

Aus dem Institut für Lebensmittelhygiene
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin und
dem Institut für Hygiene und Produktsicherheit
des Max Rubner-Instituts Kiel

**Wirksamkeit von Zitzenreinigungssystemen in
automatischen Melkverfahren (AMV) und
Auswirkungen des Hygienemanagements
auf die Zitzensauberkeit**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Nele Wiebke Halbedl
Tierärztin aus Bremen

Berlin 2009

Journal-Nr.: 3331

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunnberg
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Goetz Hildebrandt
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenberg
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Heuwieser

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

machine milking, dairy hygiene, milk hygiene, milk quality, teats,
cleaning, litter

Tag der Promotion: 11.12.2009

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-738-1

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2009

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© **mensch und buch** verlag 2009

choriner str. 85 - 10119 berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projektes „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms“ (QLK5-2000-31006) im 5. Forschungsrahmenprogramm der EU durchgeführt. Der Inhalt dieser Arbeit unterliegt allein der Verantwortung der Autorin und repräsentiert nicht notwendigerweise die Ansichten der Europäischen Kommission. Weder die Europäische Union noch Personen, die im Auftrag der Kommission handeln, sind verantwortlich für den Gebrauch, der von der obenstehenden Information gemacht wird.

Meinen Eltern
und
Marco

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | EINLEITUNG..... | 1 |
| 2 | LITERATURÜBERSICHT..... | 3 |
| 2.1 | BESONDERHEITEN VON AUTOMATISCHEN MELKVERFAHREN IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEN MELKVERFAHREN..... | 3 |
| 2.2 | MILCHHYGIENERECHT..... | 5 |
| 2.3 | HYGIENISCHE QUALITÄT DER MILCH..... | 8 |
| 2.4 | EINFLUSSFAKTOREN AUF DEN KEIMGEHALT DER MILCH..... | 9 |
| 2.4.1 | <i>Zitzenoberfläche und Hygienemanagement</i> | 9 |
| 2.4.1.1 | <i>Zitzenreinigungssysteme</i> | 9 |
| 2.4.1.2 | <i>Einstreumaterialien</i> | 13 |
| 2.4.1.3 | <i>Management</i> | 15 |
| 2.4.2 | <i>Mastitiden</i> | 20 |
| 2.4.3 | <i>Reinigung und Desinfektion von Melkanlage und Milchtank</i> | 22 |
| 2.4.4 | <i>Kühlung der Milch</i> | 26 |
| 2.5 | VERFAHREN ZUR BEURTEILUNG VON ZITZENSAUBERKEIT..... | 28 |
| 2.5.1 | <i>Definition von Sauberkeit</i> | 28 |
| 2.5.2 | <i>Optische Verfahren</i> | 28 |
| 2.5.3 | <i>Bakteriologische Verfahren</i> | 30 |
| 2.5.4 | <i>ATP-Bestimmung</i> | 31 |
| 2.5.5 | <i>Übergang von Substanzen in Milch</i> | 33 |
| 3 | EIGENE UNTERSUCHUNGEN..... | 35 |
| 3.1 | MATERIAL..... | 35 |
| 3.1.1 | <i>Betriebe und untersuchte AMV</i> | 35 |
| 3.1.1.1 | <i>Vorversuche</i> | 35 |
| 3.1.1.2 | <i>Beurteilung von AMV</i> | 35 |
| 3.1.2 | <i>Probenmaterial</i> | 36 |
| 3.1.2.1 | <i>Vorversuche</i> | 36 |
| 3.1.2.2 | <i>Beurteilung von AMV</i> | 37 |
| 3.1.2.3 | <i>Nährmedien</i> | 38 |
| 3.1.2.4 | <i>Geräte</i> | 38 |
| 3.1.2.5 | <i>Reagenzien</i> | 39 |
| 3.2 | METHODEN..... | 41 |
| 3.2.1 | <i>Beurteilung der Zitzenreinigungsverfahren</i> | 41 |
| 3.2.1.1 | <i>Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit</i> | 41 |
| 3.2.1.2 | <i>Sedimentbestimmung zur Beurteilung der Zitzensauberkeit</i> | 42 |
| 3.2.1.3 | <i>Keimzahlbestimmung in Zitzentupferproben</i> | 44 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.2.1.4 | ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben..... | 46 |
| 3.2.1.5 | Probennahme in AMV..... | 47 |
| 3.2.2 | <i>Beurteilung des Hygienemanagements</i> | 48 |
| 3.2.2.1 | Interview anhand eines Fragenkataloges..... | 48 |
| 3.2.2.2 | Checkliste zur Erfassung des Hygienestatus der AMV-Betriebe..... | 48 |
| 3.2.2.3 | Bakteriologische Qualität der Tankmilch..... | 48 |
| 3.2.2.4 | Keimgehalt in frischer Einstreu..... | 49 |
| 3.2.2.5 | Sonstige Informationen..... | 49 |
| 3.3 | STATISTISCHE AUSWERTUNG..... | 50 |
| 3.3.1 | <i>Deskriptive Statistik</i> | 50 |
| 3.3.1.1 | Allgemeine Auswertungsprozeduren und Darstellungsweisen..... | 50 |
| 3.3.1.2 | Einflüsse auf die Wirksamkeit der Reinigung..... | 51 |
| 3.3.1.3 | Zusammenhang zwischen Betriebsmanagement und Zitzensauberkeit | 52 |
| 4 | ERGEBNISSE | 53 |
| 4.1 | VORVERSUCHE ZUR BEURTEILUNG VON ZITZENREINIGUNGSVERFAHREN..... | 53 |
| 4.1.1 | <i>Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit</i> | 53 |
| 4.1.1.1 | Vergleichbarkeit zwischen Testpersonen..... | 54 |
| 4.1.1.2 | Wiederholbarkeit der Beurteilungen innerhalb Testperson..... | 55 |
| 4.1.1.3 | Wiederholbarkeit bei mehrfacher Beurteilung mit zeitlichen Abständen..... | 56 |
| 4.1.2 | <i>Sedimentbestimmung</i> | 57 |
| 4.1.3 | <i>Keimzahlbestimmung in Zitzentupferproben</i> | 59 |
| 4.1.3.1 | Keimzahlen in Zitzentupferproben vor der Reinigung..... | 59 |
| 4.1.3.2 | Keimzahlen in Zitzentupferproben nach der Reinigung..... | 60 |
| 4.1.3.3 | Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren..... | 61 |
| 4.1.4 | <i>ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben</i> | 63 |
| 4.1.4.1 | ATP-Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung..... | 63 |
| 4.1.4.2 | Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren..... | 63 |
| 4.1.4.3 | Zusammenhang zwischen Gesamtkeimzahl und ATP-Gehalt..... | 64 |
| 4.1.4.4 | Prüfung der Übereinstimmung von ATP-Messergebnissen bei Lagerung der Zitzentupferproben..... | 66 |
| 4.2 | BEURTEILUNG DER ZITZENREINIGUNGSVERFAHREN VON AMV..... | 67 |
| 4.2.1 | <i>Visuelle Beurteilung der Euter- und Zitzensauberkeit sowie Sedimentbestimmung</i> | 67 |
| 4.2.1.1 | Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller..... | 67 |
| 4.2.1.2 | Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb..... | 69 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.1.3 | Wirksamkeit der Zitzenreinigung – visuelle Verschmutzung der Zitzen | 71 |
| 4.2.1.4 | Vergleich visuelle Beurteilung und Sedimenttest | 72 |
| 4.2.2 | <i>Keimzahlbestimmung von Zitzentupferproben</i> | 73 |
| 4.2.2.1 | Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller | 73 |
| 4.2.2.2 | Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb | 76 |
| 4.2.3 | <i>ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben</i> | 79 |
| 4.2.3.1 | Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller | 79 |
| 4.2.3.2 | Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb | 81 |
| 4.2.4 | <i>Zusammenhang zwischen Gesamtkeimgehalt und ATP-Gehalt in Zitzentupferproben</i> | 83 |
| 4.2.5 | <i>Varianzanalyse</i> | 84 |
| 4.3 | BEURTEILUNG DES HYGIENEMANAGEMENTS | 87 |
| 4.3.1 | <i>Fragenkatalog</i> | 88 |
| 4.3.2 | <i>Checkliste zur Erfassung des Hygienestatus</i> | 90 |
| 4.3.3 | <i>Varianzanalyse</i> | 91 |
| 4.3.4 | <i>Sonstige Informationen</i> | 93 |
| 4.3.4.1 | Bakteriologische Qualität der Tankmilch | 93 |
| 4.3.4.2 | Keimgehalt in frischer Einstreu | 95 |
| 4.3.4.3 | Sonstige Informationen | 96 |
| 5 | DISKUSSION und SCHLUSSFOLGERUNGEN | 98 |
| 5.1 | WIRKSAMKEIT VON ZITZENREINIGUNGSVERFAHREN IM AMV | 98 |
| 5.1.1 | <i>Methodische Aspekte</i> | 98 |
| 5.1.1.1 | Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit und Sedimentbestimmung | 98 |
| 5.1.1.2 | Keimzahl- und ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben | 101 |
| 5.1.2 | <i>Beurteilung der Zitzenreinigungsverfahren von AMV</i> | 106 |
| 5.1.2.1 | Visuelle Beurteilung und Sedimenttest | 107 |
| 5.2 | AUSWIRKUNGEN DES HYGIENEMANAGEMENTS AUF DIE ZITZENSAUBERKEIT | 119 |
| 5.2.1 | <i>Fragenkatalog und Checkliste</i> | 119 |
| 5.2.2 | <i>Sonstige Informationen</i> | 122 |
| 6 | ZUSAMMENFASSUNG | 127 |
| 7 | SUMMARY | 131 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS | 134 |
| 8.1 | RECHTSZITIERUNGEN | 146 |
| 8.1.1 | <i>EU-Recht</i> | 146 |
| 8.1.2 | <i>Nationales Recht</i> | 147 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.1.3 | <i>Normen</i> | 147 |
| 8.1.4 | <i>Maßnahmenkataloge</i> | 147 |
| 9 | ANHANG | 148 |
| 9.1 | NÄHRMEDIEN | 148 |
| 9.2 | TANKMILCHKONSERVIERUNG | 149 |
| 9.3 | VARIABLEN DER VARIANZANALYSE | 150 |
| 9.4 | FRAGENKATALOG | 154 |
| 9.4.1 | <i>I Allgemeine Fragen zu Stallorganisation und Stallaufbau</i> | 154 |
| 9.4.2 | <i>II Fragen zum Roboter</i> | 157 |
| 9.4.3 | <i>III Liegebereich</i> | 162 |
| 9.4.4 | <i>IV Fressbereich</i> | 163 |
| 9.4.5 | <i>V Kuhmanagement</i> | 164 |
| 9.5 | CHECKLISTE | 166 |
| 9.6 | ERKLÄRUNGEN ZU DEN HYGIENE-BENOTUNGEN | 168 |
| 9.6.1 | <i>Melkroboter</i> | 168 |
| 9.6.2 | <i>Unterbringung</i> | 170 |
| 9.6.3 | <i>Kuhbestand</i> | 172 |
| 10 | PUBLIKATIONSVERZEICHNIS | 173 |
| 11 | DANKSAGUNG | 174 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Fotos der Lehrpräsentation mit unterschiedlichen Graden an Euter- und Zitzenverschmutzungen. 42

Abb. 2: Laboreigener Standard für die Beurteilung von Sedimentproben..... 43

Abb. 3: Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen pro Testperson (1–13; Anzahl der Entscheidungen pro Testperson = 420)..... 54

Abb. 4: Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen pro Testperson (Testperson 7, 8 und 10 wurden von den Berechnungen ausgeschlossen; Anzahl der Entscheidungen pro Testperson = 420)..... 55

Abb. 5: Anteil identischer Entscheidungen pro Testperson (1–13) bei wiederholter Beurteilung von 5 Fotos mit je 6 Bereichen (30 Entscheidungen)..... 56

Abb. 6: Wiederholte Beurteilungen von Euter- und Zitzensauberkeit von einer Person (3 Wiederholungen à 420 Entscheidungen; 1 = 1. Beurteilung, 2 = Beurteilung nach einer Woche, 3 = Beurteilung nach 3 Wochen)..... 57

Abb. 7: Effektivität manueller Zitzenreinigungsmethoden. Gesamtkeimzahlen (GKZ) in Zitzentupfern vor und nach der Zitzenreinigung; Vergleich von 135 Tupferprobenergebnissen nach der trockenen Reinigung (a) und von 108 Tupferprobenergebnissen nach der nassen Reinigung mit Trocknen (b). 61

Abb. 8: Wirksamkeit manueller Reinigungsmethoden (nass mit Trocknen und trocken – Reduktion der Gesamtkeimzahl auf Zitzenoberflächen (Summenprozentverteilung). 62

Abb. 9: Wirksamkeit manueller Reinigungsmethoden – Reduktion des ATP-Gehaltes auf Zitzenoberflächen (Summenprozentverteilung; MW = Mittelwert, S = Standardabweichung). 64

Abb. 10: Regression zwischen Gesamtkeimzahl und ATP-Gehalt (n = 215 Zitzentupferproben)..... 65

Abb. 11: ATP-Werte gemessen an 2 aufeinander folgenden Tagen (n = 32 Zitzentupferproben)..... 66

Abb. 12: Visuelle Beurteilung von Zitzen vor der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller. 67

Abb. 13: Visuelle Beurteilung von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller. 68

Abb. 14: Sedimenttests von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller..... 68

Abb. 15: Visuelle Beurteilung von Zitzen vor der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb. 70

| | |
|--|----|
| <i>Abb. 16: Visuelle Beurteilung von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 70 |
| <i>Abb. 17: Sedimenttests von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 71 |
| <i>Abb. 18: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 74 |
| <i>Abb. 19: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 74 |
| <i>Abb. 20: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz zwischen der Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 75 |
| <i>Abb. 21: Wirksamkeit der Reinigung – Gesamtkeimgehalt in Zitzentupferproben vor (Abszisse) und nach der Reinigung (Ordinate) – Hersteller 5 und 3 im Vergleich.</i> | 76 |
| <i>Abb. 22: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 77 |
| <i>Abb. 23: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 78 |
| <i>Abb. 24: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz zwischen Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 78 |
| <i>Abb. 25: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 80 |
| <i>Abb. 26: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 80 |
| <i>Abb. 27: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz von ATP-Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.</i> | 81 |
| <i>Abb. 28: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben vor der Reinigung - Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 82 |
| <i>Abb. 29: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben nach der Reinigung - Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 82 |
| <i>Abb. 30: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz von ATP – Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.</i> | 83 |
| <i>Abb. 31: Korrelation zwischen ATP-Gehalt und Gesamtkeimgehalt in Zitzentupferproben vor (a) und nach der Reinigung (b) – alle Daten wurden verwendet - ausgeschlossen sind Daten mit $GKZ < 2$ und $ATP < 1,7$ – Vergleich zu Zusammenhang aus Vorversuchen, vgl. Abbildung 10.</i> | 84 |
| <i>Abb. 32: Gesamtkeimzahlen und coliforme Keimzahlen in Tankmilch.</i> | 94 |

Abb. 33: Gesamtkeimzahlen und thermodure Keimzahlen in Tankmilch..... 94

*Abb. 34: Keimzahlen verschiedener Einstreuarten, Gesamtkeimzahlen,
thermodure Keimzahlen, coliforme Keime..... 96*

Abb. 35: Kuh in hundesitziger Stellung..... 97

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| <i>Tab. 1: Übersicht der Zitzenreinigungssysteme.</i> | 11 |
| <i>Tab. 2: Anzahl Proben je Untersuchungsschritt in den Vorversuchen.</i> | 36 |
| <i>Tab. 3: Anzahl der Keimzahlbestimmungen pro Reinigungsart und Keimgruppe.</i> | 37 |
| <i>Tab. 4: Probenmaterial (n) zur Beurteilung der Wirksamkeit von Zitzenreinigungsverfahren.</i> | 38 |
| <i>Tab. 5: Kombination der Methoden zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren (x = durchgeführte Methode).</i> | 47 |
| <i>Tab. 6: Verteilung der Modalwerte (n) auf die beurteilten Euterbereiche (Beurteilung von n = 70 Fotos).</i> | 53 |
| <i>Tab. 7: Ergebnisse des Vergleichs zwischen visueller Beurteilung und Sedimenttest.</i> | 58 |
| <i>Tab. 8: Vergleich der Differenzen aus den Beurteilungsstufen von visueller Beurteilung und Sedimenttest.</i> | 58 |
| <i>Tab. 9: Keimzahlverteilung (KbE/ml) vor der Reinigung (GKZ = Gesamtkeimzahl).</i> | 59 |
| <i>Tab. 10: Keimzahlverteilung (KbE/ml) nach der Reinigung (GKZ = Gesamtkeimzahl).</i> | 60 |
| <i>Tab. 11: ATP-Gehalt (RLU) in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung.</i> | 63 |
| <i>Tab. 12: Wirksamkeit der Zitzenreinigung als Reduktion der visuellen Verschmutzung.</i> | 71 |
| <i>Tab. 13: Vergleich der Ergebnisse von visueller Beurteilung und Sedimenttest von Zitzen nach der Reinigung (Daten aller Betriebe).</i> | 72 |
| <i>Tab. 14: Wirksamkeit der Reinigung basierend auf der Bestimmung des Gesamtkeimgehaltes bzw. des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben – pro Hersteller.</i> | 85 |
| <i>Tab. 15: Rangordnung der Hersteller je Beurteilungsverfahren hinsichtlich der Effektivität der Reinigung.</i> | 86 |
| <i>Tab. 16: Wirksamkeit der Reinigung basierend auf der Bestimmung des Gesamtkeimgehaltes bzw. des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben – pro Betrieb.</i> | 86 |
| <i>Tab. 17: Allgemeine Aspekte des Managements mit AMV – Ergebnisse des Fragenkataloges.</i> | 88 |
| <i>Tab. 18: Spezielle Aspekte des Betriebsmanagements – Ergebnisse des Fragenkataloges (* Anforderungen des Maßnahmenkataloges).</i> | 89 |
| <i>Tab. 19: Ergebnisse der Hygienecheckliste (18 Betriebe).</i> | 90 |
| <i>Tab. 20: Managementfaktoren, die signifikant mit der Zitzenverschmutzung assoziiert sind.</i> | 92 |

| | |
|--|------------|
| <i>Tab. 21: Keimgehalte in frischer Einstreu, nach Betrieben (Betr.) innerhalb Hersteller (Hrst.) geordnet.....</i> | <i>95</i> |
| <i>Tab. 22: Eigenschaften der Methoden, die zur Untersuchung von Zitzenreinigungsmethoden durchgeführt werden.....</i> | <i>106</i> |
| <i>Tab. 23: Zusammensetzung des Plate-Count-Agar (Merck).....</i> | <i>148</i> |
| <i>Tab. 24: Zusammensetzung Kristallviolett-Galle-Lactose-Agar (Oxoid).....</i> | <i>148</i> |
| <i>Tab. 25: Zusammensetzung Mannit-Kochsalz-Agar (Oxoid).....</i> | <i>148</i> |
| <i>Tab. 26: Zusammensetzung Kochsalz-Pepton-Lösung.....</i> | <i>149</i> |
| <i>Tab. 27: Zusammensetzung Lyophilisat.....</i> | <i>149</i> |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|-------------------|---|
| Abb. | Abbildung |
| AMV | Automatisches Melkverfahren |
| AMS | Automatic Milking Systems |
| ATP | Adenosintriphosphat |
| BfEL | Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel |
| BMVEL | Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft |
| °C | Grad Celsius |
| g | Gramm |
| GKZ | Gesamtkeimzahl |
| h | Stunde |
| IDF | International Dairy Federation |
| KbE | Koloniebildende Einheiten |
| log ₁₀ | Logarithmus zur Basis 10 |
| mg | Milligramm |
| ml | Milliliter |
| RLU | Relative Light Unit |
| s | Sekunden |
| Tab. | Tabelle |
| U/min | Umdrehungen pro Minute |
| x _a | arithmetisches Mittel |

1 EINLEITUNG

In den Jahren 1996 und 1997 wurden erstmalig automatische Melkverfahren (AMV) in deutschen Milchbetrieben installiert. Seitdem ist die Anzahl der AMV in den Betrieben ständig gestiegen.

Ein wesentliches Problem bei der Umstellung auf AMV ist, dass die Milchqualität der Betriebe mit diesen Systemen im Vergleich zu dem hohen Standard der Milchqualität, die mit konventionellen Melksystemen ermolken wird, schlechter ausfällt.

Voraussetzung für die hohe Qualität von Produkten, die aus Milch erzeugt werden, bildet die hohe Qualität der gewonnenen Milch. Nach Einführung des AMV in die Betriebe konnten einige Untersuchungen Anstiege der Keimzahlen in der Tankmilch nachweisen (BILLON und TOURNAIRE, 2002; EVERITT et al., 2002; VAN DER VORST et al., 2002). Außerdem zeigte sich, dass der Anteil freier Fettsäuren in der Milch nach Umstellung auf AMV anstieg. Auch die Parameter „somatische Zellen“ und „Gefrierpunkt“ waren zum Teil verändert.

Die wichtigsten Einflüsse auf den Keimgehalt der Milch besitzen Euterentzündungen (Mastitiden), die Oberflächen von Euter und Zitzen, die Melkanlagen- und Tankreinigung und die Kühlung der Milch. Neben der Hygiene des Futters und der Stallungen spielt die Hygiene beim Melken eine außerordentlich große Rolle, um Milch von hoher Qualität zu produzieren (SLAGHUIS, 1996).

Euter- und Zitzenoberflächen gelten als wesentliche Quellen der Kontamination von Milch mit Fäzes und Schmutz sowie den darin enthaltenen Bakterien. Sauberkeit von Euter und Zitzen ist daher die Voraussetzung, um das Vorkommen von Mikroorganismen in der Milch möglichst gering zu halten. In der Verordnung EG 853/2004 wird gesetzlich gefordert, dass jegliches Melken unter hygienisch einwandfreien Bedingungen erfolgen muss. Insbesondere muss gewährleistet sein, dass die Zitzen, das Euter und die angrenzenden Körperteile vor Melkbeginn sauber sind.

Beim Einsatz von AMV erfolgt die Zitzenreinigung mechanisch, ohne dass eine Kontrolle des Reinigungserfolges durchgeführt wird. Möglicherweise unzureichend gesäuberte Zitzen werden dem Melkvorgang mit unterzogen und können somit die Milch kontaminieren. Die Primärbelastung der Milch durch unzureichend gereinigte Zitzen führt im automatischen Melkverfahren zu größeren Problemen, da bei der nachfolgenden Kühlung und auch der Reinigung des Systems besondere Situationen bestehen. Bei den Systemen mit AMV befindet sich, im Gegensatz zu den herkömmlichen Melkanlagen, ständig ungekühlte Milch in der Melkanlage und den angeschlossenen Leitungen. Eingeschwemmte Keime haben dort die Möglichkeit, sich zu vermehren. Außerdem sind die Kühltanks so ausgelegt, dass sie erst ab einer

bestimmten Minimalmenge an Milch mit der Kühlung einsetzen. Aus diesem Grund existieren spezielle Tanks und Kühlsysteme in Verbindung mit AMV, die der Kühlung vorgelagert werden sollten (Puffertanks, Durchlaufkühlung).

Aus den genannten Risikofaktoren ergibt sich die Notwendigkeit zur Minimierung der Primärkontamination der Milch in Betrieben mit AMV. Durch die Optimierung des Managements hinsichtlich der Sauberkeit von Euter und Zitzen sind die anfänglichen Keimkonzentrationen niedrig zu halten. Diese Tatsache veranlasste die Gesetzgebung zusätzliche Auflagen für AMV-Betreiber zu machen und diese in dem Maßnahmenkatalog 2001 niederzulegen.

Neben ergänzenden Auflagen zur Überwachung der Milchqualität und der Eutergesundheit wird in dem Katalog nochmals gefordert, dass die Euter vor dem Melken sauber sind. Dazu sollen flankierende Reinigungsmaßnahmen von Zitzen und Zitzenbasis, das mindestens tägliche Reinigen der Liegeboxen und der Laufwege sowie das regelmäßige Enthaaren der Euter erfolgen.

Nach Änderung der Rechtsgrundlage durch die EG-Verordnung Nr. 853/2004 musste der Maßnahmenkatalog von 2001 überarbeitet werden, und anstelle dessen veröffentlichte das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) am 29.09.2006 einen detaillierten Maßnahmenkatalog. In dieser Vorschrift wird neben einer zweimal täglichen Begehung des Stalles zur gezielten Beobachtung der Sauberkeit der Kühe ebenfalls gefordert, dass Euter, Zitzen und angrenzende Körperteile vor dem Melken sauber sind. Außerdem werden bei stark verschmutzten Eutern zusätzliche manuelle Reinigungsmaßnahmen vorgeschrieben.

In einem ersten Schritt der vorliegenden Arbeit wurde eine praktikable Methode entwickelt, mit der sich unter Praxisbedingungen die Sauberkeit von Zitzen beurteilen lässt. Mit Hilfe der entwickelten Methode wurde dann die Effektivität der Zitzenreinigungssysteme der AMV ermittelt, und es wurde überprüft, ob es Unterschiede in der Reinigungswirksamkeit der AMV der einzelnen Hersteller gibt. Zusätzlich wurde der Einfluss des Hygienemanagements auf die Zitzensauberkeit untersucht.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Betreibern von Anlagen mit AMV die Relevanz der jeweiligen Komponenten einer Euterreinigung zu demonstrieren, um eine Verbesserung der hygienischen Qualität der Milch zu erreichen, sofern sie durch die Zitzensauberkeit beeinflusst wird.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Besonderheiten von Automatischen Melkverfahren im Vergleich zu konventionellen Melkverfahren

Automatische Melkverfahren (AMV) sind in den letzten Jahren immer weiter in den Vordergrund getreten. Im Jahr 1992 wurden in den Niederlanden die ersten AMV in praktische Betriebe eingeführt (WESSELINK, 1992), und es wurden auch bald einige wissenschaftliche Untersuchungen über diese Systeme durchgeführt (HOGEVEEN et al., 1998; IPEMA und DE KONING, 1997; IPEMA et al., 1997). Im Jahre 2002 waren schon etwa 1100 automatische Melkverfahren weltweit im Einsatz (VAN LENTEREN und KORSTEN, 2002). Lag der Anteil an neu installierten Melkanlagen in Deutschland vor einigen Jahren noch bei ca. 3 %, so liegt dieser Wert nach Herstellerangaben inzwischen bei 10–15 %. Aus diesen Daten der Hersteller lässt sich abschätzen, dass Ende 2006 bei etwa 3800 Betrieben ungefähr 5500 automatische Melkboxen im Einsatz waren (HARMS, 2007).

Der technische Fortschritt der AMV besteht im Reinigen der Zitzen und Ansetzen der Melkzeuge durch Handhabungsautomaten, während der übrige Melkablauf den hochmechanisierten Melkständen weitestgehend entspricht. AMV bieten insoweit eine Entlastung des Menschen, als kein Zwang mehr zur Anwesenheit bei festgelegten Melkzeiten besteht. Zugleich gibt es technische Einrichtungen im AMV, die das Funktionieren der Anlage überprüfen. Bei Störungen oder Ausfällen der Anlage wird der Betreiber benachrichtigt, weshalb er in Rufbereitschaft bleiben muss. Die Anlage ist 24 h pro Tag in Betrieb mit Ausnahme der Reinigungszeiten von Melkanlage und Tank, woraus sich der Vorteil ergibt, dass die Kühe häufiger gemolken werden können. Hierdurch wird unter anderem eine Steigerung der Milchleistung erwartet. Zudem soll sich die Eutergesundheit durch vermehrtes Ausschwemmen der Erreger, die den Zitzenkanal von außen besiedeln, verbessern.

Weil die gesamte Herde an einem oder an wenigen Melkplätzen gemolken wird, besteht für Betriebe mit AMV der Nachteil, dass technische Störungen oder sogar ein Stillstand der Anlage große Probleme mit sich bringen.

Laut MESKENS und MATHIJS (2002) spielen bei zwei Drittel von 107 befragten Betreibern von Praxisbetrieben mit AMV in 4 Ländern soziologische Gründe die Hauptrolle für die Entscheidung zur Investition in ein AMV. Im Vordergrund steht dabei der Wunsch nach flexibleren Arbeitszeiten und einer Verbesserung des sozialen Lebens. Außerdem werden gesundheitliche Gründe angeführt.

DE KONING (2007) führt als wesentliche Motive für die Installation von AMV die knappen und zugleich teuren Arbeitskräfte sowie den Arbeitskomfort und die größere Freiheit für die Familie, was die aktuell steigende Tendenz dieser neuen Technik erklärt.

Die Erwartungen an das automatische Melkverfahren und Gründe für die Investition lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Einsparung von Arbeitszeit und sozialverträglichere Arbeitszeitgestaltung
- Tiergerechtere Haltung der Kühe, Annäherung an die biologischen Bedürfnisse der Tiere (d.h. melken, wenn der Euterdruck steigt), entsprechend dem mehrmaligen Saugen des Kalbes pro Tag
- Verbesserte Eutergesundheit und dadurch verbesserte Milchqualität
- Erhöhte Milchleistung durch mehrmaliges Melken

Die AMV erkennen jede Kuh individuell über einen Transponder. Betritt ein Rind eine Melkbox, wird Futter ausgeschüttet und zugleich das Tier gemolken. Die AMV unterscheiden sich in der Anzahl der Melkboxen bzw. der Melkbuchten. Im Vergleich zu den Einboxenanlagen ist ein Mehrboxen-AMV in Reihe angelegt. Im Gegensatz zu Einboxenanlagen mit einem stationären Zitzenortungs-, Reinigungs- und Melksystem fährt das Ortungssystem mit den Melkbechern und zum Teil auch mit dem Reinigungssystem bei den Mehrboxenanlagen an den Boxen entlang bis zu der Box, in der eine Kuh gerade Futter abgerufen hat. Dort steuert das AMV den Handhabungsautomaten, der die Zitzen reinigt, die Zitzenbecher anhängt und das Tier melkt. Bei dem Mehrboxensystem einer Firma wird das Euter in einer zusätzlichen Reinigungsbox gereinigt. Bei allen AMV werden die Euterviertel getrennt gemolken.

Die Kuh kann selbst bestimmen, wie häufig sie die Melkbox aufsucht. Die Erfahrungen zeigen, dass Kühe die Melkfrequenz zum Teil erhöhen, sobald sie in Selbstbedienung das Kraftfutter abrufen und dabei gemolken werden. Zusätzlich wirken die Gestaltung des Kuhverkehrs und die Fütterungsstrategie des Betriebes auf die Frequenz ein. Dabei entwickeln die Kühe keinen fixen, wiederkehrenden Melkrhythmus, sondern erreichen eine durchschnittliche Melkfrequenz von 2,5- bis 2,9-mal/Tag (SCHÖN, 2000). Bei konventionellen Verfahren wird dagegen in der Regel zweimal pro Tag gemolken.

Vom mechanischen Melken unterscheidet sich der Ablauf des eigentlichen Melkvorgangs je nach AMV-Fabrikat. Zitzenreinigung und das Ansetzen der einzelnen Melkbecher dauern technisch bedingt relativ lang. Andererseits ist es möglich, den Melkakt viertelspezifisch zu steuern, um Blindmelkphasen zu vermeiden. Alle AMV-Fabrikate verfügen über Zitzenreinigungssysteme, die vor dem eigentlichen Melkakt eingesetzt werden.

