Zitze. Weiterhin bestehen zahlreiche verschiedene Möglichkeiten der Kombination von Melkzeugen, Pulsatoren, Zitzengummis und Einstellungsvarianten (Vakuumbreite, Pulsphasen etc.), so dass es *in praxi* kaum möglich ist, zwei exakt gleiche Melkanlagen zu finden. Für die Untersuchungen wurden Melkanlagen verschiedener Hersteller mit verschiedenen Ausstattungen und Einstellungen ausgewählt, um die Einflüsse der melktechnischen Variablen abzubilden. Die Melkleitung war bei allen untersuchten Betrieben tiefverlegt.

Insgesamt melkten 37 der untersuchten 50 Betriebe mit alternierender Pulsation und 13 Betriebe mit simultaner Pulsation. Der Pulsraum wurde in der Regel atmosphärisch belüftet. Lediglich in einem Betrieb wurde Überdruck in der Druckphase appliziert. Die Messung der Pulsation erfolgte mit dem Bilgery MT52[®] nach den Vorgaben der DIN/ISO 6690.

Als Betriebsvakuum ist das mittlere Vakuum definiert, welches im Milchabscheider herrscht, wenn alle Melkeinheiten in Betrieb sind. Es wird als mittleres Vakuum über 5 Sekunden erfasst (DIN/ISO 3918). Dieses bezieht sich immer auf den aktuellen Luftdruck und beschreibt die Druckdifferenz zwischen atmosphärischem Umgebungsdruck und dem Druck im Milchabscheider. Das Betriebsvakuum wurde auf allen untersuchten Betrieben mit dem Bilgery MT52[®] erfasst.

Die Daten über die Gewichte des in den Studienbetrieben verwendeten Melkzeuges wurden den Herstellerangaben entnommen.

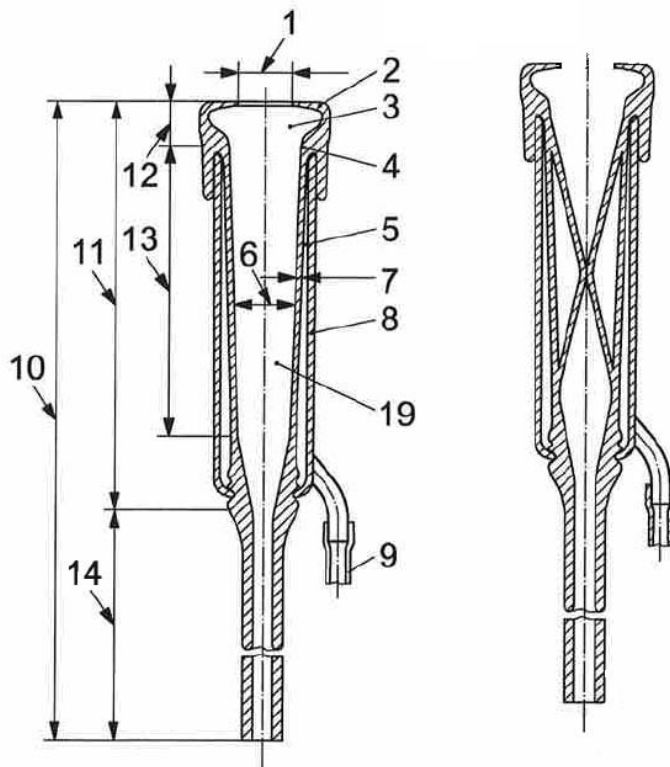
Das Sammelstück hat die Aufgabe, die Milch der einzelnen Euterviertel zusammenzuführen und in den langen Milchschauch abzuleiten. Weiterhin wird der Milch im Sammelstück Luft hinzugefügt, die deren Abtransport

ermöglicht. Zur Erfassung der Sammelstückvolumina der Betriebe wurden die Herstellerangaben herangezogen.

Der Durchmesser des kurzen Milchschauches, welcher die Milch aus dem Zitzengummiinnenraum zum Sammelstück leitet, hat hauptsächlich Einfluss auf den Verlauf des Vakuums unter der Zitze. Zur Feststellung der Schlauchdurchmesser der untersuchten Anlagen wurden die Herstellerangaben als Datenquelle genutzt.

Der Durchmesser des langen Milchschauches, welcher die Milch aus dem Sammelstück zur Melkleitung transportiert, hat Einfluss auf den Verlauf des Vakuums im Sammelstück. Die Durchmesser der langen Milchschräuche betragen 16 mm, lediglich in einem Betrieb wies der entsprechende Schlauch einen Durchmesser von 14,5 mm auf (Herstellerangaben). Das Material des langen Milchschauches war Silicon oder Gummi, dies und die Durchmesser konnten den Herstellerangaben entnommen werden.

Für die Beschreibung des Zitzengummis werden hauptsächlich die drei Größen Zitzengummikopfföffnung, Zitzengummischaftdurchmesser und Einfaltdruckdifferenz vom Hersteller angegeben. Die Verfahren zur Erfassung dieser Parameter sind in der DIN/ISO 3918 beschrieben (Abb. 4).



a) Zitzengummi geöffnet

b) Zitzengummi bei Einfaltdruckdifferenz

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1 Zitzengummikopfföpfung | 9 kurzer Pulsschlauch |
| 2 Lippe des Zitzengummikopfes | 10 Zitzenbecher |
| 3 Innenraum des Zitzengummikopfes | 11 Zitzengummi |
| 4 Zitzengummihals | 12 Zitzengummikopf |
| 5 Pulsraum | 13 Schaft |
| 6 Schaftdurchmesser | 14 kurzer Milchschauch |
| 7 Wandstärke des Schaftes | 19 Zitzenraum |
| 8 Hülse | |

Abbildung 4: Zitzengummibegriffe und Maße (verändert nach DIN/ISO 3918)

Die Zitzengummikopfföpfung hat Einfluss auf die Abdichtung des Zitzengummis zur Zitzenbasis. Folglich beeinflusst sie auch das Haftvermögen und die Häufigkeit von Lufteinbrüchen in das Melkzeug (Spohr, 2005). Die Maße in den vorliegend untersuchten Betrieben wurden den Herstellerangaben entnommen.

Der Zitzengummischaftdurchmesser wirkt sich auf die Abdichtung des Zitzengummis zum Zitzenschaft aus. Er beeinflusst die Reibung zwischen Zitzenoberfläche und Zitzengummi und damit auch das Haftvermögen

(Wehowsky & Tröger, 1994). Die Daten der Zitzengummischäfte der überprüften Melkanlagen wurden nach Herstellerangaben erhoben.

Die Einfaltdruckdifferenz ist die Kraft, die zum Schließen des Zitzengummis benötigt wird (Spencer & Rogers, 2003). Die Erhebung der Daten erfolgte nach der in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Methode.

3.1.4 Melkarbeit in den Betrieben

Die üblichen Verfahren der Vorreinigung, der Pflege und der Desinfektion der Zitzen nach dem Milchentzug wurden in einem Protokoll (Anhang 4) festgehalten. Sie wurden unterschieden nach:

0 = keine Vorreinigung

1 = Reinigung mit trockenen Papiertüchern

2 = Reinigung mit feuchten Papiertüchern

3 = Reinigung mit trockenen Textiltüchern

4 = Reinigung mit feuchten Textiltüchern

sowie

0 = keine Pflege- und Desinfektionsmaßnahmen nach dem Melken

1 = Eintauchen der Zitzen nach dem Melken

2 = Einsprühen der Zitzen nach dem Melken

und Zitzentauch- und Zitzensprühmittel:

1 = Jodhaltig

2 = Milchsäurehaltig

3 = Zwei Wirkkomponenten (Chlordioxid und Milchsäure)

4 = sonstige

3.2 Tiere

Es wurden insgesamt 248 Kühe (4-5 Tiere/Betrieb) der Rasse Deutsche Holstein untersucht. Die Tiere eines Betriebes wurden jeweils mit derselben melktechnischen Ausstattung und denselben Einstellungen gemolken.

3.2.1 Leistungsstand

Die Jahresleistungen der Herden wurden den jeweils aktuellen MLP-Berichten der untersuchten Betriebe entnommen. Die erfassten Gemelksleistungen entstammen den Untersuchungen vor Ort und wurden mit dem LactoCorder[®] (Kap. 3.3.2) aufgezeichnet. Da nur ein Gemelk berücksichtigt wurde und die Zwischenmelkzeit nicht immer 12 Stunden betrug, kann bei den Probanden von einer Tagesleistung zwischen ca. 17 und 55 kg/Tag ausgegangen werden (lineare Hochrechnung).

3.2.2 Laktationszahl und Laktationstag

In die Studie wurden ausschließlich Tiere einbezogen, die sich in der 2. Laktation befanden. Ziel war es, Tiere zwischen dem 100. und 200. Laktationstag zu untersuchen. Dies war aufgrund der Herdenstrukturen jedoch nicht immer möglich, so dass geringe Abweichungen beim Laktationstag toleriert wurden.

3.2.3 Eutergesundheitszustand der ausgewählten Tiere

Ziel war es, Tiere ohne klinischen Mastitisbefund und mit Zellzahlwerten von unter 200.000 Zellen je ml Milch in die Untersuchungen einzubeziehen. Tiere mit Zellzahlen über 200.000 je ml Milch wurden jedoch in 6% der Fälle toleriert, da sie klinisch ohne Befund waren. Tiere mit weniger als vier laktierenden Eutervierteln wurden nur akzeptiert, wenn die anderen drei Euterviertel intakt waren. Dies war lediglich bei sieben Tieren der Fall (2,8%).

Die Erhebung der Daten erfolgte mittels der MLP-Auswertung der letzten Kontrolle vor dem Untersuchungstermin.

3.3 Mess- und Beurteilungsmethoden

3.3.1 Druckmessung

Zur Überprüfung der Melkanlagen nach DIN/ISO wurde das Messgerät MT52[©] und das zugehörige Luftdurchflussmessgerät (beide Bepro AG, Göttingen, Schweiz) verwendet (Technische Daten siehe Anhang).

Das Vakuum während des Melkvorgangs wurde mit dem Bilgery MT52[©] aufgezeichnet. Hierzu wurde das Gerät mit zwei internen und einem externen Sensor betrieben. Die Messungen erfolgten am hinteren linken Zitzenbecher. Der externe Sensor wurde an der Melkbecherhülse befestigt und mit einem 3 cm langen Schlauch mit einem Tubus verbunden, der von innen durch den Zitzengummikopf geführt wurde (Abb. 7). Die beiden internen Sensoren wurden jeweils über einen 50 cm langen, vakuumfesten Siliconschlauch mit 3 mm Innendurchmesser über eine Spezialnadel (NoKorTM Admix Needle, Nr. 300780, Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA) mit dem oberen kurzen Pulsschlauch bzw. mit dem oberen kurzen Milchschauch verbunden (Abb. 6). Die Messungen erfolgten an allen Messstellen (Abb. 5) mit einer Messrate von 100 Hz über einen Zeitraum von mindestens sechs Minuten, sofern der Melkvorgang nicht kürzer war. Zur Auswertung standen 248 Vakuummessungen für jede der genannten drei Messstellen zur Verfügung.

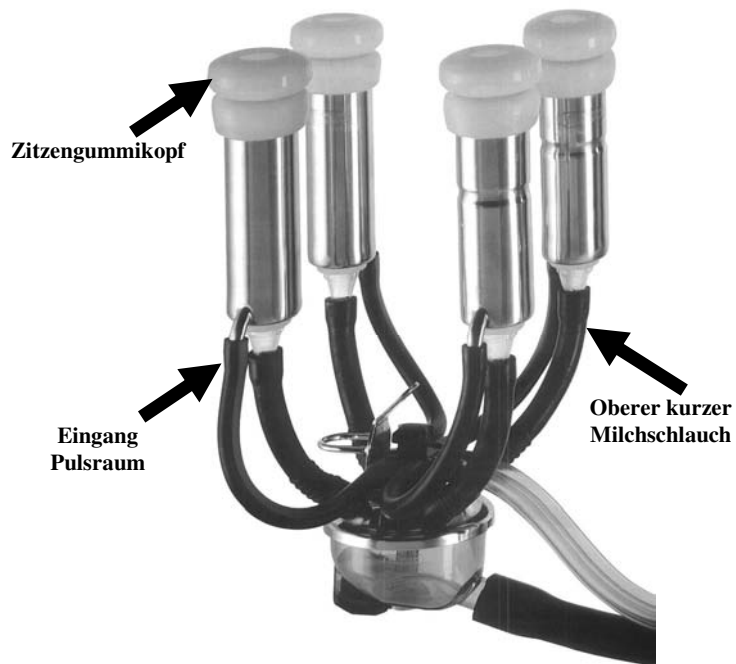


Abbildung 5: Die Messstellen im Melkzeug (verändert nach Werkbild GEA Farm Technologies, D 59199 Bönen)

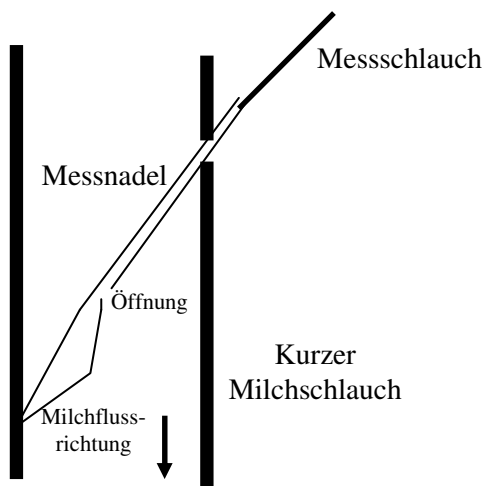


Abbildung 6: Messnadel im kurzen Milchschauch (Schema)



Abbildung 7: Zitzengummikopf mit eingeführtem Tubus (Werkbild Bepro AG, CH 8594 Göttingen)

3.3.2 Einfaltdruck des Zitzengummis

Der Einfaltdruck der Zitzengummis wurde mit einem modifizierten Blutdruckmessgerät (Nr. 020-1-000, Boso, D 72417 Jungingen,) erfasst. Anstelle der Armmanschette wurde der Raum zwischen Zitzengummi und Zitzenbecherhülse (Pulsraum) mit Luft beaufschlagt, bis der Überdruck so hoch war, dass sich die gegenüberliegenden Zitzengummiwandungen berührten (Touchpoint, siehe auch Abb. 4). Der erhaltene Wert gibt die Druckdifferenz an, die zwischen Zitzengummiinnenraum und Pulsraum vorhanden sein muss, um das Zitzengummi zu schließen. Ist die Vakuumhöhe im Zitzengummiinneren und im Pulsraum im Verlauf bekannt, können die Zeit und die Kraft des auf die Zitze einwirkenden Zitzengummis bestimmt werden.

3.3.3 Milchflussmessung

Der Milchfluss jeder Kuh wurde über den gesamten Melkvorgang hinweg mit dem LactoCorder[®] (WMB AG, Balgach, Schweiz) aufgezeichnet. Dieser verfügt über die internationale Anerkennung als Gerät zur Milchleistungsprüfung durch ICAR (International Committee for Animal Recording). Der LactoCorder[®] besteht aus den zwei Hauptmodulen Hydraulikteil und Elektronikteil. Im Hydraulikteil, durch den die Milch geführt wird, erfolgt die Messung. Im Elektronikteil werden die Messwerte verarbeitet und gespeichert. Im LactoCorder[®] wird die pulsierend ankommende Milch beruhigt und von einem Teil der Transportluft getrennt. In einer Staukammer wird die Pegelhöhe über 60 Elektroden erfasst und nach 0,7 Sekunden neu bestimmt. Über die gleichzeitige Messung der Leitfähigkeit wird der Schaumanteil bestimmt und der Massenstrom berechnet. Dadurch kann der Massendurchfluss (kg/min.) auch bei variierendem Schaumanteil präzise gemessen werden.

Zur Auswertung standen 248 Messungen zur Verfügung. Beispielhaft für die graphische Darstellung einer Messung ist Abbildung 8. Relevante Messdaten sind hierbei die gesamte Milchmenge des Gemelks (MGG), der höchste Milchfluss (HMF), die Dauer der Anstiegsphase (tAN), die Dauer der Plateauphase (tPL), die Dauer der Abstiegsphase (tAB), die Dauer der gesamten Melkung (tMGG), das durchschnittliche Minutenhauptgemelk (DMHG), sowie die Zeit zwischen 400g/min und 200 g/min am Ende der Melkung (t400).