WORSTORFF et al. (2000) weisen auf die Notwendigkeit hin, die Eutervorbereitung der Kuh für die Melkung unabhängig vom Melkverfahren in Phasen einzuteilen. Um die

Vorgaben der Milchverordnung zu erfüllen, sei die Strukturierung in Vor-, Haupt- und Nachphase sowie Desinfektion und Reinigung des Systems notwendig. Diese klassische Abfolge beinhaltet:

- Erkennen krankhafter Veränderungen am Tier und ggf. getrenntes Melken
- Verwerfen der ersten Milchstrahlen aus jedem Viertel
- Prüfen dieser Strahlen auf Sekretveränderungen
- Reinigen der Zitzen bis zur Sauberkeit
- Reststimulation

Bei AMV ist dieser klassische Ablauf nicht zu realisieren. REICHMUTH und KNAPPSTEIN (1999) weisen auf Unzulänglichkeiten von AMV insbesondere gegenüber einer Reihe von Vorschriften der Milchverordnung hin (s. Kap. 2.2). So verfügen AMV nicht über eine Vorrichtung zum Erkennen von Entzündungen der Euterhaut bzw. von Euterverletzungen. Weiterhin sei die ausreichende Trennung von Stall und Melkplatz in Frage gestellt. Bei AMV, die Reinigungsprotokolle nur für die Zitzen vorsehen, stellen nach Ansicht der Autoren fehlgeleitete Ansetzversuche mit Ansaugen von Zitzenbechern an die Euterhaut ein zusätzliches Verunreinigungsrisiko dar. Die Verpflichtung zur Prüfung der ersten Milchstrahlen aus jeder Zitze zu Beginn des Melkens sei zwar technisch durch Leitfähigkeitsmessungen durchführbar, die richtige Beurteilung der Vormelkproben sei jedoch nicht gewährleistet. Reinigung und Desinfektion würden ein zusätzliches Risiko für Wasserbeimengungen zur Milch bieten, weil besondere Ablauf- und Trocknungszeiten nicht vorgesehen sind.

So groß die Vorteile von AMV auf den ersten Blick erscheinen, bergen die Systeme jedoch durch die unzureichende Kontrolle der Reinigung der Zitzen Gefahren für den mikrobiologischen Status der Milch und stehen damit möglicherweise nicht im Einklang mit den hohen Anforderungen an die Milchhygiene, deren Rechtsgrundlagen nachfolgend dargestellt werden.

2.2 Milchhygienerecht

Das Milchhygienerecht definiert die rechtsverbindlichen Anforderungen der Lebensmittelhygiene. Die FAO/WHO, 1969, definiert Lebensmittelhygiene als die „Vorkehrungen und Maßnahmen, die bei der Herstellung, Behandlung, Lagerung und dem Vertrieb von Lebensmitteln notwendig sind, um ein einwandfreies, gesundes und bekömmliches Erzeugnis zu gewährleisten, das für den menschlichen Genuss tauglich ist“. Bei unzureichender Einhaltung bzw. Ausführung von Hygienemaßnahmen in der Milchgewinnung besteht die Gefahr der Verschlechterung der Milchqualität. Daraus ergeben sich Probleme in der Lebensmittelsicherheit, die in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen hat (FEHLHABER, 2002). FEHLHABER wies ergänzend

darauf hin, dass die Europäische Union dem gesundheitlichen Verbraucherschutz heute höchste Priorität einräumt.

AMV sind in Bezug auf die Lebensmittelhygiene kritisch zu betrachten. Dem Landwirt wird ein Melksystem bereitgestellt, das weitestgehend ohne menschliche Unterstützung auskommt, so dass es dem Anwender von AMV eigenverantwortlich überlassen bleibt, über die Art und Weise sowie den Zeitpunkt der Reinigung der Oberfläche des AMV-Systems zu entscheiden. Allerdings muss der AMV-Betreiber bei seinen Entscheidungen die geltenden Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs beachten.

Die Grundlage für Vorschriften hinsichtlich des Milchhygienerechts ist die Verordnung (EG) 178/2002, die aus dem Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit hervorging. Weil diese Norm das nationale Lebensmittelrecht in sehr vielen Punkten neu regelt, wird sie auch als „Basis-Verordnung für das Europäische Lebensmittelrecht“ bezeichnet. In ihr wurde das Lebensmittelrecht mit dem Futtermittelrecht zusammengeführt, die Kontrollen auf die Primärproduktion ausgedehnt und ein Forderungskatalog für die Lebensmittelsicherheit aufgestellt. Außerdem wurden die Meldepflichten bei Verdacht auf gesundheitsschädliche Lebensmittel und solche, die die Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit nicht erfüllen (seit dem 01.01.2005 in Kraft), eingeführt und die Pflicht zur Rückverfolgbarkeit formuliert.

Diese Verordnung (EG) Nr. 178/2002 ergänzt das neue Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), das am 7. September 2005 in Kraft getreten ist. Es löste das bisherige Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz (LMBG) ab. Die bisherigen Vorschriften des LMBG, insbesondere für den Umgang mit Lebensmitteln, sind weitgehend in das LFGB übernommen worden.

Die nationale Lebensmittelhygiene-Verordnung oder Milchhygiene-Verordnung ist seit dem 1. Januar 2006 durch die neuen EU-Hygieneverordnungen, das so genannte Lebensmittel-Hygienepaket (VO [EG] Nr. 852/2004, 853/2004 und 854/2004), abgelöst worden. Diese drei Regelungen stellen in allen Mitgliedsstaaten unmittelbar umzusetzendes Recht dar.

Als Begleitvorschrift zum neuen EU-Hygienerecht wurde eine nationale Durchführungsvorschrift zu den EU-Verordnungen erarbeitet, die spezifische Hygienevorschriften für die vom EU-Recht nicht unmittelbar geregelten Bereiche sowie spezifischen Vorschriften für die amtliche Überwachung im Rahmen der gemeinschaftsrechtlichen Ermächtigungen vorsieht. Die Durchführungsvorschrift trat am 15. August 2007 in Kraft.

Als weitere nationale Vorschrift wurde die Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die Durchführung der amtlichen Überwachung der Einhaltung von Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs und zum Verfahren zur Prüfung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis (AVV Lebensmittelhygiene – AVV LmH) erlassen. Ziel dieser Vorschrift ist insbesondere eine einheitliche Anwendung der Vorschriften im Vollzug und damit eine Harmonisierung der Überwachung. Die AVV Lebensmittelhygiene trat zum 26. September 2007 in Kraft.

Die für die vorliegende Arbeit relevante Passage, welche sich auf die Sauberkeit der Milch bezieht, findet sich in der Verordnung (EG) Nr. 853/2004. Die Verordnung enthält spezifische Hygienevorschriften für Betriebe, die Lebensmittel tierischen Ursprungs verarbeiten; sie gilt ergänzend zur allgemeinen Hygieneverordnung (EG) Nr. 852/2004. Die Bestimmung der Verordnung (EG) Nr. 853/2004 lautet:

Kapitel 2 B Hygienevorschriften für das Melken, Abholung/Sammlung und Beförderung:

„Das Melken muss unter hygienisch einwandfreien Bedingungen erfolgen; insbesondere muss gewährleistet sein, dass die Zitzen, Euter und angrenzenden Körperteile vor Melkbeginn sauber sind. [...]“

In der Richtlinie nicht mehr geltenden 89/362/EWG aus dem Jahr 1989 hieß es, dass Zitzen, Euter und gegebenenfalls der angrenzende Lenden-, Schenkel- und Unterleibsbereich vor dem Melken zu säubern seien. Da die Einhaltung dieser Vorschrift und anderer rechtlicher Bestimmungen für Milcherzeuger mit AMV nicht ohne weiteres erfüllt werden können und auch nicht erfüllt werden, wurden ergänzende Ausführungsvorschriften vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft in einem Maßnahmenkatalog speziell für AMV-Anlagen erlassen und im Bundesanzeiger am 13. Februar 2001 veröffentlicht. Die zusätzlichen Maßnahmen sollten sicherstellen, dass eine Beeinträchtigung der Milchhygiene auszuschließen ist und so der Einsatz von AMV geduldet werden kann.

Gemäß dieses Maßnahmenkataloges von 2001 hatte zweimal am Tag eine Begehung des Stalles mit gezielter Beobachtung der Gesundheit der Tiere sowie der Sauberkeit, insbesondere der Euter (Wunden, Entzündungen), zu erfolgen. Zusätzliche geeignete Maßnahmen zur Sauberhaltung der Tiere sollten vorgenommen werden, wie das Reinigen von Zitzen und Zitzenbasis, das mindestens tägliche Reinigen der Liegeboxen und der Laufwege sowie das Enthaaren der Euter (in angemessenen zeitlichen Abständen).

Der Maßnahmenkatalog von 2001 musste nach der Änderung der Rechtsgrundlage durch die EG-Verordnung Nr. 853/2004 überarbeitet werden. Daher veröffentlichte das

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) am 29. September 2006 einen detaillierten überarbeiteten Maßnahmenkatalog.

Danach wird zur Sicherstellung der Eutersauberkeit eine zweimalige Begehung des Stalles angeordnet mit der gezielten Beobachtung der Sauberkeit der Kühe. Außerdem sind wiederum flankierende Maßnahmen zur Eutersauberkeit vorzunehmen, wie das mindestens tägliche Reinigen der Liegeboxen und der Laufwege und das Enthaaren der Euter. Stark verschmutzte Euter sind manuell zu reinigen.

Ein wichtiger Punkt des neuen Maßnahmenkataloges bildet die Neuformulierung, dass die Maßnahmen so lange durchgeführt werden müssen, bis die AMV die Anforderungen der Norm DIN ISO 20966:2008 erfüllen. Die Norm DIN ISO beinhaltet die Vorgabe von technischen Einrichtungen im AMV in Hinblick auf das Erkennen von Eutergesundheitsstörungen sowie die Überprüfung der Wirksamkeit der Reinigung.

2.3 Hygienische Qualität der Milch

Die Milchqualität von Betrieben mit AMV wurde in zahlreichen Studien überprüft (HILDEBRANDT, 2001; HOGEVEEN et al., 2001; KLUNGEL et al., 2000; POMIES und BONY, 2000; RASMUSSEN et al., 2001; RASMUSSEN et al. 2002; VAN DER VORST und HOGEVEEN, 2000; VAN DER VORST et al., 2002). In den Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass die Umstellung vom konventionellen Melken auf AMV zu Veränderungen der Parameter der Milchqualität führte. Die Ergebnisse der Untersuchungen ergaben Anstiege in den Merkmalen „Gesamtkeimzahl“ und dem „Anteil der freien Fettsäuren“. Bei den Kriterien „somatische Zellen“ und „Gefrierpunkt“ erhielten die Autoren unterschiedliche Ergebnisse.

In der Erhebung von VAN DER VORST et al. (2002) wurden in 3 Ländern über 4 Jahre in Betrieben nach Inbetriebnahme von AMV Daten zur Milchqualität gesammelt. Auch in dieser Studie konnte nach der Umstellung auf die AMV ein schneller Anstieg der Gesamtkeimzahl, der somatischen Zellzahlen und des Gefrierpunktes festgestellt werden. Der Anteil an freien Fettsäuren stieg nur mäßig an. Sechs bis zwölf Monate nach der Einführung der AMV verringerten sich die Gesamtkeimzahlen und die somatischen Zellzahlen. Der Gefrierpunkt blieb während der ganzen Zeit auf gleichem Niveau. Der Anteil der freien Fettsäuren pendelte sich auf keinen stabilen Wert ein.

Die Ergebnisse der Untersuchungen demonstrierten große Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben und innerhalb der Betriebe. Einige Betriebe lieferten kontinuierlich Milch von sehr hoher Qualität und zeigten nach Inbetriebnahme des automatischen Melksystems (AMS) nur eine geringe Veränderung der Milchqualitätsparameter, während andere eine durchgängige Verschlechterung der Milchqualität erbrachten.

Auch wurden zum Teil unregelmäßige Verlaufskurven mit einzelnen Extremwerten in den Parametern festgestellt.

In der Untersuchung von VAN DER VORST et al. (2003) sollten Gründe für die unterschiedliche Milchqualität der Betriebe mit AMV gefunden werden. Die Unterschiede innerhalb und zwischen den Betrieben erlaubten die Schlussfolgerung, dass Verbesserungen möglich sind. So konnte bei der Suche nach Ursachen für die veränderte Milchqualität ein Zusammenhang zwischen einer hohen Gesamtkeimzahl in der Tankmilch und einer niedrigen Milchmenge gefunden werden. Außerdem bestand eine Korrelation zwischen einer hohen Gesamtkeimzahl in der Milch sowie dem Grad der Verschmutzung in dem Bereich um das AMV und der allgemeinen Hygiene der Betriebe.

Die Milchqualität hinsichtlich der Gesamtkeimzahlen wird durch Keime aus drei Hauptquellen beeinflusst. Konkret sind es die Oberfläche von Zitzen und Eutern, die Milch von an Mastitis erkrankten Kühen und die Oberflächen des Melksystems, die mit Milch in Kontakt kommen (JØRGENSEN, 1990; SLAGHUIS, 1996).

2.4 Einflussfaktoren auf den Keimgehalt der Milch

Auf den Keimgehalt in der Rohmilch nehmen unterschiedliche Faktoren einen Einfluss. Neben der Zitzenoberfläche und ihrer Sauberkeit stehen insbesondere die Reinigung der Milchgerätschaften, die Kühlung der Milch und der Gesundheitszustand der Zitze in einem wesentlichen Zusammenhang mit dem Keimgehalt der Milch. Nachfolgend werden die Beziehungen genauer dargestellt.

2.4.1 Zitzenoberfläche und Hygienemanagement

Eine Hauptquelle der Kontamination von Milch stellt die Zitzenoberfläche dar. So folgerten MCKINNON et al. (1983), dass bei einzelnen Kühen das Melken von stark verschmutzten Zitzen mehr als 10 000 Keime/ml Milch beisteuern kann. Auch COUSINS (1972) berichtete vom Übertritt der Bakterien in die Milch durch ungereinigte oder auch gewaschene Zitzen.

2.4.1.1 Zitzenreinigungssysteme

MCKINNON et al. (1983) untersuchten den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Zitzenreinigungsmethoden und der bakteriellen Kontamination der Milch. Das Waschen der Zitzen ohne nachfolgende Trocknung war in seiner Untersuchung nicht effektiver als gar keine Reinigung. Zwar entferne das Waschen etwas von der sichtbaren Verschmutzung, jedoch lief das schmutzige Wasser offenbar an der Zitze herab und wurde dann in die Milch gemolken. Die starke Verschmutzung führe außerdem zu einem unakzeptabel hohen Grad an Sediment in der Milch. Der Sedimenttest wurde in

der Untersuchung von MCKINNON et al. (1990) mit 500 ml Milch durchgeführt, die aus dem Sammelstück entnommen worden war.

Im konventionellen Melkverfahren ist es durch visuelle Kontrolle dem Melker möglich, verschmutzte Zitzen durch zusätzliche und/oder längere Reinigungsprozeduren so zu säubern, dass diese vor dem Ansetzen des Melkzeuges den hygienischen Ansprüchen genügen. GALTON et al. (1982, 1986) fanden in ihren Untersuchungen über manuelle Zitzenreinigungsprozeduren, dass die Reinigung mit Wasser oder Zitzendesinfektionsmitteln und anschließendes Trocknen die niedrigsten Keimzahlen auf der Zitze und in der Milch ergaben.

In den Reinigungssystemen der AMV sind durch Standardprogramme lediglich einheitliche Reinigungsprozesse der Zitzen möglich. Ob jede Zitze überhaupt in den Reinigungsvorgang einbezogen wird, lässt sich nur bei einigen der Hersteller über Sensoren feststellen. Somit ist die Gefahr gegeben, dass Zitzen zum Teil mangelhaft gereinigt oder gänzlich ungereinigt dem Melkprozess zugeführt werden. HOVINEN et al. (2005) stellten in einer Untersuchung von 9 Praxisbetrieben fest, dass von 616 Becherreinigungen 7,2 % und von 716 Bürstenreinigungen 4,3 % der Reinigungsprozesse nicht erfolgreich waren. "Nicht erfolgreich" bedeutete in diesem Zusammenhang, dass die Zitze nicht in der Zitzenreinigungseinheit war oder der Reinigungsvorgang für die einzelne Zitze nicht stattgefunden hatte. Weil dem Reinigungsprogramm keine Kontrolle des Reinigungseffektes folgt, wurden diese ungereinigten Zitzen ungehindert dem nachfolgenden Melkprozess unterzogen.

Das Ziel von Euter- und Zitzenreinigung in konventionellen und AMV ist das Entfernen von Schmutz und Mist, um eine Kontamination der Milch zu vermeiden. Zudem unterstützt der Reinigungsprozess durch seine stimulierende Wirkung die Milchejektion. Außerdem wird durch die Reinigung die Gefahr einer Übertragung von pathogenen Keimen unter den Zitzen reduziert.

Für die Reinigung der Zitzen im AMV gibt es 3 unterschiedliche Prinzipien:

1. Rotierende Bürsten
2. Reinigung im separaten Reinigungsbecher und
3. Reinigung im Zitzenbecher, der gleichzeitig zum Melken benutzt wird.

Nach der Reinigung der Zitzen, die mit klarem Wasser erfolgt, kann die Reinigungseinheit desinfiziert werden. Die in der Landwirtschaft bei AMV verwendeten Reinigungsprozeduren sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Übersicht der Zitzenreinigungssysteme.

| <i>Firma:</i> Name des Systems | Eigenschaften des Zitzenreinigungssystem | Reinigungsdauer und/oder –intensität |
|---|---|--|
| <i>DeLaval (SE):</i> Voluntary Milking System (VMS) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Separater Reinigungsbecher: Die Zitzen werden einzeln mit einem Gemisch aus warmem Wasser und Luft umspült. ▪ Trocknen durch Luftzufuhr nach Reinigung ▪ Reinigungswasser wird mit Vorgemelk separat abgeleitet | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dauer: 7–8 s ▪ doppelte Reinigung individuell für einzelne Kühe einstellbar ▪ Reinigung mit Warmwasser |
| <i>Insentec (NL):</i> Galaxy | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Separater Reinigungsbecher: Reinigung mit lauwarmen Wasser ▪ Trocknung durch Zufuhr warmer Luft ▪ Reinigungswasser wird mit Vorgemelk separat abgeleitet | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dauer: 8–13 s pro Zitze ▪ Reinigung mit Warmwasser |
| <i>Lely Industries (NL):</i> Astronaut; <i>Fullwood (UK):</i> Merlin | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung durch nasse, rotierende Bürsten ▪ Entfernen des Restwassers, danach Bürsten des Euters mit schleudertrockener Bürste | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1- oder 2-mal Auf- und Abbewegungen ▪ zusätzliche Einstellung für lange Zitzen möglich |
| <i>Prolion Sales (NL):</i> AMS Freedom, AMS Liberty; <i>Manus (NL):</i> Solos, Miros; <i>Gascoigne Melotte (NL):</i> Zenith1 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung im Melkbecher: Wassereinlauf innen, oben an der Innenseite des Melkbeckers ▪ Anwendung einer hohen Pulsationsrate ▪ Reinigungswasser wird mit Vorgemelk separat abgeleitet | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dauer: 9–12 s ▪ Reinigung mit kaltem Wasser |
| <i>Westfalia Landtechnik GmbH (DE):</i> Leonardo (nicht mehr verfügbar) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung in einer separaten Reinigungsbox mit einer nassen, rotierenden Bürste, durch schnelles Rotieren der Bürste ▪ Entfernen des Restwassers, danach Bürsten des Euters mit schleudertrockener Bürste | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dauer: 30–65 s ▪ bis zu 9 Bürstenbewegungen unter dem Euter |

Von den in Tab. 1 aufgeführten und untersuchten Firmen sind 2007 neben den marktführenden Firmen *Lely Industries* (Astronaut) und *DeLaval VMS* (Voluntary

Milking Systems) noch die Firmen *Insentec* (Galaxy) und *Fullwood* (Merlin) auf dem Markt. Der Hersteller *Prolion Sales* (AMS Freedom) wurde nachfolgend von der Firma *RMS* (Robotic Milking Systems) aufgekauft. *Gascoigne Melotte* (Zenith) wurde von der Firma *Boumatic* übernommen, wobei diese Firma ebenso wie die Firma *Westfalia Landtechnik GmbH* (Leonardo) den Vertrieb von AMV eingestellt hat.

Grundsätzlich werden durch die Reinigungssysteme lediglich die Zitzen der Kühe gereinigt. Allerdings reinigte das System der Firma *Westfalia Landtechnik GmbH* zusätzlich das Euter. Keines der untersuchten Systeme verfügt über eine Methode, um den Erfolg der Reinigung der Zitzen zu überprüfen. Die Reinigungsintensität kann in den Systemen z. T. nur für alle Kühe als Generaleinstellung verändert werden. Dazu wird die Anzahl der Reinigungszyklen oder die Reinigungsdauer verändert. Ein System ermöglicht bei einzelnen Kühen das Einstellen doppelter Reinigungszyklen. Alle Systeme benutzen nasse Reinigungsmethoden, wobei nur drei Systeme Ansätze zum Trocknen der Zitzen aufweisen.

Es wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, um eine Methode zu entwickeln, mit der sich der Grad der Verschmutzung der Kühe online vor dem Melken überprüfen lässt, damit die Reinigung dementsprechend angepasst werden kann.

MOTTRAM (1993) teilte Zitzen auf Fotos in Segmente ein und ermittelte den prozentualen Anteil der Areale, die mit Verschmutzungen bedeckt waren. Die Ergebnisse wurden laut Aussage des Autors beeinflusst vom Schatten der anderen Zitzen, die fälschlich als Verschmutzung angesehen werden konnten. BULL et al. (1995) benutzten einen durchfließenden Monochromator, der die Höhe des reflektierenden Lichtes von Zitzen als unterschiedliche Wellenlängen analysierte.

ORDOLFF (2004) untersuchte die Eutersauberkeit mit bildgebenden Verfahren. Die Technik stützte sich auf die Auswertung von Bildern einer Kamera hinsichtlich der Helligkeit und der Balance von Farben. Anhand der Pixelanzahl konnten Grenzen für eine saubere Oberfläche ermittelt werden. Allerdings sollten weitere Untersuchungen folgen, um die Grenzen zu verifizieren und Probleme zu lösen, wie z. B. eine stabile Kuhposition oder die Beleuchtung des Euters während der Untersuchung.

Die Anpassung der Reinigungsintensität an den Grad der Verschmutzung der Zitzen über ein Sensorsystem bei schmutzigen Kühen könnte allerdings zur Störung des Ablaufs der Melkroutine führen (MOTTRAM, 1997). Zu vermuten ist, dass die verlängerten Reinigungszeiten bei stark verschmutzten Zitzen die Wartezeiten der zu melkenden Kühe erhöhen und sich somit die Melkfrequenzen erheblich vermindern.

Beim Vergleich des Reinigungseffektes einer konventionellen manuellen Reinigungsmethode mit einem automatischen Reinigungssystem fanden MELIN et al. (2002) eine sehr viel bessere Wirkung des AMV. Dazu kontaminierten sie die Zitzen

künstlich mit einem Gemisch aus Mist und Sporen von *Clostridium tyrobutyricum*. Allerdings untersuchten sie nur einen Hersteller und stützten sich durch die Beprobung von lediglich 12 Kühen auf eine geringe Probenanzahl.

Hinsichtlich der Ergebnisse der Reinigungseffektivität verschiedener Hersteller fanden sich bei Einordnung der Firmen in eine Rangliste im Rahmen eines Teilprojektes des dieser Untersuchung zugrunde liegenden EU-Forschungsprojektes nur für einen Hersteller Unterschiede (KNAPPSTEIN et al. 2004). In diesem Teilprojekt wurde vor der Reinigung der Zitzen eine Mischung aus Mist und Mohnsamen auf die Zitzen appliziert. Danach wurden einerseits ungereinigte Zitzen und andererseits von den AMV gesäuberte Zitzen gemolken und der Übertritt der Mohnsamen untersucht. Dazu wurde die Milch gefiltert und die Anzahl der übergetretenen Samenkörner ermittelt. Bei allen Herstellern wurde ein Übertritt von Kontaminationsmaterial in die Milch festgestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung von VAN DER VORST und OUWELTJES (2003) zeigten, dass die Kühe der Herden mit einer hohen Gesamtkeimzahl in der Tankmilch weniger sauber waren als die der Herden mit niedrigen Gesamtkeimzahlen. Dazu wurde in den Betrieben eine Hygienecheckliste vom Untersucher ausgefüllt. In der Studie wurden verschiedene Bereiche der Betriebe nach einem Scoring-System von 1 = gut bis 5 = schlecht bewertet.

2.4.1.2 Einstreumaterialien

Bei der Verschmutzung auf Eutern und Zitzen von Kühen handelt es sich im Wesentlichen um Anhaftung von Einstreu und Fäzes. Die Gesamtkeimzahlen in der benutzten Einstreu können auf 10 000 000–1 000 000 000 KbE/g ansteigen (HOGAN et al., 1989). RENDOS et al. (1975) überprüften verschiedene Einstreumaterialien auf die quantitative Kontamination mit coliformen Keimen, Streptokokken und Staphylokokken. Benutzte Einstreu zeigte gegenüber frischer einen Anstieg aller Keimzahlen. Die Proben von den frischen Einstreumaterialien Stroh, Sägemehl und Sägespänen ergaben signifikante Unterschiede für die drei einzelnen Keimgruppen. Die Keimzahlen von Coliformen, Streptokokken und Staphylokokken waren am höchsten in Stroh, mittlere Keimzahlen fanden sich in Sägemehl, und am niedrigsten waren die Keimzahlen in Sägespänen. EMEASH und EL-BABLY (1998) verglichen coliforme Keimzahlen von unbenutzter und benutzter Einstreu mit der coliformen Keimzahl auf Zitzenenden. Die höchsten Werte fanden sich in Erde als Einstreumaterial, gefolgt von Sägespänen auf Betonuntergrund. Die niedrigsten coliformen Keimdichten wurden in Sand ermittelt. Auf den Zitzen spiegelten sich diese Keimzahlen wieder.

Wenn auch eine größere Menge an Einstreumaterial in die Milch übergehen müsste, um die Keimzahl der Milch signifikant zu erhöhen, können doch stark verschmutzte Zitzen

einzelner Kühe zu einer Kontamination der Milch von mehr als 10 000 KbE/ml beitragen (COUSINS, 1972). Milch von Kühen mit Mist verschmutzten Zitzen kann sogar coliforme Keimzahlen von 1 000 000 KbE/ml erreichen (CHAMBERS et al., 2002).

ZDANOWICZ et al. (2004) untersuchten den Zusammenhang von Keimzahlen in den Einstreumaterialien Sägespäne und Sand mit der Besiedelung auf Zitzenenden, wobei sich eine mäßige Korrelation hinsichtlich der coliformen Keimzahlen ergab. Außerdem wurden Coliforme und *Klebsiella* spp. in größerer Menge auf Zitzenenden gefunden, sofern die bei Haltung der Kühe auf Sägemehl statt auf Sand gehalten wurden. Bei Haltung der Kühe auf dem Einstreumaterial Sand wurde allerdings eine höhere Anzahl an *Streptococcus* spp. auf den Zitzenenden nachgewiesen.

In einer Studie von FAIRCHILD et al. (1982) wurden unterschiedliche Einstreumaterialien und Kalk auf coliforme Keimzahlen und Klebsiellen untersucht und mit der Besiedelung der Zitzen verglichen. Die Einstreuproben wurden direkt nach Zugabe in den Stall gezogen und weiterhin wöchentlich in einem Zeitraum von 3 Wochen entnommen. Die niedrigsten Keimzahlen wurden in Kalk und in Sand ermittelt. Die Arbeitsgruppe stellte fest, dass die coliformen Keimzahlen auf den Zitzenenden die Population der Keime in der Einstreu widerspiegelte. Auch HOGAN et al. (1990) wiesen bei ihrer Untersuchung von Keimzahlen in Einstreumaterialien und Keimzahlen in Zitzentupfern eine positive Korrelation nach. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Keime möglicherweise psychrotrophe Eigenschaften besitzen, weshalb sie sich auch bei gekühlter Lagerung der Milch vermehren können. Fäkales Material beinhaltet außerdem hohe Gesamtkeimzahlen und auch erhebliche Mengen an coliformen Bakterien (1 000–1 000 000 KbE/g). In fäkalem Material darüber hinaus können für Menschen potentiell pathogene Bakterien enthalten sein, wie z. B. *Escherichia coli* und *Campylobacter* spp.. Auch an *Mycobacterium paratuberculosis* ist zu denken. Auch aus diesem Grund sollte verhindert werden, dass dieses Material in die Tankmilch gelangt.

Außerdem lassen sich auf der Zitzenoberfläche eine große Anzahl anaerober Sporenbildner nachweisen (JØRGENSEN, 1990). Die Kontamination der Zitze mit Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* liegt in den Stallperioden und beginnenden Weideperioden höher als zu den späteren Weideperioden (BRAMLEY und MCKINNON, 1990). Grassilage von schlechter Qualität kontaminiert den Verdauungstrakt von Kühen und tritt über fäkales Material in die Milch über. Diesen Zusammenhang fanden DE VRIES und STADHOUDERS (1977) in Fällen mit auszureichender Euterreinigung. Durch sachgerechtes Säubern können 90 % der Kontamination der Milch reduziert werden in Abhängigkeit von der Reinigungsmethode und dem Grad der Ausgangverschmutzung (SLAGHUIS, 1996).

2.4.1.3 Management

Verschiedene Studien sind durchgeführt worden, um Zusammenhänge von Managementfaktoren und Milchqualität zu finden.

REITHMEIER et al. (2004) überprüften den Einfluss fünf unterschiedlicher Liegesysteme auf die bakteriologische Milchqualität. Analysiert wurden Proben der Liegefläche, der Zitzenoberfläche und die Milch derjenigen Kuh, die in der entsprechenden Liegebox gelegen hatte. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang ließ sich zwischen der bakteriellen Belastung der Liegefläche, der Zitzenoberfläche und der Milch wurde bei der Ermittlung der anaeroben Sporenbildner nachweisen.

JAYARAO et al. (2004) führten eine Studie zur Ermittlung von Richtlinien zur Kontrolle von somatischen Zellzahlen und Bakterienzahlen in Tankmilch durch. 126 Milchviehbetriebe in Pennsylvania nahmen daran teil, indem im Rhythmus von 15 Tagen über 2 Monate je eine Tankmilchprobe entnommen und auf ihre somatische Zellzahl und Keimdichten untersucht wurde. Der Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Keimgruppen und ihrem Vorkommen in der Milch sollte ermittelt werden. Die Autoren fanden eine ganze Reihe von Faktoren, die einen Zusammenhang mit Keimzahlen in Tankmilch aufwiesen. Betriebe mit automatischer Melkgeschirrabnahme, die Sand als Einstreu verwendeten, die Dippen von Zitzen anstelle von Spraysen praktizierten oder die das Dippen der Zitzen vor und nach dem Melken vornahmen, erzielten eine signifikant niedrigere somatische Zellzahl und/oder Keimzahl in der Tankmilch.