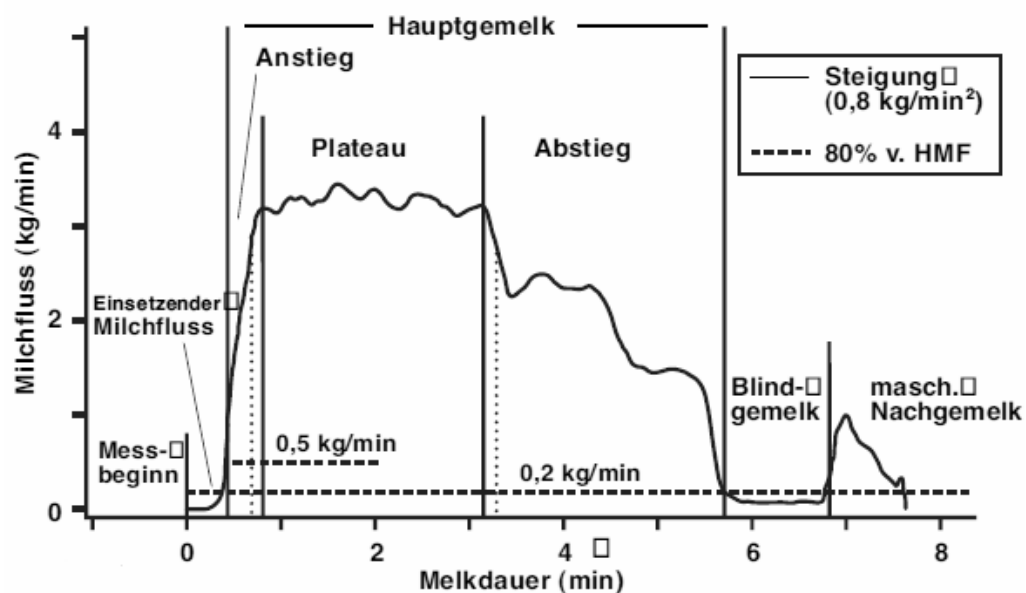


Abbildung 8: Beispiel eines Milchabgabeprofiles (Aus: Bedienungsanleitung LactoCorder[®], WMB AG, CH 9436 Balgach)

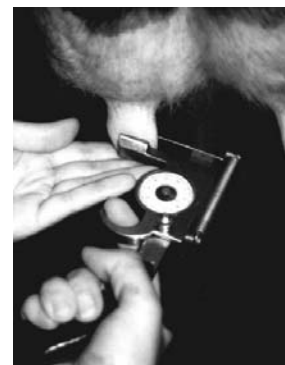
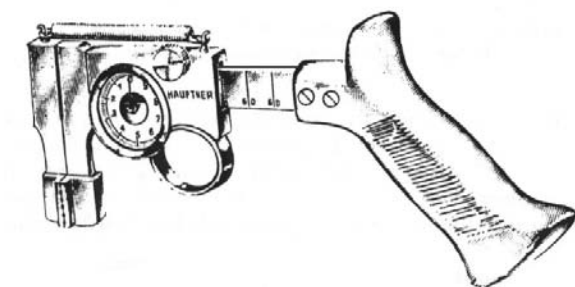
3.3.4 Zitzendicke

Die Dicke bzw. Festigkeit des Zitzengewebes der Zitzenspitze wurde mit einem nach Hamann modifizierten Cutimeter (Nr. 33865, Hauptner, Solingen, Germany) an der hinteren linken Zitze gemessen (Abb. 9). Dazu wurde die Feder des Cutimeters, welches normalerweise zur Messung der Hautdicke

beim Tuberkulintest genutzt wird, gegen eine Feder mit geringerer Kraft (Nr. RZ-081K-02I, Gutekunst, Metzingen, Germany) ausgetauscht. Die Federkraft beträgt 4,621 N, wenn die Messschenkel 10 mm voneinander entfernt sind. Auf dem Cutimeter befindet sich eine Anzeige, die die Entfernung der beiden Messschenkel voneinander in mm anzeigt. Die Messungen wurden jeweils vor dem ersten Berühren der Zitzen und unmittelbar nach Melkzeugabnahme (binnen 10 Sekunden) durchgeführt.

Die Änderung der Gewebefestigkeit (G) wird nach folgender Formel (Formel 1) berechnet (Hamann et al., 1996):

$$G \text{ in } \% = \frac{G \text{ nach dem Melken} - G \text{ vor dem Melken}}{G \text{ vor dem Melken}} \times 100$$



(Foto: Hansen S, 2002)

Abbildung 9: Cutimeter zur Messung der Gewebefestigkeit (Hamann J und Mein G A, 1988)

3.3.5 Zitzenvermessung

Die Zitzenmaße wurden immer an der hinteren linken Zitze erhoben, da an dieser Zitze auch die Vakuummessungen und die Beobachtungen zum Gewebe- und Hautzustand vor und nach dem Melken vorgenommen wurden.

Die Länge und der Durchmesser wurden mit einer Zitzenvermessungslehre (Nr. 7750-0111-880, GEA Farm Technologies, 59199 Bönen, Deutschland), bestimmt. Auf der durchsichtigen, beleuchteten Lehre (Abb. 10) ist für die Länge und den Durchmesser jeweils eine Skala in Millimeter aufgebracht. Die Länge wurde von der Zitzenbasis bis zur Zitzenspitze und der Durchmesser in der Mitte der Zitze gemessen. Diese Messung wurde an der angerüsteten Zitze durchgeführt, um die Zitzenmaße in Bezug zu den Zitzengummimaßen setzen zu können (Abb. 11).



Abbildung 10: Messlehre zur Zitzenvermessung

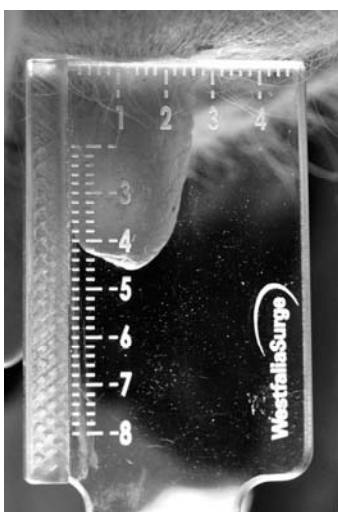
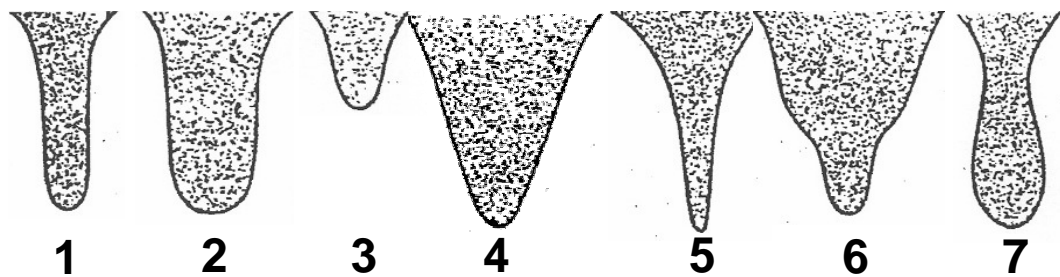


Abbildung 11: Einsatz der Messlehre zur Zitzenvermessung

3.3.6 Zitzenform und Zitzenkuppenform

Die Zitzenformen aller vier Zitzen der ausgewählten Tiere wurden nach GRUNERT (1990) klassifiziert (Abb. 12):



Zitzenform

1 = normale Form

2 = Fleischzitze

3 = Kurzzitze

4 = Kegeltitze

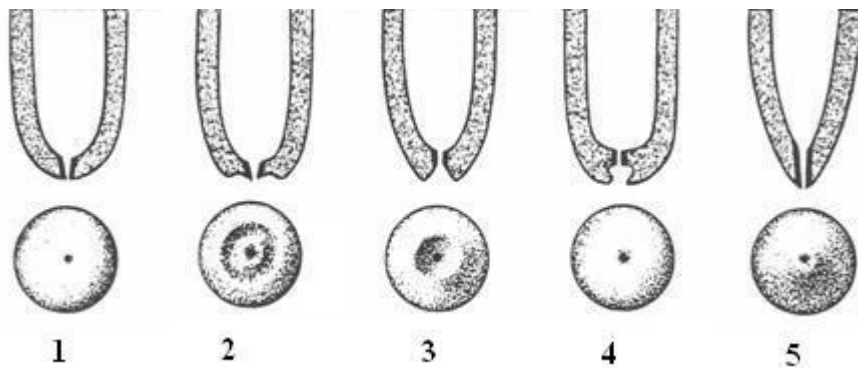
5 = Bleistiftzitze

6 = milchbrüchige Zitze

7 = Flaschenzitze

Abbildung 12: Zitzenformen nach GRUNERT (1990)

Die Zitzenkuppenformen aller vier Zitzen der ausgewählten Tiere wurden nach GRUNERT (1990) klassifiziert (Abb. 13):



Zitzenkuppenform

1 = runde Zitze

2 = Tellerzitze

3 = Trichterzitze

4 = Taschenzitze

5 = Spitzzitze

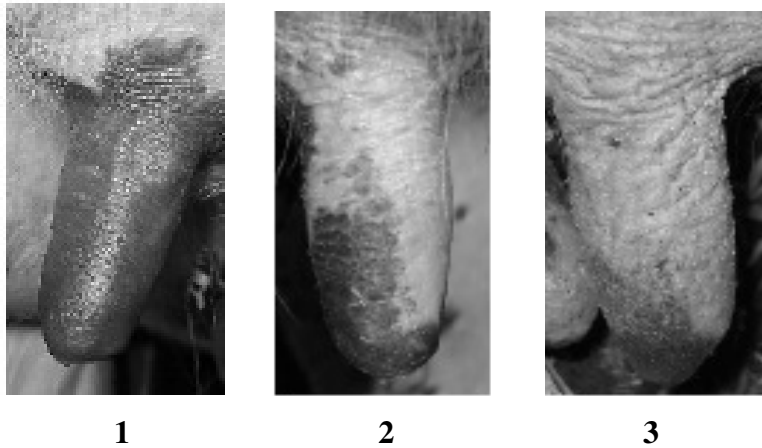
Abbildung 13: Zitzenkuppenformen nach GRUNERT (1990)

3.3.7 Beurteilung der Zitzenkondition

Während der Untersuchungen wurde die Zitzenkondition vor und nach dem Melken bestimmt. Einige Parameter wurden durch Adspektion, andere durch Palpation erhoben.

3.3.7.1 Zitzenhaut

Der Zustand der Zitzenhaut wurde vor dem Melkvorgang in eine der folgenden drei Stufen (Abb.14) eingeordnet:



1 = glatt

2 = mittel (wenige Schuppen oder Risse)

3 = rau (Haut gerissen und/oder schuppig)

Abbildung 14: Stufen der Zitzenhautkondition

(Fotos: Reinecke F, 2006)

3.3.7.2 Zitzenhautfarbe

Die Farbe der Zitzenhaut wurde nach dem Melkvorgang bewertet und in drei Stufen eingeteilt:

1 = normal (Hautfarbe unverändert)

2 = rot

3 = blau

3.3.7.3 Ödeme

Die Bildung von Ödemen sowohl an der Zitzenspitze (Kongestion) als auch an der Zitzenbasis (Ringwulst, Abb. 15) wurde unabhängig von der Cutimetermessung nach dem Melken palpatorisch erfasst. Dabei wurde folgende Einteilung vorgenommen:

Kongestion an der Zitzenspitze:

0 = normal (weiche Zitzenspitze)

1 = verhärtet (Zitzenspitze geschwollen)

Ringödem an der Zitzenbasis:

0 = kein Ringwulst

1 = Ringwulst

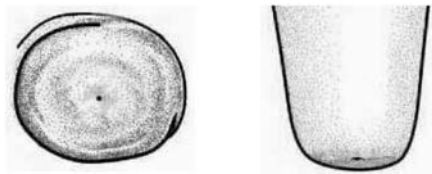


Abbildung 15: Zitzen mit Ringwulst an der Basis

(Foto: Reinecke F, 2009)

3.3.7.4 Hyperkeratosen

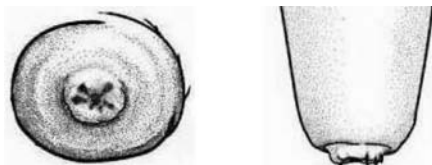
Der Grad der Hyperkeratosen wurde für alle vier Zitzen jeder Kuh nach dem Schema von MEIN et al (2001) bewertet. Die Hyperkeratosen an der Zitzenkanalöffnung wurden einer der vier Kategorien „keine Ringbildung“, „glatter Ring“, „rauer Ring“ bis „sehr rauher Ring“ zugeordnet (Abb. 16).



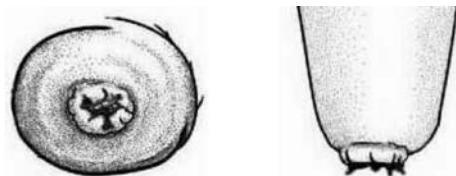
1 Keine Ringbildung. Die Zitzenspitze ist glatt mit einer kleinen, ebenen Öffnung.



2 Glatter bzw. leicht rauher Ring. Ein leicht erhabener Ring liegt um die Öffnung. Der Ring ist glatt bzw. leicht rau.



3 Rauer Ring. Ein erhabener, zerklüfteter rauher Ring mit abstehenden Keratinfortsätzen, Ringdicke 1-3 mm.



4 Sehr rauher Ring. Ein erhabener, rauher, stark zerklüfteter Ring mit abstehenden Keratinfortsätzen, Ringdicke > 4 mm.

Abbildung 16: Einteilung der Hyperkeratosen

(verändert nach Mein et al., 2001)

3.3.7.5 Hautfeuchte

Die Feuchtigkeit an der Zitzenspitze nach dem Melken wurde mit

0 = trocken

1 = feucht

bewertet, um feststellen zu können, ob die Zitzenspitze während des Milchentzugs mit Milch umspült wurde.

3.3.8 Anrüsten der Versuchstiere

Alle Tiere wurden standardisiert angerüstet, um keine Unterschiede in der Milchabgabe zu provozieren, die durch das Anrüsten bedingt wären. Das Vormelken erfolgte mit dem Faustmelkgriff, je Zitze wurden 3 Strahlen abgemolken. Dann wurde jede Zitze für ca. 5 Sekunden mit einem trockenen Papiertuch gereinigt. Es folgte eine Wartezeit von 30 Sekunden, so dass nach einer Minute nach der ersten Berührung das Melkzeug angesetzt wurde.

3.3.9 Bestimmung des Ausmelkgrades

Der Ausmelkgrad der Tiere wurde überprüft, indem aus jedem Viertel manuell die Restmilch in einen Messbecher gemolken wurde. Als obere Grenze für einen guten Ausmelkgrad wurden 300 ml Milch für das gesamte Euter und 100 ml für einzelne Viertel angenommen.

3.4 Ablauf der Untersuchungen

Vor den beim Melken durchgeführten Untersuchungen wurden sämtliche Melkanlagen nach DIN/ISO 6690:1998 geprüft. Dies beinhaltete auch die Messung aller Pulsatoren. Hierzu wurde das Messgerät Bilgery MT52[®] und für die Luftdurchflussmessungen auch das dazu gehörige Airflowmeter genutzt. Die Ergebnisse wurden in einem Datenprotokoll festgehalten, welches nach

DIN/ISO 6690 Vorgaben erstellt wurde (Anhang 1, 2). Alle weiteren Parameter der Melktechnik und des Betriebes wurden ebenfalls erfasst. Dazu gehörten die Melkzeit (Abends/Morgens), der Melkzeugtyp und der Zitzengummityp, Länge, Durchmesser und Material des langen Milchschauches, Zitzengummimaße und Einfaltdruck, Art der Zitzenvorreinigung und Art der Pflege-/Desinfektionsmaßnahme der Zitzen nach dem Melkvorgang.

Die Aufzeichnungen der Parameter von jeweils 4 bis 5 Kühen je Betrieb erfolgten während der Abend- oder Morgenmelkzeit. Alle Melkanlagen hatten tiefverlegte Melkleitungen. An dem Melkplatz des jeweiligen Probanden wurde zunächst der LactoCorder[®] (Kap. 3.3.2) eingebaut und das Melkzeug mit den nötigen Messvorrichtungen für Vakuummessungen ausgestattet (Kap. 3.3.1). Vor dem ersten Berühren der Zitzen wurden diese mit dem modifizierten Cutimeter gemessen. Dann wurden der Hautzustand, die Zitzenform und die Zitzenkuppenform erfasst. Die Zitzen wurden standardisiert vorgemolken und gereinigt (Kap. 3.3.7). Der Grad der Hyperkeratosen wurde erfasst und ca. eine Minute nach der ersten Berührung das Melkzeug angesetzt.

Die Milchflussrate jeder Kuh wurde über den gesamten Melkvorgang mit dem LactoCorder[®] sowie sämtliche Druckmessungen mit dem Bilgery MT52[®] bestimmt. Zur Auswertung standen somit 248 Messungen je Bereich (Milchflussprofile, Druckmessungen und Tierdaten) zur Verfügung.

Unmittelbar nach dem Melkvorgang wurden die Cutimetermessungen wiederholt durchgeführt und es erfolgte die Erhebung der Daten zu Zitzenkondition und Zitzenhautkondition. Dann wurde der Ausmelkgrad überprüft (Kap. 3.3.8).

Die erhobenen Daten, die nicht in den genannten Messgeräten gespeichert wurden, wurden in einem Protokoll festgehalten (Anhang A4 und A5).

3.5 Mathematisch-statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die Daten wurden unter Verwendung von Excel, Access 2000 (Microsoft Corporation) und SPSS (SPSS 13.0, Chicago USA) gesammelt und analysiert. Die Daten wurden auf Ausreißer und Plausibilität geprüft. Alle Datensätze konnten in die Auswertung einbezogen werden. Die statistische Einheit war die Kuh. Die statistische Signifikanzgrenze wurde mit $P \leq 0,05$ festgelegt. Als Lagemaße wurden arithmetische Mittelwerte oder Mediane angegeben und als Streuungsmaße wurden Standardabweichungen oder Minimum und Maximum berechnet. In Abhängigkeit der Variablentypen (metrisch (normalverteilt oder nicht), ordinal, nominal) wurden unterschiedliche Testverfahren zur Untersuchung von Assoziationen und Zusammenhängen zwischen den Variablen gewählt. Zunächst wurden stets univariate Testverfahren verwandt. Statistische Unterschiede zwischen Verhältnissen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test oder mit dem Fisher Exact Test errechnet, für Mittelwertsunterschiede normalverteilter metrischer Variablen wurde der T-Test nach Student oder einfaktorielle Varianzanalysen verwandt. Ansonsten wurde der Chi-Quadrat-Test gewählt. Zur Untersuchung von Beziehungen wurden Korrelationskoeffizienten in Abhängigkeit von den zu vergleichenden Variablen (normalverteilt, metrisch oder nicht normalverteilt oder ordinal skaliert) entweder nach Pearson oder nach Spearman kalkuliert. Als Signifikanztest der Korrelationsberechnungen wurde ein zweiseitiger T-Test durchgeführt. Nach Durchführung der univariaten Analysen erfolgten multivariate Untersuchungen. Hierbei wurden logistische Regressionen (binäre, ordinale, nominale) und mehrfaktorielle varianzanalytische Modelle berücksichtigt (Urban, 1993).

4. Ergebnisse

4.1 Betriebe

4.1.1 Fabrikate und Melkzeuge

Alle Melkanlagen der 50 Betriebe erfüllten die Anforderungen nach DIN/ISO 5707 und 6690. Folgende Fabrikate waren bei den Untersuchungen beteiligt: DeLaval, WestfaliaSurge, Lemmer Fullwood, SAC, Boumatic, Happel und Miele. In den Betrieben wurden 12 verschiedene Melkzeugtypen verwendet (Tabelle 1).