Coliforme Keime in der Tankmilch stammen im Wesentlichen vom Euter, das seinerseits von der Umgebung kontaminiert wurde (REINEMANN, 1997). Bei Erhöhung der Gesamtkeimzahl in der Tankmilch ergibt sich ein Hinweis auf eine mangelnde Systemreinigung. Im Fall einer Erhöhung der coliformen Keimzahl liegt erstens ein Hinweis auf eine mangelnde Effektivität der Zitzenreinigung und zweitens ein Indiz für auf einen Mangel in der Sauberkeit der Kuhumgebung vor.

Coliforme Keimzahlen im Bereich zwischen 100 und 1 000 KbE/ml Tankmilch zeigen laut REINEMANN (1997) generell ein Problem in der Melkhygiene an. Da sich die coliformen Keime auch in den Restmilchbelägen vermehren können, sind Werte oberhalb von 1 000 KbE/ml außerdem ein Indikator für eine unzureichende Reinigung des Melksystems. Gehalte der Milch an coliformen Keimen von mehr als 1 000 KbE/ml und von thermoduren Keimen von mehr als 200 KbE/ml deuten auf Mängel in der Systemreinigung und die Vermehrung von Keimen an milchberührten Flächen hin. Thermodure Keime können die Pasteurisierung der Milch überleben und die Haltbarkeit der Milch verringern. Sie stellen so ein Problem in der Milchproduktion dar.

In Zusammenhang mit der Kuhsauberkeit, insbesondere auch der Euter- und Zitzensauberkeit und dem Grad der Verschmutzung, stehen das Stalldesign, das Fütterungsmanagement und die Liegeboxenkonstruktion in Zusammenhang. Außerdem stellen die Art der Unterlage der Liegeboxen und das Einstreumaterial, sowie das Management wichtige Aspekte dar.

Die Wahrscheinlichkeit, dass Euter und Zitzen weniger verschmutzt sind, ist selbstverständlich größer, wenn die Liegeboxen sauber sind. Wenn pro Kuh weniger als eine Liegebox zur Verfügung steht, steigt die Anzahl der insgesamt belegten Liegeboxen. So fanden GAWORSKI et al. (2003) eine positive Korrelation zwischen der Liegeboxenbenutzung und der Liegeboxenverschmutzung. Zusätzliche Bemühungen zur Reinigung der Liegeboxen sind notwendig, um höhere Haltungsdichten und ungünstige Verhältnisse von Kuhanzahl zur Liegeboxanzahl zu kompensieren.

In einer Untersuchung von SUNDERLAND et al. (2002) wurden in 6 Betrieben die Größe der Liegeboxen, die Einstreu und das Management mit der Kuhsauberkeit verglichen. Die Autoren fanden, dass 50 % der Kühe eine akzeptable Kuhsauberkeit besaßen, obwohl 100 % der Liegeboxen hinsichtlich ihrer Maße als schlecht beurteilt wurden. In der Studie konnte kein einzelner Faktor der Liegeboxenmaße gefunden werden, der signifikant mit der Kuhsauberkeit korrelierte. Allerdings ließ sich folgern, dass eine verminderte Fellverschmutzung eher einen Zusammenhang mit Faktoren der Einstreu besaß als mit der Größe der Liegebox.

VAN DER VORST et al. (2003) ließen in ihrer Untersuchung Betriebsleiter von 124 Betrieben mit AMV 47 Aspekte des Managements beurteilen und zwar mit einer Skala von 1–5, entsprechend der Bewertung „nicht wichtig“ bis „sehr wichtig“. Zu den Ergebnissen dieser Untersuchung gehörte, dass die Betriebsleiter die Zahl der überbesetzten Liegeboxen unter die am wenigsten wichtigen Aspekte des Managements einordneten. Außerdem fanden die Manager die Reinigung des Systems des AMV insgesamt wichtiger als die Hygiene der Kühe. Trotzdem war ihnen der Stellenwert der Hygiene für die Gesamtkeimzahl in der Tankmilch bewusst.

EMEASH und EL-BABLY (1998) ermittelten in einem Forschungsbetrieb über einen Zeitraum von 4 Monaten Keimzahlen in unterschiedlichen Einstreumaterialien und auf Zitzenkuppen. Es handelte sich bei dem untersuchten Betrieb um einen Anbindestall mit 120 Milchkühen, der als Einstreumaterial Erde, Sägespäne und Sand verwendeten. Kühe, die auf Erde gehalten wurden, zeigten die höchste Zitzenendenkontamination mit coliformen Keimen, gefolgt von den Kühen, bei denen Sägespäne als Einstreu diente. Die niedrigste Kontamination wurde auf Zitzenenden von Kühen gefunden, die auf Sand gehalten wurden. Aus der Untersuchung wurde unter anderem gefolgert, dass

durch die umsichtige Kontrolle aller Managementdetails in der Umgebung der Kühe die Vermehrung der coliformen Keime eingedämmt wird. So lassen sich auch zu hohe Keimzahlen in schmutzigen Einstreumaterialien und auf den Spitzen der Zitzen vermeiden. Außerdem wurde die Vermehrung der coliformen Keime durch Steigerung des Liegebereiches pro Kuh, tägliches Entfernen von Mist und feuchten Stellen zwischen den Kühen und Zugabe von gelöschtem Kalk reduziert. Bei dem Vergleich der Einstreumaterialien empfahlen die Verfasser Sand als das Einstreumaterial, weil dieses Substrat die niedrigsten coliformen Keimzahlen besaß. Da Sand wenig Nährstoffe für diese Keimgruppe beinhaltet, wird außerdem ein Wachstum der Keime vermieden.

Die bakterielle Flora und die Gesamtkeimzahl in frischer und benutzter Einstreu stehen im Zusammenhang mit der bakteriellen Flora der Zitzenoberfläche und deren Gesamtkeimzahl (HOGAN und SMITH, 1997; RENDOS et al., 1975; SLAGHUIS et al., 1991; ZDANOWICZ et al., 2004). Milchkühe können zwischen 40 und 80 % ihrer Zeit mit Liegen verbringen (MANNINEN et al., 2002; TUCKER et al., 2003), wobei es oft zur Übertragung von Keimen zwischen der Oberfläche der Liegefläche und den Zitzen kommt.

Genauso wichtig wie die Gesamtkeimzahl in unbenutzter Einstreu ist wahrscheinlich die bakterielle Belastung der benutzten Einstreu, die von der Häufigkeit der Zugabe von frischer Einstreu abhängt. So fanden RENDOS et al. (1975) bei einem Vergleich verschiedener Einstreumaterialien in unbenutztem Zustand und nach Benutzung, dass die Keimzahlen aller von ihnen überprüften Keimgruppen in der Einstreu nach der Benutzung angestiegen waren. Sie untersuchten unter anderem in Stroh und Sägespänen die Belastung mit coliformen Keimen, Streptokokken, Staphylokokken und Klebsiellen. Durch Zugabe frischer Einstreu kommt es zur Reduktion der Keimvermehrung, indem die Feuchtigkeit vermindert wird.

Eine Korrelation zwischen der Kontamination der Liegeoberfläche einerseits und der Zitzenoberfläche andererseits konnten REITHMEIER et al. (2004) beobachten, allerdings nur für Enterokokken und anaerobe Sporenbildner. Außerdem hängt die allgemeine Kuhsauberkeit von der Qualität der benutzten Einstreu ab.

ZDANOWICZ et al. (2004) untersuchten den Zusammenhang von Keimzahlen in Sand, Sägespänen und auf Zitzenkuppen. In der Studie wurde mittels einer gefelderten Schablone zusätzlich die Eutersauberkeit bestimmt. Nach Auflegen der Schablone auf die hintere Seite des Euters über den Zitzen wurde die Anzahl der mit Mist verschmutzten Felder gezählt. In den Zitzentupfern wurden die Keimzahlen von coliformen Keimen, Klebsiellen und Streptokokken ermittelt. Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Eutersauberkeit mit den Ergebnissen der Keimzahlermittlung in den

Zitzentupfern konnte kein Zusammenhang gefunden werden. Andererseits ließ sich eine mäßige Korrelation zwischen den Keimzahlen auf den Zitzenkuppen und den Keimzahlen in den Sägespänen nachweisen. Demgegenüber fiel die Korrelation zwischen der Keimzahl in Sand und auf den Zitzen relativ niedrig aus. Die Autoren folgerten, dass Sand andere physikalische Eigenschaften als Sägespäne besitzt, wie z.B. eine geringere Haftungsfähigkeit auf der Haut, weshalb auch weniger Keime auf der Haut nachgewiesen wurden.

Das Hygienemanagement steht im Zusammenhang mit dem Vorkommen von Mastitis bei Kühen. Eine mögliche Ursache bildet das Eindringen von Mastitiserregern durch Verschmutzung der Zitzenoberfläche in den Strichkanal des Euters. Als logische Konsequenz können gute Haltungsbedingungen das Mastitisrisiko reduzieren. Diese Vermutung bestätigten BARTLETT et al. (1992) in der Praxis. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Management sowie durch coliforme Keime und Streptokokken verursachten Mastitiden. Dazu wurden über 14 Monate Daten in 52 Milchviehherden erhoben. Unter anderem wurde eine Hygienecheckliste ausgefüllt, in der unterschiedliche Bereiche des Betriebes beurteilt wurden. Es kamen 3 Beurteilungsstufen zur Anwendung: 1 = besser als der Durchschnitt, 2 = ungefähr Durchschnitt, 3 = schlechter als der Durchschnitt. Die Resultate wurden mit Milchproben einzelner Viertel verglichen. Ein Ergebnis der Untersuchung war, dass die Faktoren „allgemeine Sauberkeit des Einstreubereiches“, „Mist im Einstreubereich“ und „Feuchtigkeit im Einstreubereich“ - in einem Hygieneindex „SANIT“ zusammengefasst - hoch signifikant ausfielen und am stärksten mit dem Vorkommen von coliformen Mastitiden assoziiert waren.

Auch SCHUKKEN et al. (1990) fanden einen signifikanten Zusammenhang zwischen schlechter Liegeboxensauberkeit und ansteigendem Mastitisvorkommen. WARD et al. (2002) folgerten in ihrer Untersuchung in 4 Milchviehbetrieben, dass die Haltung mit dem niedrigsten Vorkommen an Mastitiden die saubersten Kühe sowie die annehmbarsten Liegeboxen besaß. Konkret wurde die Hygiene der Herden, das Liegeboxenmanagement und das Einstreumaterial auf seine Eigenschaften und Keimzahlen untersucht. Keimzahlen von *Escherichia coli* and *Streptococcus uberis* erreichten in den Liegeboxen frisch laktierender Kühe sehr viel höhere Werte als bei Kühen, die sich in der Trockenphase befanden.

RENEAU et al. (2003) wiesen eine Beziehung zwischen den Beurteilungsstufen der Hygiene des Euters und der hinteren Beine und Füße sowie der somatischen Zellzahl in Milch von einzelnen Kühen nach. BARKEMA et al. (1998, 1999) fanden, dass die Sauberkeit der Liegeboxen und Kühe der Herden die Höhe der somatischen Zellzahl in der Tankmilch beeinflusste. Wirken auf das Euter schädliche Effekte ein, wie z.B. fehlerhaftes Melken, ein Schlag oder eine Eutererkrankung, steigt der Zellgehalt der

Milch an. Eine erhöhte Zellzahl in der Tankmilch von 200 000 Zellen/ml weist auf einen gefährdeten Eutergesundheitszustand der Herde hin (KLEINSCHROTH, 1994). BARKEMA et al. (1998,1999) untersuchten in 201 bzw. 300 Milchviehherden den Zusammenhang zwischen Managementfaktoren und somatischen Zellzahlen in der Tankmilch. Allgemein wurde in Betrieben mit niedriger somatischer Zellzahl der Hygiene mehr Aufmerksamkeit geschenkt als in solchen mit mittlerer oder hoher Zellzahl, weil die Landwirte in ersteren präziser arbeiteten und dem einzelnen Tier mehr Beachtung schenkten. Insgesamt verminderte die Hygiene den möglichen Kontakt mit pathogenen Keimen aus der Umgebung der Liegeboxen und Kalbeboxen und reduzierte so den Übertritt von pathogenen Keimen während des Melkens.

Auch BARNOUIN et al. (2004) untersuchten in 534 Herden mittels eines Fragenkataloges den Zusammenhang zwischen Management und somatischen Zellzahlen in der Tankmilch. Die Betriebe wurden in 2 Gruppen eingeteilt. Dazu wurde ein Zeitraum von 36 Monaten vor der Studie hinsichtlich der somatischen Zellzahl ausgewertet. Bei den Betrieben mit einer geringen Zellzahl fielen unter anderem folgende Managementstrategien auf: generelle Benutzung eines Zitzensprays, Selektion der Kühe bei wenigstens einer verletzten Zitze, und Präzision der Betreuer der Herde in der Ausführung ihrer Arbeit. Die Autoren folgerten unter anderem, dass Euter und Zitzen strengen hygienischen Behandlungen unterzogen werden müssen, um geringe somatische Zellzahlen in der Tankmilch zu erhalten. Die Gruppe mit den höheren Zellzahlen hielt ihre Kühe unter anderem auf Stroh und wusch ausschließlich schmutzige Zitzen vor dem Melken.

Es lässt sich feststellen, dass neben dem möglichen Übertritt von Keimen in die Milch durch Verschmutzungen der Euter auch die erhöhte Gefahr der Mastitis ein wesentliches Motiv zur Sauberhaltung der Kühe darstellen sollte. Einen Zusammenhang zwischen der Verschmutzung von Beinen und Eutern und dem Auftreten von Mastitisfällen fanden KLAAS et al. (2005). So bildet das Hygienemanagement auch ein wesentliches Element der Mastitisprophylaxe.

Eine Zitzendesinfektion nach dem Melken zur Mastitisprophylaxe dient dem Zweck, Mastitiserreger abzutöten, die sich nach dem Melken auf der Zitzenhaut befinden. Außerdem beugt diese Maßnahme durch die Zitzenhautpflege einer Neubesiedlung der Zitzenoberfläche durch Keime vor. PHILPOT und PANKEY (1974) untersuchten die Wirkung von 59 Dippmitteln und erreichten durch das manuelle Dippen bei künstlich auf die Zitzenhaut applizierten Mastitiserregern zum Teil eine Reduktion der Keimzahlen von 98,3 %.

Die Sprühsysteme der AMV gibt es in unterschiedlichen Ausführungen: Eine Variante benutzt den Servicearm, der zusätzlich die Reinigung der Zitzen und das Ansetzen der

Melkbecher durchführt, indem er nach dem Melkvorgang die einzelnen Zitzen mit Zitzendesinfektionsmittel besprüht.

In einer anderen Modifikation von AMV ist die Dippmittelsprüheinheit im hinteren Bereich des Melkzeuges angebracht, von der aus das Euter stationär benetzt wird. Außerdem wird in der Praxis eine Bodendüse verwendet, aus der das Dippmittel nach dem Melken durch einen Sprühstoß von unten an die Euter appliziert wird.

2.4.2 Mastitiden

Mastitiden können die Milchqualität in AMV hinsichtlich der somatischen Zellzahlen und auch der Keimzahlen in der Tankmilch beeinflussen, je niedriger die Gesamtkeimgehalte in der Tankmilch liegen, um so mehr steigt die Bedeutung der Kontamination der Milch durch Mastitiserreger. Deshalb kann eine erhöhte Mastitisrate in einem Betrieb zu einem Anstieg des Keimgehaltes der Tankmilch führen.

Die Beurteilung der Eutergesundheit einer Herde in Betrieben mit AMV erfolgt über die somatischen Zellzahlen in der Tankmilch. Bei Werten unter 150 000 Zellen/ml wird die Herde als weitgehend eutergesund eingestuft.

Die Mastitis ist eine durch infektiöse, traumatische oder toxische Einflüsse verursachte entzündliche Reaktion der Milchdrüse. Bei Anstieg der somatischen Zellzahl in dem Gemelk einer Kuh um 200 000 Zellen/ml und mehr liegt in der Regel eine Infektion des Euterviertels vor. Die Werte können jedoch bei einer Infektion innerhalb von Stunden auf über 1 000 000 Zellen/ml steigen.

Als Auslöser einer bakteriellen Infektion der Milchdrüse ist eine Vielzahl an Mikroorganismen zu nennen, die über den Strichkanal in das Euter eindringen. Die häufigsten Mastitiserreger sind Staphylokokken, Streptokokken, Klebsiellen, *Escherichia coli* und coliforme Keime.

Diese Mastitiserreger können in 2 Gruppen eingeteilt werden:

1. Euterassoziierte, ansteckende Keime, die typisch für Mastitisinfektionen sind. Hierzu gehören *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* und *Streptococcus dysgalactiae*. Ihr natürliches Reservoir ist die infizierte Milchdrüse. Hauptsächlich durch den Melkvorgang kommt es über die ausgeschiedene Milch zu Infektionen von Viertel zu Viertel und über das Melkzeug von einer Kuh zur nächsten. Vorbeugend gegen die Übertragung wirken hygienische Maßnahmen während der Melkzeit.

2. Umweltassoziierte Keime, die sich überall in der Umgebung der Tiere befinden. Das Eindringen dieser Erreger in das Euter wird durch unzureichende Euterreinigung sowie fehlerhafte Melktechnik begünstigt und kann bei einer geschwächten Abwehrlage der Kuh zur Mastitis führen.

Zahlreiche Studien wurden durchgeführt, um die Entwicklung der Milchqualität bei Umstellung der Betriebe auf AMV zu untersuchen. Dabei wurde festgestellt, dass nach Installation von AMV im Vergleich zu der Zeit davor eine signifikante Verschlechterung eintrat. Auch im Vergleich zur Milchqualität konventioneller Betriebe bestanden Qualitätsdefizite (JUSTESEN und RASMUSSEN, 2000; KLUNGEL et al., 2000; POMIES und BONY, 2000; VAN DER VORST und HOGEVEEN, 2000). Alle Studien ermittelten einen Anstieg der Gesamtkeimzahl in der Milch.

VAN DER VORST et al. (2002) verglichen Betriebe mit AMV und konventionellen Betriebe. Es wurden 99 dänische, 33 deutsche und 262 niederländische Betriebe auf die Milchqualität in einem Zeitraum von 4 Jahren untersucht. Es zeigte sich, dass die Milchqualität die ersten 6 Monate nach der Installation der AMV am schlechtesten war und sich dann verbesserte.

Eine dauerhaft unzureichende Euterreinigung führt nicht nur direkt zu einer Kontamination und somit Erhöhung der Keimzahl in der Tankmilch, sondern auch indirekt über mögliche Zunahmen von Mastitiden. Im Fall einer Mastitis können die Keimzahlen von Staphylokokken, Streptokokken oder coliformen Keimen den der Gesamtkeimzahl entsprechen und bis zu 10 000 000 Kbe/ml Milch erreichen (SLAGHUIS, 1996).

PALLAS (2003) untersuchte die Eutergesundheit bei Kühen, die mit AMV gemolken wurden. Nach Einführen von AMV ermittelten sie ebenfalls einen Anstieg der somatischen Zellen. Unter optimalen Voraussetzungen sei es zwar möglich, die Eutergesundheit im AMV dauerhaft zu sichern, jedoch müsste bei Ausbleiben von effektiven Hygienemaßnahmen mit einer stetigen Verschlechterung der Eutergesundheit gerechnet werden. Die Autorin bezeichnet die robotereigenen Hygienemaßnahmen im Melkbereich als unzulänglich und das Mastitisrisiko als hoch. Die Diagnostik von Mastitiden sei ein besonderer Schwachpunkt bei AMV.

Die Problematik im Betrieb mit AMV stellt hinreichend zuverlässiges Erkennen von Mastitiden dar. Die Auswertung der Daten der einzelnen Kühe hinsichtlich derer Aktivität und Milchmenge geben nur Hinweise auf eine Erkrankung. Eine visuelle Beurteilung der Milch, so wie es im konventionellen Melken zur Erkennung von sinnfälligen Veränderungen durchgeführt wird, ist bei AMV nicht möglich. Damit fehlen folgende Informationen, wie sie die Vormelkprobe mit einer Beurteilung der ersten Milchstrahlen jeder Zitze liefert:

- Blutbeimengungen,
- Flocken,
- Wässrigkeit und
- Abweichungen in der Farbe und Konsistenz

Eine sinnfällig veränderte Vormelkprobe weist in der Regel auf das Vorliegen einer Mastitis hin und geht mit einem hohen Keimgehalt der Milch einher. Da die Erwartungen des Verbrauchers einer Milch von guter Qualität und ohne sinnfällige Veränderungen entsprechen, ist eine separate Ableitung notwendig. Außerdem gibt rechtzeitiges Erkennen einer Mastitis dem Landwirt die Möglichkeit, die Kuh zeitnah zu versorgen, d. h. sie abzusondern, um Infektionen weiterer Kühe zu vermeiden.

Da sich im AMV keine Vormelkprobe integrieren lässt, müssen alternative Methoden zur Erkennung von Eutergesundheitsproblemen angewendet werden. Die bislang vorwiegend verwendete Messung der Leitfähigkeit der Milch weist zwar auf eine Euterentzündung hin, stellt aber kein sicheres Diagnoseverfahren dar. Auch KNAPPSTEIN et. al. (2003) betonen die Notwendigkeit einer effektiveren Kontrolle von Mastitiden bei AMV. Die Diagnoseraten befriedigen wenig, da die Übergänge zwischen klinischer Mastitis mit äußerlichen Symptomen und subklinischer Mastitis mit der erhöhten Zellzahl in der Milch und dem Nachweis von Mastitiserregern fließend verlaufen (HAMANN und ZECCONI, 1998).

Es gibt Ansätze zur Erkennung von Mastitis über Temperaturmessung der Milch, die Farbe des Viertelgemelks und die optische Erkennung und Auswertung von Flocken in der Milch. Eine andere, noch in der Erprobung befindliche Methode, basiert auf der Basis des Schalm-Tests, einer indirekten Methode zur Bestimmung des Zellgehaltes in der Milch. Eine separat abgeleitete Milchprobe wird mit einem Reagenz vermischt und die Viskosität automatisch ermittelt (WHYTE et al., 2004).

Die Diagnose von Mastitiden ist derzeit im Fokus zahlreicher Forschungsarbeiten. Gegenwärtig werden neue Verfahren getestet, die unter anderem auf der Online-Zellzahlbestimmung basieren.

2.4.3 Reinigung und Desinfektion von Melkanlage und Milchtank

Desinfektion ist eine Maßnahme zur Inaktivierung bestimmter Mikroorganismen unabhängig von ihrem Funktionszustand und/oder Viren zu einem „definierten Zweck“.

Nach KIELWEIN (1994) gestattet das Reinigen keine vollständige Entfernung der verunreinigten Substanzen bei milchwirtschaftlichen Gerätschaften, so dass stets eine Desinfektion folgen muss.

WILDBRETT (2002) beschreibt hygienisch gewonnene Milch als keimarm. Sie verlässt das gesunde Euter mit einer Belastung zwischen 10 und 1000 Keimen pro ml. Diese

Primärinfektion findet im Strichkanal statt. Auf dem Weg zum Endverbraucher kommt die Milch mit Gerätschaften in Kontakt, deren Flora abgespült wird und in die Milch übertritt.

Nach GRUNERT et al. (1996) kann der größte Keimeintrag in die Milch durch ungenügend saubere Milchgerätschaften in einer Größenordnung von 100 000–1 000 000 Keimen/ml erfolgen.

WILDBRETT (2002) hob hervor, dass Wasser für Reinigung und Desinfektion in der Milchwirtschaft das mengenmäßig und funktional wichtigste Hilfsmittel bildet (Nassverfahren). Es dient als Spülflüssigkeit, Lösungsmittel für chemische Stoffe, Trägermedium für abgelösten Schmutz und Mikroorganismen sowie als Überträger thermischer und kinetischer Energie.

Gegenüber der manuellen Reinigung und Desinfektion der konventionellen Melkanlagen besitzen die AMV automatische Reinigungsprogramme, die zwei- bis dreimal pro Tag durchgeführt werden. Milchtanks werden nicht in das Programm einbezogen, da die Milch in der Regel alle 2 Tage abtransportiert wird. Es gibt die Möglichkeit der Installation eines Puffertanks bei dem Betrieb mit AMV, damit in der Zeit der Milchabholung oder der Tankreinigung weiter gemolken werden kann. Ansonsten muss während dieser Zeiten das Melken unterbrochen werden. Deshalb ist es das Bestreben von Betrieben mit AMV, die Reinigungsphasen kurz zu halten, um die Verfügbarkeit der Melkanlage möglichst wenig einzuschränken. Der Aspekt der Kostenersparnis bei kurzen Reinigungsphasen ist sicherlich genauso wichtig sowohl bei Betrieben mit AMV als auch beim Melken mit konventionellen Anlagen. Die Reinigungszeit einzuschränken, ist bei Betrieben mit AMV allerdings besonders schwierig, da hier über mehrere Stunden gemolken wird und es über diesen Zeitraum hinweg zu vermehrten Ablagerungen im System und zur Keimvermehrung kommen kann.

Nach ORDOLFF (2000) werden, wie in mechanischen Melkverfahren, bei den AMV Zirkulationsreinigung und Kochendwasserreinigung eingesetzt. Bei AMV wird die Kochendwasserreinigung jedoch abgewandelt, indem während des Reinigungsprozesses das Vakuumniveau abgesenkt wird. Dadurch lässt sich die Verdampfungstemperatur des durch die Anlage fließenden Wassers erhöhen. In der landwirtschaftlichen Praxis hat sich die Reinigung und Desinfektion in einem Schritt aus ökonomischen Gründen durchgesetzt. Ein entsprechendes Programm in AMV kann nach WILDBRETT (2002) für die Zirkulationsreinigung wie folgt aussehen:

- Entfernen der Milchreste mittels Durchsaugen eines Schwämmchens
- Vorspülen mit erwärmtem Wasser (30–35 °C)
- Reinigung und Desinfektion im Kreislauf mit der Lösung eines geprüften Mittels

- Nachspülen mit kaltem Leitungswasser in Trinkwasserqualität für 3–5 Minuten
- Entfernen des Restwassers mit einem durchzusaugenden Schwämmchen

Ein aus Großbritannien stammendes Verfahren bedient sich der Kochendwasser-Reinigung, bei der siedendes Wasser mit Zusatz von Salpeter-, Schwefel- oder Zitronensäure im Durchflussverfahren durch die Melkzeuge und Milchleitungen geleitet wird. Das austretende Wasser soll für mindestens 2 Minuten eine Temperatur von 77 °C aufweisen. Dieses Verfahren ist preisgünstiger, weil die Chemikalienkosten deutlich niedriger liegen als bei der Zirkulationsreinigung. Nach AUMANN et al. (1993) erzielen beide Verfahren in etwa gleichwertige Reinigungserfolge.

Da es sich beim automatischen Melken um einen kontinuierlichen Prozess über den ganzen Tag hinweg handelt, ergeben sich einige Vorgaben zur Reinigung der Melkanlage. In den kommerziell erhältlichen AMV gibt es drei unterschiedliche Reinigungsprozeduren (SCHUILING et al. 2001):

- die Melkzeugzwischenreinigung,
- die Kurzreinigung einzelner Boxen und
- die Systemreinigung.

Bei der Melkzeugzwischenreinigung handelt es sich um eine Spülung des Melkzeuges mit oder ohne Reinigungs- oder Desinfektionsmittel zur Verhinderung der Übertragung von Mastitis- oder anderen Erregern zwischen den Kühen.

Bei der Kurzreinigung einzelner Melkboxen wird diese im Ganzen oder auch nur teilweise gespült. Ziel der Reinigung ist es, den Übertritt von Mastitiserregern, Kolostralmilch, Restmedikamenten der Milch behandelte Kühe oder/und hohen somatischen Zellzahlen in die Tankmilch zu verhindern. Eine Kurzreinigung erfolgt nach einer vorgegebenen Zeit, in der die Melkbox unbenutzt war, um ein Antrocknen der Milch zu verhindern. Außerdem erfolgt die Kurzreinigung der Melkbox regelmäßig nach einer bestimmten Anzahl von Kühen, um Milchablagerungen und bakterielles Wachstum zu vermeiden.

Die Systemreinigung umfasst die gesamte Anlage, in die dann eine oder mehrere Melkboxen einbezogen werden können. Die Anlage wird gespült, gereinigt und desinfiziert. Diese Hauptreinigung kann manuell oder auch automatisch gestartet werden.

Andererseits darf die Qualität der Milch durch den Prozess des Reinigens bei einem kontinuierlichen Melkprozess nicht negativ beeinflusst werden. Untersuchungen von ORDOLFF (1992) und VERHEY (1992) zeigten an den ersten simulierten Mechanismen von AMV sowie an der ersten Generation von AMV, dass nach 8 Stunden die bakterielle Besiedlung steigt. Dieses Phänomen lässt sich auf das Anheften

der Bakterien im System zurückführen, was man mit dem Reinigen und Desinfizieren verhindern will. Angesichts dieser Ergebnisse kam in einigen europäischen Ländern die Forderung auf, dass in automatischen Melksystemen 3 Hauptreinigungen pro Tag durchgeführt werden sollten. Allerdings empfahl IPEMA (1997) jede Unterbrechung des kontinuierlichen Melkens der Kühe zu vermeiden, damit der Kuhverkehr zum AMV und der Durchsatz der Melkboxen nicht gestört und gesenkt wird.

Neben der Reinigungsfrequenz besitzt die Effektivität des Milchtransportes innerhalb der Melkanlage einen zusätzlichen Einfluss auf das bakterielle Wachstum. Insbesondere gehört dazu, dass keine „toten Enden“ in der Melkanlage vorkommen dürfen, in denen sich Milch sammelt und Bakterien Zeit haben, sich zu vermehren. VAN DER VORST et al. (2002) konstatierten deshalb, dass eine Konstruktion der Melkanlage nach hygienischen Gesichtspunkten die Effektivität der Reinigung zusätzlich steigern würde.

SCHUILING et al. (2004) untersuchten in ihrer Studie die Frequenz der Systemreinigung bei AMV in Betrieben der Niederlande und Schwedens. Es wurden die Auswirkungen einer zwei- und dreimal täglichen Reinigung auf den Keimgehalt der Tankmilch verglichen. Die Untersucher fanden einen signifikant höheren Anstieg der Gesamtkeimzahl bei zweimaliger Reinigung im Vergleich zur dreimaligen. Insgesamt blieben die Gesamtkeimzahlen unter der erlaubten Grenze. Weil die Anwesenheit des Betriebsleiters während der Reinigung und zum Start der Reinigung des Milchtanks nicht erforderlich ist, besteht die Gefahr, dass fehlerhafte Funktionen der Reinigung übersehen werden. Die Autoren folgerten, aus hygienischer Sicht wäre es bei guter Kontrolle der Reinigungsprozesse durch den Betreiber und optimalem Reinigungssystem möglich, Milch von guter Qualität zu produzieren, auch wenn die Säuberung des Systems nur zweimal pro Tag durchgeführt wird.

Ein generelles Problem in der Melkhygiene bei AMV stellt der Milchfilterwechsel dar. Grundsätzlich soll der Milchfilter im Melksystem verhindern, dass grobe Bestandteile - wie zum Beispiel Stroh - in die Tankmilch gelangen. In konventionellen Melksystemen wird der Filter vor dem Melken eingesetzt und nach dem Melken vor Beginn der Reinigung des Systems entfernt. So kann die Reinigung ohne Widerstand im System durchgeführt und außerdem vermieden werden, dass sich die gesammelten Verschmutzungen und Keime des Milchfilters im System verteilen.

Optimal wäre im AMV, wenn der Betriebsleiter den Milchfilter vor der Reinigung herausnehmen und nach der Reinigung einen neuen Filter wieder einsetzen würde (SCHUILING et al., 2004). Allerdings muss die zuständige Person den Wechsel pro Reinigung zweimal jeweils zum richtigen Zeitpunkt vor und nach dem Prozess anwesend sein, was bei einer höheren Reinigungsfrequenz eine erhebliche zeitliche Beanspruchung bedeutet.

2.4.4 Kühlung der Milch

Aufgrund der Gefahr einer Keimvermehrung sollte frisch gemolkene Milch zeitnah gekühlt werden.

Die ISO-Norm für Milchkühlanlagen (ISO 5708:1993) schreibt die Herunterkühlung der Milch innerhalb von 3 Stunden auf 4 °C vor. In der EG-Verordnung Nr. 853/2004 besteht die Anforderung, dass die Milch bei täglicher Abholung auf 8 °C und bei zweitägiger Abholung auf 6 °C zu kühlen ist. Bei Verwendung von AMV lassen sich die Kühltechniken der konventionellen Melkweise jedoch nicht übertragen werden. In AMV kann 20–22 Stunden gemolken werden, während mechanische Melkanlagen in der Regel zweimal am Tag für nur 2–2,5 Stunden genutzt werden. In einem Betrieb mit AMV ist es möglich, dass in einer Stunde mehrere Kühe gemolken werden. Andererseits können über einen längeren Zeitraum nur eine oder gar keine Kuh gemolken werden. Der wesentliche Unterschied zwischen dem konventionellen und dem Melken mit AMV besteht demzufolge darin, dass beim üblichen Melken in kurzer Zeit große Milchmengen anfallen, die schnell zu kühlen sind, während beim AMV kontinuierlich kleine Milchmengen anfallen.

Die Schwierigkeit beim Kühlen kleiner Milchmengen besteht in der Gefahr des Anfrierens der Milch. Die Milchkühlung in konventionellen Kühltanks mit Direktverdampfern setzt erst ab einer Menge von ca. 10 % des Tanks (kritische Füllmenge) ein, um eine Kondenswasserbildung und ein Anfrieren der Milch zu vermeiden. Daher ist es theoretisch möglich, dass Milchmengen unterhalb dieser 10 % über mehr als 3 Stunden ohne Kühlung im Tank verbleiben und sich so Keime zu vermehren beginnen. Unter Praxisbedingungen im Betrieb mit AMV kann es sogar 5–10 Stunden dauern, bevor sich so viel Milch in einem Milchkühltank befindet, dass das Kühlaggregat ohne Gefahr des Anfrierens der Milch oder der Kondenswasserbildung eingeschaltet werden darf.

Um der EU-Milchhygieneverordnung zu entsprechen, ist es notwendig, spezielle Milchkühltanks für automatische Melkverfahren zu verwenden, die auch kleine Milchmengen effizient kühlen können. Nach ORDOLFF (2000) stehen hierfür zwei Techniken zur Wahl: die Direktkühlung und die indirekte Kühlung.

Bei der Direktkühlung geht die Wärme unmittelbar von der Milch an das in einem Rohrsystem fließende Kältemittel. Bei indirekter Kühlung wird die Wärme der Milch entweder über die Wand des Lagerbehälters oder über einen Durchflusswärmetauscher zuerst an einen Kälte­träger abgegeben, der die Milch anschließend an den Kältemittelkreislauf weiterleitet. Nach ORDOLFF ermöglichen direkt gekühlte Anlagen den Einsatz eines Puffertanks, mit dem eine Milchkühlung auch bei Milchmengen, die unter 10 % des Tankvolumens liegen, möglich ist.

WOLTERS et al. (2000) unterschieden in ihrer Untersuchung von AMV-Milchkühlverfahren drei verschiedene Systeme: die Kombination aus Haupttank und Puffertank, ein Haupttank mit angepasster Kühlmethode und die sofortige Kühlung.

Bei der Kombination aus Haupttank und Puffertank stellt der Puffertank einen kleinen Milchtank dar, der dem Haupttank vorgeschaltet ist und ungefähr eine Fassungskapazität von 10–15 % des Haupttanks aufweist. Wie der Haupttank ist der Puffertank mit einem Kühlungs- und Reinigungssystem ausgerüstet. Während der Reinigung des Haupttanks wird die Milch in dem Puffertank gesammelt und gekühlt. Wenn der Puffertank zu 10 % mit Milch gefüllt ist, beginnt die Kühlung. Nach WOLTERS et al. (2000) geschieht dies normalerweise innerhalb von 3 Stunden. Hat der Puffertank mehr als 10 % der Füllkapazität des Haupttanks erreicht, wird die Milch in den Haupttank gepumpt und dieser übernimmt die Kühlung, ohne dass die Gefahr des Anfrierens der Milch besteht. Der Puffertank wird gereinigt und erst nach der Milchlieferung wieder eingesetzt. Da in diesem System zwei Behältnisse verwendet werden, die abwechselnd gereinigt und benutzt werden müssen auch die Verbindungen und Leitungen zwischen den Systemen ausreichend gereinigt werden.

Bei dem Kühlsystem mit einem Haupttank und angepasster Kühlmethode beschreiben WOLTERS et al. (2000) bei direkt gekühlten Haupttanks, dass bei einem Füllungsstand unter 10 % die Gefahr des Anfrierens der Milch besteht. Als Alternative nennen die Autoren das schon lange auf dem Markt bestehende System der Eiswasserkühlung, das als indirektes Kühlsystem sofort, wenn Milch in den Tank eintritt, mit der Kühlung beginnt, ohne dass es zu einem Anfrieren der Milch kommen kann.

Bei der Intervallkühlung wird die Kontrolle des direkten Kühlsystems verändert. Beträgt der Füllungsstand des Tanks unter 10 %, ist der Thermostat, der normalerweise die Kühlung des Tanks überwacht, ausgeschaltet, wobei die Kühlung während einer Stunde für mehrere Minuten im Wechsel an- und ausgeschaltet wird. Auf Grund der kurzen Kühlfrequenzen besteht keine Gefahr des Anfrierens der Milch.

Als dritte Möglichkeit beschreiben WOLTERS et al. (2000) die sofortige Kühlung, also die Kühlung der Milch über vorgeschaltete Kühlsysteme. In diesem Fall wird die Milch bereits auf 4 °C gekühlt, wenn sie aus dem AMV zum Milchtank geleitet wird. Im Tank selbst ist nur noch die Erhaltung der Temperatur der Milch notwendig. Die Kühlung erfolgt direkt oder indirekt über Wärmeaustauscher. Für die konstante Temperatur der Milch, die aus dem Wärmeaustauscher kommt, ist ein konstanter Milchfluss notwendig. Um dies zu gewährleisten, wird dem Wärmeaustauscher ein Puffertank vorgeschaltet. Laut WOLTERS et al. (2000) liegen die Temperaturen der Milch, die zum Haupttank fließen, zwischen 4 °C und ungefähr 10–12 °C. Während der Milchabholung kann keine Melkung durchgeführt werden und die Anlage ist gestoppt.

2.5 Verfahren zur Beurteilung von Zitzensauberkeit

Um die Wirksamkeit von Reinigungsverfahren zu beurteilen, gibt es die Möglichkeit der Beurteilung der Zitzensauberkeit nach der Reinigung, den Vergleich der Zitzensauberkeit vor und nach der Reinigung und eine Beurteilung der Zitzensauberkeit auf der Grundlage des Überganges von Substanzen in die Milch. Voraussetzung für die Beurteilung ist die Definition von Sauberkeit:

2.5.1 Definition von Sauberkeit

Sauberkeit bedeutet im Allgemeinen die Abwesenheit von Schmutz. Für Schmutz in verschiedenen Bereichen des Lebens gibt es unterschiedliche Interpretationen. So bezeichnet man im Bereich von Naturwissenschaft, Technik und Medizin eine Verschmutzung als Kontamination und meint damit eine Verunreinigung oder Vergiftung eines Organismus oder eines Systems durch unerwünschte oder schädliche Stoffe.

Reinigung ist nach BÖHM (2002) die möglichst vollständige, lang dauernde Trennung von mindestens zwei Substanzen, die physikalisch miteinander verbunden aneinander haften. Nach erfolgreicher Reinigung wird die behandelte Oberfläche als rein bezeichnet.

2.5.2 Optische Verfahren

Visuelle Beurteilungen zur Ermittlung von Kuh- und Eutersauberkeit wurden in verschiedenen Untersuchungen angewendet (MOTTRAM, 1997; SCHREINER und RUEGG, 2003; SNELL et al., 2000; TEN HAG und LESLIE, 2002). Visuelle Verfahren entsprechen weitgehend der Beurteilung von Sauberkeit durch Melkpersonal beim konventionellen Melken.

HOVINEN et al. (2005) führten unter anderem zur Untersuchung der Effektivität der Zitzenreinigung bei zwei AMV visuelle Beurteilungen von Zitzensauberkeit in 9 Betrieben vor und nach der Reinigung durch (5 Betriebe mit Becher-, 4 Betriebe mit Bürstenreinigung). Allerdings leidet die visuelle Beurteilung unter der Subjektivität der Methode, welche die Wiederholbarkeit und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigt. Die Autoren ließen alle Beurteilungen von einer Person durchführen, um die individuelle Variabilität auszuschalten. Nicht vermeiden lässt sich, dass Verschmutzungen auf Arealen, die sich dem Blick entziehen, nicht berücksichtigt werden. Auch die Art der Verschmutzung fällt unterschiedlich aus und wurde bei den Untersuchungen berücksichtigt. Eine weitere Fehlerquelle bildeten hohe Keimgehalte auf optisch sauberen Zitzen dar, wie sie nach der Reinigung von stark verschmutzten Zitzen vorkommen. Diese optisch sauberen Zitzen nehmen einen negativen Einfluss auf die Milchqualität.

HOVINEN et al. (2005) verwendeten einen 5-Stufen-Beurteilungsschlüssel:

- „sauber“ = keine Verschmutzung
- „fast sauber“ = ungefähr < 10 % des Bereiches verschmutzt
- „leicht verschmutzt“ = 10–20 % des Bereiches verschmutzt
- „schmutzig“ = 20–50 % des Bereiches verschmutzt
- „äußerst verschmutzt“ = > 50 % des Bereiches verschmutzt

Die Ergebnisse führten sie später in eine zweistufige Skala über. Dazu fassten sie die Beurteilungen „sauber“ und „fast sauber“ zusammen sowie die letzten 3 Beurteilungsstufen. Die Ergebnisse der binären Beurteilungsskala ergaben nach der Reinigung saubere Zitzen in 84,5 % der Fälle bei Bürstenreinigung und zu 80,6 % bei Becherreinigung.

Diverse Untersuchungen verwendeten unterschiedlich weite Skalen von 3 Stufen (TEN HAG und LESLIE, 2002) bis zu 5 Stufen (CHIAPPINI et al., 1994; MOTTRAM, 1993; SNELL et al., 2000).

SCHREINER und RUEGG (2003) benutzten eine Beurteilungsskala mit 4 Stufen, um den Zusammenhang zwischen Euter- und Beinverschmutzungen der Tiere mit dem Vorkommen von subklinischer Mastitis zu überprüfen. Die Verfasser beurteilten die Sauberkeit von 100 Kühen zweimal hintereinander visuell. Die zweite Beurteilung wurde sofort nach Beendigung der ersten Beurteilungssequenz durchgeführt und umfasste ebenfalls 4 Beurteilungsstufen (1 = komplett sauber oder sehr wenig Schmutz, 2 = leicht verschmutzt, 3 = zum größten Teil bedeckt mit Schmutz, 4 = komplett bedeckt, verklumpt mit Schmutz). Während der Beurteilung wurde die Sauberkeit der Kühe mit Fotos verglichen, die vorher nach dem Beurteilungsschema eingeschätzt waren. Die Ergebnisse zeigten einen hohen Grad an Wiederholbarkeit der Einstufung des Verschmutzungsgrades der Kühe. Bei den Euterhygiene-Beurteilungen lagen die Übereinstimmungen bei 77 % und bei den Beinhygiene-Beurteilungen bei 85 %. Wurden die Ergebnisse der ersten beiden Beurteilungsstufen 1 und 2 als „sauber“ und der Stufen 3 und 4 als „schmutzig“ zusammengefasst, ergab sich bei der Beurteilung der Euterhygiene eine 95 %ige und bei der Beinhygiene eine 96 %ige Übereinstimmung.

MOTTRAM (1993) teilte Fotos von Zitzen in Abschnitte und bestimmte den prozentualen Anteil der Zitzen, der verschmutzt war. Die Ergebnisse wurden beeinflusst von Schatten, die als Verschmutzungen falsch interpretiert wurden.

In der Untersuchung von BULL et al. (1995) wurde ein durchfließender Monochromator verwendet, mit dem die Höhe des reflektierenden Lichtes von Zitzen als unterschiedliche Wellenlängen gemessen wurde. Mit dieser Methode war es möglich, weiße von schwarzen Zitzen oder von mit Kot oder Dreck verschmutzten

Zitzen zu unterscheiden. Allerdings gelang es nicht, einen verlässlichen Index für den Unterschied zwischen schwarzen und verschmutzten Zitzen zu finden.

ORDOLFF (2004) untersuchte die Eutersauberkeit mit bildgebenden Verfahren. Die Technik stützte sich auf die Auswertung von Bildern einer Kamera hinsichtlich der Helligkeit und der Balance von Farben. Für eine saubere Oberfläche konnten Grenzen anhand der Anzahl der Pixel ermittelt werden. Eine gute Ausleuchtung des Euters und eine stabile Kuhposition in der Melkbox waren für dieses Verfahren notwendig. Um diese Vorgaben zu gewährleisten und Grenzen für die Pixelanzahl sauberer Oberflächen zu finden, sollten weitere Untersuchungen folgen.

2.5.3 Bakteriologische Verfahren

Zahlreiche Untersuchungen wurden durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Reinigungsmethoden und den Keimgehalten auf der Oberfläche der Zitze zu ermitteln. Verschiedene Verschmutzungsarten, wie Kot und Einstreumaterial, können sehr variable Keimgehalte aufweisen und bei Übertritt in die Milch zu einer erhöhten Keimzahl in der Tankmilch führen. Letztlich ist die Zitzenreinigung vor allem von Bedeutung, um die Keimbelastung der Milch möglichst gering zu halten.

Einen nützlichen Hinweis auf die Herkunft der erhöhten Keimzahlen gibt unter anderem die Bestimmung der coliformen Keimzahl in der Milch. So sprechen coliforme Keimzahlen zwischen 100 und 1 000 KbE/ml für Fehler in der Zitzenreinigung (REINEMANN, 1997). Noch höhere colifome Zahlen haben ihren Ursprung eher in einem Wachstum der Keime auf Oberflächen, die mit Milch in Berührung kommen.

Um Verschmutzungen auf Zitzen quantitativ zu erfassen, wurden bereits in früheren Untersuchungen zahlreiche Methoden zur Keimzahlbestimmung verwendet. So wurden Techniken beschrieben, die auf der Entnahme von Zitzentupfern oder Spülungen von Zitzen mit nachfolgender Ermittlung von Keimzahlen unterschiedlicher Keimgruppen basieren (CULLEN et al., 1967; FAIRCHILD et al., 1982; GALTON, 1984; HOGAN et al., 1990, 1997; RASMUSSEN et al., 1991; SLAGHUIS et al., 1991). Ein grundsätzliches Problem bei der Untersuchung der Keimgehalte auf Oberflächen von Zitzen bildet die Standardisierbarkeit der jeweils angewendeten Methode.

MCKINNON et al. (1983) untersuchten den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Reinigungsmethoden und der mikrobiellen Belastung von Tankmilchproben in 4 Betrieben. Für das Melken wurden dampfsterilisierte Melkzeuge verwendet, um eine Kontamination der Milch durch das Melkzeug zu verhindern. Die Ergebnisse zeigten, dass die Milch von Kühen mit ungereinigten, stark verschmutzten Eutern eine erhöhte Keimzahl von über 10 000 KbE/ml enthielt. Allerdings lag die coliforme Keimzahl bei maximal 20 KbE/ml.

TANGORRA et al. (2004) fanden in ihrer Untersuchung, dass mit Anstieg der Reinigungszyklen auf der Zitze von ein- auf zweimal pro Tag, die Anzahl der nachgewiesenen Keime in der Milch zunahm. Sie verglichen die Keimzahl in der Milch nach unterschiedlich vielen Reinigungszyklen eines AMV-Herstellers. Aus den Resultaten folgerten sie, dass die längere Reinigungsprozedur zu einer Rückverteilung des organischen Materials auf die Zitze führt. Möglicherweise löst auch das mehrfache Reinigen von Zitzen die Keime immer stärker an, wodurch sie besser nachgewiesen werden können.

MCLARTY et al. (1981) stellten fest, dass sich bei direkter Untersuchung der Keimzahlen auf Zitzenoberflächen deutliche Unterschiede in Abhängigkeit der angewandten Methode ergaben. Sie ermittelten höhere Keimzahlen bei Zitzenspülungen im Vergleich zu Zitzentupfern. Die Keimflora auf den Zitzen bestand vor allem aus Mikrokokken und aeroben Sporenbildnern. Andere Keimarten waren nur zu 10–12 % der Gesamtkeimzahl auf der Zitze vertreten. JØRGENSEN et al. (1990) fanden auf den Zitzen ein Verhältnis der Staphylokokken:Streptokokken:gramnegativen Bakterien von 100:10:1.

MCLARTY et al. (1981) konnten nur selten eine höhere coliforme Keimzahl von mehr als 100 Kbe/ml in den Zitzenspülungen oder Zitzentupfern nachweisen, was sich mit den Ergebnissen von MCKINNON et al. (1983) deckt, die in ihrer Untersuchung ebenfalls nur geringe coliforme Keimzahlen in Tankmilchproben ermittelten.

TENHAG und LESLIE (2002) nahmen Zitzentupferproben von Kühen und wandten dann eine vereinfachte Methode zur Bestimmung von Gesamtkeimzahlen an. Sie ordneten die Ergebnisse in ein Stufensystem ein und bezogen sich dabei auf die Kolonien pro Tupfer. Bei der Untersuchung von einem AMV-System und manuellen Reinigungsverfahren ergaben sich dabei keine signifikanten Unterschiede in der Effektivität der Reinigung.

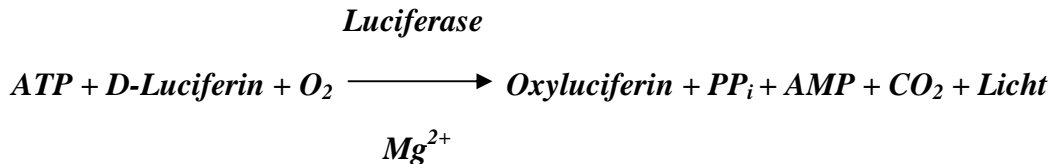
2.5.4 ATP-Bestimmung

Die ATP-Bestimmung basiert auf der Tatsache, dass sich in allen lebenden Zellen Adenosin-Triphosphat (ATP) befindet, eine Verbindung, die als Energiequelle für alle Stoffwechselprozesse dient. Das Prinzip des ATP-Biolumineszenzverfahrens besteht in dem quantitativen Nachweis des intra- und extrazellulär vorliegenden ATP.

ATP ist auch in Bakterien, Pilzen und anderen Mikroorganismen enthalten. Die Energiespeicherform ATP lässt sich in Zellwänden, Zellorganellen und auch außerhalb der Zelle finden. Bei der Ermittlung der Verschmutzung der Zitze macht man sich dies zu Nutze, indem man die ATP-Konzentration von somatischen Zellen und Mikroorganismen insgesamt bestimmt.

ATP bildet bei Anwesenheit von Magnesiumionen mit Luciferin und dem Enzym Luciferase einen Komplex, der bei Zutritt von Sauerstoff zu Oxyluciferin oxidiert wird. Dieser Komplex wandelt sich unter Emission von Licht (Photonen) wieder in den Grundzustand um. Das gemessene Licht entspricht dem Gehalt an ATP und wird in Relative Light Units (RLU) ausgedrückt.

Das Reaktionsprinzip der ATP-Biolumineszenzmessung ist nachfolgend aufgeführt:



Auf der Grundlage dieser Reaktion werden zur Kontrolle der Hygiene spezielle Abstrichtupfer zum Nachweis von Verschmutzungen von Oberflächen und in Flüssigkeiten durch unterschiedliche Firmen angeboten. Anwendungsgebiet der ATP-Biolumineszenzmessung ist die Überprüfung der Sauberkeit unter anderem in der Lebensmittelindustrie, in der Medizin, in der Altenpflege und in der Gastronomie.

Die Tupfersysteme enthalten Elutions- und Enzym-Lösungen, die nach dem Abstrich von Oberflächen bzw. Eintauchen in Flüssigkeiten nach Durchdrücken des Tupfersystems frei werden und vorhandenes ATP in Licht umsetzen. Mittels eines Luminometers wird dann sofort nach dem Durchstechen des Tupfers das freiwerdende Licht erfasst und gemessen.

Eine Schwierigkeit stellt die Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahren dar, weil sie auf sehr unterschiedlichen Testverfahren basieren. Außerdem lassen sich geeignete Grenzwerte schwer festlegen.

Um die ATP-Messung auf Zitzenoberflächen durchzuführen, ist auch hier die Standardisierung der Beprobung notwendig, aber schwer realisierbar. FINGER und SISCHO (2001) benutzten eine Schablone von 2,5 cm² und verglichen den ATP-Gehalt und die Gesamtkeimzahl in einer Salz-Peptonlösung, in der die Zitentupfer geschüttelt und ausgepresst wurden. Der Vergleich der Ergebnisse vor dem Melken ergab ein Bestimmtheitsmaß von R² = 0,64. In der Mitte ihres Messbereichs zeigten die Resultate der Gesamtkeimzahlen im Vergleich zu den ATP-Werten eine gute Übereinstimmung. Einen Anstieg der ATP-Werte im Vergleich zu den Gesamtkeimzahlen nach dem Melken erklärten die Autoren durch das Miterfassen von somatischen und anderen nicht bakteriellen Zellen durch Restmilch auf den Zitzen.

JOHNSON et al. (2003) untersuchten Zitentupfer von den Seiten der Zitze und der Zitzenkuppe und verglichen die Ergebnisse der Gesamtkeimzahlbestimmung mit den ATP-Werten. Sie stellten einen recht lockeren Zusammenhang von R = 0,26 fest. Allerdings wurde keine einheitliche Fläche beprobt. Zudem wurden vor und nach der

Reinigung Zitzentupfer genommen. In der Studie ergab sich nach der Reinigung auf den Zitzenkuppen eine signifikante Reduktion der Keimzahlen bei gleichzeitig hohen ATP-Werten. Diese Ergebnisse hängen vermutlich mit der simultanen Erfassung von somatischen und mikrobiellen Zellen bei der ATP-Messung zusammen. Außerdem kann die Verwendung einer anderen Flüssigkeit zum Befeuchten der Tupfer eine Ursache für den geringen Zusammenhang der Gesamtkeimzahlen mit den ATP-Werten sein. Trotz der geringen Korrelation konnte aus den Ergebnissen gefolgert werden, dass durch die ATP-Messmethode Veränderungen in der Zitzensauberkeit demonstriert werden können.

LESLIE et al. (2002) benutzten das Tupfersystem für die ATP-Messung von Zitzenoberflächen. Es wurde in der Untersuchung ungefähr ein Zentimeter der Zitze mit dem Tupfer erfasst und der Gehalt an ATP im Luminometer bestimmt. Nach dieser Messung wurde derselbe Tupfer zum Nachweis des Gesamtkeimgehaltes verwendet. Die Ergebnisse der ATP-Messung sowie die Gesamtkeimzahlen wurden in vier Kategorien eingeteilt. Den Resultaten macht die ATP-Messung Hoffnung, als Methode zur objektiven Ermittlung der Effektivität von Zitzenreinigungsverfahren eingesetzt werden zu können.

2.5.5 Übergang von Substanzen in Milch

Einige Untersuchungen zur Ermittlung der Effektivität der Zitzenreinigung wurden mit Hilfe des Überganges von Substanzen in Milch durchgeführt. Die Methode basiert auf der Grundlage einer künstlichen Kontamination mit normalerweise nicht oder nur in sehr geringen Konzentrationen vorkommenden Stoffen, die leicht in Milch nachweisbar sind.

MAGNUSSON et al. (2002) untersuchten verschiedene Methoden der Zitzenreinigung und verwendeten eine Mischung aus Mist und Wasser, dem sie Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* zufügten. Damit kontaminierten sie Zitzen und führten dann die unterschiedlichen Reinigungsmethoden durch. Anhand des Übertritts der Sporen in die Tankmilch wurde der Reinigungseffekt bestimmt. Den besten Effekt auf den Gehalt an Sporen in der Milch ergab die Reinigungsmethode, bei der die Zitzen mit einem feuchten waschbaren Tuch mit oder ohne Seife für 10 Sekunden gesäubert und nachfolgend für 10 Sekunden mit einem trockenen Papierhandtuch getrocknet wurden.

Zur Untersuchung der Reinigungseffektivität in AMV verwendete SCHUILING (1992) sterilisierten Mist, dem er Lithium zusetzte. Mit dieser Mixtur kontaminierte er die Zitzen von Kühen künstlich. Danach wurden die Kühe manuell gereinigt, nicht gereinigt oder gereinigt durch Reinigungseinheiten von AMV. Die Ergebnisse zeigten, dass Säubern durch die Reinigungseinheiten eine deutliche Wirkung im Vergleich zu fehlender Reinigung erbringt. Allerdings war die Reinigung durch das AMV nicht so

effektiv wie das manuelle Vorgehen. Es ergab sich eine mittlere Reduktion des Lithium-Gehaltes durch die Reinigung von AMV von 69 %.

MELIN et al. (2002) untersuchten die Effektivität der Zitzenreinigung von einem AMV im Vergleich zur manuellen Reinigung, indem sie ebenfalls Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* als Marker verwendeten. Sie kontaminierten Zitzen künstlich mit einer Mischung aus sterilisiertem Mist sowie den Sporen der Clostridien und ermittelten den Übertritt in die Milch. Bei dieser Untersuchung überstieg der Reinigungseffekt des AMV denjenigen der manuellen Reinigung. Die Reduktion des Sporengehaltes bei der Reinigung durch das AMV lag bei 98 % gegenüber der manuellen Reinigung, die zu einer Verminderung von 66,5 % führte.

KNAPPSTEIN et al. (2004) versetzten sterilisierten Mist mit Mohnsamen, kontaminierten Zitzen mit dieser Mischung und ermittelten den Übertritt der Mohnsamen in die Milch. Pro Betrieb wurde die Mischung auf die Zitzen von 10 Kühen aufgetragen. Fünf Kühe wurden nach der Zitzenreinigung gemolken und weitere 5 Kühe wurden ohne vorherige Reinigung gemolken. Die Milch wurde pro Kuh durch einen Filter aus Baumwolle gegossen, der Filter getrocknet und die Mohnsamen gezählt. Je zwei Betriebe der 6 Hersteller von AMV wurden getestet und zwei Betriebe mit konventionellem Melksystem. Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Reinigung und „Nicht-Reinigung“. Im Vergleich der Hersteller erreichten 3 Unternehmen eine Reduktion der Mohnsamen in der Milch von mehr als 85 %. Bei den anderen 3 Herstellern wurde eine Reduktion von 50–70 % ermittelt. Die konventionelle Reinigung ergab eine Verminderung von 99 %.

3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Material

3.1.1 Betriebe und untersuchte AMV

3.1.1.1 Vorversuche

- Kühe des Versuchsguts Schaedtbeek der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), heute Max-Rubner-Institut (MRI).
- Im Zeitraum von 15.01.2001 bis 31.10.2002 wurden 45 Probenahmen durchgeführt, davon 21 während der Stall- und 7 während der Weideperiode. 17 Probenahmen erfolgten während der Übergangszeit zwischen Weide- und Stallperiode. In dieser Zeit wurden sowohl Kühe einbezogen, die auf der Weide befanden, als auch Kühe, die im Stall standen.
- 36 Probenahmen erfolgten während der morgendlichen und 7 während der abendlichen Melkzeit.

3.1.1.2 Beurteilung von AMV

Es wurden AMV von 6 verschiedenen Herstellern (Name des Systems) einbezogen:

- *DeLaval VMS* (Voluntary Milking Systems), Schweden
- *Fullwood* (Merlin), Großbritannien
- *Insentec* (Galaxy), Niederlande
- *Lely Industries* (Astronaut), Niederlande
- *Prolion Sales* (AMS Freedom), NL /*Gascoigne Melotte* (Zenith), Niederlande
- *Westfalia Landtechnik GmbH* (Leonardo), Deutschland

Die Firmen wurden ausgewählt unter Berücksichtigung der Nähe zum Labor, um möglichst kurze Proben transportwege zu gewährleisten. Die Vermittlung der Betriebe erfolgte mit Hilfe der AMV-Hersteller. Die Firmen wurden mittels einer Codierung von 1–6 anonymisiert dargestellt.

Pro Hersteller wurden 3 Betriebe einbezogen, sodass insgesamt 18 Praxisbetriebe mit automatischen Melkverfahren in die Untersuchung eingingen. Von diesen 18 Praxisbetrieben waren 15 deutsche und 3 niederländische Betriebe der Firma *Insentec*. Die Betriebe wurden mittels einer Codierung von A bis R anonymisiert dargestellt.

Von den 18 Betrieben besaßen 10 Einboxensysteme mit 1–3 Melkboxen und 8 Betriebe Mehrboxensysteme mit 2–4 Melkboxen. Die Probennahmen erfolgten im Zeitraum vom 20.11.2002 bis 19.06.2003. Pro Betrieb erfolgte eine Probennahme.

3.1.2 Probenmaterial

3.1.2.1 Vorversuche

Die Anzahl der Proben für die einzelnen Untersuchungsschritte ist in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Anzahl Proben je Untersuchungsschritt in den Vorversuchen.

| Untersuchungsschritt | Anzahl (n) |
|--|------------|
| Visuelle Beurteilungen | 910 |
| – Testpersonen | 13 |
| – Fotos von Eutern mit unterschiedlichem Verschmutzungsgrad | 70 |
| – wiederholte visuelle Beurteilungen* | 140 |
| Sedimentproben | 200 |
| – davon von gereinigten Zitzen | 96 |
| – davon von ungereinigten Zitzen | 104 |
| Proben für Keimzahl-/ATP-Bestimmung | |
| Tupferproben von Zitzenoberfläche vor und nach der Reinigung | 243 |
| – trockene Reinigung | 135 |
| – nasse Reinigung mit warmem Wasser und nachfolgendem Trocknen | 108 |

* Eine Testperson beurteilte die Fotos mit 2 Wiederholungen

Die Anzahl der Keimzahlbestimmungen aus den Zitzentupfern von ungereinigten Zitzen und nach den oben genannten Reinigungsarten sind in Tab. 3 aufgelistet.