Tabelle 1: Häufigkeit der Melkanlagenfabrikate und verwendete Melkzeuge auf den untersuchten Betrieben (n= 50)

	DeLaval	Westfalia Surge	Lemmer Fullwood	SAC	Boumatic	Happel	Miele
Anzahl Betriebe	15	15	8	6	4	1	1
Anteil % Betriebe	30	30	16	12	8	2	2
M E L K Z E U G	Harmony	Classic 300	Clearflow	Uniflow2	Flo-star Max	S90	Champion
	Harmony Plus	Classic 300 E					
	HCC 150	200ccm					
		Eclipse					

Die 12 verschiedenen Melkzeuge wogen zwischen 1600 g und 2800 g mit einem Mittelwert von 2162 g, einem Median von 2380 g und einer Standardabweichung von 379 g.

4.1.2 Pulsation

In 37 Betrieben (74%) wurden die Kühe mit alternierender und in 13 Betrieben (26%) mit simultaner Pulsation gemolken. Die Pulsrate variierte von 55 bis 62 Zyklen/min. Die Daten der einzelnen Phasen der Pulsation sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Pulsationscharakteristika der untersuchten Betriebe (n= 50)

	A Phase in ms ¹	B Phase in ms	Saugphase in ms	C Phase in ms	D Phase in ms	Pulsrate Zyklen/Min. ²
Minimum	96	418	591	66	167	55
Maximum	266	584	733	184	342	62
Mittelwert	145	487	632	112	270	59
Median	140	481	639	103	267	60
SD ³	30	35	32	27	33	2

¹ ms = Millisekunden

² Min. = Minute

³ SD = Standardabweichung

4.1.3 Vakuumverhältnisse

Die Vakuumverhältnisse wurden im Milchsystem (Betriebsvakuum) und im Melkzeug während des Melkens an der Zitze (Kurzer Milchschauch und Zitzengummikopf) gemessen. Das Betriebsvakuum lag auf den Betrieben zwischen 36 und 46,5 kPa bei einem Mittelwert von 41,2 kPa und einer Standardabweichung von 2,15 kPa. Das mittlere Vakuum während des

höchsten Milchflusses lag im kurzen Milchschauch zwischen 25,8 und 39,4 kPa bei einem Mittelwert von 33,9 kPa und einer Standardabweichung von 2,6 kPa. Die Fluktuation der Werte im kurzen Milchschauch variierte von 3,1 kPa bis 30,2 kPa bei einem Mittelwert von 10,9 kPa und einer Standardabweichung von 5,71 kPa. Das Vakuum im Zitzengummikopf in der Plateauphase des Milchflusses erreichte Werte von 1 kPa bis 34 kPa bei einem Mittelwert von 12 kPa und einer Standardabweichung von 7,23 kPa.

Tabelle 3: Vakuumverhältnisse im Melkzeug während des Melkens

	Betriebsvakuum in kPa ¹	Mittleres Vakuum im KMS ² in kPa	Fluktuation im KMS in kPa	Vakuum im ZGK ³ in kPa
Minimum	36	25,8	3,1	1
Maximum	46,5	39,4	30,2	34
Mittelwert	41,2	33,9	10,9	12
Median	41,5	34,2	8,4	10
SD	2,15	2,6	5,71	7,23

¹ kpa = KiloPascal

² KMS = Kurzer Milchschauch

³ ZGK = Zitzengummikopf

4.1.4 Zitzengummidesign

Durchmesser der Kopföffnung (Kopf) und Durchmesser des Schaftes (Schaft) sowie die Einfaltdruckdifferenz (EDkPa) der Zitzengummis wurden bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Zitzengummimaße und Einfaltdruckdifferenz

	Durchmesser Kopföffnung in mm	Durchmesser Schaft in mm	Einfaltdruck- differenz in kPa
Minimum	20	21,5	6,9
Maximum	24	27	16
Mittelwert	21,6	23,8	10,5
Median	22	23,5	10,4
SD	1	1	2

4.2 Tiere

4.2.1 Eutergesundheit und Leistung

Es wurden ausschließlich Tiere ohne klinische Anzeichen einer Mastitis in die Studie einbezogen. Die Laktationstage lagen zwischen 52 und 234 bei einem Mittelwert von 151 Tagen. 93 % aller untersuchten Tiere waren zwischen 90 und 210 Tagen in der Laktation. Die durchschnittliche Zellzahl lag zwischen 10.000 und 478.000 somatischen Zellen/ml bei einem Mittel von 92.000 Zellen/ml und einem Median von 70.000 Zellen/ml bei der letzten Milchleistungsprüfung. Die Gemelksmenge bei der Untersuchung variierte von 1,84 kg bis 29,73 kg bei einem Mittelwert von 14,63 kg.

Tabelle 5: Zellgehalte und Gemelksmengen der untersuchten Tiere (n= 248)

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	SD ¹
Somatische Zellzahl/ml Milch (kZellen/ml)	10	478	92	70	75
Gemelksmenge (L)	1,84	29,73	14,63	14,48	3,8

¹ SD = Standardabweichung

4.2.2 Milchflussparameter

Als relevante Milchflussparameter der Tiere wurden die Gemelksmenge (MGG), die Melkdauer (tMGG), der höchste Milchfluss (HMF), die Dauer der Melkabschnitte „Anstieg“(tAN), „Plateau“(tPL), „Abstieg zwischen 400 und 200 Gramm/Minute“ (t400) und „Abstieg“(tAB) sowie das Auftreten von Lufteinbrüchen (LE) festgehalten. Lufteinbrüche traten bei 5 Tieren (2%) auf. Bimodalitäten in den Milchabgabeprofilen traten nicht auf.

Tabelle 6: Milchflussparameter der untersuchten Tiere (n= 248)

	MGG ¹ in kg	tMGG ² in min	HMF ³ in kg/min	tAN ⁴ in min	tPL ⁵ in min	tAB ⁶ in min	T400 ⁷ in min
Minimum	1,84	3,1	1,26	0,09	0,05	0,47	0,00
Maximum	29,73	11,95	7,59	1,91	7,42	7,84	1,82
Mittelwert	14,63	6,69	3,95	0,83	2,18	2,80	0,24
Median	14,48	6,61	3,85	0,79	2,01	2,69	0,14
SD	3,79	1,17	1,12	0,33	1,37	1,18	0,24

¹ MGG = Gesamtgemelk in Kilogramm

² tMGG = Dauer Gesamtgemelk

³ HMF = Höchster Milchfluss

⁴ tAN = Dauer des Anstiegs

⁵ tPL = Dauer der Plateauphase

⁶ tAB = Dauer des Abstiegs

⁷ t400 = Dauer des Abstiegs zwischen 400 g/Min. und 200 g/Min. am Ende des Melkvorgangs

4.2.3 Zitzenhaut

Der Zustand der Zitzenhaut wurde in drei Kategorien eingeteilt. In die Stufe 1 (glatte Zitzenhaut) wurden 131 Tiere, in die Stufe 2 (mittel) 93 Tiere und in die Stufe 3 (rau) 24 Tiere eingestuft. Nach dem Melkvorgang hatten 110 Tiere keine Veränderung der Zitzenhautfarbe, 136 Tiere rote Zitzen und 2 Tiere blaue Zitzen. Trocken waren nach dem Melkvorgang die Zitzen von 223 Tieren, feucht die von 25 Tieren.

Tabelle 7: Zitzenhautbeschaffenheit vor und nach dem Melken (n= 248)

	Vor dem Melken			Nach dem Melken				
	glatte	Mittel	rau	normal	rot	blau	trocken	feucht
Anzahl	131	93	24	110	136	2	223	25
Anteil Tiere %	53	38	10	44	55	1	90	10

4.2.4 Zitzenmaße

Die Zitzenlänge der hinteren linken Zitzen erstreckte sich von 28 Millimeter bis 70 Millimeter bei einem Mittelwert von 45 Millimetern. Die Zitzendicke variierte von 18 Millimetern bis 32 Millimetern bei einem Mittelwert von 24 Millimetern.

Tabelle 8: Zitzenmaße der hinteren linken Zitzen (n= 248)

	Länge in mm	Durchmesser in mm
Minimum	28	18
Maximum	70	32
Mittelwert	45	24
Median	44	24
SD	7	2

4.2.5 Zitzenform und Zitzenkuppenform

Die Formen der Zitzen und der Zitzenkuppen wurden von allen vier Zitzen jeder Kuh erfasst. Die normale Form (Kategorie 1) kam mit 87 % am häufigsten vor, milchbrüchige Zitzen (6) mit 6 % und Flaschenzitzen (7) mit 5 % sowie Fleischzitzen (2) mit 0,4 % und Bleistiftzitzen (5) mit 0,1 %. Die anderen Zitzenformen aus dem Bewertungsschema (Kurzzitze und Kegeltitze) wurden nicht angetroffen.

Bei den Zitzenkuppenformen dominierten runde Zitzen (Kategorie 1) mit 83 %, Tellerzitzen (2) machten 9 % aus und Spitzzitzen hatten einen Anteil von 8 %. Lediglich 0,2 % entfielen auf Taschenszitzen (4). Trichterzitzen (3) kamen nicht vor.

Tabelle 9: Häufigkeit der Zitzenformen (n= 985)

	Normale Zitze	Fleisch- zitze	Bleistift- zitze	Milchbrüchige Zitze	Flaschen- zitze
Anzahl vl ¹ (Anteil)	212 (87%)	1 (0,4%)	1 (0,4%)	16 (7%)	14 (6%)
Anzahl vr ² (Anteil)	215 (87%)	1 (0,4%)	0	15 (6%)	16 (6 %)
Anzahl hl ³ (Anteil)	218 (88%)	1 (0,4%)	0	17 (7%)	11 (4%)
Anzahl hr ⁴ (Anteil)	220 (89%)	1 (0,4%)	0	16 (6%)	10 (4%)
Anzahl gesamt (Anteil)	865 (88%)	4 (0,4%)	1 (0,1%)	64 (6%)	51 (5%)

¹ vl = vorne links

² vr = vorne rechts

³ hl = hinten links

⁴ hr = hinten rechts

Tabelle 10: Häufigkeit der Zitzenkuppenformen (n= 985)

	Runde Zitze	Teller- zitze	Trichter- zitze	Taschen- zitze	Spitz- Zitze
Anzahl vl (Anteil)	201 (82%)	20 (8%)	0	0	23 (9%)
Anzahl vr (Anteil)	198 (80%)	25 (10%)	0	0	25 (10%)
Anzahl hl (Anteil)	205 (83%)	22 (9%)	0	1 (0,4%)	19 (8%)
Anzahl hr (Anteil)	212 (86%)	20 (8%)	0	1 (0,4%)	13 (5%)
Anzahl gesamt (Anteil)	816 (83%)	87 (9%)	0	2 (0,2%)	80 (8%)

¹ vl = vorne links² vr = vorne rechts³ hl = hinten links⁴ hr = hinten rechts

4.2.6 Grad der Hyperkeratosen

Der Grad der Hyperkeratosen nach Mein et al. (2001), eingeteilt in vier Stufen, ist in Tabelle 11 für die jeweiligen Viertel getrennt dargestellt.

Der Mittelwert über alle Zitzen lag bei 2,06, während der Mittelwert der Vorderzitzen bei 2,18 und der der Hinterzitzen bei 1,96 lag.

Tabelle 11: Verteilung der Hyperkeratosenstufen nach Eutervierteln

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Median
Anzahl Viertel vl (Anteil)	51 (21%)	127 (52%)	55 (23%)	11 (5%)	2
Anzahl Viertel vr (Anteil)	38 (15%)	124 (50%)	72 (29%)	13 (5%)	2
Anzahl Viertel hl (Anteil)	69 (28%)	129 (52%)	45 (18%)	4 (2%)	2
Anzahl Viertel hr (Anteil)	54 (22%)	149 (60%)	40 (16%)	4 (2%)	2
Anzahl gesamt (Anteil)	212 (22%)	529 (54%)	212 (22%)	32 (3%)	

¹ vl = vorne links

² vr = vorne rechts

³ hl = hinten links

⁴ hr = hinten rechts

4.2.7 Zitzengewebefestigkeit (Zitzendicke)

Die mit dem modifizierten Cutimeter gemessene Zitzendicke der hinteren linken Zitze betrug vor dem Melkvorgang zwischen 0,73 cm und 1,52 cm bei einem Mittelwert von 1,12 cm und 0,78 cm bis 1,43 cm nach dem Melkvorgang bei einem Mittelwert von 1,09 cm.

Die Differenz der Gewebefestigkeit vor und nach dem Melkvorgang als Maß für die Gewebsveränderung durch das Melken erstreckte sich von -37,8 % bis +38,1 %. Die relative Änderung erstreckte sich von 0 % bis 38,1 % mit einem Mittelwert von 9,39 % und einer Standardabweichung von 7,57 %. Bei 158 Tieren (64%) betrug der Wert der Veränderung mehr als 5%.

Tabelle 12: Gewebefestigkeit der Zitzen in cm Kutimeterwert (n= 248)

	Vor dem Melkvorgang	Nach dem Melkvorgang	Differenz in %	Relative Änderung in %
Minimum	0,73	0,78	-37,8	0
Maximum	1,52	1,43	+38,1	38,1
Mittelwert	1,12	1,09	-	9,39
SD	0,14	0,14	-	7,57

4.2.8 Ödematisierung an der Zitzenbasis und Kongestion an der Zitzenspitze

Eine ringförmige Ödematisierung des Gewebes an der Zitzenbasis wurde bei 64 Tieren (26%) und eine Kongestion der Zitzenspitze bei 96 Tieren (39%) nach dem Melkvorgang festgestellt.

4.3 Einfluss der untersuchten Merkmale auf die Zitzenkondition (univariate Datenanalyse)

Im Rahmen der Untersuchung wurden melktechnische Parameter und Zitzenkonditionsdaten erfasst. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten werden im Folgenden beschrieben.

4.3.1 Grad der Hyperkeratosen

Der Grad der Hyperkeratosen als Mittelwert über die Zitzen eines Tieres ergab rechnerisch 13 Stufen von 1 bis 4, da auch ein geringer Anteil an Tieren mit nur drei Zitzen vorhanden war. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen dem Grad der Hyperkeratosen und den Variablen „Dauer der Melkung“ ($P = 0,18$), „Abstiegsdauer“ ($P = 0,15$) und der „Dauer des Abstiegs zwischen 400 Gramm je Minute bis 200 Gramm je Minute“ ($P = 0,58$) festgestellt werden (Kruskal-Wallis Test).

Tabelle 13: Durchschnittliche Melkdauer und durchschnittliche Melkdauer mit geringem Milchfluss nach Hyperkeratoseklassen der Tiere (n= 248)

GHKALL ¹	tMGG ² in min	tAB ³ in min	t400 ⁴ in min
Stufe 1,00	6,06	2,70	0,22
Stufe 1,25	6,56	2,48	0,18
Stufe 1,50	6,39	2,64	0,31
Stufe 1,75	6,42	2,53	0,27
Stufe 2,00	6,66	2,84	0,23
Stufe 2,25	7,25	3,11	0,22
Stufe 2,50	6,66	2,67	0,25
Stufe 2,67	8,63	3,04	0,14
Stufe 2,75	7,59	3,07	0,17
Stufe 3,00	6,99	3,15	0,20
Stufe 3,25	8,31	4,07	0,08
Stufe 3,50	6,04	2,06	0,16
Stufe 4,00	5,95	2,69	0,23
P ⁵	0,18	0,15	0,58

¹ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

² tMGG = Dauer Gesamtgemelk

³ tAB = Dauer des Abstiegs

⁴ t400 = Zeit zwischen Milchfluss 400 Gramm/Minute bis 200 Gramm/Minute am Melkende

⁵ P = Signifikanz

Die Einflüsse der verschiedenen Phasenlängen und die Länge des gesamten Pulszyklus auf den Grad der Hyperkeratosen wurde mit dem Kruskal-Wallis Test überprüft. Es konnte für keine der Variablen (Phase A, P = 0,88; Phase B, P = 0,84; Phase C, P = 0,85; Phase D, P = 0,72; Dauer des Pulszyklus, P = 0,94) ein signifikanter Unterschied in den Hyperkeratoseklassen nachgewiesen werden.

Tabelle 14: Dauer der Pulsationsphasen nach Hyperkeratoseklassen der Tiere (n= 248)

GHKALL ¹	SaugPh ² in ms	PulsAms ³ in ms	PulsBms ⁴ in ms	PulsCms ⁵ in ms	PulsDms ⁶ in ms	ZyklIDau ⁷ in ms
Stufe 1,00	636	151	485	115	276	1027
Stufe 1,25	651	148	503	123	258	1032
Stufe 1,50	635	140	494	107	274	1015
Stufe 1,75	628	140	488	108	274	1009
Stufe 2,00	629	148	481	112	270	1011
Stufe 2,25	627	146	482	112	272	1011
Stufe 2,50	633	142	491	109	268	1010
Stufe 2,67	635	145	490	109	288	1032
Stufe 2,75	631	146	485	112	279	1022
Stufe 3,00	630	147	483	116	257	1003
Stufe 3,25	630	137	492	119	255	1004
Stufe 3,50	639	142	498	110	250	1000
Stufe 4,00	643	159	484	123	255	1021
P	0,89	0,88	0,84	0,85	0,72	0,94

¹ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

² SaugPh = Dauer der Saugphase

³ PulsAms = Dauer der Evakuierungsphase

⁴ PulsBms = Dauer der Vakuumphase

⁵ PulsCms = Dauer der Belüftungsphase

⁶ PulsDms = Dauer der Druckphase

⁷ ZyklIDau = Gesamtdauer des Pulszyklus

Die Hyperkeratosegrade waren für die Hinterzitzen niedriger als für die Vorderzitzen und für die linken Zitzen niedriger als für die rechten Zitzen. Die mit simultaner Pulsation gemolkenen Zitzen hatten niedrigere Werte als die mit alternierender Pulsation gemolkenen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Pulsationsarten konnte jedoch nicht festgestellt werden (Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 15: Bewertung der Hyperkeratosen nach Pulsationsarten und Vierteln (n= 985)

	GHKVL ¹	GHKVR ²	GHKHL ³	GHKHR ⁴	GHKALL ⁵
Alternierend					
Mittelwert	2,14	2,28	1,97	1,99	2,10
Median	2	2	2	2	2
SD	0,77	0,78	0,70	0,66	0,60
Simultan					
Mittelwert	2,00	2,14	1,85	1,92	1,98
Median	2	2	2	2	2
SD	0,80	0,77	0,78	0,69	0,66
P ⁶	0,16	0,18	0,21	0,43	0,25

¹ GHKVL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen linken Zitzen

² GHKVR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen rechten Zitzen

³ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

⁴ GHKHR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren rechten Zitzen

⁵ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

⁶ P = Signifikanz

Der Einfluss der Vakuumverhältnisse auf den Grad der Hyperkeratosen wurde mit dem Kruskal-Wallis-Test überprüft. Das Betriebsvakuum zeigte keinen Einfluss auf den Grad der Hyperkeratosen ($P = 0,94$). Das mittlere Vakuum unter der Zitze im kurzen Milchschauch hatte einen signifikanten Einfluss auf den Grad der Hyperkeratosen ($P = 0,05$), die Vakuumfluktuationen im kurzen Milchschauch hatten keinen Einfluss auf den Grad der Hyperkeratosen ($P = 0,33$).

Tabelle 16: Bewertung der Hyperkeratosen nach Vakuumverhältnissen (n= 248)

GHKALL ¹	BV ² In kPa	MittVak ³ In kPa	VDKMS ⁴ In kPa
Stufe 1,00	41,51	33,34	13,86
Stufe 1,25	41,26	33,59	12,49
Stufe 1,50	41,21	33,29	11,01
Stufe 1,75	41,40	33,77	9,93
Stufe 2,00	41,05	33,80	10,45
Stufe 2,25	41,78	35,18	9,30
Stufe 2,50	40,98	33,38	11,47
Stufe 2,67	41,03	34,88	9,90
Stufe 2,75	40,17	32,56	12,87
Stufe 3,00	41,19	34,45	10,25
Stufe 3,25	42,08	35,68	10,80
Stufe 3,50	41,13	37,75	6,43
Stufe 4,00	41,2	34,03	13,53
P	0,94	0,05	0,33

¹ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

² BV = Betriebsvakuum

³ MittVak = Mittleres Vakuum im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

⁴ VDKMS = Vakuumfluktuation im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

Die Variablen Melkzeuggewicht, Sammelstückvolumen, Durchmesser kurzer Milchschauch, Zitzengummischafstdurchmesser und Einfaltdruck des Zitzengummis wurden ebenfalls mit dem Kruskal-Wallis-Test auf ihren Einfluss auf den Grad der Hyperkeratose hin überprüft. Die Ergebnisse ließen keinen Einfluss auf den Grad der Hyperkeratosen erkennen.

Tabelle 17: Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkzeug- und Zitzengummieigenschaften (n= 248)

GHKALL ¹	Melkzeug-	Sammelstück-	Durchmesser	Durchmesser	ED ³
	gewicht	volumen	KMS ²	Zitzengummi-	des
	in g	in ml	in mm	schafst	Zitzengummis
				in mm	in kPa
Stufe 1,00	2109	361	10,84	23,55	10,03
Stufe 1,25	2219	319	10,25	24,06	9,97
Stufe 1,50	2147	348	10,81	23,80	10,52
Stufe 1,75	2154	345	10,83	23,72	10,75
Stufe 2,00	2123	355	10,95	23,78	10,97
Stufe 2,25	2309	328	10,27	23,97	10,56
Stufe 2,50	2101	362	11,09	23,87	10,58
Stufe 2,67	2027	407	11,83	23,67	8,80
Stufe 2,75	2367	311	10,00	24,07	10,36
Stufe 3,00	2212	337	10,58	23,89	10,04
Stufe 3,25	2523	248	9,10	23,96	8,96
Stufe 3,50	1890	340	11,67	22,67	9,42
Stufe 4,00	2293	383	10,50	23,5	9,87
P	0,17	0,17	0,46	0,88	0,64

¹ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

² KMS = kurzer Milchschauch

³ ED = Einfaltdruckdifferenz

Bei den Melkzeugtypen ließ sich eine Reihenfolge in Bezug auf den Grad der Hyperkeratosen erkennen. Die Ergebnisse je Melkzeug variierten von 1,92 bis 2,65 beim Grad der Hyperkeratosen. Ein signifikanter Einfluss des Melkzeugtyps konnte jedoch nicht nachgewiesen werden ($P = 0,35$). Lediglich für den Einfluss des Melkzeugtyps auf den Grad der Hyperkeratosen der vorderen linken Zitze wurde die Signifikanzgrenze erreicht (Kruskall-Wallis-Test).

Tabelle 18: Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkzeugtyp (n= 985)

Melkzeugtyp	GHKVL ¹	GHKVR ²	GHKHL ³	GHKHR ⁴	GHKALL ⁵
200 ccm	2,20	2,40	1,60	2,20	2,10
Champion	2,40	2,40	1,80	2,00	2,15
Classic	2,09	2,34	1,94	2,00	2,09
ClassicE	2,17	2,38	1,90	2,00	2,11
Clearflow	1,92	2,10	1,80	1,88	1,92
Eclipse	3,00	3,00	2,40	2,20	2,65
FloStarMax	2,21	2,40	2,05	2,10	2,19
Harmony	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
HarmonyPlus	2,10	2,20	2,00	1,95	2,06
HCC 150	2,50	2,60	2,00	1,90	2,25
S90	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Uniflow	1,96	2,04	1,84	1,88	1,93
P	0,05	0,09	0,89	0,97	0,35

¹ GHKVL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen linken Zitzen

² GHKVR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen rechten Zitzen

³ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

⁴ GHKHR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren rechten Zitzen

⁵ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

Der Einfluss des Melkanlagenfabrikats auf den Grad der Hyperkeratosen stellte sich nach dem Kruskal-Wallis-Test als nicht signifikant heraus. Dies gilt für die einzelnen Viertel (GHKVL, $P = 0,48$; GHKVR, $P = 0,23$; GHKHL, $P = 0,72$; GHKHR, $P = 0,75$) und auch für alle Zitzen des Tieres (GHKALL, $P = 0,51$).

Tabelle 19: Bewertung der Hyperkeratosen nach Melkanlagenfabrikat (n= 985)

Fabrikat	GHKVL ¹	GHKVR ²	GHKHL ³	GHKHR ⁴	GHKALL ⁵
Boumatic	2,21	2,40	2,05	2,10	2,19
DeLaval	2,10	2,16	1,99	1,96	2,05
Happel	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Fullwood	1,92	2,10	1,80	1,88	1,92
Miele	2,40	2,40	1,80	2,00	2,15
SAC	2,03	2,10	1,90	1,90	1,98
WestfaliaSurge	2,19	2,41	1,93	2,03	2,14
P	0,48	0,23	0,72	0,75	0,51

¹ GHKVL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen linken Zitzen

² GHKVR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen rechten Zitzen

³ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

⁴ GHKHR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren rechten Zitzen

⁵ GHKALL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller Zitzen des Tieres

Die varianzanalytische Untersuchung der Hyperkeratosenstufen 1 bis 4 ergab keinen signifikanten Einfluss der Zitzenlänge auf den Grad der Hyperkeratose ($P = 0,08$), jedoch eine signifikant höhere Häufigkeit der längeren Zitzen in den höheren Stufen 3 und 4 ($P = 0,01$). Die Zitzendicke hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Grad der Hyperkeratose ($P = 0,99$).

Tabelle 20: Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenmaßen (n=248)

GHKHL ¹	Zitzlaen ² in mm	Min. mm	Max. mm	SD	ZitzDick ³ in mm	Min. mm	Max. mm	SD
Stufe 1,00	43,51	30	66	7,11	24,04	20	28	1,84
Stufe 2,00	45,16	30	70	6,51	24,12	18	32	2,01
Stufe 3,00	46,38	28	62	7,27	24,07	18	30	2,06
Stufe 4,00	45,40	30	55	10,29	24,00	23	25	0,71
P	0,08				0,99			

¹ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

² ZitLaen = Zitzenlänge

³ ZitzDick = Zitzendicke

Tabelle 21: Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenlänge in Gruppen (n= 248)

GHKHL ¹	Zitzlaen ² in mm	Min. mm	Max. mm	SD	
Stufe 1,00	43,51	30	66	7,11	P = 0,01
Stufe 2,00	45,16	30	70	6,51	
Stufe 3,00	46,38	28	62	7,27	
Stufe 4,00	45,40	30	55	10,29	
P	0,08				

¹ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

² ZitLaen = Zitzenlänge

³ ZitzDick = Zitzendicke

Der Einfluss der Zitzenformen auf den Grad der Hyperkeratose wurde mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft. Es konnte kein signifikanter Einfluss dieser Variablen festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22: Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenformen (n= 985)

	Normale Zitze	Fleisch- zitze	Bleistift- zitze	Milchbrüchige- Zitze	Flaschen- zitze	P
GHKVL	2,11	2,00	4,00	1,72	2,50	0,32
GHKVR	2,24	3,00	-	1,93	2,56	0,22
GHKHL	1,96	2,00	-	1,72	1,73	0,34
GHKHR	1,99	2,00	-	1,81	2,00	0,43
GHKGES	2,08	2,25	4,00	1,80	2,20	0,22

¹ GHKVL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen linken Zitzen

² GHKVR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen rechten Zitzen

³ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

⁴ GHKHR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren rechten Zitzen

⁵ GHKGES = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose der Zitzenform

Die Zitzenkuppenform als Einflussfaktor auf den Grad der Hyperkeratose konnte nach dem Kruskal-Wallis-Test für einzelne Viertel als signifikant bestätigt werden, jedoch nicht für alle Viertel eines Tieres. Zitzenkuppen der Form „Spitzzitze“ wiesen signifikant häufiger ($P = 0,02$) ausgeprägte Hyperkeratosen der Stufen 3 und 4 auf (LSD-Posthoc Test mit Bonferroni Korrektur).

Tabelle 23: Bewertung der Hyperkeratosen nach Zitzenkuppenformen (n= 985)

	Runde Zitze	Teller- zitze	Trichter- zitze	Taschen- zitze	Spitz- Zitze	P
GHKVL	2,08	1,95	-	-	2,52	0,05
GHKVR	2,19	2,12	-	-	2,83	0,0006
GHKHL	1,90	2,00	1,00	-	2,26	0,03
GHKHR	1,96	2,05	-	1,00	2,13	0,09
GHKGES	2,03	2,03	1,00	1,00	2,44	0,15

¹ GHKVL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen linken Zitzen

² GHKVR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller vorderen rechten Zitzen

³ GHKHL = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren linken Zitzen

⁴ GHKHR = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose aller hinteren rechten Zitzen

⁵ GHKGES = Durchschnittlicher Grad der Hyperkeratose der Zitzenkuppenform

4.3.2 Hautfarbe

Ein signifikanter Einfluss der Variablen „Dauer des Melkvorgangs“ ($P = 0,25$), „Dauer des Abstiegs“ ($P = 0,61$) und „Dauer des Abstiegs zwischen 400 Gramm je Minute bis 200 Gramm je Minute“ ($P = 0,11$) auf die Hautfarbe nach dem Melken konnte nicht nachgewiesen werden (Kruskal-Wallis-Test).

Tabelle 24: Durchschnittliche Melkdauer und durchschnittliche Melkdauer mit geringem Milchfluss in den Hautfarbenklassen der Zitzen nach dem Melken (n= 248)

	tMGG ¹ in min	tAB ² in min	t400 ³ in min
Hautfarbe normal			
Mittelwert	6,83	2,83	0,24
Median	6,75	2,75	0,19
SD	1,65	1,05	0,20
Hautfarbe rot			
Mittelwert	6,57	2,78	0,23
Median	6,23	2,59	0,14
SD	1,77	1,28	0,27
Hautfarbe blau			
Mittelwert	6,89	2,73	0,07
Median	6,89	2,73	0,07
SD	1,15	2,15	0,03
P	0,25	0,61	0,11

¹ tMGG = Dauer Gesamtgemelk

² tAB = Dauer des Abstiegs

³ t400 = Zeit zwischen Milchfluss 400 Gramm/Minute bis 200 Gramm/Minute am Melkende

Die Dauer der einzelnen Pulsationsphasen, der Saugphase und auch die Dauer des gesamten Pulszyklus hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken (Kruskal-Wallis-Test).

Tabelle 25: Dauer der Pulsationsphasen in den Hautfarbenklassen der Zitzen (n= 248)

	SaugPh ¹ in ms	PulsAms ² in ms	PulsBms ³ in ms	PulsCms ⁴ in ms	PulsDms ⁵ In ms	ZyklIDau ⁶ in ms
Hautfarbe normal	636	146	490	113	267	1017
Hautfarbe rot	628	144	485	110	272	1011
Hautfarbe blau	620	141	479	115	230	965
P	0,55	0,94	0,75	0,87	0,12	0,08

¹ SaugPh = Dauer der Saugphase

² PulsAms = Dauer der Evakuierungsphase

³ PulsBms = Dauer der Vakuumphase

⁴ PulsCms = Dauer der Belüftungsphase

⁵ PulsDms = Dauer der Druckphase

⁶ ZyklIDau = Gesamtdauer des Pulszyklus

Die Pulsationsart hatte einen signifikanten Einfluss auf die Hautfarbe nach dem Melken ($P = 0,009$). Dies konnte unter Anwendung des Chi-Quadrat Anpassungstests ermittelt werden.

Tabelle 26: Anteil der Zitzen in den Hautfarbenklassen nach Pulsationsart (n= 248)

	Alternierend	Simultan
Hautfarbe normal	75 (41%)	35 (54%)
Hautfarbe rot	106 (58%)	30 (46%)
Hautfarbe blau	2 (1%)	-
P	0,009	

Für das Betriebsvakuum wurde kein signifikanter Einfluss auf die Hautfarbe nach dem Melken nachgewiesen ($P = 0,32$). Ebenso hatte das mittlere Vakuum im kurzen Milchschauch keinen signifikanten Einfluss auf diese Variable ($P = 0,37$), während ein signifikanter Einfluss der Fluktuation des Vakuums im kurzen Milchschauch auf die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken ermittelt wurde ($P = 0,04$). Es wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet.

Tabelle 27: Mittlere Vakuumhöhen in den Hautfarbenklassen der Zitzen (n= 248)

	BV ¹ in kPa	MittVak ² in kPa	VDKMS ³ in kPa
Hautfarbe normal	41,17	33,57	11,79
Hautfarbe rot	41,28	34,10	10,17
Hautfarbe blau	40,20	34,50	6,7
P	0,32	0,37	0,04

¹ BV = Betriebsvakuum

² MittVak = Mittleres Vakuum im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

³ VDKMS = Vakuumfluktuation im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

Die Einflüsse der Melkzeug- und Zitzengummiparameter auf die Hautfarbe nach dem Melken wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test ermittelt. Für die Variablen Melkzeuggewicht ($P = 0,07$), Sammelstückvolumen ($P = 0,15$), Durchmesser kurzer Milchschauch ($P = 0,36$) und Durchmesser Zitzengummischaft ($P = 0,14$) konnten keine signifikanten Unterschiede in den Hautfarbenklassen gefunden werden. Die Einfaltdruckdifferenz hatte einen signifikanten Einfluss ($P = 0,04$) auf die Hautfarbe der Zitze nach dem Melken.

Tabelle 28: Mittlere Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten in den Hautfarbenklassen der Zitzen nach dem Melken (n= 248)

	Melkzeug- gewicht in g	Sammelstück- volumen in ml	Durchmesser KMS ¹ in mm	Durchmesser Zitzengummi- schaft in mm	ED ² des Zitzengummis in kPa
Hautfarbe normal	2209	340	10,60	23,96	10,41
Hautfarbe rot	2126	353	10,91	23,67	10,63
Hautfarbe blau	2470	300	10,00	24	6,93
P	0,07	0,15	0,36	0,14	0,04

Die Melkzeugtypen unterschieden sich in Hinblick auf die Hautfarbe nach dem Melken teilweise signifikant. Dies konnte mit dem Chi-Quadrat-Test nachgewiesen werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 29 dargestellt, signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 29: Anteil der Hautfarbenklassen der Zitzen (n= 248) nach Melkzeugtyp

Melkzeugtyp	Haut normal	Haut rot	Haut blau
200 ccm ^a	40 %	60 %	-
Champion ^b	60 %	40 %	-
Classic ^b	49 %	46 %	6 %
ClassicE ^a	43 %	57 %	-
Clearflow ^a	50 %	50 %	-
Eclipse ^a	40 %	60 %	-
FloStarMax ^a	35 %	65 %	-
Harmony ^d	29 %	71 %	-
HarmonyPlus ^a	40 %	60 %	-
HCC 150 ^c	70 %	30 %	-
S90 ^b	60 %	40 %	-
Uniflow ^a	48 %	52 %	-

^a = signifikanter Unterschied zu b, c, d

^b = signifikanter Unterschied zu a, c, d

^c = signifikanter Unterschied zu a, b, d

^d = signifikanter Unterschied zu a, b, c

Der Einfluss des Melkanlagenfabrikats auf die Hautfarbe nach dem Melken war unterschiedlich ausgeprägt. Die Fabrikate unterschieden sich teilweise signifikant, wie Tabelle 30 veranschaulicht (Chi-Quadrat-Test):

Tabelle 30: Anteil der Hautfarbenklassen der Zitzen (n= 248) nach Melkanlagenfabrikat

Fabrikat	Haut normal	Haut rot	Haut blau
Boumatic ^a	35 %	65 %	0 %
DeLaval ^{a, b}	40 %	60 %	0 %
Happel ^c	60 %	40 %	0 %
Fullwood ^c	50 %	50 %	0 %
Miele ^c	60 %	40 %	0 %
SAC ^a	47 %	53 %	0 %
WestfaliaSurge ^b	45 %	52 %	3 %

^a = signifikanter Unterschied zu b, c

^b = signifikanter Unterschied zu a, c

^c = signifikanter Unterschied zu a, b

Ein signifikanter Einfluss der Zitzenmaße auf die Hautfarbe nach dem Melken konnte weder für die Zitzenlänge ($P = 0,22$) noch für die Zitzendicke ($P = 0,54$) ermittelt werden (Kruskal-Wallis-Test, Tabelle 31).