Tab. 3: Anzahl der Keimzahlbestimmungen pro Reinigungsart und Keimgruppe.

| Reinigungsart | Keimgruppe | Anzahl (n) |
|--------------------|------------------|------------|
| ungereinigt | Gesamtkeimzahl | 305 |
| | thermodure Keime | 317 |
| | Staphylokokken | 293 |
| | coliforme Keime | 287 |
| trockene Reinigung | Gesamtkeimzahl | 309 |
| | thermodure Keime | 300 |
| | Staphylokokken | 287 |
| | Coliforme | 391 |
| nasse Reinigung | | |
| mit Trocknen | Gesamtkeimzahl | 183 |
| | thermodure Keime | 188 |
| | Staphylokokken | 166 |
| | coliforme Keime | 168 |
| ohne Trocknen | Gesamtkeimzahl | 183 |
| | thermodure Keime | 184 |
| | Staphylokokken | 181 |
| | coliforme Keime | 176 |

3.1.2.2 Beurteilung von AMV

Für die Beurteilung der Zitzensauberkeit vor und nach der Reinigung wurden pro Betrieb Proben von jeweils 50 Kühen oder der Anzahl Kühe entnommen, die in einem Zeitraum von 8 Stunden einbezogen werden konnten. In 4 Betrieben standen weniger als 50 Kühe zur Verfügung. In diesen Fällen wurden alle Tiere innerhalb von 8 h beprobt.

Aus technischen Gründen konnten in einem Betrieb der Firma *Insentec* nur 19 Kühe untersucht werden. Die Proben stammen pro Kuh von jeweils einer vorderen und einer hinteren dem Untersucher zugewandten Zitze. In Tab. 4 ist die Anzahl der Proben pro AMV-Hersteller und insgesamt aufgelistet.

Tab. 4: Probenmaterial (n) zur Beurteilung der Wirksamkeit von Zitzenreinigungsverfahren.

| Firma | visuelle Beurteilungen (n) | Zitzentupfer vorher–nachher (n) | | Sediment- bestimmung (n) |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|------|-----------------------------|
| | | Keimzahl | ATP | |
| <i>DeLaval</i> | 260 | 258 | 258 | 253 |
| <i>Fullwood</i> | 297 | 285 | 292 | 294 |
| <i>Insentec</i> | 220 | 220 | 213 | 203 |
| <i>Lely</i> | 262 | 240 | 260 | 260 |
| <i>Prolion/GM</i> | 266 | 267 | 263 | 261 |
| <i>Westfalia</i> | 296 | 258 | 295 | 295 |
| gesamt | 1601 | 1528 | 1581 | 1566 |

3.1.2.2.1 Sonstige Informationen zu AMV-Betrieben

- Anzahl der Tankmilchproben: 18 (pro Betrieb wurde eine Tankmilchprobe genommen)
- Anzahl der Einstreuproben: 16 (2 Betriebe verwendeten keine Einstreu)

3.1.2.3 Nährmedien

- Plate-Count-Agar (Merck, 64293 Darmstadt)
- Mannit-Kochsalz-Agar (Merck, 64293 Darmstadt)
- Kristallviolett-Galle-Laktose-Agar (Oxoid, 46467 Wesel)
- Kochsalz-Pepton-Lösung
- Viertelstarke Ringer-Lösung (Merck, 64293 Darmstadt)

Rezepturen der Nährmedien siehe Anhang Kap 9.1.

3.1.2.4 Geräte

Visuelle Beurteilung

- Digitalkamera Nikon Coolpix 990 (Nikon GmbH, 40472 Düsseldorf)

Sedimentbestimmung

- Magnetrührer Mini MR1 basic (IKA Labortechnik, 79219 Staufen)
- Schmutzprober Sedilab (Funke Gerber, 12105 Berlin)
- Schüttelapparat KS 501 digital (IKA Labortechnik, 79219 Staufen)

- Urinbecher mit Schraubdeckel, 100 ml (Heiland, 22041 Hamburg)

Keimzahlbestimmung

- Minishaker MS 2 (IKA Labortechnik, 79219 Staufen)
- Wasserbad, Typ 1002 (GFL, Gesellschaft für Labortechnik mbH, 30938 Burgwedel)
- Wasserbad, Typ 1092 (GFL, Gesellschaft für Labortechnik mbH, 30938 Burgwedel)
- Brutschrank (Memmert, 91126 Schwabach)
- ColonyStar Keimzählgerät (Funke Gerber, 12105 Berlin)

ATP-Bestimmung

- HY-LITE® 2 (Merck, 64293 Darmstadt)

Tankmilchuntersuchung

- Stechheber, 500 ml, steril für Tankmilch

Einstreuuntersuchung

- Stomacher 400 Circulator (Seward, London N2 OGN)

3.1.2.5 Reagenzien**Sedimentbestimmung**

- Filterblättchen für Schmutzprober SEDILAB, Durchmesser 28mm (Funke Gerber, 12105 Berlin)
- Standard, laborintern (s. Abb. 2)

Keimzahlbestimmung

- Abstrichtupfer, steril in Röhrchen mit Schraubverschluss (Sarstedt, 51582 Nümbrecht)

ATP-Bestimmung

- Safe-Lock Eppendorf Tubes, 1,5 ml (Eppendorf AG, 22339 Hamburg)
- HY-LITE Sampling Pens für 50 Tests von Flüssigkeiten (Merck, 64293 Darmstadt)

Tankmilchuntersuchung

- Kunststoffvierkantflaschen mit Schraubverschluss, 150 ml (Bardenhewer, 24118 Kiel)
- Tankmilchkonservierung Lyophilisat (HEESCHEN, 1969), Bezeichnung heute: Ly 20

Für die Konservierung von 100 ml Milch werden 11,8 ml Lyophilisat verwendet.
Rezeptur siehe Anhang Kap. 9.2.

Einstreuuntersuchung

- Filterbags, Stomacher, Lab-System Seward, London N2 OGN)
- Toppits-Gefrierbeutel, 11 Cofresco Frischhalteprodukte GmbH und Co. KG, 32374 Minden)

3.2 Methoden

3.2.1 Beurteilung der Zitzenreinigungsverfahren

Im Rahmen von Vorversuchen wurden Kühe des Versuchsgutes Schaedtbeek der BFEL herangezogen. Die Vorversuche dienten zur Prüfung der Eignung verschiedener Ansätze für die Beurteilung der Zitzensauberkeit bzw. der Effektivität der Zitzenreinigungsverfahren.

3.2.1.1 Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit

3.2.1.1.1 Vorversuche

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der visuellen Methode wurde in Vorversuchen der Verschmutzungsgrad am Euter von verschiedenen Testpersonen beurteilt. Insgesamt nahmen 13 Testpersonen teil, von denen 4 Personen Tierwirte mit Fachrichtung Rinderhaltung waren. Vier der 13 Testpersonen besaßen beruflichen Kontakt zur Milcherzeugung und 5 Personen hatten keinen Bezug dazu. Bei der Beurteilung wurde wie folgt vorgegangen:

Den Testpersonen wurden 70 Fotos von Eutern mit unterschiedlichen Verschmutzungsgraden, aufgenommen mit einer Digitalkamera, mit Hilfe einer Präsentation mit Microsoft® Power Point® 2000 vorgeführt. Die Beurteilungszeit pro Foto betrug 20 s. Fünf Fotos wurden doppelt an anderer Position vorgeführt.

Beurteilungsschema

Von jedem Euter wurden der Gesamteindruck des Euters, die Zitzen 1–4 und die Euterbasis bewertet.

Die Beurteilung der Zitzen erfolgte von links nach rechts unabhängig von der Zitzenposition, um die Orientierung zu erleichtern. Bei unklarer Reihenfolge wurden die Zitzen beschriftet.

Bewertungsstufen

- 1 sauber, frei von jeglicher Verschmutzung
- 2 leicht verschmutzt, geringe Verschmutzung
- 3 mittelstark verschmutzt
- 4 stark verschmutzt

Vorab wurden die Verschmutzungsgrade mit 9 Fotos in einer Lehrpräsentation dargestellt (Abb. 1).

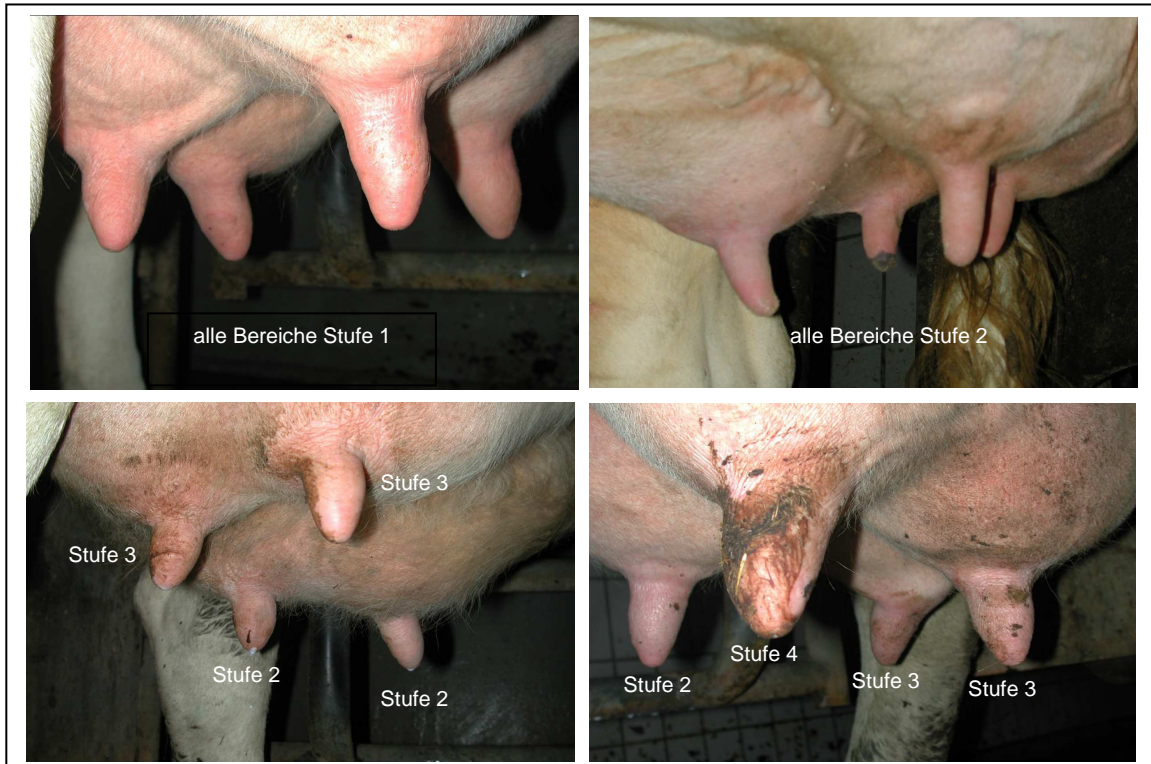


Abb. 1: Fotos der Lehrpräsentation mit unterschiedlichen Graden an Euter- und Zitzenverschmutzungen.

3.2.1.1.2 Beurteilung der AMV

Bei der Beurteilung der AMV wurde wie in den Vorversuchen vorgegangen. Eine Taschenlampe diente als zusätzliche Lichtquelle.

3.2.1.2 Sedimentbestimmung zur Beurteilung der Zitzensauberkeit

Zur Überprüfung der Empfindlichkeit des Sedimenttests wurden zwischen 0,005 und 5 g Rinderkot mit 500 ml Leitungswasser gemischt und mit einem Schmutzprober Sedilab filtriert. Die Filterblättchen wurden 24 h bei Raumtemperatur getrocknet und visuell beurteilt.

Durchführung der Probennahme

Die Probennahme erfolgte ausschließlich nach der Reinigung der Zitze. Zunächst wurden die Zitzen gründlich mit einer halben, feuchten Mullkompressen gereinigt bis alle sichtbaren Verschmutzungen entfernt waren. Anschließend wurde die Kompressen in einen Harnbecher mit 70 ml Leitungswasser überführt und dieser auf einem Schüttelapparat bei 100 U/min für 30 min geschüttelt.

Danach wurde die Kompressen mit 250 ml warmem Leitungswasser abgespült und die Spülflüssigkeit sowie die restliche Flüssigkeit aus dem Harnbecher mit dem Schmutzprober Sedilab filtriert. Nach Entnahme des Filterblättchens wurde der

Schmutzprober mit 250 ml sauberem Leitungswasser gespült und das Filterblättchen über Nacht getrocknet. Nach der Trocknung erfolgte die visuelle Beurteilung des Verschmutzungsgrades anhand des laboreigenen Standards (Abb. 2).



Abb. 2: Laboreigener Standard für die Beurteilung von Sedimentproben.

Stufe 1: keine Verfärbung des Filterhintergrundes erkennbar

Stufe 2: leichte Verschmutzung

Stufe 3: mittelstarke Verschmutzung

Stufe 4: starke Verschmutzung.

Bei der Probennahme in den Betrieben mit AMV wurde aus zeitlichen Gründen der Sedimenttest innerhalb eines Zeitraumes von höchstens 2 Tagen nach Probennahme durchgeführt. Die Proben wurden bis zur Untersuchung kühl gelagert.

3.2.1.3 Keimzahlbestimmung in Zitzentupferproben

3.2.1.3.1 Entnahme von Zitzentupferproben

In Vorversuchen wurde die Eignung verschiedener Keimarten zur Beurteilung der Wirksamkeit der Zitzenreinigung untersucht.

Die unterschiedlichen Reinigungsmethoden sind unter 3.1.2 aufgeführt.

Die Zitzentupfer in den Vorversuchen sowie in den Betrieben mit AMV wurden vor und nach der Reinigung wie folgt entnommen:

- Baumwolltupfer, angefeuchtet mit steriler Kochsalz-Pepton-Lösung
- Getrennte Beprobung mit je einem Baumwolltupfer der vorderen und hinteren Zitze der dem Untersucher zugewandten Euterhälfte
- Tupfern von zwei gegenüberliegenden Seiten der Zitze dreimal in ganzer Länge bei zusätzlich rotierender Bewegung des Tupfers auf der Zitzenhaut
- Vor der Reinigung: vordere und hintere Seite der Zitze
- Nach der Reinigung: innere und äußere Seite derselben Zitze

Da die Zitzenreinigungsprozedur manchmal zu einem verfrühten Milchfluss führt und es deshalb durch keimhaltige Milch von subklinisch oder klinisch an Mastitis erkrankten Tieren zu einer Kontamination der Zitzenkuppe kommen kann, wurden nur die Seiten der Zitzen beprobt.

Weiterbehandlung des Tupfers

- Verbringen in Tupferröhrchen mit 8 ml steriler Kochsalz-Pepton-Lösung
- 10 s kräftiges Schütteln mittels Minishaker
- Gründliches Ausdrücken des Tupfers am Röhrchenrand
- Abnehmen von ca. 1 ml der Lösung für die ATP-Messung (s. Kap. 3.2.1.4).
- Verwendung der restlichen Flüssigkeit für die am selben oder darauf folgenden Tag durchgeführte bakteriologische Untersuchung
- Kühlung der Flüssigkeit bis zur Weiterverarbeitung

3.2.1.3.2 Keimzahlbestimmung

Die Keimzahlbestimmung erfolgte bei Probennahme in der morgendlichen Melkzeit noch am gleichen Tag. Bei Probennahme während der abendlichen Melkzeit geschah die Keimzahlbestimmung am darauf folgenden Tag. Die Proben wurden bis zur Weiterverarbeitung bei 6 °C gekühlt gelagert.

Vorgehensweise

- Abnahme von 3,5 ml Tupferflüssigkeit für die Bestimmung des Gehaltes an thermoduren Keimen
- Herstellung dezimaler Verdünnungsstufen in Ringerlösung 10^{-1} bis 10^{-3}
- Alle Untersuchungen erfolgten im Doppelansatz
- Zur Erzielung einer annähernden Normalverteilung wurden die Ergebnisse für die weitere Auswertung zur Basis 10 logarithmiert und in \log_{10} KbE/ml Tupferflüssigkeit dargestellt.

Gesamtkeimzahlbestimmung

Die Gesamtkeimzahl in der Tupferflüssigkeit wurde im Gussplattenverfahren in Anlehnung an den IDF-Standard 100B 1991 zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl in Milch wie folgt bestimmt:

- Nährmedium: Plate Count Agar
- Pro Verdünnungsstufe:
 - Überführung von je 1 ml in Petrischalen
 - Zugabe von 12 ml verflüssigtem (45 ± 1 ° C) Plate Count Agar
- Bebrütung: 30 °C, 72 h
- Auswertung von Platten mit Koloniezahlen zwischen 10 und 300 Kolonien
- Nachweisgrenze 100 KbE/ml bei verdünnter Lösung; bei unverdünnter Lösung lag die Nachweisgrenze bei 10 KbE/ml

Zur Bewertung von Differenzen der Keimgehalte vor und nach der Reinigung wurden für Proben mit Keimgehalten unter der Nachweisgrenze (10 KbE/ml) 10 KbE/ml angenommen und bei einer Nachweisgrenze von 100 KbE/ml entsprechend 100 KbE/ml angenommen.

Thermodure Keime

Die Bestimmung des Gehaltes an thermoduren Keimen erfolgte nach FRANK et al. (1985).

- 3,5 ml Tupferflüssigkeit
- Erhitzung auf 62,8 °C, 30 min
- Anschließend sofortiges Kühlen in Eiswasser
- Ermittlung der Keimzahlen in unverdünnter Flüssigkeit bis 10^{-2}
- Weiteres Vorgehen entsprechend der Gesamtkeimzahlbestimmung (siehe oben)
- Nachweisgrenze 10 KbE/ml

Staphylokokkengehalt

Der Gehalt an Staphylokokken wurde wie folgt ermittelt:

- Beimpfen von Mannitol-Kochsalzagar im Oberflächenverfahren mit je 0,1 ml der Originalflüssigkeit und der Verdünnungsstufe 10^{-1}
- Bebrütung: 37 °C, 24 h
- Auswertung: Alle sichtbaren gelben Kolonien wurden als Staphylokokken gezählt von Platten mit Koloniezahlen zwischen 10 und 300 Kolonien
- Nachweisgrenze 100 KbE/ml

Coliforme Keime

Zur Bestimmung des Gehaltes an coliformen Keimen wurde ein Gussplattenverfahren mit Überschichtung nach dem IDF-Standard 73B 1998 wie folgt angewendet:

- Nährmedium: Kristallviolett-Galle-Laktose-Agar
- Pro Originalflüssigkeit und Verdünnungsstufe 10^{-1} :
- Überführung von je 1 ml in Petrischalen
- Zugabe von 12 ml verflüssigtem Kristallviolett-Galle-Laktose-Agar
- Abkühlen lassen
- Überschichten mit 5 ml verflüssigtem (45 ± 1 °C) Kristallviolett-Galle-Laktose-Agar
- Bebrütung: 30 °C, 24 h
- Auswertung von Platten mit Keimzahlen zwischen 10 und 150 Kolonien
- Gewertete Kolonien: rote Kolonien > 0,5 mm Größe
- Nachweisgrenze 10 KbE/ml

Bei der Probennahme in den Betrieben mit AMV wurde nur die Untersuchung der Gesamtkeimzahlen durchgeführt. Für die vor Ort erfolgte ATP-Messung wurde ca. 1 ml der Zitzentupferflüssigkeit verwendet. Die restliche Flüssigkeit wurde bei 6 °C gekühlt bis zur Gesamtkeimzahlbestimmung im Labor am darauf folgenden Tag.

3.2.1.4 ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben

Nach der Entnahme von Zitzentupferproben und Vorbereitung der Tupferflüssigkeit, wie in Kap. 3.2.1.3 beschrieben, wurden ca. 1 ml der Flüssigkeit in einen Eppendorf-Cup überführt und das Testsystem für Flüssigkeiten von HY-LITE[®] 2 nach Herstellervorschrift angewendet. Die ATP-Messung in der Tupferflüssigkeit erfolgte unmittelbar nach der Zitzentupfernahme. In den Betrieben mit AMV wurde die Messung ebenfalls unmittelbar nach der Zitzentupfernahme vor Ort durchgeführt.

Die Ergebnisse der ATP-Messung sind als Relative Light Units (RLU) angegeben und nicht auf ein bestimmtes Volumen bezogen. Die Ergebnisse wurden für weitere Auswertungen einer \log_{10} -Transformation unterzogen.

3.2.1.5 Probennahme in AMV

Pro Betrieb wurden – wenn möglich – 50 Kühe beprobt. Wenn diese Anzahl Kühe nicht zur Verfügung stand, wurde diejenige Anzahl Kühe einbezogen, die innerhalb von 8 h das AMV besuchten. Die Kühe wurden jeweils nur einmal beprobt. Pro Kuh wurden die visuelle Beurteilung, die Zitzentupferprobennahme und die Sedimentprobe an den dem Probennehmer zugewandten vorderen und hinteren Zitzen durchgeführt. Die zu beprobende Körperseite und somit auch die Euterhälfte war betriebsbedingt vorgegeben, somit wurde in der Auswertung kein Unterschied zwischen linker und rechter Euterhälfte gemacht.

Alle Proben wurden von derselben Person in der Melkbox genommen. In den normalen Betriebsablauf und Kuhverkehr zum AMV wurde nicht eingegriffen. Die visuelle Beurteilung sowie die Probennahme für die bakteriologische Untersuchung und die ATP-Messung wurden vor und nach der Reinigung vorgenommen. Die Sedimentprobennahme wurde nach Ende der Reinigung durchgeführt. In Tab. 5 ist die Methodenkombination zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren zusammengefasst.

Tab. 5: Kombination der Methoden zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren
(x = durchgeführte Methode).

| Methode | vor der Reinigung | nach der Reinigung |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| visuelle Beurteilung | x | x |
| Sedimenttest | | x |
| Keimzahlbestimmung | x | x |
| ATP-Messung | x | x |

Bei der Probennahme wurde die Reinigungs-, Ansetz- und Melkprozedur nicht unterbrochen. Nur das AMV von der Firma *DeLaval* machte es möglich, nach dem Reinigungsvorgang zu unterbrechen und die Melkung manuell zu starten, so dass in der Zwischenzeit die Proben genommen werden konnten.

Das AMV von *Prolion/Gascoigne Melotte* besitzt einen kombinierten Reinigungs- und Melkbecher, durch den der genaue Zeitpunkt des Reinigungsendes und der Beginn des Melkens von außen nicht erkennbar ist. Aus diesem Grunde wurden die Proben nach der Reinigung bei den Betrieben mit AMV dieser Firma erst nach Ende des Melkvorganges genommen. Obwohl es sich hier um eine abweichende Prozedur handelt, wurden die Ergebnisse, um die Anonymität der Hersteller und der Betriebe zu wahren, nicht separat dargestellt.

3.2.2 Beurteilung des Hygienemanagements

3.2.2.1 Interview anhand eines Fragenkataloges

Das Betriebsmanagement wurde mit Hilfe eines Fragenkataloges erfasst, der gemeinsam mit dem Landwirt vor Ort ausgefüllt wurde. Der Fragenkatalog (s. Anhang Kap. 9.4) umfasste 45 Fragen zu Aspekten der Zitzensauberkeit in den Bereichen „Allgemeine Haltung“, „AMV“, „Liegebereich“, „Fressbereich“ und „Kuhmanagement“.

In die Untersuchung einbezogen wurden die Ergebnisse der Befragung in Hinblick auf die allgemeinen Aspekte des Managements und spezielle Aspekte des Managements mit einem unmittelbaren Zusammenhang zur Zitzensauberkeit.

3.2.2.2 Checkliste zur Erfassung des Hygienestatus der AMV-Betriebe

Der Hygienestatus wurde vor Ort auf allen 18 Betrieben mit Hilfe einer Checkliste (s. Anhang Kap. 9.5) beurteilt. Bei sämtlichen Betrieben erfolgten die Beurteilungen von demselben Untersucher.

In den Bereichen AMV, Unterbringung der Kühe und im Bereich Kuhzustand wurden insgesamt 17 Kriterien nach der folgenden 3-Stufen-Skala beurteilt (s. Anhang Kap. 9.6):

- Stufe 1 = gut
- Stufe 2 = mäßig
- Stufe 3 = schlecht

3.2.2.3 Bakteriologische Qualität der Tankmilch

Um zusätzliche Informationen zum Hygienemanagement zu bekommen, wurden Gesamtkeimzahl, thermotrophe Bakterien und Coliforme in der Tankmilch der Betriebe bestimmt. In jedem der 18 Betriebe wurde vor Beginn der Probenahme für die Beurteilung der Zitzenreinigung eine Tankmilchprobe entnommen. Die Probenziehung erfolgte unabhängig vom Füllungsgrad des Tanks nach sorgfältiger Durchmischung wie folgt:

- Entnahme einer Milchprobe von 100 ml mit sterilem Stechheber durch die Einstiegs Luke
- Überführen in sterile Kunststoffvierkantflaschen mit Schraubverschluss
- Konservierung mit LY20
- Kühlung bis zur Untersuchung im Labor

Innerhalb von 24 h wurden die drei mikrobiologischen Parameter mit den nachfolgend aufgeführten Standardverfahren bestimmt:

- Gesamtkeimzahl:
IDF-Standard-Nr. 100B 1991, Nachweisgrenze von 100 KbE/ml
- Gehalt an coliformen Keimen:
IDF-Standard-Nr. 73B 1998, Nachweisgrenze von 10 KbE/ml
- Gehalt an thermoduren Keimen:
FRANK et al., 1985; Nachweisgrenze von 100 KbE/ml.

3.2.2.4 Keimgehalt in frischer Einstreu

Um den möglichen Beitrag des Keimgehaltes des Einstreumaterials zur Kontamination der Zitzen zu bestimmen, wurde bei jedem der 18 Betriebe am Probenstag eine Probe der frischen Einstreu genommen und wurden wie folgt analysiert:

- Entnahme von unbenutzter Einstreu am Lagerort mit sauberem Handschuh
- Einfüllen in Gefriertüte
- Kühlung der Probe bis zur Untersuchung
- Bestimmung der Keimgehalte innerhalb von 24 Stunden nach der Probennahme
- Untersuchung von 5 g der Einstreuprobe
- Zugabe von 45 ml Kochsalz-Pepton-Lösung
- Homogenisierung im Stomacher, 230 U/min, 30 s

Aus der Mischflüssigkeit wurde danach der drei mikrobiologischen Parameter in Anlehnung an die Standard Prozeduren bestimmt:

- Gesamtkeimzahl:
IDF-Standard-Nr. 100B 1991, Nachweisgrenze von 100 KbE/ml
- Gehalt an coliformen Keimen:
IDF-Standard-Nr. 73B 1998, Nachweisgrenze von 10 KbE/ml
- Gehalt an thermoduren Keimen:
FRANK et al., 1985, Nachweisgrenze von 100 KbE/ml.

3.2.2.5 Sonstige Informationen

Besondere Beobachtungen im Hinblick auf das Hygienemanagement wurden vor Ort fotografiert bzw. nach der Probennahme protokolliert.

3.3 Statistische Auswertung

3.3.1 Deskriptive Statistik

3.3.1.1 Allgemeine Auswertungsprozeduren und Darstellungsweisen

Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit

Für den Grad der Zitzenverschmutzung gibt es keinen Referenzwert. Daher wurde der jeweilige Modalwert der visuellen Beurteilungen aller Personen pro Areal als wahrer Wert für den Verschmutzungsgrad angenommen. Der Modalwert ist die von den Testpersonen am häufigsten pro Areal gewählte Beurteilungsstufe.

Effektivität der Reinigung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem SAS[®] System, Version 8.01. Dazu wurden für die Effektivität der Reinigungssysteme die Daten der visuellen Beurteilung, der Gesamtkeimzahlen und der ATP-Messung vor und nach der Reinigung verwendet.

Die Verteilung der Ergebnisse der Gesamtkeimzahlen und der ATP-Werte wurde jeweils pro Hersteller und pro Betrieb in Form von Boxplots dargestellt. Der Boxplot (auch Box-Whisker-Plot) ist ein Diagramm, das zur graphischen Darstellung einer Reihe numerischer Daten verwendet wird. Er fasst verschiedene Maße der zentralen Tendenz, das Streuungsmaß (Interquartile Range) und mögliche Ausreißer oberhalb und unterhalb der Interquartilen Range und Hinweise auf die Symmetrie oder Schiefe in einem Diagramm zusammen. Alle Werte der Fünf-Punkte-Zusammenfassung, also der Median, die zwei Quartile und die beiden Extremwerte, sind dargestellt.

Die Reinigungseffektivität wurde ausgedrückt als die Differenz zwischen Verschmutzung vor der Reinigung und Verschmutzung nach der Reinigung, basierend auf der visuellen Beurteilung (Beurteilungsstufen 1-4) beziehungsweise den Gesamtkeimzahlen (\log_{10} KbE/ml) oder ATP-Werten (\log_{10} RLU). Eine Normalverteilung der Kontamination vor der Reinigung wurde angenommen.

Um zu prüfen, ob für die Beurteilung der Zitzensauberkeit die aufwendige Gesamtkeimzahlbestimmung durch die schnelle ATP-Bestimmung ersetzt werden kann, wurden die Ergebnisse beider Methoden miteinander verglichen. Dazu wurde die Korrelation zwischen ATP-Gehalten und Gesamtkeimgehalten in Zitzentupferproben vor bzw. nach der Zitzenreinigung ermittelt. Es wurden die Daten der Zitzentupfer verwendet, die in den Betrieben mit AMV genommen worden sind.

3.3.1.2 Einflüsse auf die Wirksamkeit der Reinigung

Um zu analysieren, welche Faktoren einen maßgeblichen Einfluss auf die Effektivität von Zitzenreinigungsverfahren haben, wurde eine Varianzanalyse nach dem General-Linear-Model (GLM) für multiple Faktoren von SAS[®], Version 8.01 durchgeführt.

Die Reinigungseffektivität in Form der Differenz zwischen der Gesamtkeimzahl vor und nach der Reinigung (\log_{10} KbE/ml), beziehungsweise der ATP-Werte vor und nach der Reinigung (\log_{10} RLU) wurde als abhängige Variable eingesetzt (Y). Als mögliche Einflussfaktoren wurden der AMV-Hersteller (1 bis 6), der Betrieb pro Hersteller (A bis R) und das Euterviertel (vorne oder hinten) in die Analyse einbezogen.

Die Ergebnisse der vorderen rechten Euterviertel wurden mit denen der vorderen linken Euterviertel zusammengefasst und ebenso die Resultate der hinteren rechten mit denen der hinteren linken. Als Kovariable wurde die Ausgangsvermutzung in Form der Gesamtkeimzahl vor der Reinigung (\log_{10} KbE/ml) beziehungsweise des ATP-Gehaltes vor der Reinigung (\log_{10} RLU) eingesetzt.