Tabelle 31: Maße der Zitzen (n= 248) in den Hautfarbenklassen

	Zitzlaen ¹ in mm	Min. mm	Max. Mm	ZitzDick ² in mm	Min. mm	Max. mm
Haut normal	45,00	30	66	24,20	18	28
Haut rot	44,78	28	70	24	18	32
Haut blau	51,50	51	52	24	24	24

¹ ZitLaen = Zitzenlänge

² ZitzDick = Zitzendicke

4.3.3 Gewebefestigkeit

Der T-Test für unabhängige Variablen ergab für die Melkdauer, die Dauer des Milchflussabstiegs und die Melkdauer mit geringem Milchfluss keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Gewebefestigkeitsänderung der Zitzen.

Tabelle 32: Melkdauer, Abstiegsdauer und Melkdauer mit geringem Milchfluss und Gewebefestigkeitsveränderung der Zitzen (n= 248) nach dem Melken

	tMGG ¹ in min	tAB ² in min	t400 ³ in min
Gewebefestigkeitsveränderung ≤5%			
Mittelwert	6,74	2,88	0,25
Median	6,35	2,61	0,19
SD	1,83	1,37	0,24
Gewebefestigkeitsveränderung >5%			
Mittelwert	6,66	2,75	0,22
Median	6,67	2,71	0,14
SD	1,66	1,07	0,24

¹ tMGG = Dauer Gesamtgemelk

² tAB = Dauer des Abstiegs

³ t400 = Zeit zwischen Milchfluss 400 Gramm/Minute bis 200 Gramm/Minute am Melkende

Zwischen den untersuchten Gruppen der Gewebefestigkeitsänderung konnten für keine der Variablen der „Dauer der Pulsationsphasen“ signifikante Unterschiede ermittelt werden (T-Test).

Tabelle 33: Dauer der Pulsationsphasen und Gewebefestigkeitsänderung der Zitzen (n= 248)

	SaugPh ¹ in ms	PulsAms ² in ms	PulsBms ³ in ms	PulsCms ⁴ in ms	PulsDms ⁵ in ms	ZyklDau ⁶ in ms
Gewebefestigkeits- veränderung ≤5%	633	143	490	112	267	1012
Gewebefestigkeits- veränderung >5%	631	146	485	111	271	1014

¹ SaugPh = Dauer der Saugphase

² PulsAms = Dauer der Evakuierungsphase

³ PulsBms = Dauer der Vakuumphase

⁴ PulsCms = Dauer der Belüftungsphase

⁵ PulsDms = Dauer der Druckphase

⁶ ZyklDau = Gesamtdauer des Pulszyklus

Zwischen den beiden untersuchten Gruppen der Gewebefestigkeitsänderung konnten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Pulsationsart ermittelt werden (Chi-Quadrat-Test).

Tabelle 34: Anteil der Gewebefestigkeitsveränderungen der Zitzen (n= 248) nach Pulsationsart

	Alternierend	Simultan
Gewebefestigkeitsveränderung ≤5%	37 %der Tiere	34 % der Tiere
Gewebefestigkeitsveränderung >5%	63 %der Tiere	66 %der Tiere
Gewebefestigkeitsveränderung absolut		
Mittelwert	9,6 %	8,7 %
Median	8,1 %	7,5 %
SD	7,89 %	6,6 %

Die Vakuumverhältnisse hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Gewebefestigkeitsveränderung. Die Gruppen der Gewebefestigkeitsänderung wiesen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf diese Variablen auf (T-Test).

Tabelle 35: Mittlere Vakuumhöhen und Gewebefestigkeitsveränderung der Zitzen (n= 248)

	BV ¹ in kPa	MittVak ² in kPa	VDKMS ³ in kPa
Gewebefestigkeitsveränderung ≤5%	41,26	33,93	10,78
Gewebefestigkeitsveränderung >5%	41,20	33,80	10,90
Gewebefestigkeitsveränderung ≤10%	41,08	33,92	10,97
Gewebefestigkeitsveränderung >10%	41,50	33,80	10,70

¹ BV = Betriebsvakuum ² MittVak = Mittleres Vakuum im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

³ VDKMS = Vakuumfluktuation im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

Die Gruppen der Gewebefestigkeitsänderung wiesen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Variablen „Melkzeugdaten“ und „Zitzengummidaten“ auf (T-Test).

Tabelle 36: Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten und Gewebefestigkeitsveränderung der Zitzen (n= 248)

	Melkzeug- gewicht in g	Sammelstück- volumen in ml	Durchmesser KMS ¹ in mm	Durchmesser Zitzengummi- schaft in mm	ED ² des Zitzengummis in kPa
Gewebefestigkeits- veränderung ≤5%	2165	348	10,73	23,73	10,60
Gewebefestigkeits- veränderung >5%	2166	346	10,79	23,84	10,44
Gewebefestigkeits- veränderung ≤10%	2200	340	10,62	23,80	10,41
Gewebefestigkeits- veränderung >10%	2111	358	11,00	23,83	10,64

¹ KMS = kurzer Milchschauch

² ED = Einfaltdruckdifferenz

Ein signifikanter Einfluss der Zitzenmaße auf die Gewebefestigkeitsänderung konnte weder für die Zitzenlänge noch für die Zitzendicke ermittelt werden (T-Test).

Tabelle 37: Zitzenmaße und Gewebefestigkeitsveränderung der Zitzen (n= 248)

	Zitzlaen ¹ in mm	Min. mm	Max. Mm	ZitzDick ² in mm	Min. mm	Max. Mm
Gewebefestigkeits- veränderung ≤5%	44,52	30	60	23,99	18	30
Gewebefestigkeits- veränderung >5%	45,16	28	70	24,14	18	32
Gewebefestigkeits- veränderung ≤10%	44,97	30	62	23,98	18	30
Gewebefestigkeits- veränderung >10%	44,85	28	70	24,25	18	32

¹ ZitLaen = Zitzenlänge

² ZitzDick = Zitzendicke

4.3.4 Kongestion der Zitzenspitze

Für das Auftreten von Kongestionen konnte ein signifikanter Einfluss der Melkdauer nachgewiesen werden. Die Abstiegsdauer und die Dauer mit geringem Milchfluss hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Kongestionen der Zitzenspitze (Mann-Whitney-U-Test). Die signifikanten Unterschiede sind in Tabelle 38 mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Tabelle 38: Melkdauer, Abstiegsdauer und Melkdauer mit geringem Milchfluss in Bezug zu vorhandener Kongestion der Zitzenspitze (n= 248)

	tMGG ¹	tAB ²	t400 ³
	in min	in min	in min
Keine Kongestion			
Mittelwert	6,48 ^a	2,77 ^a	0,24 ^a
Median	6,30 ^a	2,61	0,19
SD	1,62 ^a	1,14	0,24
Kongestion			
Mittelwert	7,02 ^b	2,85 ^a	0,22 ^a
Median	6,82 ^b	2,75	0,14
SD	1,83 ^b	1,25	0,23

^a = signifikanter Unterschied zu b

^b = signifikanter Unterschied zu a

¹ tMGG = Dauer Gesamtgemelk

² tAB = Dauer des Abstiegs

³ t400 = Zeit zwischen Milchfluss 400 Gramm/Minute bis 200 Gramm/Minute am Melkende

Zwischen den Gruppen „keine Kongestion“ und „Kongestion“ konnten für keine der Variablen „Pulsationsphasenlängen“ signifikante Unterschiede ermittelt werden (Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 39: Dauer der Pulsationsphasen und das Auftreten von Kongestionen an der Zitzenspitze (n= 248)

	SaugPh ¹ in ms	PulsAms ² in ms	PulsBms ³ in ms	PulsCms ⁴ in ms	PulsDms ⁵ in ms	ZyklIDau ⁶ in ms
Keine Kongestion	633	145	487	114	270	1017
Kongestion	630	144	486	108	269	1007
P	n.s. ⁷	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

¹ SaugPh = Dauer der Saugphase

² PulsAms = Dauer der Evakuierungsphase

³ PulsBms = Dauer der Vakuumphase

⁴ PulsCms = Dauer der Belüftungsphase

⁵ PulsDms = Dauer der Druckphase

⁶ ZyklIDau = Gesamtdauer des Pulszyklus

⁷ n.s. = nicht signifikant

Die beiden Gruppen „keine Kongestion“ und „Kongestion“ wiesen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Variablen „Simultane Pulsation“ und „alternierende Pulsation“ auf (Chi-Quadrat-Test).

Tabelle 40: Anteil der Kongestionen der Zitzenspitze (n= 248) nach Pulsationsart

	Alternierend	Simultan
Keine Kongestion	58 % der Tiere	69 % der Tiere
Kongestion	42 % Der Tiere	31 % der Tiere
P	n.s.	n.s.

Für das Betriebsvakuum und die Fluktuation des Vakuums im kurzen Milchschauch wurde kein signifikanter Einfluss auf das Auftreten von Kongestionen nachgewiesen. Ein signifikanter Einfluss des mittleren Vakuums im kurzen Milchschauch auf das Auftreten von Kongestionen wurde ermittelt ($P = 0,04$). Es wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Tabelle 41: Vakuumböhen und Kongestionen der Zitzenspitze (n= 248)

	BV ¹ in kPa	MittVak ² in kPa	VDKMS ³ in kPa
Keine Kongestion			
Mittelwert	41,17	33,60	11,30
Median	41,50	34,10	8,95
SD	2,05	2,68	5,66
Kongestion			
Mittelwert	41,31	34,29	10,17
Median	41,00	34,58	7,75
SD	2,31	2,43	5,77
P	n.s.	0,04	n.s.

¹ BV = Betriebsvakuum

² MittVak = Mittleres Vakuum im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

³ VDKMS = Vakuumfluktuation im kurzen Milchschauch beim höchsten Milchfluss

Die beiden Gruppen „Keine Kongestion“ und „Kongestion“ wiesen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Variablen „Melkzeugdaten“ und „Durchmesser Zitzengummischaft“ auf (Mann-Whitney-U-Test). Die Variable „Einfaltdruck des Zitzengummi“ hingegen hatte einen signifikanten Einfluss (P = 0,01)

Tabelle 42: Werte der Melkzeug- und Zitzengummidaten und das Auftreten von Kongestionen an der Zitzenspitze (n= 248)

	Melkzeug- gewicht in g	Sammelstück- volumen in ml	Durchmesser KMS ¹ in mm	Durchmesser Zitzengummi- schaft in mm	ED ² des Zitzengummi in kPa
Keine Kongestion	2134	351	10,81	23,67	10,77
Kongestion	2216	340	10,70	24,00	10,08
P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,01

¹ KMS = kurzer Milchschauch

² ED = Einfaltdruckdifferenz

Zwischen den beiden untersuchten Gruppen (keine Kongestion, Kongestion) konnte nur für die Variable Zitzenlänge ein signifikanter Unterschied ermittelt werden ($P = 0,002$). Die Zitzenlänge hatte keinen signifikanten Einfluss (Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 43: Zitzenmaße und das Auftreten von Kongestionen an der Zitzenspitze (n= 248)

	Zitzenlänge in mm	Min. mm	Max. Mm	Zitzendicke in mm	Min. mm	Max. mm
Keine Kongestion		30	70		20	32
Mittelwert	45,39			24,44		
Median	44,00			24,00		
SD	6,98			1,90		
Kongestion		28	62		18	28
Mittelwert	44,20			23,52		
Median	44,00			24,00		
SD	6,81			1,89		
P	n.s.			0,002		

¹ ZitLaen = Zitzenlänge

² ZitzDick = Zitzendicke

4.3.5 Ringbildung

Zwischen den untersuchten Gruppen „keine Ringbildung“ und „Ringbildung“ konnte für die Variable „Zitzengummikopföffnung“ ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($P = 0,0003$). Für die Variablen „Zitzengummischicht“ und „Differenz Zitzengummischicht zu Zitzendicke“ konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Tabelle 44: Mittlere Werte der Zitzengummidaten und das Auftreten von Ringbildung an der Zitzenbasis (n= 248)

	Durchmesser Zitzengummi- schicht in mm	Differenz Zitzengummi- schicht zu Zitzendicke in mm	Durchmesser Zitzengummi- kopföffnung in mm
Keine Ringbildung			
Mittelwert	23,81	1,85	21,78
Median	23,50	1,50	22,00
SD	1,36	1,50	1,06
Ringbildung			
Mittelwert	23,77	1,89	21,20
Median	23,50	1,75	21,63
SD	1,20	1,49	1,17
P	n.s.	n.s.	0,0003

4.4 Einfluss der untersuchten Merkmale auf die Zitzenkondition (multivariate Datenanalyse)

Zur multivariaten Bewertung der Zusammenhänge zwischen melktechnischen und morphologischen Variablen und den Zitzenkonditionsvariablen wurden logistische Regressionen zu den Variablen berechnet, die in der univariaten Analyse signifikante Abhängigkeiten gezeigt haben ($P < 0,05$). In Abhängigkeit von der Variablenart (ordinal: Hyperkeratosen, Hautfarbe; binominal: Kongestion, Kutimeterdifferenz $>5\% < 5\%$) wurden ordinale oder binäre logistische Regressionen verwandt. Zur Beurteilung der Qualität der berechneten Modelle wurde die Hosmer und Lemeshow Goodness of fit bzw. die Pearson Goodness of Fit Statistik berechnet. Diese war in allen Modellen $> 0,6$, sodass von einer genügend großen Sicherheit der Modelle ausgegangen werden kann.

4.4.1 Grad der Hyperkeratosen

Euterviertel mit ausgeprägten Hyperkeratosen (Grad 3-4) an der Zitzenkanalöffnung, die nicht physiologisch sind, konnten signifikant häufiger bei längeren Zitzen ($P < 0,001$), bei niedriger Vakuumdifferenz im kurzen Milchslauch beim höchsten Milchfluss in kPa ($P = 0,0029$) und bei alternierender Pulsation ($P = 0,047$) gefunden werden.

Spitzzitzen als Zitzenkuppenform erreichten ebenfalls auch in der multivariaten Betrachtung signifikant häufiger einen hohen Hyperkeratosegrad ($P = 0,002$)

4.4.2 Hautfarbe

Rote oder blaue Verfärbungen der Haut nach dem Melken traten in der ordinalen logistischen Regression signifikant häufiger bei niedrigen Einfaltdrücken des Zitzengummis auf ($P = 0,034$).

4.4.3 Gewebefestigkeit

Signifikante Unterschiede zwischen melktechnischen und morphologischen Variablen in Bezug auf die Änderung der Gewebefestigkeit waren in der multivariaten Analyse nicht vorhanden.

4.4.4 Kongestion der Zitzenspitze

Die Kongestion der Zitzenspitze als Ausdruck einer unzureichenden Massage des Zitzengewebes wurde häufiger bei langer Melkdauer, längeren A-, B- und D-Phasen des Pulsationszyklus und seltener bei kürzerer Zyklusdauer, höheren Einfaltdrücken der Zitzengummis, einer größeren Zitzendicke und einem niedrigeren Betriebsvakuum festgestellt (Tabelle 45).

Tabelle 45: Ergebnisse der binären logistischen Regression für das Auftreten von Kongestionen anhand von melktechnischen und morphologischen Variablen

	Odd's Ratio	Konfidenzintervall 95 %	Signifikanz
Dauer der gesamten Melkung (min.)	1,25	1,01-1,55	0,001
Länge der A-Phase der Pulsation (ms)	1,09	1,03-1,15	0,005
Länge der B-Phase der Pulsation (ms)	1,06	1,02-1,10	0,004
Länge der D-Phase der Pulsation (ms)	1,05	1,01-1,08	0,01
Dauer eines Zyklus (ms)	0,94	0,90-0,97	0,001
Einfaltdruck des Zitzengummis (kPa)	0,76	0,64-0,92	0,004
Zitzendicke	0,72	0,59-0,88	0,001
Betriebsvakuum	1,28	1,03-1,58	0,024

5. Diskussion

Den an der Zitze wirksamen Einflüssen durch den maschinellen Milchentzug kommt eine besondere Rolle in Bezug auf die Gesunderhaltung des Zitzengewebes zu. Die auf die Zitze wirkenden Kräfte führen nicht selten zu unerwünschten Veränderungen der Zitzenkondition. Störungen der Zitzenkondition können die Entstehung von Mastitiden begünstigen (Mein et al., 2004). Die Erhaltung oder Entwicklung einer zufrieden stellenden Zitzenkondition ist Ziel der Tierhalter, der Melktechnikindustrie und auch beratender Institutionen. Optimierungsprozesse basieren dabei üblicherweise auf Erfahrungswissen und nur wenig auf wissenschaftlichen Untersuchungen (Hubal und Krömker, 2010). Die vorliegende Studie versucht im Rahmen einer Querschnittsuntersuchung mögliche Beziehungen zwischen der Melktechnik und der Zitzenkondition aufzuzeigen und so Hypothesen für weitere beweisende Studien zu initiieren.

5.1 Betriebsauswahl und Versuchstiere

Die untersuchten Betriebe hatten eine Jahresdurchschnittsmilchleistung von 9084 kg/Kuh und lagen damit um 500 kg über dem niedersächsischen Durchschnitt (LWK Niedersachsen, 2010). Die Tatsache, dass alle Melkanlagen der Betriebe intakt und nach DIN/ISO ausgelegt waren, minimierte das Risiko für Einflüsse der Melktechnik auf die Zitzenkondition, die aus fehlerhafter oder unzureichend dimensionierter Melktechnik hervorgehen könnten. Da verschiedene Fabrikate mit unterschiedlichen Einstellungen gewählt wurden, war eine große Bandbreite an Varianten der Melktechnik vorhanden. Die Verteilung der Betriebe nach Melkanlagenfabrikaten entsprach etwa ihren Marktanteilen in Niedersachsen (LWK Niedersachsen, 2010). Dies galt auch für die Melkzeugtypen und Pulsationsarten. Einige der in die Studie einbezogenen Tiere erfüllten die Einschlusskriterien (100.–200. Laktationstag, <200.000 Zellen/ml) nicht. So waren insgesamt 7 %

der Tiere kürzer als 90 und länger als 210 Tage in der Laktation, 7 % der Tiere wiesen über 200.000 Zellen/ml in der letzten Milchleistungsprüfung auf. Alle in die Studie einbezogenen Tiere zeigten jedoch keine Anzeichen klinischer Mastitiden.

Die Gemelksmengen der Tiere entsprachen mit durchschnittlich 14,63 kg dem Leistungsniveau der untersuchten Herden. Lediglich ein Tier mit 1,84 kg Gemelksmenge hatte bei der betreffenden Melkzeit Minderleistung, die wahrscheinlich auf eine Brunst zurückzuführen war. Da nur ein Gemelk berücksichtigt wurde und die Zwischenmelkzeit nicht immer 12 Stunden betrug, kann bei den Probanden von einer Tagesleistung zwischen ca. 17 und 55 kg/Tag ausgegangen werden (lineare Hochrechnung). Da alle Tiere standardisiert vom Autor angerüstet wurden, traten keine verzögerten Milchejektionen (Bimodalitäten) auf. Der Ausmelkgrad war bei allen Tieren als gut zu bezeichnen, da bei keinem Tier mehr als drei Strahlen Milch je Euterviertel (ca. 30 ml) nach dem Melkvorgang gewonnen werden konnte. Einer der Gründe hierfür kann die gute Anrüstung sein.

5.2 Zitzenmorphologie

Die Zitzenmaße der Tiere entsprachen für die hinteren Zitzen mit einer Länge von 28 mm bis 70 mm und einem Mittelwert von 45 mm auch den Werten von Untersuchungen mit größeren Stichproben. So stellte Graff (2005) bei 5855 Tieren Werte zwischen 20 mm und 80 mm mit einem Mittelwert von 45 mm fest. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Werte der Zitzendurchmesser (18-32 mm, Mittelwert 24 mm) entsprachen ebenfalls denen von Graff (2005), mit jeweils einem Minimum von 18 mm, einem Maximum von 36 mm und einem Mittelwert von 23,5 mm. In den untersuchten Betrieben hatten jeweils über 80 % der Tiere normale Zitzen und runde Zitzenkuppen, die auf züchterische Ursachen zurückzuführen sind. Vergleichsdaten dazu liegen aufgrund verschiedener Beurteilungssysteme nur unzureichend vor.

Bei der Analyse der Daten zur Bewertung der Zitzenmaße im Hinblick auf die Ausprägung von Hyperkeratosen zeigte sich, dass signifikant mehr längere Zitzen in den Beurteilungsstufen 3 und 4 anzutreffen sind. Dies lässt sich auch aus den Ergebnissen von Rønningen und Reitan (1990) ableiten. Die Autoren haben bei einer höheren Penetrationstiefe der Zitzen in das Zitzengummi schlechtere Zitzenkonditionen festgestellt. Der Zitzendurchmesser hatte in dieser Studie einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Kongestionen. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von Gleeson et al. (2003), die bei engeren Zitzengummis und dazu im Verhältnis dickeren Zitzen eine geringere Ödembildung beobachteten.

Spitze Zitzen erreichten in der vorliegenden Studie im Vergleich zu anderen Kuppenformen signifikant höhere Hyperkeratosegrade ($P = 0,02$). Dies wurde auch durch Untersuchungen von Seykora und McDaniel (1985) bestätigt.

5.3 Einflüsse der melktechnischen Variablen

Die Einflüsse der melktechnischen und der morphologischen Variablen wurden auf die Einzelwirkung auf die Zitzenkonditionsparameter (univariat) und auf die wechselseitige Wirkung auf die Zitzenkonditionsparameter (multivariat) untersucht. Für die multivariate Bewertung wurden ausschließlich Variablen gewählt, die in der univariaten Analyse signifikante Abhängigkeiten gezeigt hatten.

5.3.1 Melkdauer

Für die Melkdauer konnte in der univariaten Datenanalyse kein signifikanter Einfluss auf den Hyperkeratosegrad festgestellt werden. Dem gegenüber stellten Thompson und Sieber (1980) fest, dass eine mittlere Melkdauer der Herde unter 5 Minuten den Anteil an glatten, nicht herausgestülpten Zitzenkanalöffnungen erhöht (20 %). Bei einer mittleren Melkdauer von 6 Minuten sinkt dieser Anteil auf 10 %. In der vorliegenden Studie lag jedoch die

Melkdauer in keiner der Hyperkeratosenstufen unter 6 Minuten. Neijenhuis et al. (2000) ermittelten für den Einfluss der Maschinenhaftzeit auf die Rauigkeit der Hyperkeratose einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,22$ ($P = 0,08$).

Für das Auftreten von Kongestionen konnte ein signifikanter Einfluss der Melkdauer festgestellt werden. Auch andere Autoren wiesen einen Zusammenhang zwischen der Melkdauer und der Zitzenkondition nach (Reid und Johnson, 2003; Graff et al., 2007).

Im Gegensatz zu der vorliegenden Studie wurden jedoch in den zitierten Arbeiten überwiegend einzelne Herden intensiv untersucht. Aufgrund der Einbeziehung ausschließlich von Tieren in der 2. Laktation und zwischen dem 100. und 200. Laktationstag und der damit verbundenen höheren durchschnittlichen Milchmengen lassen sich längere durchschnittliche Melkzeiten mit geringerer Schwankungsbreite erklären. Andererseits können so alters- und laktationsabhängige Einflüsse minimiert werden.

Bei der multivariaten Datenanalyse stellte sich ein 1,25-mal höheres Risiko für die Bildung von Kongestionen der Zitzenspitze bei längerer Melkdauer heraus. Dieser Zusammenhang wurde in der Literatur bisher nicht beschrieben.

5.3.2 Pulsation

Für die univariaten Einflüsse der verschiedenen Phasenlängen und die Länge des gesamten Pulszyklus auf die Zitzenkondition konnte für keine der Variablen ein signifikanter Unterschied in den Hyperkeratoseklassen, den Hautfarbenklassen, den Gewebefestigkeitsklassen und den Kongestionen nachgewiesen werden. Bei der multivariaten Analyse stellte sich jedoch heraus, dass längere A-, B- und D-Phasen bei kürzerem Pulszyklus häufiger der Grund für Kongestionen sind. Billon und Gaudin (2001) hingegen konnten für die A- und C-Phase einen positiven Einfluss der Dauer für die Entstehung von Kongestionen, allerdings nur bei Vordervierteln, feststellen. Dies hängt möglicherweise aber auch mit der längeren Blindmelkzeit der Vorderviertel

zusammen. In verschiedenen experimentellen Arbeiten wurden die Effekte von Phasenlängen, die so *in praxi* nicht angetroffen werden konnten, untersucht. So wurden D-Phasen von unter 200 ms (Kirk, 2003; Reid und Johnson, 2003) und B-Phasen von 600-1000 ms (Billon und Gaudin, 2001) angewendet, um extreme Bedingungen zu schaffen. Die Effekte waren dadurch häufig deutlicher, als dies in der vorliegenden Praxisstudie festgestellt werden konnte, ausgeprägt.

Die Art der Pulsation hatte einen signifikanten Einfluss auf die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken. Die simultane Pulsation verursachte signifikant weniger rote und blaue Zitzen ($P = 0,009$). Hierzu lagen in der vorliegenden Literatur keine Ergebnisse vor. Es wurde häufig nur der Zusammenhang zwischen Pulsation und Hyperkeratosen, selten auch zu Kongestionen beschrieben. Die Durchschnitte der Hyperkeratoseneinstufungen in der vorliegenden Studie waren bei den mit simultaner Pulsation gemolkenen Tieren niedriger, dies war jedoch nicht signifikant.

5.3.3 Vakuumhöhen

Das Betriebsvakuum hatte univariat keinen signifikanten Einfluss auf die Zitzenkondition. In der multivariaten Analyse stellte sich heraus, dass das Risiko für Kongestionen mit sinkendem Betriebsvakuum abnimmt. Dies konnten auch schon Hamann und Mein (1988) feststellen. Das mittlere Vakuum im kurzen Milchslauch hatte einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Kongestionen und den Grad der Hyperkeratosen. Die Vakuumfluktuation im kurzen Milchslauch hatte einen signifikanten Einfluss auf die Hautfarbe der Zitze nach dem Melken. In Bezug auf Hyperkeratosen wurden ähnliche Beobachtungen auch von Ebdorff und Ziesack (1991) bei jedoch größeren Differenzen zwischen den untersuchten Vakuumhöhen (45 zu 50 kPa) gemacht. Für Kongestionen stellten die Autoren keine Unterschiede fest. Auch Ryšánek et al. (2001) kamen zum Zusammenhang zwischen Vakuum im kurzen Milchslauch und der Ausprägung von Hyperkeratosen zu

vergleichbaren Ergebnissen. Ortega et al. (2008) setzen das Vakuum im Sammelstück in Bezug zum Einfaltdruck des Zitzengummis. Hierauf wird noch im Kapitel 5.3.5 eingegangen.

5.3.4 Melkzeug

Das Melkzeuggewicht und das Sammelstückvolumen hatten in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Zitzenkondition. Hillerton et al. (2000) stellten ebenfalls keine Unterschiede hinsichtlich der Hyperkeratosen in Bezug zum Melkzeuggewicht fest. Zitzen, die mit einem schweren Melkzeug gemolken wurden, waren häufiger rot oder blau verfärbt. Im Gegensatz zu den Versuchen mit dem leichten Melkzeug wurde bei Einsatz des schweren Melkzeugs mit simultaner Pulsation Milch entzogen. Auch Rasmussen und Madsen (2000) stellten keine signifikanten Unterschiede des Melkzeuggewichts in Bezug zur Gewebefestigkeitsveränderung fest. Ohnstad (1998) stellte bei einem Melkzeug mit einem Gewicht über 2,4 kg einen höheren Anteil an Kühen mit roten und blauen Zitzen fest.

Bei den in dieser Studie untersuchten Melkzeugen als Zusammenstellung von Sammelstück und Zitzenbechern mit den entsprechenden Zitzengummis stellten sich signifikante Unterschiede in ihrer Wirkung auf die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken heraus. Dies beruht nicht nur auf dem verwendeten Melkzeug, sondern auch auf den anderen Parametern, die bei Verwendung der Melkzeuge wirksam wurden (Pulsation, Vakuumböhen). Ähnliche Untersuchungen, in denen eine annähernd gleiche Anzahl von Melkzeugtypen untersucht wurde, konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

5.3.5 Zitzengummi

Die in der vorliegenden Studie untersuchten Zitzengummis deckten einen weiten Bereich sowohl beim Durchmesser der Kopföffnung (20-24 mm) und des Schaftes (21,5-27 mm) als auch bei der Eigenschaft Einfaltdruckdifferenz

(6,9-16 kPa) ab. Bei den Zitzengummis ließen sich in der univariaten und in der multivariaten Datenanalyse signifikante Einflüsse des Einfaltdruckes auf die Hautfarbe und das Auftreten von Kongestionen feststellen. Außerdem konnte ein signifikanter Einfluss der Zitzengummikopfföfnung auf die Ringbildung an der Zitzenbasis ermittelt werden. Die Einfaltdrücke sind in Bezug zur Vakuumhöhe unter der Zitze und dem Zeitablauf zu sehen, um die einwirkende Kraft auf die Zitze berechnen zu können. Mein et al. (2003) stellten infolge dessen einen „Korridor“ der einwirkenden Drücke des Zitzengummis auf die Zitze zwischen 8 und 13 kPa als erforderlich fest, um der Entstehung einerseits von Ödemen und Kongestionen und andererseits von Hyperkeratosen entgegenzuwirken. Auch Ortega et al. (2008) empfehlen eine Vakuumhöhe im Sammelstück, die 26-27 kPa über der Einfaltdruckdifferenz des Zitzengummis liegen sollte.

Ein signifikanter Einfluss der Zitzengummimaße auf den Grad der Hyperkeratosen konnte in dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Dies stellten Gleeson und O`Callaghan (2001) auch fest, allerdings benutzten sie verschiedene Melkzeuge und Pulsationsarten, so dass keine unmittelbare Vergleichbarkeit gegeben war. Rønningen und Reitan (1990) hingegen ermittelten einen Zusammenhang zwischen der Penetrationstiefe der Zitze und der Gewebefestigkeit nach dem Melken. Die Zitzenlänge ist dabei entscheidend für die Penetrationstiefe (Kap. 5.2).

5.3.6 Melkanlagenfabrikat

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Melkanlagenfabrikaten konnte nur für die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken ermittelt werden. Dies deckt sich mit den Beobachtungen zu den Melkzeugtypen, die abhängig sind vom Melkanlagenfabrikat. Die Gründe für diese Unterschiede liegen in der Bevorzugung bestimmter Pulsationsarten (alternierend/simultan) durch die Hersteller. Zwischen den Pulsationsarten bestehen jedoch in Bezug auf die Hautfarbe der Zitzen nach dem Melken signifikante Unterschiede. Studien, in

denen Untersuchungen zu den Effekten des Melkanlagenfabrikats auf die Zitzenkondition durchgeführt wurden, sind nicht bekannt.

6. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben deutlich gezeigt, dass verschiedene melktechnische Parameter unterschiedliche Einflüsse auf die Zitzenkondition haben. Der Fokus dieser Studie wurde auf Untersuchungen in kommerziellen Milchviehbetrieben gelegt. Experimentelle Arbeiten zu ausgewählten Einzelparametern wurden daher nicht durchgeführt.

Für Untersuchungen der Zitzenkondition in Abhängigkeit von melktechnischen Parametern sollte bevorzugt eine möglichst homogene Tiergruppe (gleiche Laktationsnummer, gleiches Laktationsstadium) ausgewählt werden, um alters- und laktationsbedingte Einflüsse auf die Zitzenkondition minimieren zu können. Die Vorbereitung der Tiere vor dem Melkvorgang und die Beurteilung der Zitzenmorphologie und Zitzenkondition sollte standardisiert vorgenommen werden.

Für die Empfehlungen in der praktischen Beratung lassen sich aus dieser Studie einige wesentliche Ansätze ableiten. So ist eine an die Zitzenmaße angepasste Dimensionierung der Zitzengummis (Länge, Schaftdurchmesser, Kopföffnungsdurchmesser) zur Verhinderung des Auftretens von ausgeprägten Hyperkeratosen, Kongestionen und Ringen an der Zitzenbasis notwendig. Der Einfaltdruck des Zitzengummis sollte mit dem Vakuum unter der Zitze so abgestimmt werden, dass einerseits die Kraft des Zitzengummis ausreicht, Ödeme und Kongestionen zu minimieren und andererseits die Kraft nicht so groß wird, dass eine Bildung von unerwünschten Hyperkeratosen unterstützt wird.

Die Ergebnisse dieser Studie bezüglich der Melkdauer lassen die Aussage zu, dass eine möglichst kurze Melkdauer zur Vermeidung von Kongestionen anzustreben ist. Die Dauer des Pulsationszyklus sollte tendenziell kürzer (≤ 1000 ms) sein und das Betriebsvakuum nicht zu hoch (unterer Wert der Herstellerangabe), um Kongestionen zu vermeiden. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Ausprägung von Hyperkeratosen.

Zur Reduzierung des Auftretens von Hyperkeratosen der Stufen 3 und 4 sollte darauf geachtet werden, dass der Anteil an Tieren mit Spitzzitzen gering gehalten wird (Zucht), das Zitzengummi zur Zitzenlänge passt (Zitze sollte im Bereich der Zitzengummibewegung liegen) und die Fluktuation im kurzen Milchslauch beim höchsten Milchfluss ausreichend groß ist.

Das Melkanlagenfabrikat stellt keinen Risikofaktor für unerwünschte Zitzenkonditionsstörungen dar. Hier ist die Auswahl der Komponenten (Melkzeug, Zitzengummi) und der Einstellungen (Vakuumbreite, Pulsation) entscheidend.

Abschließend kann gesagt werden, dass zur Absicherung der ermittelten Daten weitere Untersuchungen, insbesondere zum Verlauf der Zitzenkonditionsparameter über die gesamte Laktation und über Laktationen hinweg notwendig sind. Dies sollte in Form einer Longitudinalstudie erfolgen.

7. Zusammenfassung

Zahlreiche Untersuchungen beschäftigten sich bisher mit den Zusammenhängen zwischen Zitzenkondition und Mastitisgeschehen. Hierbei stellte sich wiederholt heraus, dass mit einer schlechten Zitzenkondition ein erhöhtes Mastitisrisiko einhergeht. Bisher fehlen jedoch Untersuchungen, die melktechnische Parameter in Bezug zur Zitzenkondition stellen und dabei auch die verschiedenen Kombinationen dieser Parameter als ganze Systeme betrachten. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, mögliche melktechnische und morphologische Einflussfaktoren auf die Zitzenkondition zu identifizieren, um hieraus Empfehlungen ableiten zu können, welche dieser Kombinationen bei welchen morphologischen Gegebenheiten vorzuziehen sind.

Für die vorliegende Arbeit wurden Untersuchungen auf 50 Betrieben mit unterschiedlichen melktechnischen Parametern durchgeführt. Es wurden 4-5 Tiere je Betrieb untersucht (Deutsche Holsteins, 2. Laktation, überwiegend 100. – 200. Laktationstag). Dabei wurden alle Melkanlagen zuerst einer technischen Prüfung nach DIN/ISO 6690 unterzogen, deren positives Ergebnis Einschlusskriterium war. Es wurden Parameter zur Melktechnik (Fabrikat, Vakuum, Pulsation, Zitzengummi, Melkzeug), zur Milchabgabe (Gemelksmenge, Milchflüsse, Zeit), zur Zitzenmorphologie (Länge, Durchmesser, Form) und zur Zitzenkondition (Hyperkeratosen, Hautzustand, Hautfarbe, Ödeme, Kongestionen und Gewebefestigkeit) erhoben.

Die Einflüsse der verschiedenen melktechnischen und morphologischen Variablen auf die Zitzenkondition von Milchkühen wurden statistisch analysiert. Hierbei zeigte sich, dass Hyperkeratosen, die nicht physiologisch sind (Grade 3 & 4), häufiger bei längeren Zitzen, bei spitzer Zitzenkuppenform, bei niedriger Fluktuation des Vakuums im kurzen Milchschauch und bei alternierender Pulsation auftraten.