Das folgende lineare Modell wurde angewendet:

$$Y_{ijkl} = \mu_{ijkl} + H_i + B_{ij} + V_k + b(X_{ijkl}) + e_{ijkl}$$

mit:

Y_{ijkl} = abhängige Variable – Effektivität der Zitzenreinigung
(für GKZ: \log_{10} KbE/ml vor der Reinigung – \log_{10} KbE/ml nach der Reinigung; für ATP: \log_{10} RLU vor der Reinigung – \log_{10} RLU nach der Reinigung)

μ_{ijkl} = geschätzter Mittelwert der Grundgesamtheit

H_i = Effekt des i-ten Herstellers ($i = 1-6$)

B_{ij} = Effekt des j-ten Betriebes innerhalb des i-ten Herstellers ($j = 1-18$)

V_k = Effekt des k-ten Viertels

$b(X_{yijkl})$ = Regressionskoeffizient der Kovariable GKZ (\log_{10}) bzw. ATP (\log_{10}) vor der Reinigung

e_{ijkl} = Restvarianz

3.3.1.3 Zusammenhang zwischen Betriebsmanagement und Zitzensauberkeit

Der Zusammenhang unterschiedlicher Faktoren, die in der Hygienecheckliste und dem Fragebogen ermittelt wurden, mit der Zitzensauberkeit vor der Zitzenreinigung wurde durch eine Varianzanalyse untersucht. Dazu wurde eine Einzelfaktorenanalyse nach dem General-Linear-Model (GLM) von SAS[®], Version 8.01 durchgeführt.

$$Y_{ij} = \mu + \text{Faktor}_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = abhängige Variable: Mittelwert der Zitzenkontamination pro Betrieb vor Reinigung (für GKZ: \log_{10} KbE/ml, für ATP: \log_{10} RLU)

μ = geschätzter Mittelwert der Grundgesamtheit

Faktor_i = Auswirkung von Faktor i (Faktor aus der Liste der Managementfaktoren des Fragenkataloges und der Checkliste)

ε_{ij} = Restvarianz

Es wurden nur die Faktoren in die Auswertung einbezogen, bei denen bei mindestens 3 Betrieben eine von der Mehrzahl der Betriebe abweichende Beurteilung auftrat. Aufgrund der geringen Anzahl der Betriebe war nur eine begrenzte Variabilität zu beobachten. Ein signifikanter Unterschied wurde bei $p < 0,10$ angenommen. Interaktionen zwischen den einzelnen Faktoren wurden nicht berücksichtigt. Wegen der geringen Variation wurde eine Codierung der Variablen auf der Grundlage der Anzahl der Beobachtungen vorgenommen (vgl. Anlage Kap. 9.6).

4 ERGEBNISSE

4.1 Vorversuche zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren

4.1.1 Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit

Es wurde angenommen, dass die visuelle Beurteilung subjektiven Einflüssen unterliegt. Daher wurde zunächst untersucht, wie groß die Übereinstimmung von Beurteilungen zwischen verschiedenen Testpersonen ausfällt.

Die Untersuchungen wurden an 70 Fotos von Eutern mit unterschiedlichen Verschmutzungsgraden durchgeführt. Den Testpersonen wurde vor der Beurteilung der eigentlichen Präsentation (mit den 70 Fotos) eine Lehrpräsentation mit 9 Bildern von Eutern mit unterschiedlichen Verschmutzungsgraden vorgeführt und die Beurteilungsstufen erläutert. Dadurch wurde versucht, eine einheitliche Beurteilung zu erreichen. Pro Bild wurden der Gesamteindruck, die 4 Zitzen sowie die Euterbasis getrennt bewertet. Die Beurteilungsstufen reichten von 1 (sauber) bis 4 (stark verschmutzt) (s. Kap.3.2.1.1.1).

Da kein objektiv richtiger Wert zu ermitteln ist, wurde für jedes beurteilte Areal jeweils der Modalwert aus den Beurteilungen der 13 Testpersonen als wahrer Wert zu Grunde gelegt.

Tab. 6 zeigt die Ergebnisse der beurteilten Bereiche von 70 Fotos. Darin enthalten sind 5 Fotos, die doppelt beurteilt wurden.

Tab. 6: Verteilung der Modalwerte (n) auf die beurteilten Euterbereiche (Beurteilung von n = 70 Fotos).

| Beurteilungsstufe | Gesamteindruck | Zitzen | Euterbasis |
|-----------------------------|----------------|--------|------------|
| 1 (sauber) | 6 | 60 | 6 |
| 2 (leicht verschmutzt) | 18 | 131 | 23 |
| 3 (mittelstark verschmutzt) | 36 | 59 | 33 |
| 4 (stark verschmutzt) | 10 | 30 | 8 |
| gesamt | 70 | 280 | 70 |

Zum Verständnis der Tab. 6 sei angemerkt, dass der Modalwert pro Areal bei eindeutigen Verschmutzungsgrad aus den Entscheidungen aller Testpersonen zusammengesetzt sein kann. Bei nicht eindeutiger Zuordnungsmöglichkeit zu einer der 4 Beurteilungsstufen beruhte der Modalwert in Einzelfällen auf den Entscheidungen von 5 Testpersonen.

4.1.1.1 Vergleichbarkeit zwischen Testpersonen

Anschließend wurde für jede Testperson ermittelt, wie groß die Übereinstimmung der Beurteilungen mit dem Modalwert war (Abb. 3).

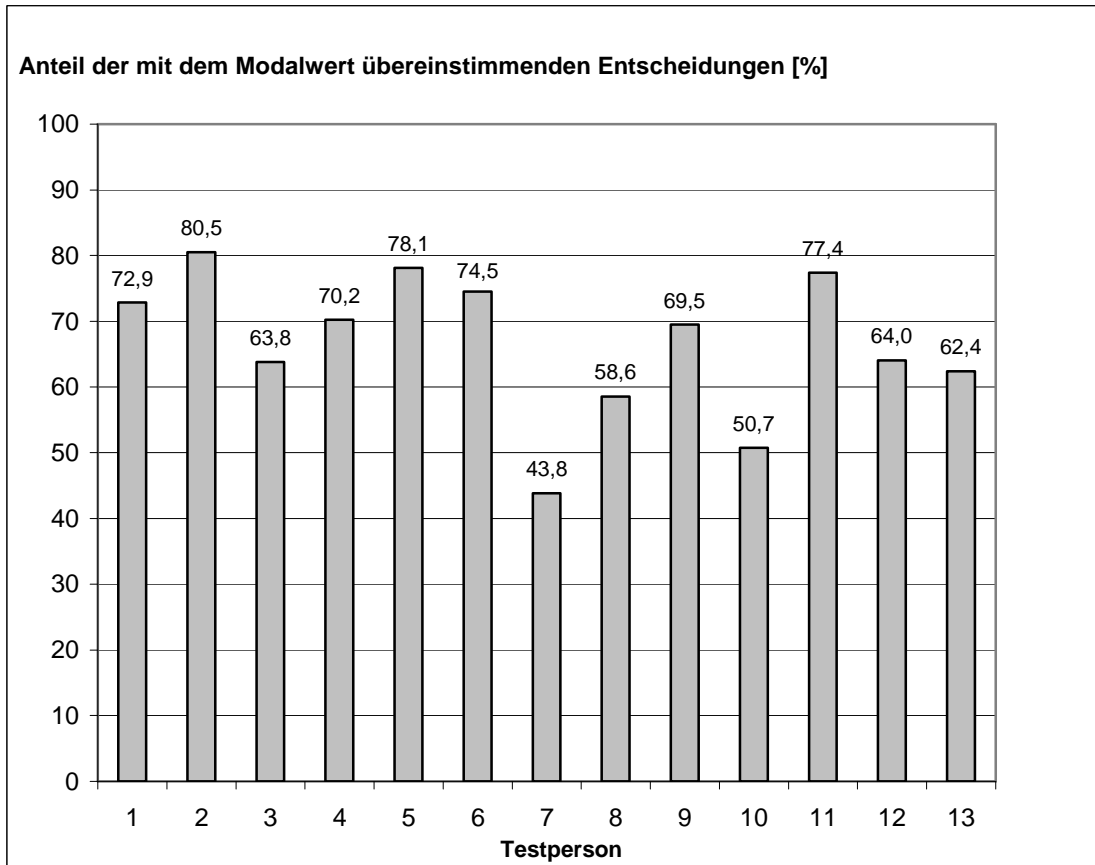


Abb. 3: Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen pro Testperson (1–13; Anzahl der Entscheidungen pro Testperson = 420).

Die Ergebnisse zeigen große Unterschiede zwischen den einzelnen Testpersonen. Der Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen lag zwischen 43,8 und 80,5 %, im Mittel bei 66,6 %. Testperson 7 wich in mehr als 50 % der Entscheidungen vom Modalwert ab, während die Urteile von Testperson 2 in mehr als 80 % mit dem Modalwert übereinstimmen. Insbesondere bei Vergabe der Beurteilungsstufe 4 („stark verschmutzt“) bestanden auffallend Unterschiede zwischen den Testern (7–100-mal, nicht dargestellt).

Die Gruppe der Tierwirte unterschied sich in den Beurteilungen nicht von den anderen Testpersonen.

Der Ausschluss der 3 Testpersonen mit dem größten Prozentsatz an von dem Modalwert abweichenden Beurteilungen (Personen 7, 8 und 10) führte zu einer etwas homogeneren

Beurteilung, indem durchschnittlich 71,5 % der Entscheidungen mit dem Modalwert übereinstimmten (61,2–84,3 %, je nach Testperson), wie in Abb. 4 dargestellt.

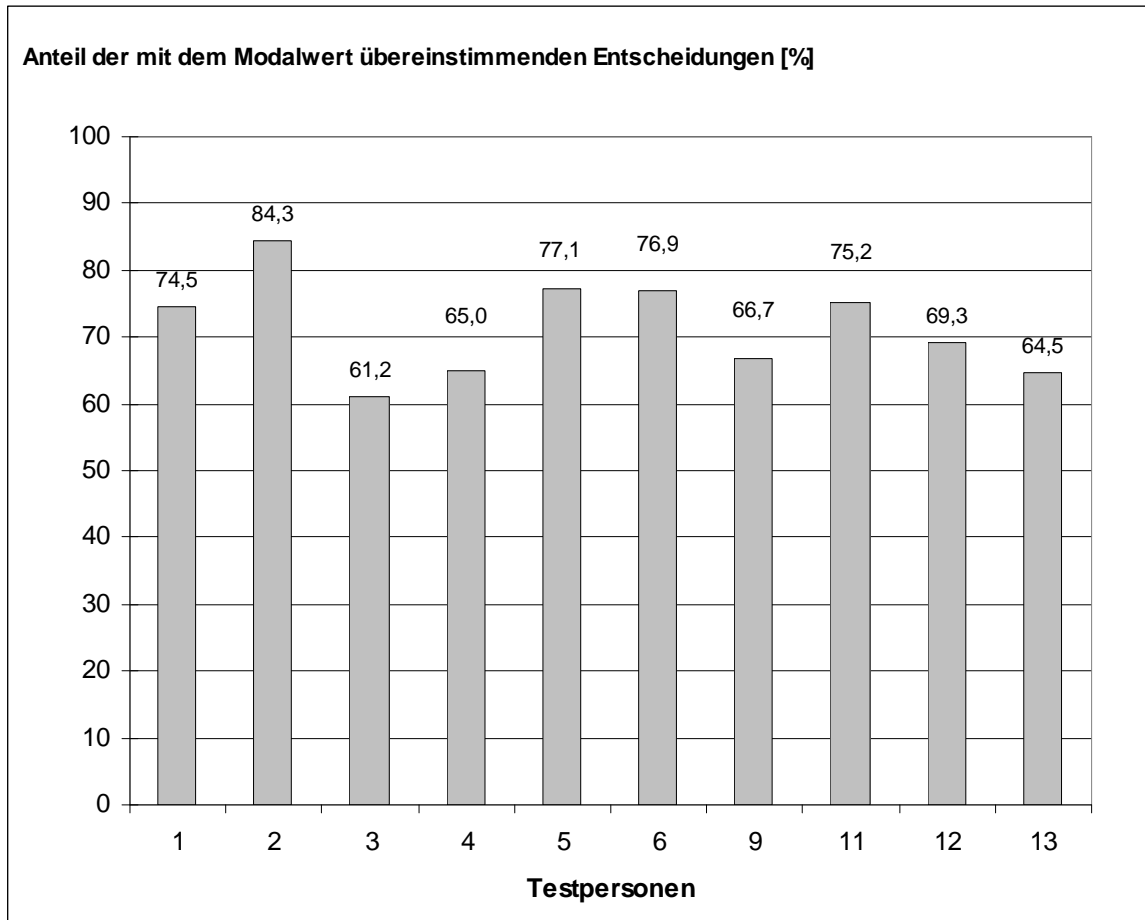


Abb. 4: Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen pro Testperson (Testperson 7, 8 und 10 wurden von den Berechnungen ausgeschlossen; Anzahl der Entscheidungen pro Testperson = 420).

4.1.1.2 Wiederholbarkeit der Beurteilungen innerhalb Testperson

Um zu ermitteln, wie groß die Wiederholbarkeit der Entscheidungen pro Testperson war, wurden 5 Bilder von Eutern ohne Wissen der Testpersonen erneut vorgelegt. Das bedeutete, dass jede Testperson 6 Beurteilungen pro Foto mit insgesamt 30 Entscheidungen wiederholt treffen musste.

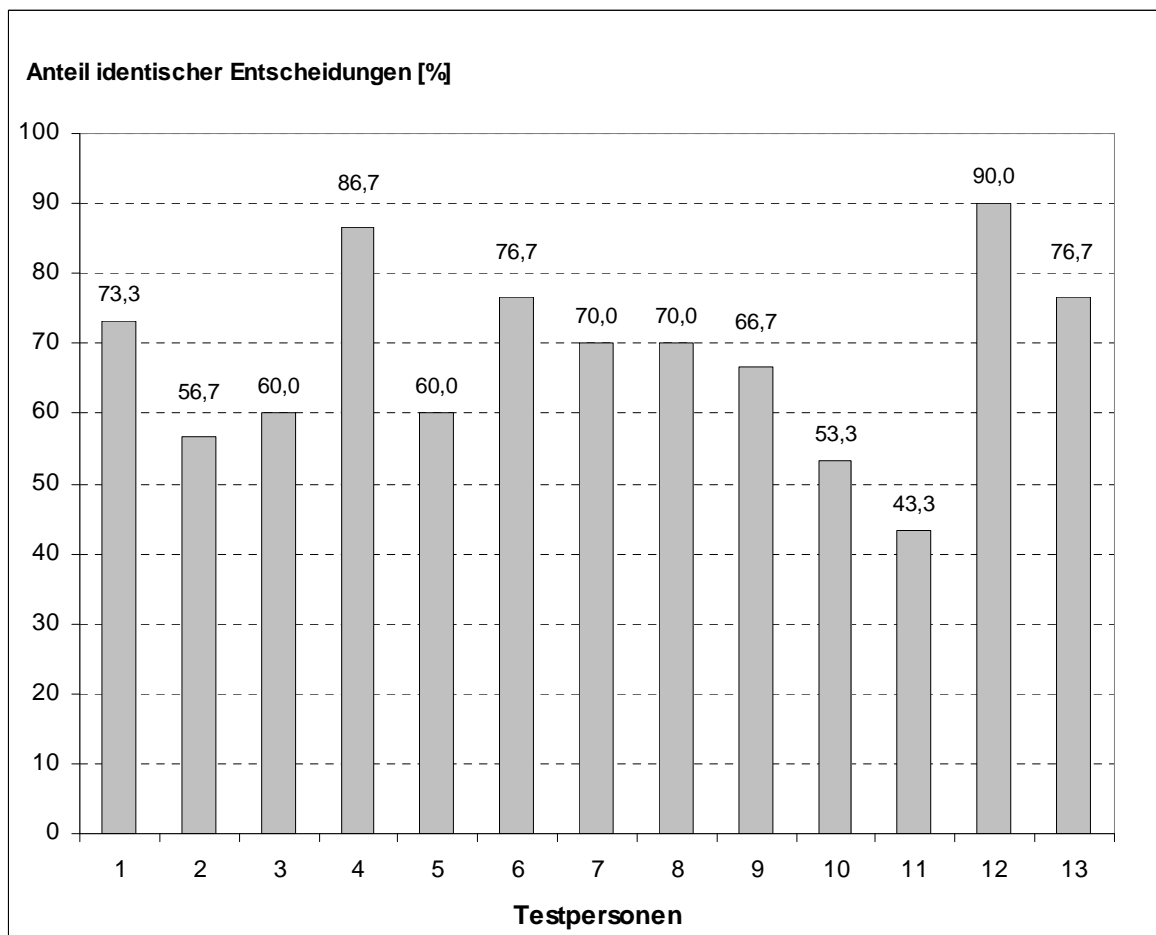


Abb. 5: Anteil identischer Entscheidungen pro Testperson (1–13) bei wiederholter Beurteilung von 5 Fotos mit je 6 Bereichen (30 Entscheidungen).

Der Prozentsatz an identischen Entscheidungen pro Testperson variierte zwischen 43,3 und 90 % (Abb. 5). Hiermit wird deutlich, dass selbst innerhalb einer Testperson zum Teil eine sehr geringe Wiederholbarkeit besteht.

4.1.1.3 Wiederholbarkeit bei mehrfacher Beurteilung mit zeitlichen Abständen

Um die Wiederholbarkeit der Beurteilung durch eine einzelne Testperson bei größeren zeitlichen Abständen zu überprüfen, wurde von einer Testperson die gesamte Präsentation zunächst nach einer Woche sowie nach 3 weiteren Wochen wiederholt beurteilt. Die Beurteilungssequenzen wurden mit 1 (erste Beurteilungssequenz), 2 (nach einer Woche) und 3 (nach 3 Wochen) bezeichnet (Abb. 6).

Es zeigt sich, dass selbst bei wiederholter Beurteilung durch dieselbe Person der Anteil der übereinstimmenden Entscheidungen zwischen zwei Beurteilungssequenzen 83 % nicht überstieg (Abb. 6). Bei 3-maliger Beurteilung sank der Anteil der Übereinstimmung auf 70 %.

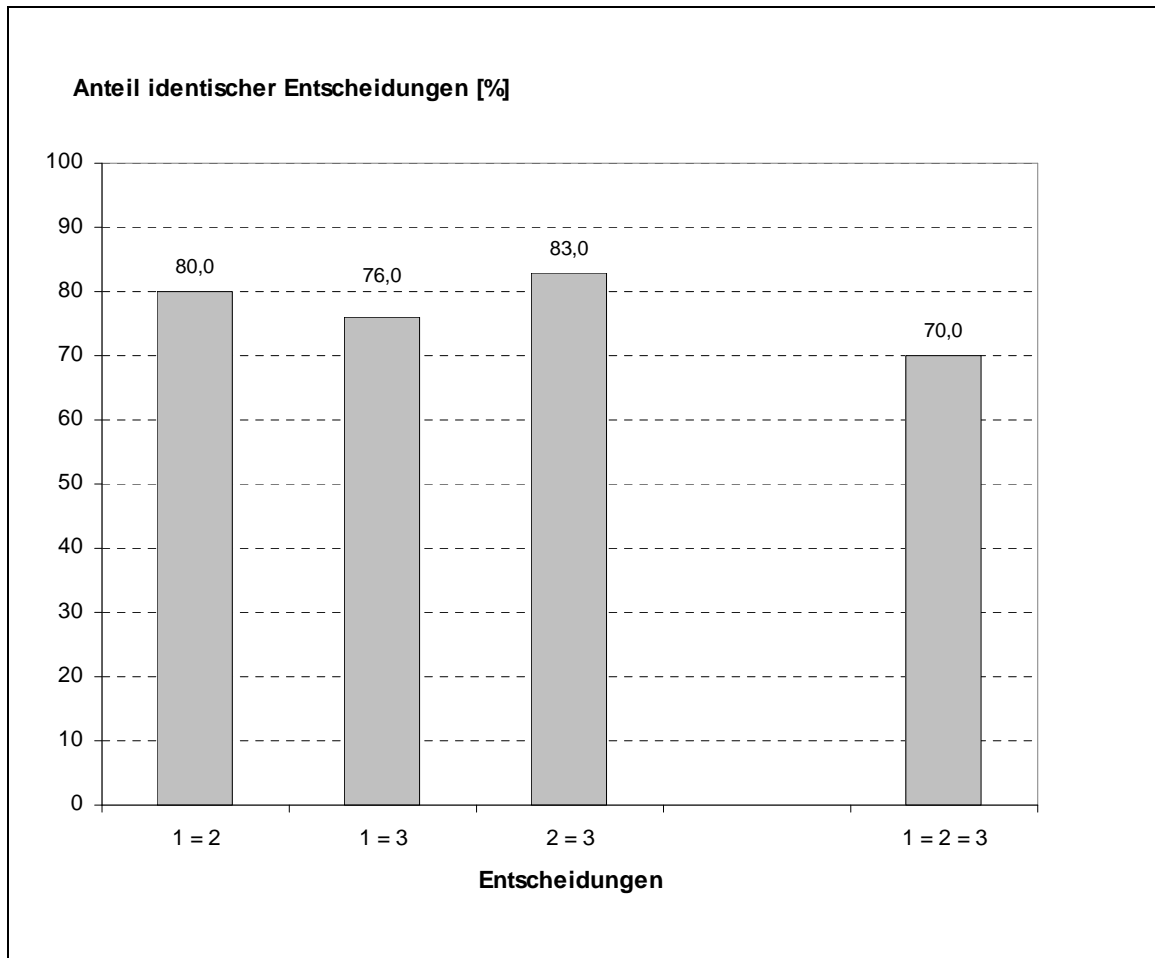


Abb. 6: Wiederholte Beurteilungen von Euter- und Zitzensauberkeit von einer Person (3 Wiederholungen à 420 Entscheidungen; 1 = 1. Beurteilung, 2 = Beurteilung nach einer Woche, 3 = Beurteilung nach 3 Wochen).

4.1.2 Sedimentbestimmung

Der Sedimenttest erfasst die Gesamtmenge der Verschmutzung der Zitzenoberfläche. In Vorversuchen konnten noch 5 mg Kot durch Filtration nachgewiesen werden (s Kap. 3.2.1.2).

Da es sich bei dem Sedimenttest auch um eine visuelle Beurteilungsmethode mit 4 Stufen (vgl. Abb. 2) handelt, wurde ein Vergleich zwischen visueller Beurteilung von Zitzenverschmutzung und Sedimenttest durchgeführt.

Vergleich der visuellen Beurteilung mit der Sedimentbestimmung

Um unterschiedliche Verschmutzungsgrade zu erfassen, wurden sowohl die visuelle Beurteilung als auch die Sedimentbestimmung an 104 ungereinigten und 96 manuell gereinigten Zitzen angewandt.

Tab. 7 zeigt die Ergebnisse von visueller Beurteilung und Sedimenttest. Während 97,9 % der gereinigten Zitzen visuell als sauber (Stufe 1) beurteilt wurden, waren dies bei ungereinigten Zitzen nur 11,5 %. Ähnlich fällt die Beurteilung mit dem Sedimenttest aus (gereinigt: 93,8 %, ungereinigt: 7,7 %).

Tab. 7: Ergebnisse des Vergleichs zwischen visueller Beurteilung und Sedimenttest.

| Methode | Beurteilungs- stufe | gereinigte Zitzen | | ungereinigte Zitzen | |
|-------------------------|------------------------|-------------------|------|---------------------|------|
| | | n = 96 | % | n = 104 | % |
| visuelle Beurteilung | 1 | 94 | 97,9 | 12 | 11,5 |
| | 2 | 2 | 2,1 | 47 | 45,2 |
| | 3 | 0 | 0 | 25 | 24,0 |
| | 4 | 0 | 0 | 20 | 19,2 |
| Sedimenttest | 1 | 90 | 93,8 | 8 | 7,7 |
| | 2 | 6 | 6,2 | 58 | 55,8 |
| | 3 | 0 | 0 | 20 | 19,2 |
| | 4 | 0 | 0 | 18 | 17,3 |

Die Ergebnisse des Methodenvergleichs sind in Tab. 8 zusammenfassend dargestellt. Dazu wurden die jeweiligen Differenzen aus den Beurteilungsstufen von visueller Beurteilung und dem Sedimenttest gebildet.

Tab. 8: Vergleich der Differenzen aus den Beurteilungsstufen von visueller Beurteilung und Sedimenttest.

| Differenz visuelle Beurteilung und Sedimenttest | gereinigte Zitzen | | ungereinigte Zitzen | |
|--|-------------------|-------|---------------------|-------|
| | n | % | n | % |
| 1 | 0 | – | 22 | 21,2 |
| 0 | 92 | 95,8 | 66 | 63,5 |
| -1 | 4 | 4,2 | 15 | 14,4 |
| -2 | 0 | – | 1 | 1,0 |
| Σ | 96 | 100,0 | 104 | 100,0 |

Der Vergleich ergibt vor allem für gereinigte Zitzen mit 95,8 % ein hohes Maß an Übereinstimmung zwischen beiden Methoden. Bei ungereinigten Zitzen mit ihrer höheren Variabilität im Verschmutzungsgrad kann dagegen die Abweichung in Einzelfällen bis zu 2 Beurteilungsstufen betragen.

4.1.3 Keimzahlbestimmung in Zitzentupferproben

Um die Eignung der Bestimmung von Keimzahlen in Zitzentupferproben zur Beurteilung der Zitzensauberkeit zu ermitteln, wurden vier unterschiedliche Keimgruppen in Zitzentupferproben untersucht. Zur Quantifizierung eines Reinigungserfolges ist die Bildung von Differenzen zwischen den Keimgehalten vor und nach der Reinigung erforderlich. Es wurden daher Zitzen vor der Reinigung sowie nach Anwendung von 3 unterschiedlichen manuellen Reinigungsmethoden untersucht:

1. Trockene Reinigung mit einem Papierhandtuch
2. Nasse Reinigung ohne Trocknen
3. Nasse Reinigung und Trocknen mit einem Papierhandtuch.

Die Keimgruppen sollten unterschiedliche Quellen der Zitzenverschmutzung repräsentieren:

- Gesamtkeimzahl – Gesamtverschmutzung
- Staphylokokken – Flora der Zitzenhaut, aber auch Mastitiserreger
- Thermophile Keime – Einstreu
- Coliforme Keime – fäkale Verunreinigung.

4.1.3.1 Keimzahlen in Zitzentupferproben vor der Reinigung

Die Verteilung der Keimzahlen in den Zitzentupferproben vor der Reinigung ist in Tab. 9 zusammengefasst.

Tab. 9: Keimzahlverteilung (KbE/ml) vor der Reinigung (GKZ = Gesamtkeimzahl).

| Percentile | GKZ | Staphylokokken | thermodure Keime | coliforme Keime |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (n = 299) | (n = 292) | (n = 227) | (n = 287) |
| Min. | $<10^2$ | $<10^2$ | $<10^1$ | $<10^1$ |
| 25 % | $3,4 \times 10^3$ | $6,5 \times 10^2$ | $<10^1$ | $<10^1$ |
| 50 % | $9,6 \times 10^3$ | $2,0 \times 10^3$ | $1,0 \times 10^2$ | $<10^1$ |
| 75 % | $2,2 \times 10^4$ | $6,2 \times 10^3$ | $2,1 \times 10^2$ | $3,2 \times 10^1$ |
| Max. | $> 3,0 \times 10^5$ | $> 3,0 \times 10^4$ | $> 3,0 \times 10^4$ | $> 3,0 \times 10^3$ |

Vor der Reinigung lagen bei über 50 % der Zitzentupfer die Zahlen für coliforme Keime unter der Nachweisgrenze von 10 KbE/ml. Bei den Auswertungen der thermophilen Keimzahlen ergab sich, dass sich von 317 Zitzentupferproben 28,4 % durch schwärmende Kolonien nicht auszählen ließen.

4.1.3.2 Keimzahlen in Zitzentupferproben nach der Reinigung

Die Ergebnisse in nach der Zitzenreinigung entnommenen Tupferproben sind in Tab. 10 zusammengefasst.

Tab. 10: Keimzahlverteilung (KbE/ml) nach der Reinigung (GKZ = Gesamtkeimzahl).

| Reinigungsmethode/ Percentile | GKZ | Staphylokokken | thermodure Keime | Coliforme Keime |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Trocken | n = 305 | n = 275 | n = 273 | n = 282 |
| Min. | $\leq 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 25 % | $4,6 \times 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 50 % | $1,2 \times 10^3$ | $3,0 \times 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 75 % | $2,9 \times 10^3$ | $8,0 \times 10^2$ | $1,2 \times 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| Max. | $3,0 \times 10^5$ | $> 3,0 \times 10^4$ | $4,5 \times 10^2$ | $1,5 \times 10^2$ |
| Nass mit Trocknen | n = 182 | n = 165 | n = 182 | n = 168 |
| Min. | $\leq 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 25 % | $\leq 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 50 % | $2,2 \times 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 75 % | $9,1 \times 10^2$ | $2,6 \times 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| Max. | $2,2 \times 10^5$ | $1,0 \times 10^4$ | $7,7 \times 10^2$ | $5,6 \times 10^1$ |
| Nass ohne Trocknen | n = 180 | n = 175 | n = 160 | n = 176 |
| Min. | $\leq 10^2$ | $\leq 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 25 % | $4,6 \times 10^2$ | $1,2 \times 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 50 % | $1,7 \times 10^3$ | $5,0 \times 10^2$ | $\leq 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| 75 % | $5,0 \times 10^3$ | $1,5 \times 10^3$ | $2,7 \times 10^1$ | $\leq 10^1$ |
| Max. | $> 3,0 \times 10^5$ | $> 3,0 \times 10^4$ | $> 3,0 \times 10^4$ | $7,4 \times 10^2$ |

Nach nasser Reinigung mit anschließendem Trocknen der Zitzen wurden insgesamt die geringsten Keimzahlen in Zitzentupferproben gefunden. Dagegen fanden sich nach nasser Reinigung ohne Trocknen im Vergleich zumeist die höchsten Keimzahlen. Allerdings lagen die Werte für die Gesamtkeimgehalte in gleicher Größenordnung wie bei trockener Reinigung.

Die Besiedlung mit thermoduren und coliformen Keimen erreichte je nach Reinigungsmethode in bis zu 75 % der Proben nicht die Nachweisgrenze. Zusätzlich

waren beim Nachweis thermodurer Keime von 671 Zitzentupferproben 56 Proben (8,3 %) aufgrund von schwärmenden Keimen nicht auswertbar.

Die Gesamtkeimzahlen waren in dem überwiegenden Anteil der Zitzentupferproben quantitativ erfassbar und wurden daher für die Beurteilung der Zitzenreinigung herangezogen. Das Einbeziehen von Staphylokokken ergab keinen zusätzlichen Informationsgewinn.

4.1.3.3 Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren

Um die Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren zu beurteilen, wurden die Gesamtkeimzahlen (GKZ) in vor und nach der Reinigung entnommenen Zitzentupferproben von denselben Zitzen bestimmt (Abb. 7).