Rote und blaue Verfärbungen der Zitzenhaut sowie Kongestionen der Zitzenspitze waren häufiger bei niedrigen Einfaltdrücken des Zitzengummis. Weiterhin konnten Einflüsse der A-, B- und D-Phase, der Pulszyklusdauer

sowie der Melkdauer auf das Auftreten von Kongestionen festgestellt werden. Auch das Betriebsvakuum, der Zitzendurchmesser und die Zitzenlänge nahmen Einfluss auf dieses Zitzenkonditionsmerkmal. Die Bildung von Ödemen an der Zitzenbasis wurde vom Durchmesser der Zitzengummikopfföffnung beeinflusst. Die rote oder blaue Verfärbung der Zitzenhaut nach dem Melken wurde bei alternierender Pulsation und bei geringerer Fluktuation im kurzen Milchschauch häufiger beobachtet.

Das Melkanlagenfabrikat hatte keinen Einfluss auf die Zitzenkondition, wohl aber die gewählten Melkzeuge, die verwendeten Zitzengummis und die Einstellungen der Melkanlage (Vakuum, Pulsation).

8. Summary

Numerous studies deal with the effects of teat condition on mastitis matters. There is no doubt that poor teat condition increases the risk of mastitis. Studies that look at the interactions between milking technique variables and teat condition, understanding it as a whole system within all included variables are not published yet. This study tried to identify influence factors on teat condition coming from milking technique and also from teat morphology to finally construct recommendations, which milking technique combinations are preferable for certain teat morphologies.

In this study, 248 cows in 2nd lactation (100-200 days in milk) were investigated on 50 Farms with different milking technique and different settings. All installations were tested according to ISO 6690 and fulfilled the performance requirements. Parameters according to milking technique (brand, vacuum, pulsation, liner, cluster), milk flow (amount, flow rate, duration), morphology of teats (length, diameter, form) and teat condition (hyperkeratosis, skin shape, skin colour, oedema, congestion, thickness) were determined.

The influences of the different variables of milking technique and teat morphology on teat condition were estimated by statistic analysis. Pointed teats, long teats, low vacuum fluctuation in the short milk tube and alternate pulsation make higher risk for hyperkeratosis level 3 and 4. Red or blue coloured teat skin and congestion of the teat tip after milking were significantly seen more often with lower collapse force of the liner. Furthermore the influences of pulsation phases A, B and D, duration of the pulsation cycle and machine-on time on congestion of the teat tip could be shown as significant. Also, working vacuum level, teat length and teat diameter influenced the appearance of congestion. The diameter of the mouthpiece lip showed influence on the appearance of oedema rings around the teat basis. Alternate pulsation and low vacuum fluctuation in the short milk tube caused red or blue teat skin more frequently.

The make of the milking plant did not affect teat condition, but the use of certain clusters, liners and settings (pulsation, vacuum) and also the morphology of the teats did so.

9. Literaturverzeichnis

Billon P, Gaudin V (2001): Influence of the duration of a and c phase of pulsation on the milking characteristics and on udder health of dairy cows. Conference on "Physiological and technical aspects of machine milking", Nitra, Slovak Republic. ICAR Technical Series No 7: 41-47.

Boast D, Bennett M, Hale M, Turner DM, Allcock J, Hillerton JE (2005): Details of some forces applied to the cow's teat during milking. Proceedings of the 4th IDF International Mastitis Conference, Maastricht, The Netherlands, 12.-15.06.2005: 390-396.

Capuco AV, Wood DL, Quast JW (2000): Effects of teatcup liner tension on teat canal keratin and teat condition in cows. Journal of Dairy Research 67: 319-327.

DeLaval (2008): Milch und Melken. Arbeitsgruppe zur Förderung von Eutergesundheit und Milchhygiene in den Alpenländern AFEMA (Hrsg.)

DIN/ISO 3918 (1998), Melkanlagen: Begriffe, Beuth Verlag, Berlin

DIN/ISO 5707 (1998), Melkanlagen: Konstruktion und Leistung, Beuth Verlag, Berlin

DIN/ISO 6690 (1998), Melkanlagen: Mechanische Prüfungen, Beuth Verlag, Berlin

Ebendorff W, Ziesack J (1991): Untersuchungen zum Einfluss eines verminderten Melkvakuums (45 kPa) auf Zitzenbelastung und Eutergesundheit sowie Milchertrags- und Milchentzugparameter. Mh. Vet. Med. 46: 827-831.

Franics, P. G. 1984. Teat skin lesions and mastitis. Br. Vet. J.: 430-436.

Geidel S, Graff K (2001): Morphologie der Zitze und melktechnische Parameter. 1. Jahrestagung der "Wissenschaftlichen Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V.". 12.-13.09.2001.

Gleeson DE, O`Callaghan E (2001): The effect of two milking systems on bovine teat condition. Conference on "Physiological and technical aspects of machine milking", Nitra, Slovak Republic. ICAR Technical Series No 7: 243-246.

Gleeson DE, Kilroy D, O'Callaghan E, Fitzpatrick E, Rath M (2003): Effect of machine milking on bovine teat sinus injury and teat canal keratin. Irish Veterinary Journal 56: 46-50.

Gleeson DE, O'Callaghan EJ, Rath MV (2002): Effect of milking on bovine teat tissue as measured by ultrasonography. Irish Veterinary Journal 55: 628-632.

Graff K (2005): Untersuchungen von Zusammenhängen zwischen morphologischen Merkmalen des Euters, der Eutergesundheit und melktechnischen Parametern bei Tieren der Rasse Deutsche Holstein. Dissertation Martin Luther Universität Halle.

Graff K, Heidig K, Geidel S (2007): Wartung und Pflege von Melkanlagen. Milchpur: 48-53.

Grindal RJ (1988): II The Role of the Milking Machine in Mastitis. Br. Vet. J.: 524-533.

Grunert E (1990): Weiblicher Geschlechtsapparat, in: **Dirksen G, Gründer HD, Stöber M:** Die klinische Untersuchung des Rindes. Verlag Parey, Berlin und Hamburg: 472-548.

Hamann J (1988a): Zum Einfluss des maschinellen Milchentzuges auf die Infektionsgefahr für die bovine Milchdrüse. München, Univ. , Veterinärmed. Fak., Habil.-Schr.

Hamann J (1988b): Zitzengewebereaktionen und maschineller Milchentzug - ein Beitrag zum Infektionsrisiko in der Zwischenmelkzeit. Milchwissenschaft 43: 8-12.

Hamann J, Mein GA (1988): Responses of the bovine teat to machine milking: measurement of changes in thickness of the teat apex. Journal of Dairy Research 55: 331-338.

Hamann J, Mein GA (1990): Measurement of machine-induced changes in thickness of the bovine teat. Journal of Dairy Research 57: 495-505.

Hamann J, Mein GA (1995): Dynamic tests for reactions of the teat. Proc 3rd International Seminar, Tel Aviv, Israel S7: 24-29

Hamann J, Mein GA (1996): Teat thickness changes may provide biological test for effective pulsation. *Journal of Dairy Research* 63: 179-189.

Hamann J, Nipp B, Persson K (1994): Teat tissue reactions to milking: Changes in blood flow and thickness in the bovine teat. *Milchwissenschaft* 49: 243-247.

Hamann J, Mein GA, Wetzel S (1993): Teat Tissue Reactions to Milking: Effects of Vacuum Level. *J Dairy Sci* 76: 1040-1046.

Hansen S (2002): Influence of environmental and pulsation factors on teat skin condition and teat tissue with regard to mastitis. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Dissertation: 102, Fig. 15.

Hillerton JE (2005): Do liners differ? NMC Annual Meeting Proceedings: 133-138.

Hillerton JE, Boast, D, Davies D, Ohnstad I, Middleton N (2003): Changes in milking liner performance with age. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings: 239- 250.

Hillerton JE, Ohnstad I, Baines JR, Leach KA (2000): Changes in cow teat tissue created by two types of milking cluster. *Journal of Dairy Research* 67: 309-317.

Hillerton JE, Pankey JW, Pankey P (2002): Effect of over-milking on teat condition. *Journal of Dairy Research* 69: 81-84.

Hubal M (2005): Technische Überwachung von Melkanlagen, in: Brade W und Flachowski G: *Rinderzucht und Milcherzeugung*, 2. Aufl., Hannover/Braunschweig 2005 ISBN 3-86576-012-0: 26-32.

Hubal M, Krömker V (2010): Melktechnische Einflüsse auf die Zitzenkondition von Milchkühen – Eine Literaturübersicht. *Tierärztliche Praxis* 4/2010: 225-232.

Kirk JH (2003): Risk Factors for Excessive Hyperkeratosis of Teat Ends. <http://www.vetmed.ucdavis.edu/vetext/INF-DA/RiskFactorsPoorTeatEnd.pdf> (angezeigt am 06.06.2008)

Krömker V (2006): Kurzes Lehrbuch der Milchkunde und Milchhygiene. MVS Medizinverlage, Parey, Stuttgart 2006 ISBN 3-8304-4155-X.

Krömker V, Hamann J (1997): Diagnostik des Mastitisrisikos - tierindividuelle Merkmale. Der praktische Tierarzt, Coll. Veterinarium XXVIII (1997) 70-75.

Lacy-Hulbert SJ, Hillerton JE, Woolford, MW (1996): Influence of pulsationsless milking on teat canal keratin growth and turnover. Journal of Dairy Research 63: 517-524.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2006): Handbuch für die Überprüfung von Melkanlagen in der Milcherzeugerberatung, Selbstverlag

Mein GA, Neijenhuis F, Morgan WF, Reinemann DJ, Hillerton JE, Baines JR, Ohnstad I, Rasmussen MD, Timms L, Britt JS, Farnsworth R, Cook N, Hemling T (2001): Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds, 1. Non infectious factors; 2. Infectious factors and infections; 3. Getting the numbers right; 4. Relationship between teat-end callosity or hyperkeratosis and mastitis. Proceedings of the 2nd International Symposium on Mastitis and Milk Quality 2001: 338-366.

Mein GA, Williams DMD, Reinemann DJ (2003b): Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1. Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat. 42nd annual meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, 26.-29.01.2003.

Mein GA, Reinemann DJ, O`Callaghan E, Ohnstad I (2003a): Where the rubber meets the teat and what happens to milking characteristics. IDF symposium: 100 years with Liners and Pulsators. September 2003.

Mein GA, Reinemann DJ, Schuring N, Ohnstad I (2004): Milking machines and mastitis risk: A storm in a teatcup. Meeting of the National Mastitis Council. 2004.

Neijenhuis F, Klungel GH, Hogeveen H, Noordhuizen JPTM (2004): Machine milking risk factors for teat end callosity in dairy cows on herd level. In: F. Neijenhuis. Teat Condition in Dairy Cows. Utrecht University, Faculty of Veterinary Medicine, diss: 107-128.

Neijenhuis F, Barkema HW, Hogeveen H, Noordhuizen JPTM (2000): Classification and longitudinal Examination of Callused Teat Ends in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 83: 2795-2804.

Ohnstad I (1998): Machine milking and the well-being of the dairy cow. *Proceedings of the British Mastitis Conference 1998*: 62-67.

Ortega R, Pérez MA, Muniz R, Fernandez R (2008): Milking machine tuning to improve udder health and to reduce teat end hyperkeratosis in dairy cows. In: T. J. G. M. Lam (editor). *Mastitis control. From science to practice. Proceedings of international conference. The Hague, Netherlands. 30 september - 2 october 2008*: 333-340.

Østerås O, Rønningen O, Sandvik L, Waage S (1995): Field studies show associations between pulsator characteristics and udder health. *Journal of Dairy Research* 62: 1-13.

Paulrud CO, Clausen S, Andersen PE, Rasmussen MD (2005): Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery. *Acta vet. scand.* 46: 137-147.

Rasmussen MD (1993): Influence of switch level of automatic cluster removers on milking performance and udder health. *Journal of Dairy Research* 60: 287-297.

Rasmussen MD (2004): Overmilking and teat condition. *NMC Annual Meeting Proceedings*: 169-175.

Rasmussen MD, Madsen NP (2000): Effects of milkline Vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight on milk yield, teat condition, and udder health. *J. Dairy Sci* 83: 77-84.

Rasmussen MD, Frimer ES, Decker EL (1994): Reverse pressure gradients across the teat canal related to machine milking. *J. Dairy Sci* 77: 984-993.

Rasmussen MD, Frimer ES, Kaartinen L, Jensen NE (1998): Milking performance and udder health of cows milked with two different liners. *J. Dairy Res.* 65: 353-363.

Reid DA, Johnson AP (2003): Trouble shooting herds with poor teat condition. *National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings*: 124-127.

- Reinemann DJ, Bade R, Zucali M, Spanu C, Ruegg PL (2008):** Understanding the influence of machine milking on teat defense mechanisms. In: T. J. G. M. Lam (editor). Mastitis control. From science to practice. Proceedings of international conference. The Hague, Netherlands. 30 september - 2 october 2008: 323-331.
- Rønningen O, Reitan AD (1990):** Influence of static and dynamic teat characteristics and milking time on udder health in Norwegian Red Cattle. *Journal of Dairy Research* 57: 171-177.
- Ryšánek D, Olejník P, Babák V (2001):** Vacuum fluctuation in short milk tube during peak milk flow. Conference on "Physiological and technical aspects of machine milking", Nitra, Slovak Republic. ICAR Technical Series No 7: 125-130.
- Schukken YH, Petersson LG, Rauch BJ (2006):** Liners and teat end health. NMC Annual Meeting Proceedings: 183-196
- Seykora AJ, McDaniel BT, (1985):** Heritabilities of teat traits and their relationships with milk yield, somatic cell count, and percent two-minute milk. *Journal of Dairy Science* 68: 2670-2683.
- Spencer SB, Rogers GW (2003):** Optimization of a milking machine liner. NMC Annual Meeting Proceedings: 234-238.
- Spohr M (2005):** Milchgewinnung und Milchhygiene, in: Brade W und Flachowski G: Rinderzucht und Milcherzeugung, 2. Aufl., Hannover/Braunschweig 2005 ISBN 3-86576-012-0: 13-17.
- Thompson PD, Sieber RL (1980):** Milking machine effects on impacts and teat-end lesions. Proceedings of International Workshop on Machine Milking and Mastitis: 61-72.
- Wehowsky G, Tröger F (1994):** 4. Milchgewinnung, in: Wendt K, Bostedt H, Mielke H & Fuchs HW 1994: Euter- und Gesäugekrankheiten. Jena und Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 202-203.
- Wendt K (1994):** 5.2. Veränderungen der Haut und Unterhaut, in: Wendt K, Bostedt H, Mielke H & Fuchs HW 1994: Euter- und Gesäugekrankheiten. Jena und Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 301-310.

Wendt K (2004): Beurteilung der Zitzenkondition und Einflüsse der Melktechnik auf die Zitze. Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater e.V.

Williams DM, Mein GA (1985): The role of machine milking in the invasion of mastitis organisms and implications for maintaining low infection rates. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 37: 415-425.

10. Anhang

A1 DIN/ISO Protokoll Niedersachsen nach DIN/ISO 6690/1998

Protokoll über die Milcherzeugerberatung in Niedersachsen Blatt 1 - Qualitätssicherungsprogramm Milcherzeugung -

Betrieb: _____	Betr. Schl.: _____
OT, Str., Nr.: _____	Ber. Bez. Nr.: _____
Wohnort: _____	Molkerei-Nr.: _____
Grund der Beratung _____	Liefer-Nr. _____
Melkort: Stall(1) - Weide(2) _____	Herdengröße _____

Allgemeine Angaben
 Messpunkte vorhanden ("Leer" = in Ordnung, X = nicht i.O.)
 Material HLL(KU o. VZ) _____
 Material LL (KU o. VZ) _____

1	A1	Fabrikat (1 - 10)	HLL Länge in m	Melkl. Länge/m			
2	A2	Art (1 - 4; T,F,S)	HLL Ø mm Soll _____ Ist _____	ML mm Ø Soll _____ Ist _____			
3	Vm	System (1 - 5)	Luftleit. Länge/m	ML Montage (1 bis 3)			
4	Vr	Bed. Personen	LL Ø mm Soll _____ Ist _____	ML Gefälle %			
5	Vp	Kuhzahl lakt.	Zusatzgeräte	Milcheinlauf (1 oder 2)			
6	Pe	n Melkzeuge	Nenn-Betriebsvak. kPa	Brücke (1 oder 2)			

Messungen	ME	A1	Mp	kPa	Luftdruck in mbar	Reinigungsvakuum
7 Anlagenvak.	N	N	-			
8 Vakuumhöhe nahe Anlagenvakuummeter						
9 Genauigkeit des Anlagenvakuummeters						zulässig 1,0 kPa (Zeile 7 zu 8)
10 V-Melksystem	N	N	Vm			
11 Betriebsvak.	J	N	Vm			
12 Empfindlichkeit der Regeleinheit						zulässig 1,0 kPa (Zeile 10 zu 11)
13 Betriebsvak. RE	J	N	Vr			
14 Betriebsvak. RE minus 2 kPa (für Z. 21 u. 24)						
15 Betriebsvak. VP	J	N	Vp			
16 Meßvak. an Vm	J	J	Vm			(Zeile 11 - 2 kPa)
17 Meßvak. an RE	J	J	Vr			Vakuumabfall Milchabscheider/Regeleinheit zul. 1,0 (Z.17 zu 16)
18 Meßvak. an VP	J	J	Vp			Vakuumabfall Milchabscheider/Vakuumpumpe zul. 3,0 (Z.18 zu 16)
19 Vakuumhöhe im Pulsraum						Vakuumabfall Milchabscheider/hö. Vakuum b-Phase zul. 2,0 (Z.19 zu 11)

20 Res. durchfluss	J	RE	Mp	LE	V-höhe	kPa	Luft l/min	Soll:	Melken:	Reinigen:
21 Ldf. mit RE	J	J	Vr	A1	Z. 16	(.....)				
22 Manueller Rdf.	J	N	Vm	A1	Z. 16	(.....)				
23 Regelverlust	< 10 % von Z. 22 o. 35 l/min (Z.22 - Z.20)								max:	
24 Ldf. ohne RE	J	N	Vr	A1	Z. 14	(.....)				
25 Leckluft RE	< 5 % von Z. 22 o. 35 l/min (Z.24 - Z.21)								max:	
26 Ldf. mit ME	J	N	Vr od Vp	A2	Z13oZ15	(.....)				
27 Ldf. ohne ME	N	N	Vr od Vp	A2	Z13oZ15	(.....)				
28 Luftverbrauch Melkeinheiten (35 l/min je ME)	(Z.27 - Z.26)									
29 Ldf. ohne ML	N	N	Vr od Vp	A2	Z13oZ15	(.....)				
30 Leckluft ML	10 l/min + 2 l/min/Anschluss (Z.29 - Z.27)								max:	
31 Ldf. ohne Ls.	N	N	Vp	VP	Z. 15	(.....)				
32 Leckluft Ls.	< 5 % von Zeile 31 (Z.31 - Z. 29)								max:	
33 Ldf. Vakuump.	N	N	Vp	VP	50 kPa			Bedarf: _____	Herstellerangabe: _____	

34 Pulsator	S	Pulsierung	Wechselt/Gleicht	Pulszahl	Beratungsaussagen
35 Pulsverhältnis S:E	:				("Leer" = in Ordnung, X = nicht i. O.) Vakuumhöhe
Prüfung					Vakuumventil
36 Pulsatoren Anzahl					Dichtheit Melk- / Luftsystem
37 Lufteinlass am MZ				(4 - 10 l/min.)	Querschnitte LL und/oder ML
38 Absperrventil (1,2)				(max. 2 l/min.)	Einbau Luft- und/oder Melkleit.
39 Melkvakuum					Pulsatoren
40 Niedrigvakuum					Lufteinlass am MZ
41 Schaltpunkt					Gummitelle
42 Verzögerungszeit					Vakuumanchlüsse
43 Ldf. langer Milchschlauch bei Absenkung um 5 kPa					Milchhähne
44 Vakuumanchlüsse (n = ...)					R + D der Anlage
45 Milchhähne (n = ...)					Vakuumpumpenleistung
46 Staudruck an Pe					Kundendienst (N; J)

Ort, Datum..... Unterschrift: Berater/Landwirt.....

A2 DIN/ISO Protokoll Niedersachsen nach DIN/ISO 6690/1998
(Rückseite)

Markante Daten für die Messung, Prüfung und Beurteilung

Fabrikat (MZ/Pul.) 1 = De Laval 2 = Flaco 3 = Gascoigne/Melotte 4 = Happel 5 = Impulsa 6 = Lemmer/Fulwood 7 = Meltec/Miele 8 = WestfaliaSurge 9 = Sonstige 10 = gemischt 11 = Boumatic 12 = Dairy Master 13 = Favorit 14 = SAC	Grund der Beratung 1 = Zellzahl 2 = Keimzahl 3 = Hemmstoff 4 = Inhaltsstoffe 5 = meltechn. Probleme 6 = Anlagenveränderung 7 = Neubau DIN/ISO 8 = Routineüberprüfung 9 = Buttersäure 10 = freie Fettsäuren 11 = Gefrierpunkt 12 = Sonstiges	Art (1 bis 4; T, F, S) 1 = Eimermelkanlage 2 = Rohrmelkanlage 3 = Melkstand 4 = Karussell T = Tandem F = Fischgrät S = Side by Side	System (1 bis 5) 1 = herkömmlich auch Biomilker, Duovac 2 = Milchlufftrennung 3 = Mehrfachvakuumanl. 4 = Vakuum-Druckluft-Anl. 5 = sonstige (z. B. pulsatorlos)									
Zusatzgeräte												
		0 = ohne Zusatzgeräte	5 = Nachmelkautomatik									
		1 = Milchflussanzeiger	6 = Milchmengenmessgerät									
		2 = Abschaltautomatik	7 = Messbehälter (Pokal)									
		3 = Servicearm	8 = sonstige vakuumabhängige Geräte (z.B. Torsteuerung)									
		4 = Abnahmeautomatik										
ML Montage (1 bis 3) 1 = hoch verlegt (> 125 cm) 2 = halbhoch verl. (0 bis 125 cm) 3 = tief verlegt (tiefer als Standfläche)	Milcheinlauf (1 oder 2) 1 = Einfacheinlauf 2 = Doppelseinlauf	Brücke (1 oder 2) 1 = feste Brücke 2 = Schwenkbrücke	Pulsator typ (1 bis 3; M, S) 1 = pneumatisch 2 = elektrisch 3 = zentral M = ohne Stimulation S = mit Stimulation									
Absperrventil 1 = mit Absperrventil 2 = ohne Absperrventil	Luftleinlaß (1 bis 3) 1 = keiner 2 = dauernd 3 = periodisch	Luftbedarf für die Reinigung (Betrieb 0 - 300 m über NN.										
kPa												
Melkleitung Innendurchmesser in mm												
Vakuum	34	38	40	44	50	60	66	73	98			
50	218	272	301	365	471	678	821	1004	1809			
45	240	299	332	401	518	746	903	1104	1990			
40	261	326	362	438	565	814	985	1205	2171			
LL-Rohre Durchmesser in mm				Richtwerte für Melkleitungen								
Metallrohre		Kunststoffr.		Durchmesser der Rohre in mm								
innen	außen	Zoll	innen	außen	Chromnickelstahl		Glasarten					
19	23 = 3/4		44	50	innen	außen	innen	außen				
25	34 = 1		57	63	38	40	34	40				
32	42 = 1 1/4		68	75	50	52	44	50				
38	45 = 1 1/2		81	90	60	63,5	46	52				
51	60 = 2		90	100	66	70						
63	72 = 2 1/2		99	110	73	76,5						
76	86 = 3				98	102						
Reservedurchfluss*				Umrechnung von Armaturen in ungefähre Rohrlängen								
Rohrmelkanl. n ME	Eimermelkanl. l/min.	n ME	l/min.	Ungefähre Länge des Rohres, in m								
2	260	1	105	Innendurchmesser der Armatur in mm								
4	320	2	130									
6	380	3	155	38	44	50	57	68	81	90	99	
8	440	4	180	Armatur								
10	500	5	205	Bogen 45 Grad	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
12	520	6	230	Bogen 90 Grad kl. Radius	1,4	1,6	1,8	2,1	2,5	3	3,3	3,6
14	540	7	255	Bogen 90 Grad mittl. Radius	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,5	1,7	1,8
16	560	8	280	T-Stück gerader Durchfluß	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,5	1,7	1,8
18	580	*ME ohne automatische Absperrventile: Rohrmelkanl.: +200l/min. Eimermelkanl.: +80l/min.		T-Stück seitlicher Durchfluß	1,6	1,9	2,1	2,4	2,9	3,4	3,8	4,2
20	600			Vakuumtank, Milchabscheider	2,5	2,9	3,2	3,5	4	4,9	5,9	6,4
22	620	Abkürzungen										
24	640	A1, A2, VP = Lufteinlasspunkte	Rdf. = Reservedurchfluss	Mp = Messpunkt Vakuumhöhe								
		HLL = Hauptluftleitung	Ls. = Luftsystem	(Vm = Milchabscheider; Vr = Fühleranschluss RE; Vp = Nähe VP)								
		LL = Luftleitung	ML = Melkleitung	Pe = Messpunkt für den Staudruck								
		LE = Lufteinlass	ME = Melkeinheit	RE = Regeleinheit								
		Ldf. = Luftdurchfluss	MZ = Melkzeug	J/N = Ja/Nein								

A3 Druckmessgerät Bilgery MT52

MilkoTest MT52



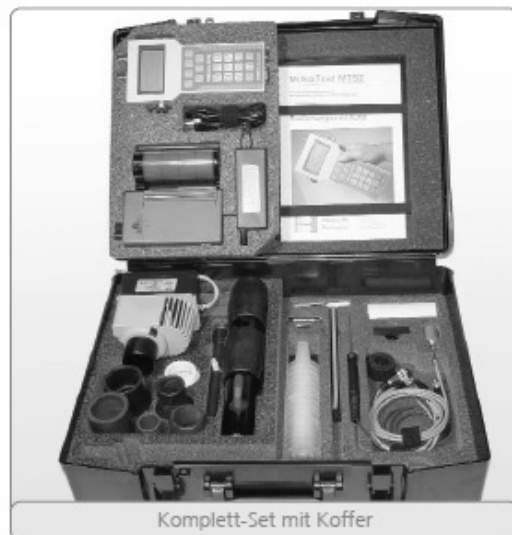
MilkoTest MT52

MilkoTest MT52 stammt, wie das bewährte Pulsotest-Gerät, aus dem Hause Bilgery/Bepro AG, Messtechnik. Das Gerät ist die konsequente Weiterentwicklung unserer bewährten seit über 20 Jahren weltweit im Einsatz stehenden Messgeräte.

Das in die Zukunft gerichtete **HighTec** Gerät der neuesten Generation zeichnet sich besonders durch den universellen Einsatz (zur Zeit 8 Messprogramme), die einfache Bedienung sowie die kompakte Bauform aus.

Insbesondere erleichtert MilkoTest MT52 durch die neue **Protokollfunktion** die Kontroll- und Service-Arbeiten an Melkanlagen erheblich.

Das Gerät ist für den **Anschluss von zwei externen Vakuum- oder Temperatursensoren** ausgerüstet. Die internen und externen Sensoren sind unempfindlich gegen Wasser oder Milch. Problemlose Messungen auch an milchführenden Stellen sind selbstverständlich. Es besteht die Möglichkeit zur Spülung der Sensoren mit Reinigungsflüssigkeit.

Protokollprinter
mit Infrarot-SchnittstelleVollautomatisches
Air-Flow-Meter

Komplett-Set mit Koffer

Technische Daten

Vakuum-Sensoren:

Vakuum	60 kPa
Überdruck	20 kPa
Auflösung	12 Bit
Genauigkeit	Güteklasse 0.6
Geräteintern	2 Sensoren
Extern steckbar	2 Sensoren Option

Anzeige:

LCD-Modul	128 x 64 Pixel Graphik
Anzeigefeld	71 x 39 mm hinterleuchtet

Memory:

Programmspeicher	512 kBytes Flash
Datenspeicher	1 MB RAM (1,5 MB)

Schnittstellen:

Zum PC	RS232
Zu Printer Seiko	Infrarot (IrDa 1.0)

Eingangsspannung:

	7,5 bis 15 VDC max. 1,3A
--	--------------------------

Akkus:

	Ni-Metall-Hydrid
	7,2V 1500 mAh

Ladedauer:

	3 Std. für Voll-Ladung
--	------------------------

Betriebsdauer:

	10 bis 20 Std.
	abhängig von der Beleuchtung und des AFM

Gehäuse:

	225 x 107 x 40 mm (LxBxH)
--	---------------------------

Gewicht:

	670 g
--	-------

A4 Datenerhebungsprotokoll Betriebs- und Melkanlagendaten

Blatt 1 Betriebs- und Melkanlagendaten

Betrieb: OT, Str., Nr.: Wohnort: Datum

Allgemeine Angaben		Melkzeug		Milchschlauch/Pulsation	
Fabrikat (1 - 14)	<input type="text"/>	MZ Typ	<input type="text"/>	Länge Milchschlauch	<input type="text"/>
Art (1 - 4; T,F,S)	<input type="text"/>	Gewicht g	<input type="text"/>	Material (1/2)	<input type="text"/>
System (1 - 5)	<input type="text"/>	Volumen ccm	<input type="text"/>	Durchmesser mm	<input type="text"/>
Bed. Personen	<input type="text"/>	Stutzen KMS mm	<input type="text"/>	Gleich-/Wechseltakt	<input type="text"/>
Betriebsvakuum	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Pulsrate	<input type="text"/>
	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Saugphase %	<input type="text"/>
Melkzeit /M	<input type="text"/>		<input type="text"/>	Saugphase ms	<input type="text"/>
Dynamische Messungen		Zitzengummi		Chemikalien	
Fluktuationen:		Zitzengummityp	<input type="text"/>	Vorreinigung	<input type="text"/>
Kurz-er Milchschlauch bei Milchfluss l/min.	<input type="text"/>	Schaltdurchmesser	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Puls B-Phase	<input type="text"/>	Kopflochdurchm.	<input type="text"/>	Postdtp	<input type="text"/>
Drucksumme ZG	<input type="text"/>	Einfalldruck kPa	<input type="text"/>		

A5 Datenerhebungsprotokoll Kuhdaten

Blatt 2 Kuhdaten

Lebensohrmarke Laktationstage

Haut		Haut nach Melken		Ausmelkgrad	
glatt	<input type="text"/>	normal	<input type="text"/>	Nachgemelk ml	<input type="text"/>
mittel	<input type="text"/>	rot	<input type="text"/>		
rauh	<input type="text"/>	blau	<input type="text"/>	Zellzahl	<input type="text"/>
Verletzungen Veränderungen (Wagen etc.)	<input type="text"/>	trocken	<input type="text"/>		
		nass	<input type="text"/>		

Gewebe		Leistungsparameter		Zitzenmaße	
Ringödem Basis	<input type="text"/>	Milchmenge	<input type="text"/>	Länge mm	<input type="text"/>
Kongestion Spitze	<input type="text"/>	Melkdauer < 300 ml	<input type="text"/>		
Blutungen	<input type="text"/>	Höchster Fluss	<input type="text"/>	Durchmesser mm	<input type="text"/>
Cutimeter vorher	<input type="text"/>	Abgabeprofil	<input type="text"/>		
Cutimeter nachher	<input type="text"/>				

	vorn links	vorn rechts	hinten links	hinten rechts
Zitzenform lt. Schema	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Zitzenkuppenform lt. Schema	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
-----------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Grad Hyperkeratose lt. Schema	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
-------------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

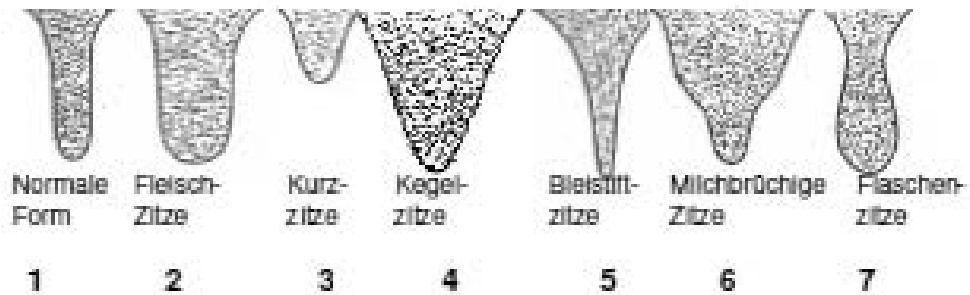
Bemerkungen

Abgeschlagen	<input type="text"/>
Abgefallen	<input type="text"/>
Luft gesaugt	<input type="text"/>
Sonstiges	<input type="text"/>

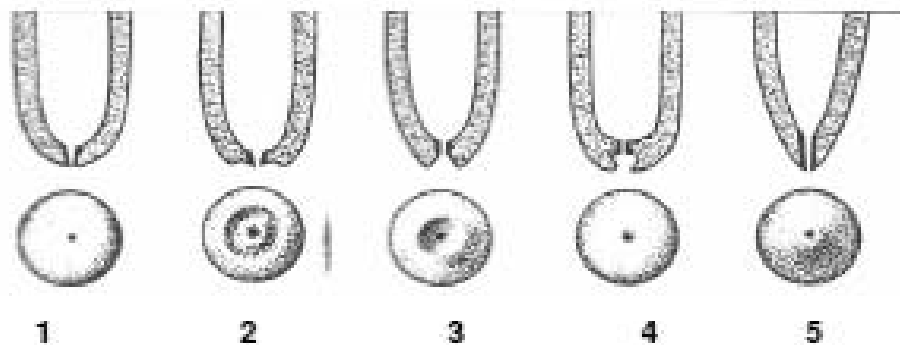
A6 Datenerhebungsprotokoll Bewertungsschemen

Blatt 3 Bewertungsschemen

Zitzenformen (schematisch) (GRUNERT 1990)



Zitzenkuppenformen (schematisch) (GRUNERT 1990)



Hyperkeratosen

kein Ring 1	glatter bzw. schwach rauer Ring 2	rauer Ring 3	ausgefränkter Ring 4

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, wurden als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Unterschrift

Ich gebe meine Zustimmung, dass die vorliegende Arbeit in der Bibliothek aufgestellt werden kann.

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof. Dr. Dr. M. Gauly danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für das mir entgegengebrachte Vertrauen.

Herrn Prof. Dr. D. Ordolff danke ich für die Übernahme des Korreferats und die kritischen Anmerkungen bei der Erstellung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. V. Krömker danke ich herzlich für die stetige Bereitschaft zur Diskussion und für die geduldige Hilfe bei der Entwicklung des Studiendesigns sowie für die kritische Durchsicht der Arbeit.

Auch seinen Mitarbeitern Herrn J.-H. Paduch und Frau H. Haverkamp sei gedankt für die kritische Durchsicht der Arbeit.

Ohne das Verständnis und die Unterstützung durch meine Familie wäre die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen. Dafür Danke ich ihnen von ganzem Herzen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname Hubal, Michael
 Geburtsdatum 24. Dezember 1964
 Geburtsort Bremen
 Familienstand verheiratet, 1 Kind

Schulbildung

1971 – 1975 Grundschule Oyten
 1975 – 1985 Gymnasium Achim
 Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Berufsausbildung

1985 – 1987 Landwirtschaftliche Berufsausbildung
 Osmers & Osmers GbR, Oyten
 J. Wüllmers, Uenzen
 Abschluss: Landwirt

Zivildienst

1987 – 1989 Deutscher Paritätischer Wohlfahrtsverband

Studium

1989 – 1993 Gesamthochschule Kassel – Universität
 Studium der Agrarwissenschaften
 Abschluss: Diplom (Dipl. Ing. Agr.)

Beruflicher Werdegang

1994 – 1997 Alfa Laval Agrar GmbH
 Gebietsverkaufsleiter
 1997 – 2000 Zuchtrinder Erzeugergemeinschaft Hannover
 Zuchtinspektor
 Seit 2001 Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Berater für Melktechnik und Eutergesundheit