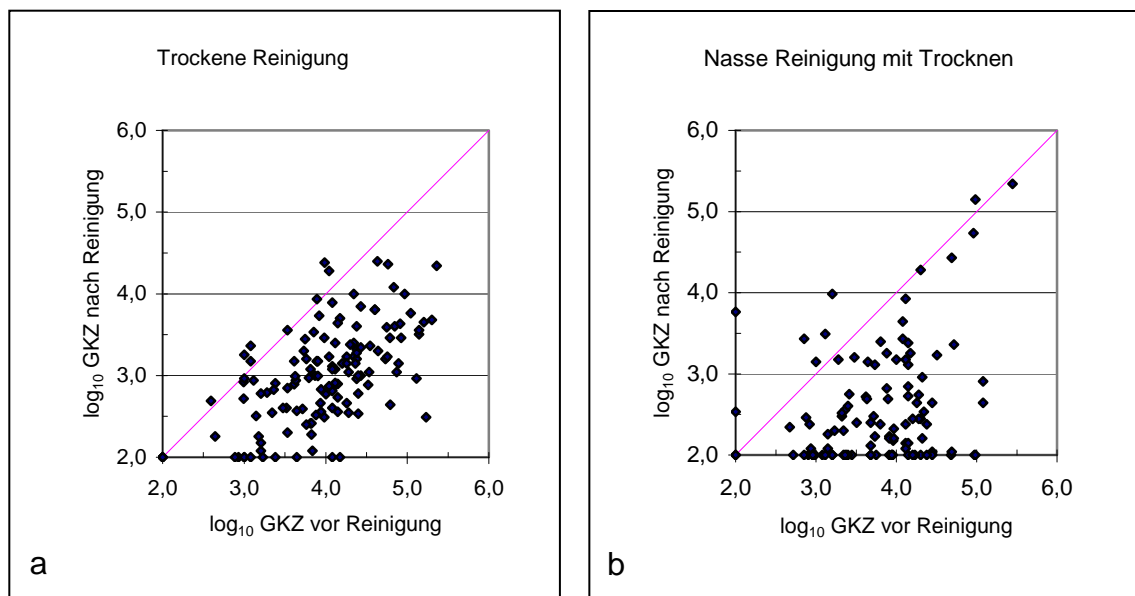


Abb. 7: Effektivität manueller Zitzenreinigungsmethoden. Gesamtkeimzahlen (GKZ) in Zitzentupfern vor und nach der Zitzenreinigung; Vergleich von 135 Tupferprobenergebnissen nach der trockenen Reinigung (a) und von 108 Tupferprobenergebnissen nach der nassen Reinigung mit Trocknen (b).

Der Vergleich zwischen trockener und nasser Reinigung mit nachfolgendem Trocknen ergab bei Einbezug der Ausgangskontamination einen stärkeren Reinigungseffekt der nassen Reinigung mit Trocknen.

Die Differenzen der Gesamtkeimzahlen vor und nach der Reinigung sind für die beiden Reinigungsverfahren „trocken“ und „nass mit Trocknen“ in Abb. 8 als Summenprozentverteilung vergleichend dargestellt.

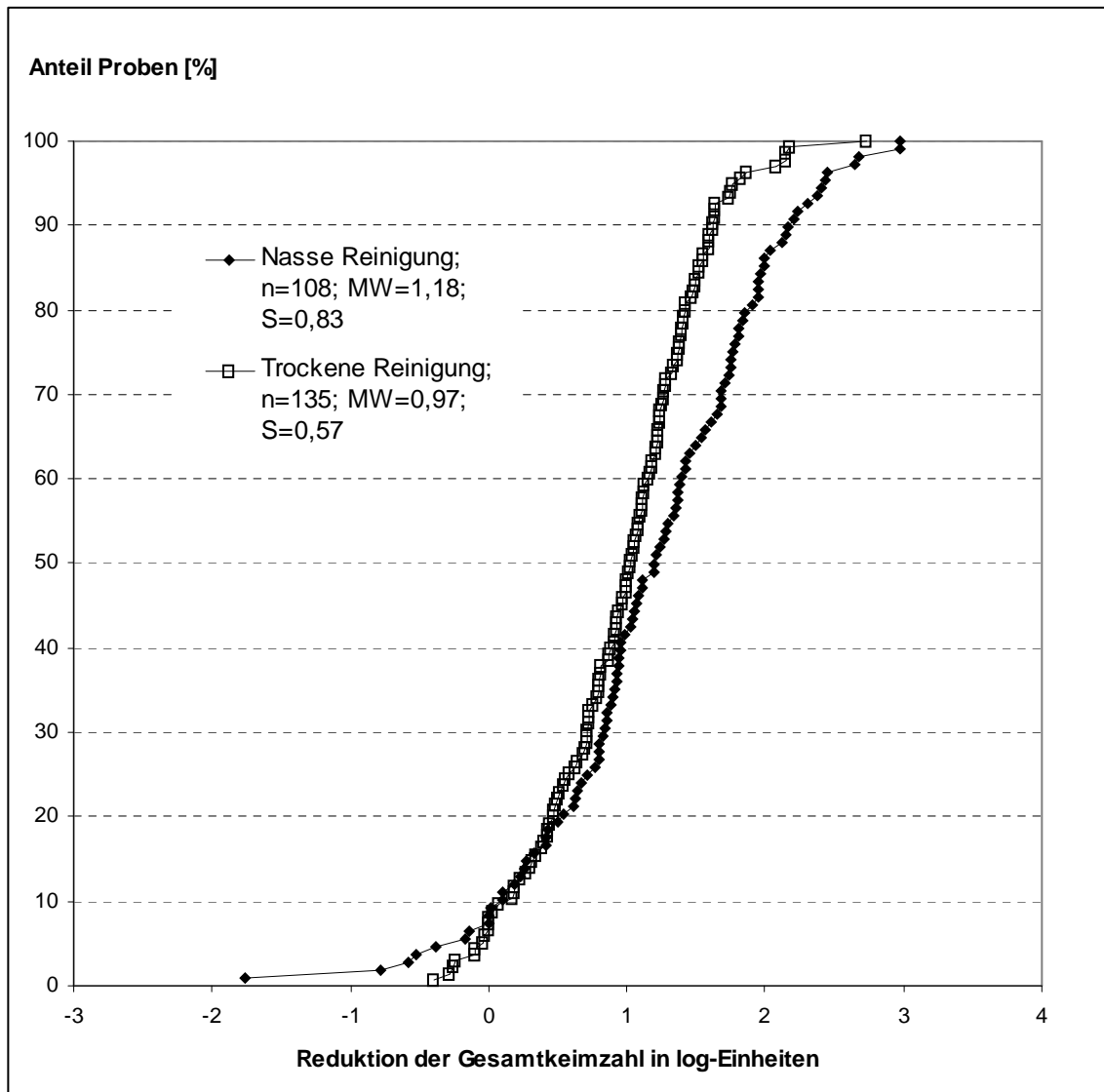


Abb. 8: Wirksamkeit manueller Reinigungsmethoden (nass mit Trocknen und trocken – Reduktion der Gesamtkeimzahl auf Zitzenoberflächen (Summenprozentverteilung).

Auch bei dieser Art der Auswertung zeigt sich, dass durch die nasse Reinigung mit Trocknen eine bessere Keimzahlreduktion zu erreichen ist. Unter Verwendung der Gesamtkeimzahlen in Zitzentupfern konnten die Unterschiede der Reinigungseffektivität verschiedener Reinigungsmethoden deutlich dargestellt werden. Aus diesem Grunde wurde bei der Untersuchung der Betriebe mit AMV die Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben zur Beurteilung der Reinigungsverfahren herangezogen.

4.1.4 ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben

Die ATP-Messung mittels des HY-LITE®2-Gerätes ist eine Schnellmethode zur Ermittlung des ATP-Gehaltes in Flüssigkeiten. ATP findet sich in Mikroorganismen, aber auch in allen tierischen und pflanzlichen Zellen.

4.1.4.1 ATP-Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung

Es wurde geprüft, ob auch mit Hilfe der ATP-Bestimmung die Wirksamkeit der Zitzenreinigung beurteilt werden kann. Tab. 11 zeigt die Ergebnisse der ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung der Zitzen.

Tab. 11: ATP-Gehalt (RLU) in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung.

| Percentile | vor der Reinigung | | nach der Reinigung | |
|------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | | trocken | | nass |
| | | | | mit Trocknen |
| | (n = 72) | (n = 63) | (n = 65) | (n = 14) |
| Min. | $2,3 \times 10^2$ | $1,3 \times 10^2$ | $5,1 \times 10^1$ | $5,3 \times 10^1$ |
| 25 % | $9,9 \times 10^2$ | $3,0 \times 10^2$ | $7,7 \times 10^1$ | $2,0 \times 10^2$ |
| 50 % | $4,2 \times 10^3$ | $4,5 \times 10^2$ | $1,3 \times 10^2$ | $2,7 \times 10^2$ |
| 75 % | $2,9 \times 10^3$ | $7,1 \times 10^2$ | $2,3 \times 10^2$ | $5,1 \times 10^2$ |
| Max. | $9,0 \times 10^4$ | $1,2 \times 10^3$ | $2,3 \times 10^3$ | $1,4 \times 10^3$ |

In Tupferproben nach der Zitzenreinigung wurden insgesamt geringere Keimzahlen als in Tupferproben von ungereinigten Zitzen gefunden. Allerdings ergaben sich zwischen den verschiedenen Reinigungsverfahren kaum Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der ATP-Gehalte nach der Reinigung.

4.1.4.2 Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren

Da sich durch die alleinige Betrachtung der Keimzahlen nach der Reinigung die Wirksamkeit von Reinigungsverfahren nicht feststellen lässt, wurde für eine geringe Anzahl von Proben die Differenz vor der Reinigung und nach der Reinigung untersucht. Um zu ermitteln, ob mit der ATP-Bestimmung die Wirksamkeit verschiedener Reinigungsmethoden verglichen werden kann, wurde in der Darstellung einer Summenprozentverteilung sowohl die trockene Reinigung wie auch die nasse Reinigung mit Trocknen aufgenommen (Abb. 9).

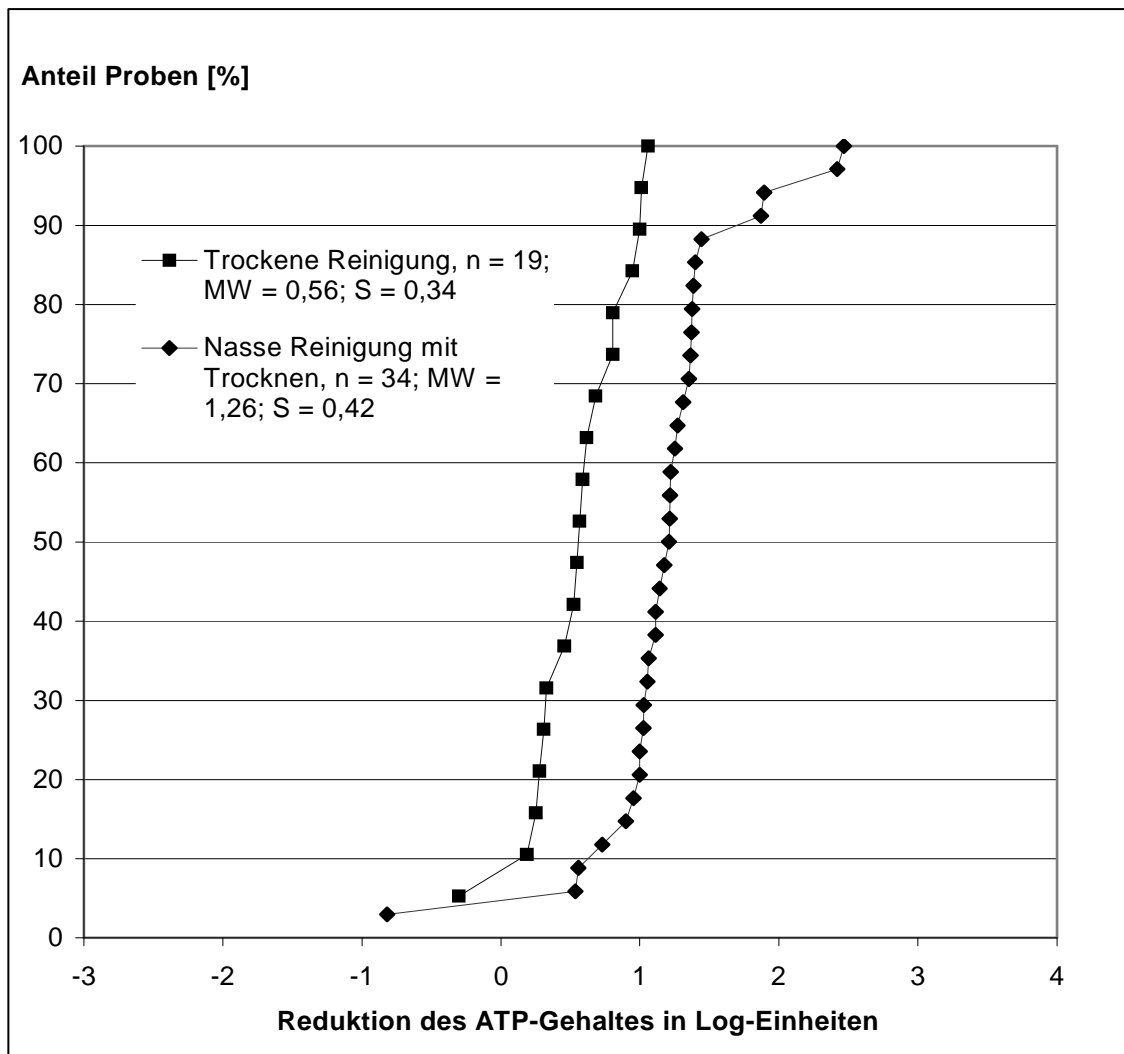


Abb. 9: Wirksamkeit manueller Reinigungsmethoden – Reduktion des ATP-Gehaltes auf Zitzenoberflächen (Summenprozentverteilung; MW = Mittelwert, S = Standardabweichung).

In dieser Darstellung ist ebenfalls die höhere Wirksamkeit der nassen Reinigung mit Trocknen im Vergleich zu der trockenen Reinigung zu erkennen. Es ergaben sich signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

4.1.4.3 Zusammenhang zwischen Gesamtkeimzahl und ATP-Gehalt

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Gesamtkeimzahl und der ATP-Konzentration auf Zitzen zu prüfen, wurde in 215 Zitzentupferproben neben der Gesamtkeimzahl-Ermittlung auch die ATP-Bestimmung durchgeführt. Die Zitzentupferproben wurden an ungereinigten Zitzen und gereinigten Zitzen entnommen, um unterschiedliche Verschmutzungsgrade zu erfassen.

In die Ermittlung der Gesamtkeimzahlen wurde die unverdünnte Originalflüssigkeit ebenfalls einbezogen, um ein möglichst weites Keimspektrum mit den ATP-Werten vergleichen zu können. Die Nachweisgrenze der Gesamtkeimzahlen lag bei dieser Untersuchung bei 10 KbE/ml. Für Proben mit Keimgehalten unterhalb der Nachweisgrenze wurden in diesem Falle 10 KbE/ml angenommen, um sie in die Darstellung einbeziehen zu können. Die Ergebnisse sind in Abb. 10 dargestellt.

Von der Berechnung der Regressionsgeraden wurden Proben mit Gesamtkeimzahlen $< 10^2$ KbE/ml ausgeschlossen, da keine Quantifizierung möglich war. Ebenso wurden Proben mit ATP-Gehalten < 50 RLU nicht berücksichtigt, weil diese Proben z. T. hohe Gesamtkeimgehalte aufwiesen und daher die ATP-Gehalte als Messfehler eingestuft wurden.

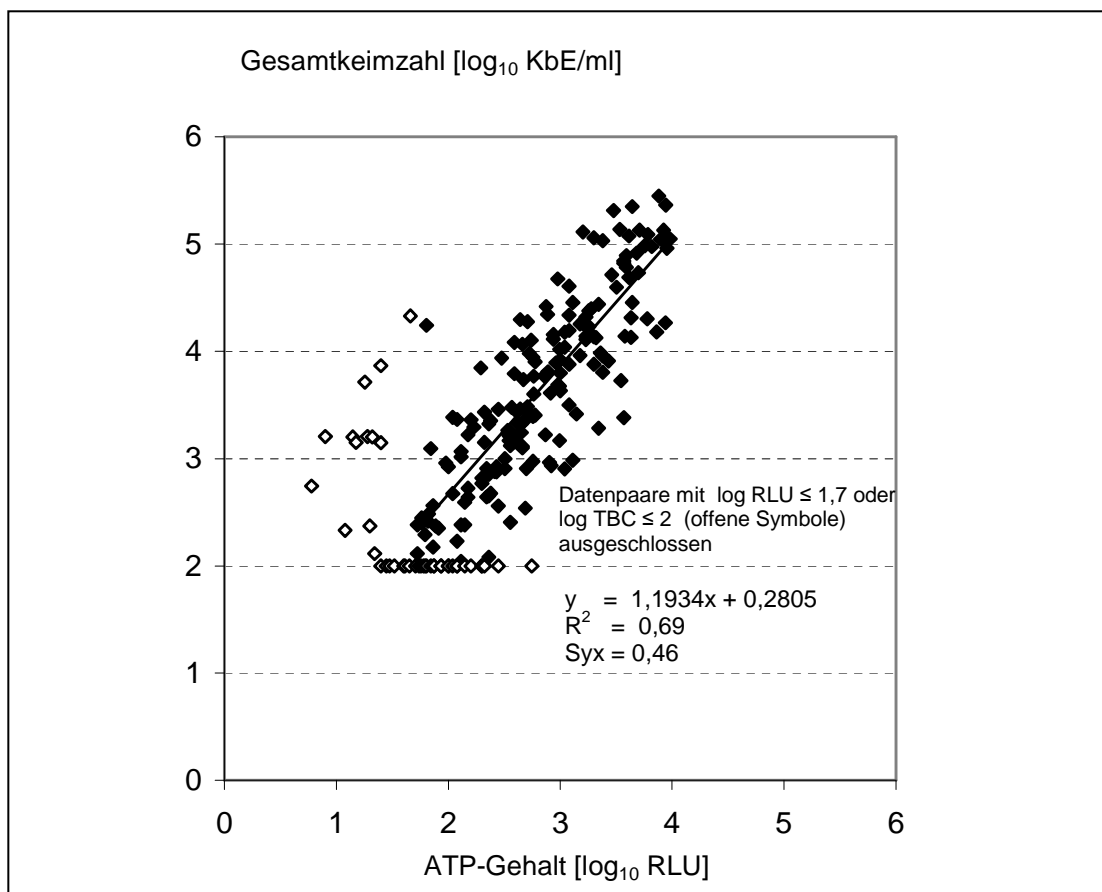


Abb. 10: Regression zwischen Gesamtkeimzahl und ATP-Gehalt ($n = 215$ Zitzentupferproben).

Das Bestimmtheitsmaß für die Ergebnisse der ATP-Messungen und der Gesamtkeimzahlen in Zitzentupfern aus den Vorversuchen errechnete sich mit $R^2 = 0,69$. Da es sich hier lediglich um Ergebnisse aus einem Betrieb handelte, wurde aufgrund des nicht sehr engen Zusammenhanges zwischen ATP-Gehalt und

Gesamtkeimzahl (Standardfehler des Mittelwertes $S_{yx} = 0,46$) in den Praxisbetrieben beide Methoden angewendet.

4.1.4.4 Prüfung der Übereinstimmung von ATP-Messergebnissen bei Lagerung der Zitzentupferproben

Um festzustellen, ob die Methode zur ATP-Bestimmung auch nach Lagerung und Kühlung der Proben vergleichbare Ergebnisse wie bei sofortiger Untersuchung liefert, wurden 32 Zitzentupferproben von Kühen des Versuchsgutes Schaedtbek an 2 aufeinander folgenden Tagen auf ihren ATP- Gehalt hin untersucht.

Messungen wurden unmittelbar nach der Probennahme sowie nach 24-stündiger Lagerung bei 6 °C durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 11 dargestellt. In der Mehrzahl der Proben war nach Lagerung ein geringerer ATP-Gehalt festzustellen. Die Absenkung schien umso größer zu sein, je höher der Ausgangs-ATP-Gehalt war. In den Praxisbetrieben wurde aus diesem Grunde die ATP-Messung unmittelbar nach der Probennahme durchgeführt.

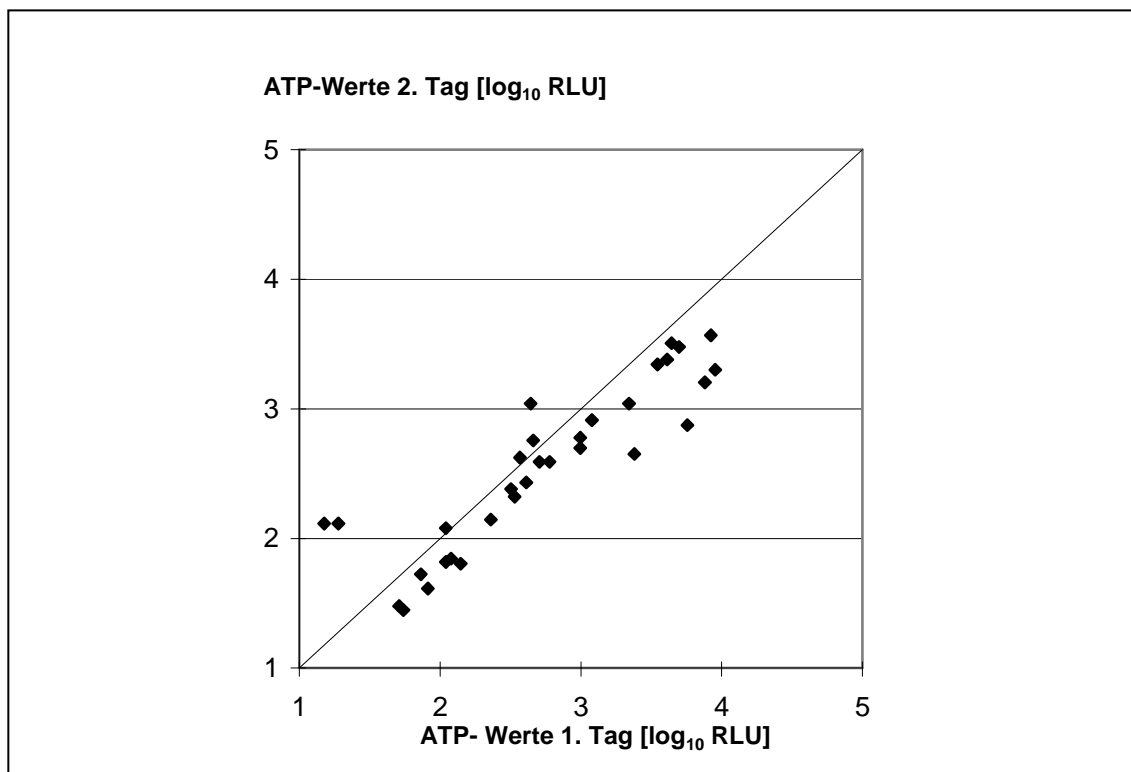


Abb. 11: ATP-Werte gemessen an 2 aufeinander folgenden Tagen (n = 32 Zitzentupferproben).

4.2 Beurteilung der Zitzenreinigungsverfahren von AMV

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus 18 Praxisbetrieben mit AMV, wobei 3 Betriebe je Hersteller untersucht wurden, beschrieben. Es handelt sich dabei um die Resultate einer Kombination aus Beurteilungssystemen, die sowohl hersteller- als auch betriebsabhängig dargestellt werden.

4.2.1 Visuelle Beurteilung der Euter- und Zitzensauberkeit sowie Sedimentbestimmung

4.2.1.1 Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller

In Abb. 12 und 13 sind die Ergebnisse der visuellen Beurteilung der Zitzen vor und nach der Reinigung sowie des Sedimenttests nach der Reinigung (Abb. 14) je Hersteller von AMV zusammengefasst dargestellt.

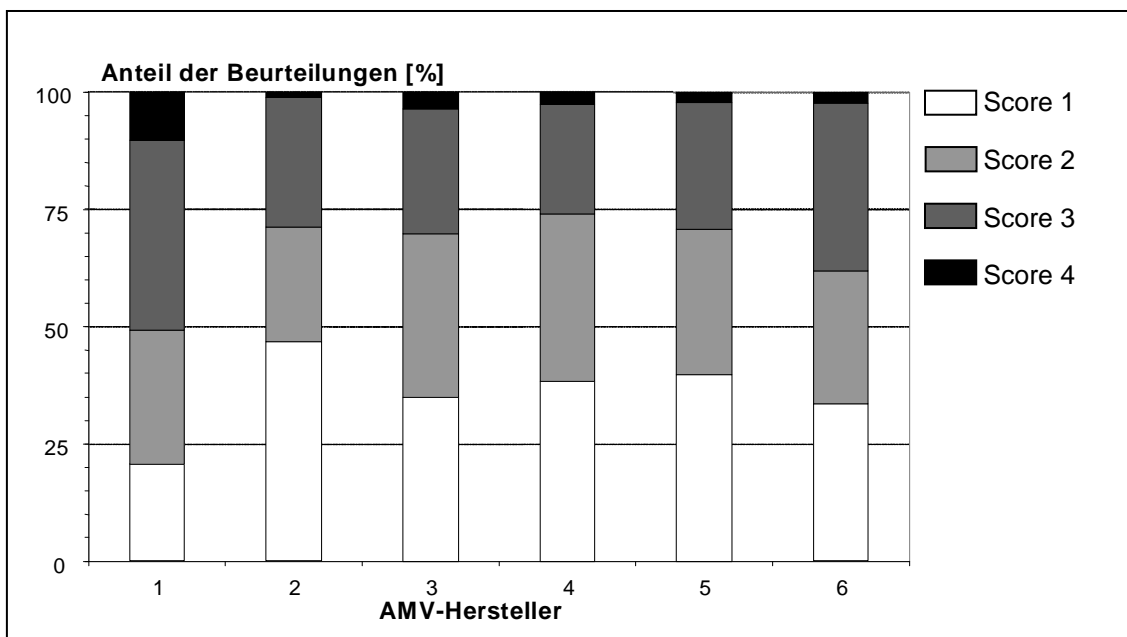


Abb. 12: Visuelle Beurteilung von Zitzen vor der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller.

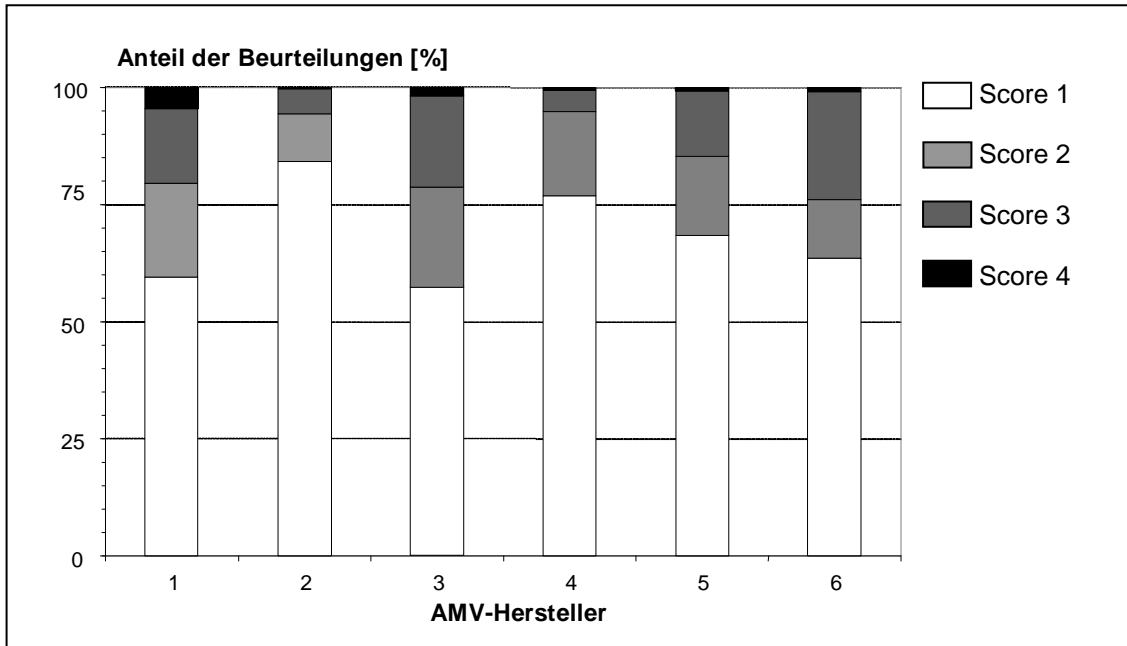


Abb. 13: Visuelle Beurteilung von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller.

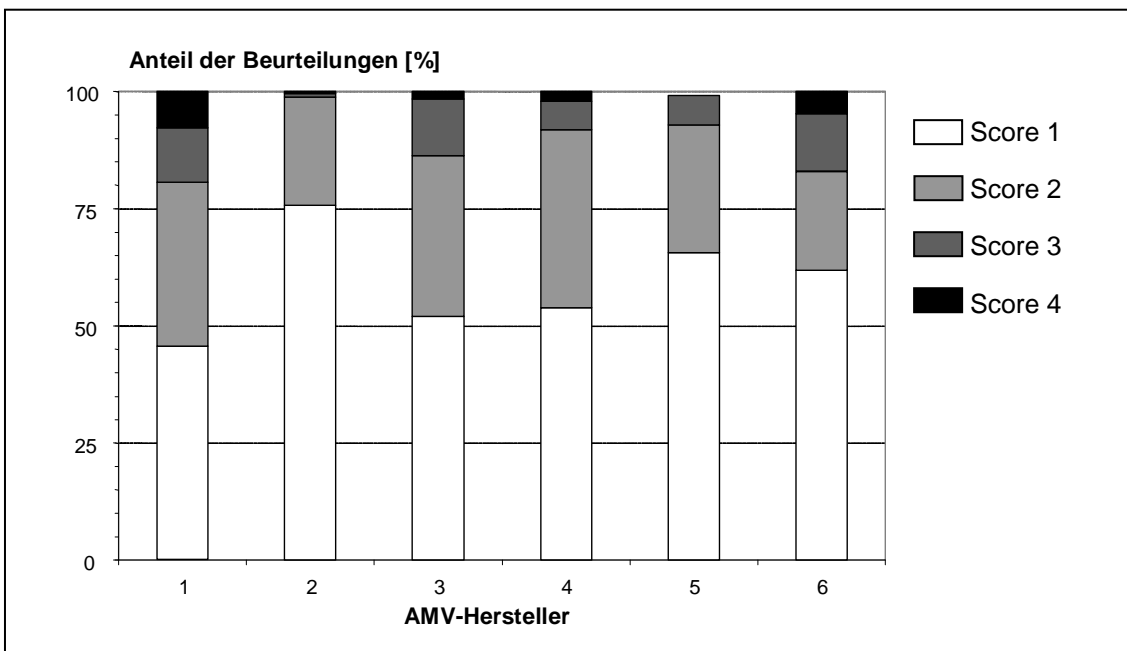


Abb. 14: Sedimenttests von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro AMV-Hersteller.

Der Anteil der bereits vor der Reinigung als sauber beurteilten Zitzen lag pro AMV-Hersteller zwischen 21 und 47 %, stark verschmutzte Zitzen wurden in 1–10 % der Fälle ermittelt. Dementsprechend fielen auch die Ergebnisse nach der Reinigung sowohl für die visuelle Beurteilung als auch für den Sedimenttest sehr unterschiedlich aus. Der Anteil visuell sauberer Zitzen betrug nach der Reinigung für alle Hersteller mehr als 57 %. Mit dem Sedimenttest wurde ein geringerer Anteil an sauberen Zitzen gefunden. Dagegen wurde ein höherer Anteil in Stufe 2 eingruppiert.

Alle Hersteller hatten nach der Reinigung immer noch einen geringen Prozentsatz an stark verschmutzten Zitzen zu verzeichnen.

4.2.1.2 Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb

Die Darstellung der entsprechenden Ergebnisse pro Betrieb zeigt, dass zwischen den Betrieben sehr große Unterschiede bestehen (Abb. 15–17).

Während vor der Reinigung der Anteil sauberer Zitzen in der Mehrzahl der Betriebe zwischen 25 und 50 % lag, erreichte Betrieb F einen Wert von 77 %. Andererseits lag der Anteil stark verschmutzter Zitzen zwischen 0 und 25 % pro Betrieb. Auffällig war Betrieb B mit einem Anteil von nur 6 % sauberen, aber 24 % stark verschmutzten Zitzen vor der Reinigung. Entsprechend fielen auch die Ergebnisse nach der Reinigung aus. In Betrieb B wurden mit visueller Beurteilung bzw. Sedimenttest lediglich 29 bzw. 20 % Zitzen als sauber beurteilt, während der Anteil mittelstark und stark verschmutzter Zitzen trotz Reinigung noch 40 % überstieg. Dagegen waren in den anderen Betrieben in der Regel nach der Reinigung mehr als 70 % der Zitzen sauber oder nur leicht verschmutzt, unabhängig davon, ob visuell oder mit Hilfe des Sedimenttests beurteilt wurde.

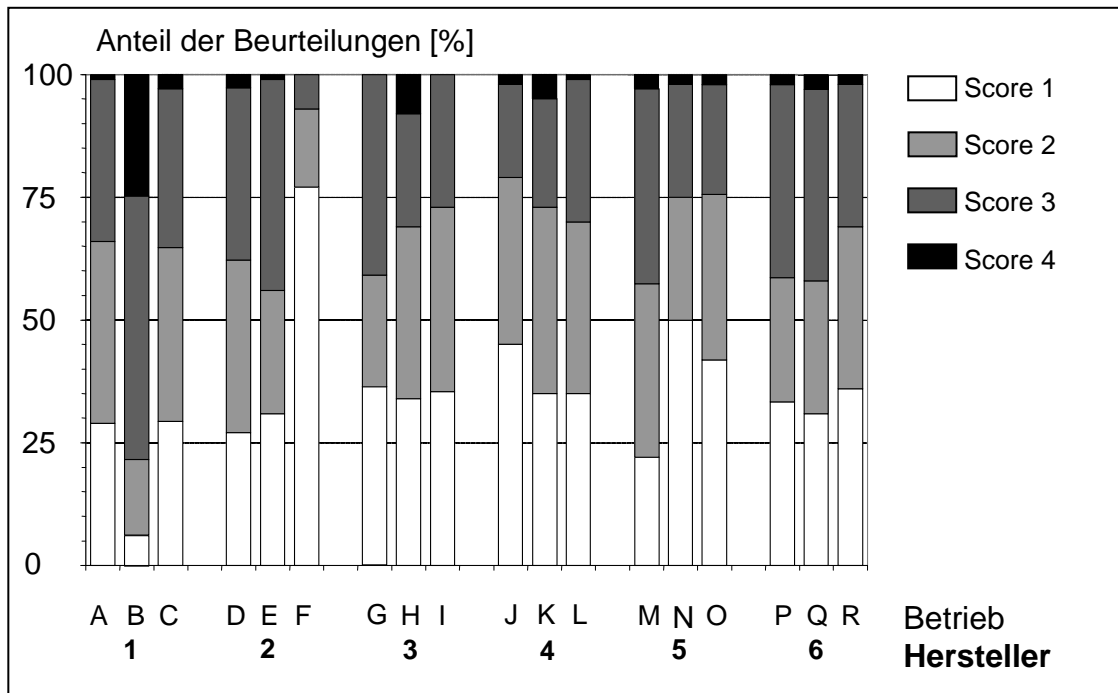


Abb. 15: Visuelle Beurteilung von Zitzen vor der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

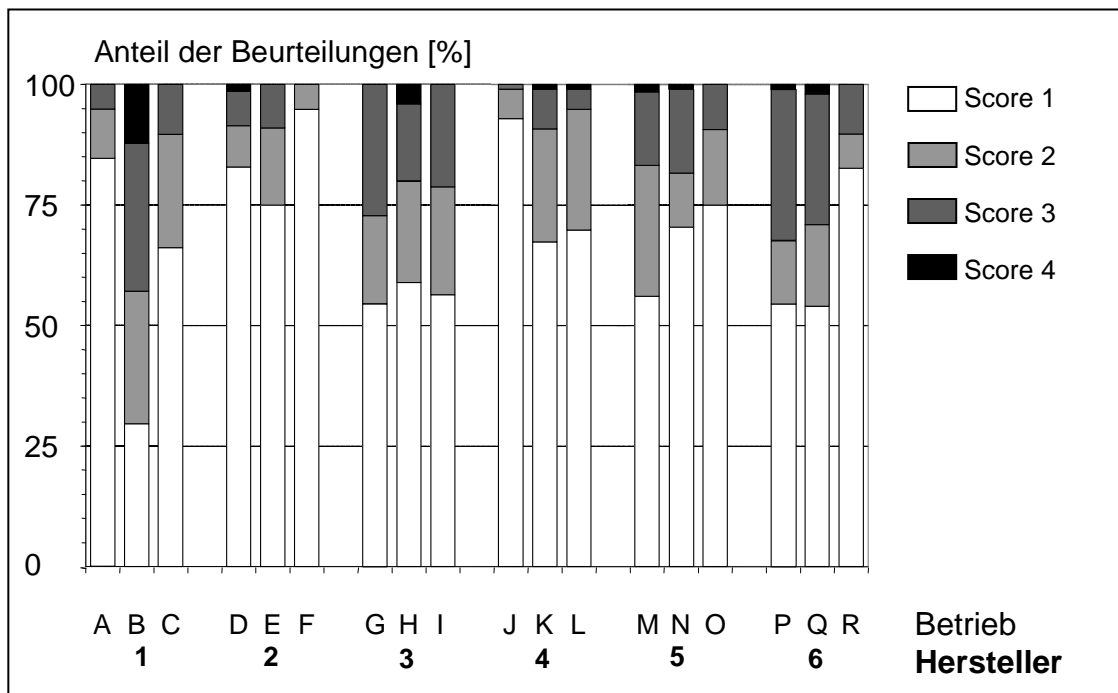


Abb. 16: Visuelle Beurteilung von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

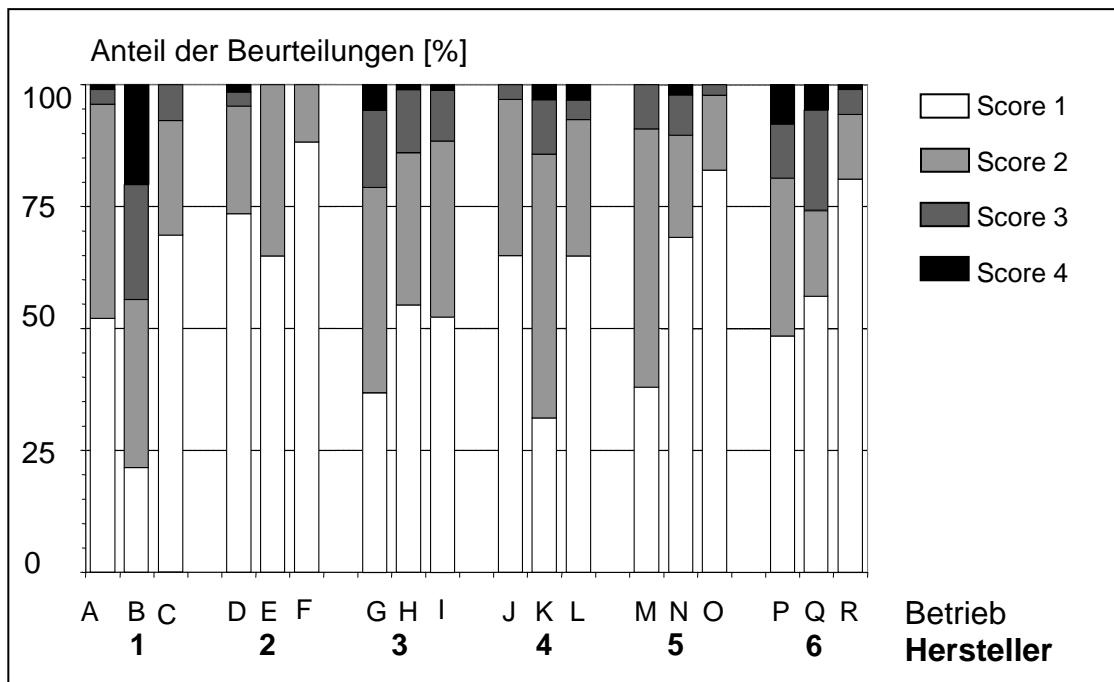


Abb. 17: Sedimenttests von Zitzen nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

4.2.1.3 Wirksamkeit der Zitzenreinigung – visuelle Verschmutzung der Zitzen

In Tab. 12 ist die Wirksamkeit der Zitzenreinigung als Reduktion der visuellen Verschmutzung für die 6 AMV-Hersteller zusammengefasst. Vor der Reinigung makroskopisch als sauber beurteilte Zitzen wurden in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da hier keine weitere Reduktion der Verschmutzung möglich war.

Tab. 12: Wirksamkeit der Zitzenreinigung als Reduktion der visuellen Verschmutzung.

| Hersteller | Anzahl Zitzen mit Beurteilungsstufe 2–4 vor der Reinigung | Differenz zwischen Beurteilungsstufen vor und nach der Reinigung (in % der Zitzen mit Beurteilungsstufe >1 vor der Reinigung) |
|------------|---|---|
| | | 0* ≥ 1** |
| 1 | 207 | 26,6 73,4 |
| 2 | 141 | 14,9 85,1 |
| 3 | 140 | 53,6 46,6 |
| 4 | 182 | 18,7 81,3 |
| 5 | 155 | 34,2 65,8 |
| 6 | 198 | 41,9 58,1 |

* 0 = keine Reduktion der visuellen Verschmutzung,

** ≥ 1 = Reduktion der visuellen Verschmutzung um mindestens eine Beurteilungsstufe


Gemäß dieser Auswertung zeigten die Hersteller 2 und 4 die besten Reinigungsergebnisse in Bezug auf die Reduktion der visuellen Verschmutzung. Bei über 80 % der verschmutzten Zitzen wurde die Verschmutzung durch den Reinigungsvorgang reduziert. Dagegen wurde bei den Herstellern 3 und 6 bei weniger als 60 % der Zitzen eine Reduktion der visuellen Verschmutzung erreicht. Insgesamt ist zu beachten, dass die Beurteilungsstufen nicht die gleiche Breite von Verschmutzung umfassen. Die Reduktion der Verschmutzung innerhalb einer Beurteilungsstufe bleibt unberücksichtigt.

4.2.1.4 Vergleich visuelle Beurteilung und Sedimenttest

In Tab. 13 sind die Ergebnisse der visuellen Beurteilung und des Sedimenttests für alle in den Praxisbetrieben durchgeführten Zitzenbeurteilungen nach der Reinigung gegenübergestellt.

Tab. 13: Vergleich der Ergebnisse von visueller Beurteilung und Sedimenttest von Zitzen nach der Reinigung (Daten aller Betriebe).

| Anzahl (n) | | Visuelle Beurteilungsstufen | | | | |
|--------------|---|-----------------------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | Σ |
| Prozent (%) | | | | | | |
| Sedimenttest | 1 | 824 | 79 | 10 | 1 | 914 |
| | | 53,4 | 5,1 | 0,7 | 0,1 | 59,2 |
| | 2 | 216 | 148 | 93 | 1 | 458 |
| | | 14,0 | 9,6 | 6,0 | 0,1 | 29,7 |
| | 3 | 18 | 24 | 80 | 4 | 126 |
| | | 1,2 | 1,6 | 5,2 | 0,3 | 8,2 |
| | 4 | 3 | 4 | 23 | 16 | 46 |
| | | 0,2 | 0,3 | 1,5 | 1,0 | 3,0 |
| Σ | | 1061 | 255 | 206 | 22 | 1544 |
| | | 68,7 | 16,5 | 13,3 | 1,4 | 100,0 |

 = übereinstimmende Beurteilungen

Zu insgesamt 69,2 % stimmten die mit beiden Methoden getroffenen Beurteilungen überein. Eine besonders gute Korrelation bestand für saubere Zitzen. Im Sedimenttest wurde die Sauberkeit zu 18,7 % mit einer höheren Beurteilungsstufe eingeschätzt und visuell zu 12,2 %. Mit mehr als einer Beurteilungsstufe Abweichung wurden 2,4 % der Zitzen bewertet.

Nach Zusammenfassung der Ergebnisse aller Betriebe waren 31 % aller Zitzen nach der Zitzenreinigung visuell nicht sauber. Mit dem Sedimenttest wurden nach der Zitzenreinigung in ca. 40 % der Proben Restverschmutzungen nachgewiesen.

4.2.2 Keimzahlbestimmung von Zitentupferproben

4.2.2.1 Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller

Die Abb. 18 und 19 zeigen die Verteilung der Gesamtkeimzahlen in Zitentupferproben vor und nach der Reinigung für die einzelnen Hersteller. Sowohl vor als auch nach der Säubern war eine große Streuung der mikrobiellen Belastung zu beobachten. Die Unterschiede zwischen Minimal- und Maximalwerten betragen bis zu 5 Log-Stufen.

In Abb. 20 ist der Reinigungseffekt, ausgedrückt als die Differenz zwischen der Gesamtkeimzahl vor der Reinigung (\log_{10} KbE/ml) und der Gesamtkeimzahl nach der Reinigung (\log_{10} KbE/ml), dargestellt. Negative Werte zeigen, dass die Kontamination der Zitzen nach der Reinigung höher ausfiel als vor der Reinigung. Bei allen Herstellern traten auch negative Ergebnisse auf, jedoch betrug der Anteil dieser Resultate bei den Herstellern 3 und 4 ca. 50 % der Reinigungsvorgänge. Bei diesen beiden Firmen waren die entsprechenden Mittelwerte der Reinigungseffektivität nahe bei Null angesiedelt.

Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, dass sich die Verschmutzung auf den Zitzenoberflächen nicht gleichmäßig verteilt und bereits aus diesem Grund nach der Reinigung unter Umständen höhere Werte gefunden wurden als vorher.

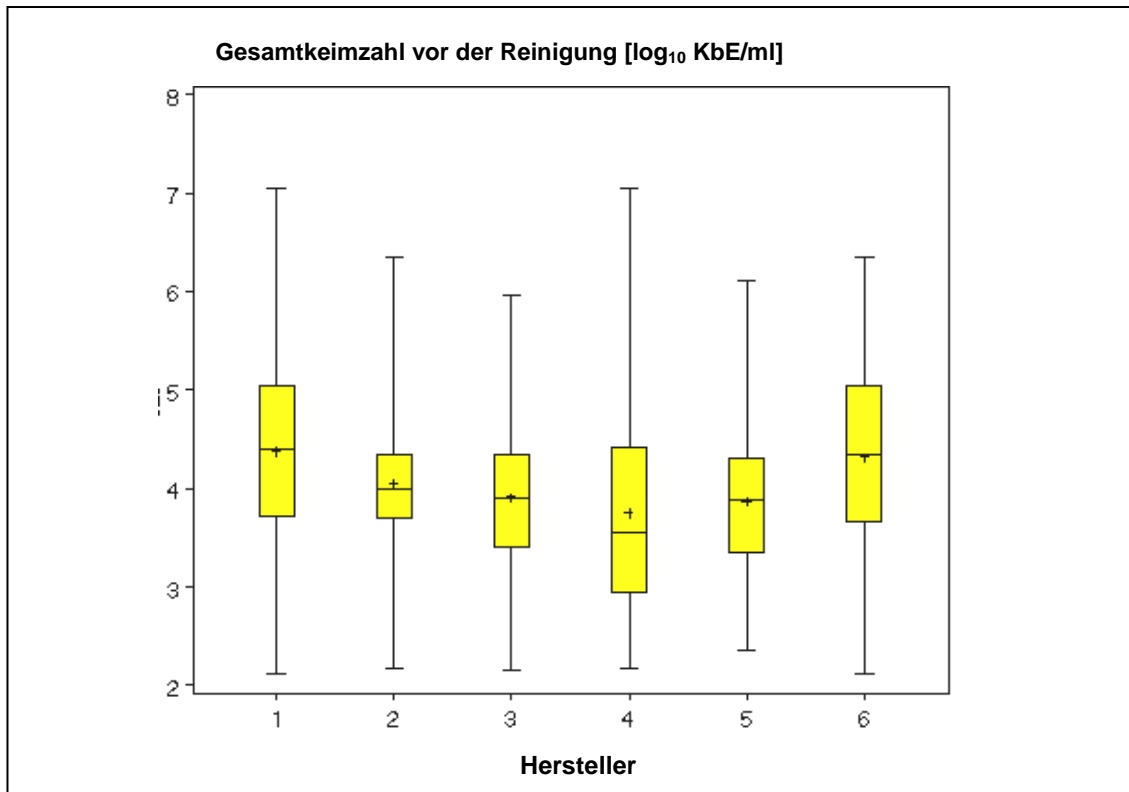


Abb. 18: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

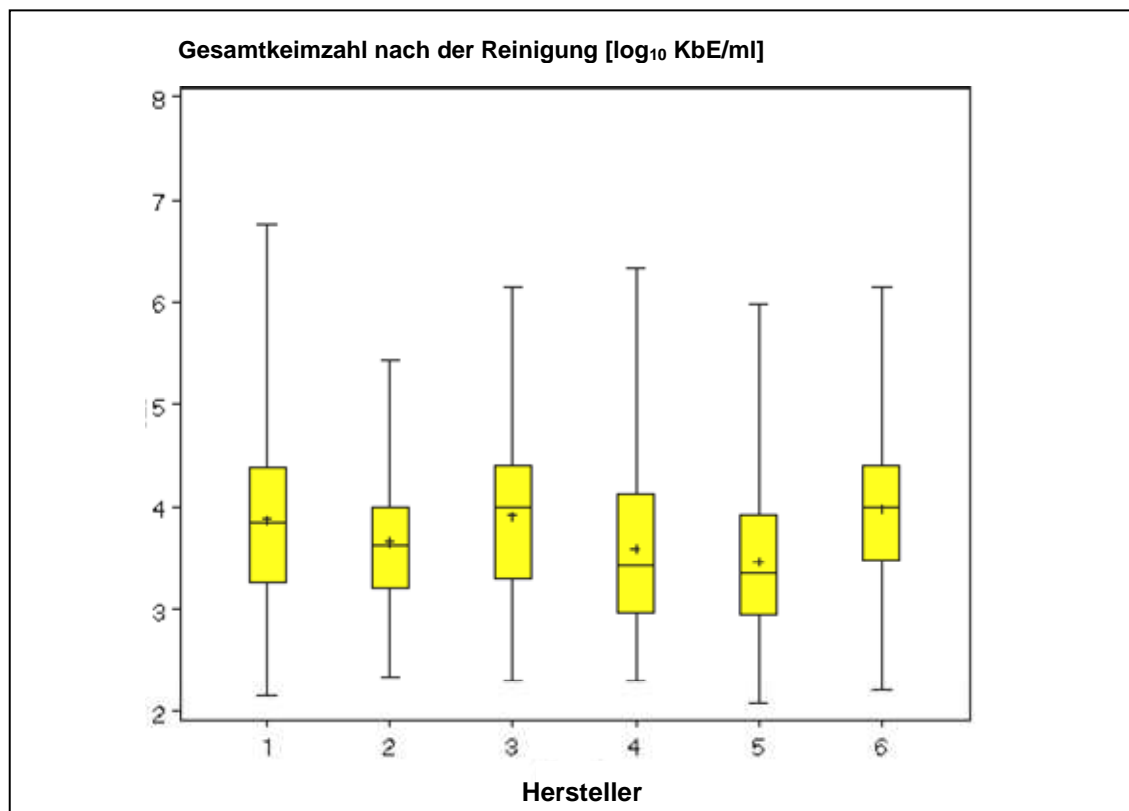


Abb. 19: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

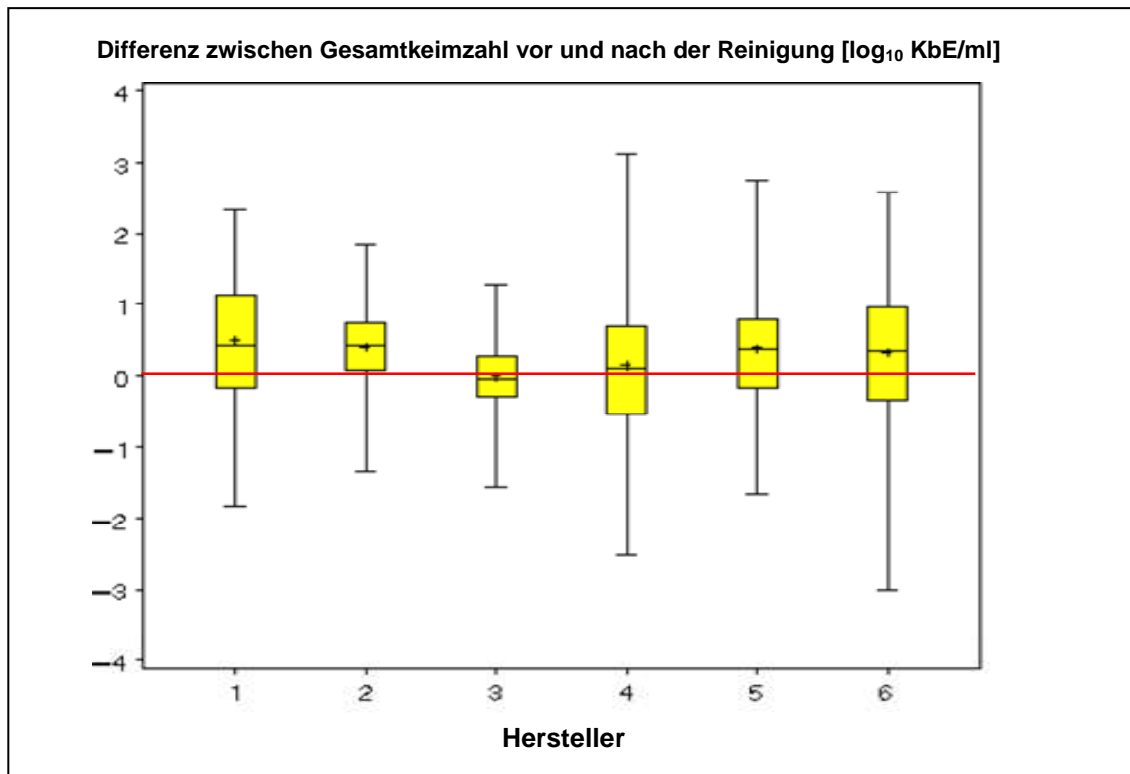


Abb. 20: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz zwischen der Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

Besonders deutlich zeigen sich die Unterschiede bei der Betrachtung der Datenpaare pro Zitze. So sind beim Vergleich von Hersteller 3 und 5 in Abb. 21 Unterschiede in der Reinigungswirksamkeit zu erkennen. So lassen sich bei Hersteller 3 kaum Säuberungseffekte in Log-Stufenbereich finden. Hersteller 5 erreichte dagegen durch den Reinigungsprozess z. T. eine Reduktion der Gesamtkeimzahl von über 2 Log-Stufen. Allerdings gibt es bei den zwei Firmen eine Anzahl an Proben, bei denen nach der Reinigung ein höherer Gesamtkeimgehalt gefunden wurde als davor.

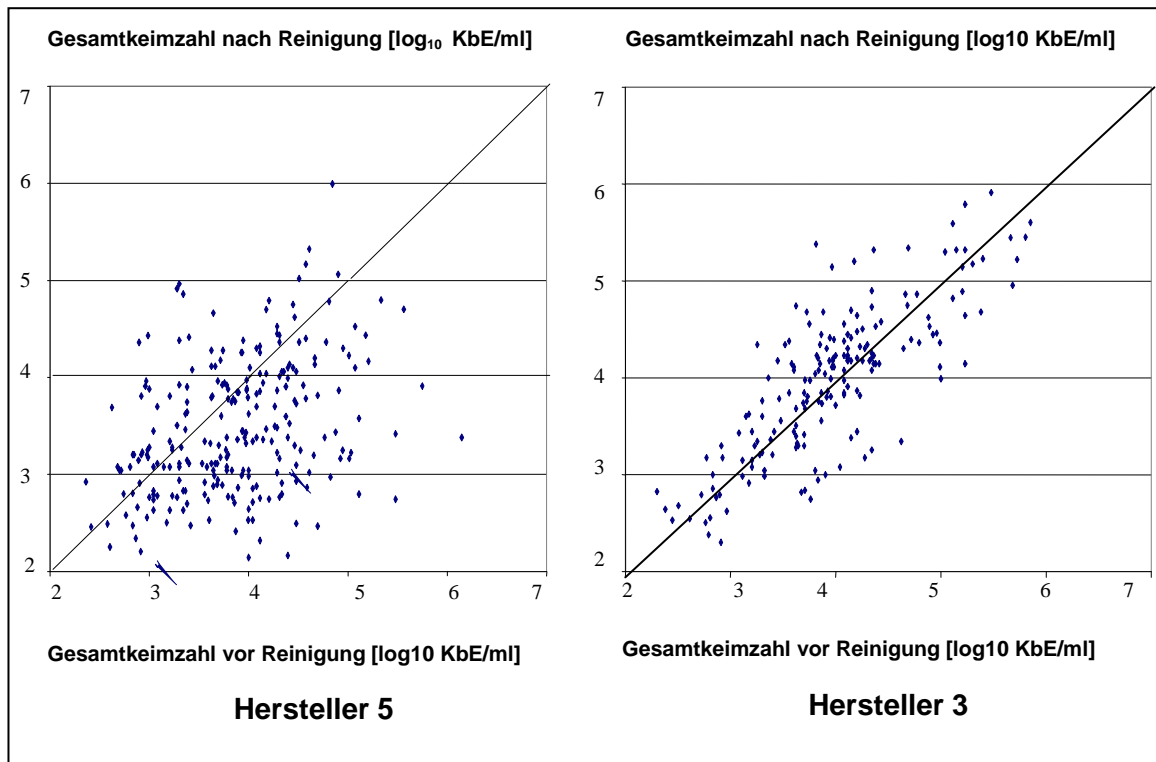


Abb. 21: Wirksamkeit der Reinigung – Gesamtkeimgehalt in Zitzentupferproben vor (Abszisse) und nach der Reinigung (Ordinate)– Hersteller 5 und 3 im Vergleich.

4.2.2.2 Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb

Die Verteilung der Gesamtkeimzahlen (\log_{10} KbE/ml) in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung ist in den Abb. 22 und 23 pro Betrieb dargestellt. Wie bereits mit der visuellen Beurteilung festgestellt, schwankte bereits die Ausgangskontamination der Zitzen innerhalb eines Betriebes und zwischen den Betrieben sehr stark. Unterschiede in der Verteilung der Keimzahlen zwischen den jeweils 3 Betrieben, die mit dem System desselben Herstellers arbeiteten, wurden sowohl vor als auch nach der Reinigung beobachtet.

In Abb. 24 ist der Reinigungseffekt ausgedrückt als die Differenz zwischen den Gesamtkeimzahlen vor und nach der Reinigung (\log_{10} KbE/ml). Auch hier zeigen negative Werte, dass die Kontamination der Zitzen nach der Reinigung höher als vor der Reinigung ausfiel.

Die Betriebe B, G, H, I, K, L, N, und Q wiesen einen hohen Prozentsatz an negativen Ergebnissen, d.h. eine höhere Kontamination der Zitzen nach der Reinigung auf. Der größte Anteil dieser Betriebe hatte bereits vor der Reinigung eine relativ geringe Ausgangskontamination.

Auch in diesen Fällen ist zu berücksichtigen, dass durch das Tupfern von unterschiedlichen Zitzenseiten vor und nach der Reinigung möglicherweise die höhere Kontamination der Zitze nach der Reinigung durch eine ungleiche Verteilung der Verschmutzung verursacht wurde.

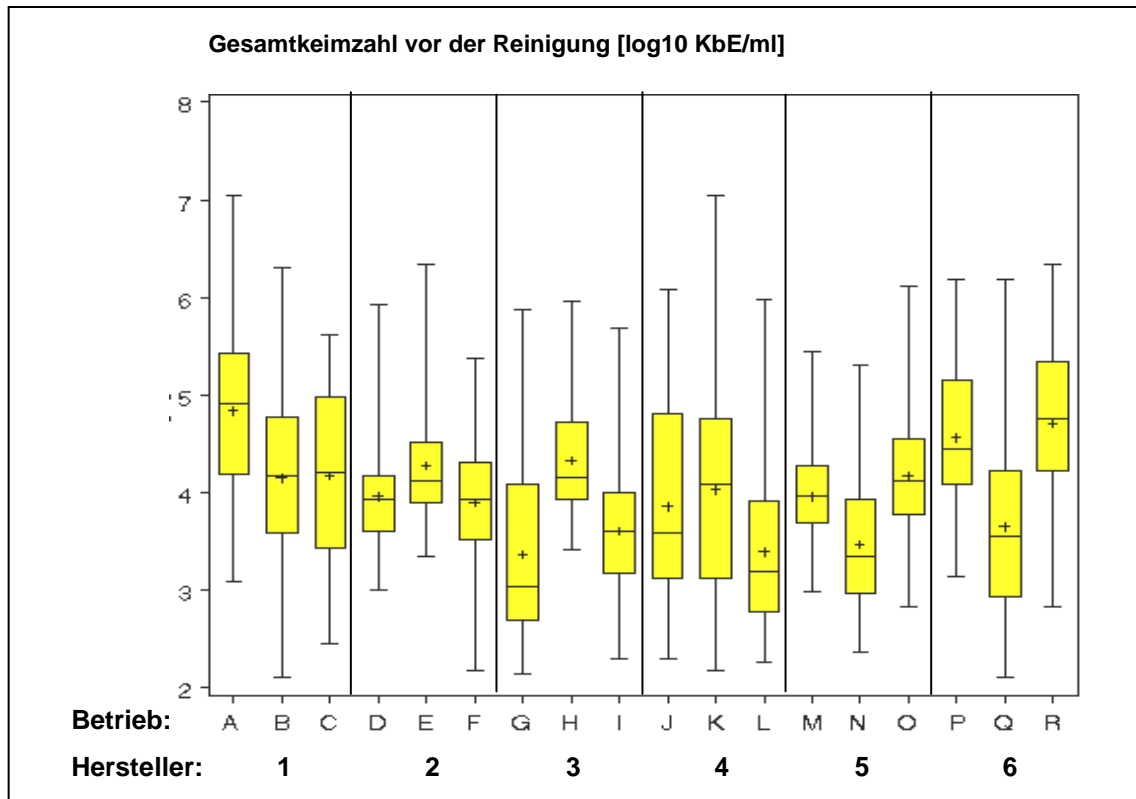


Abb. 22: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

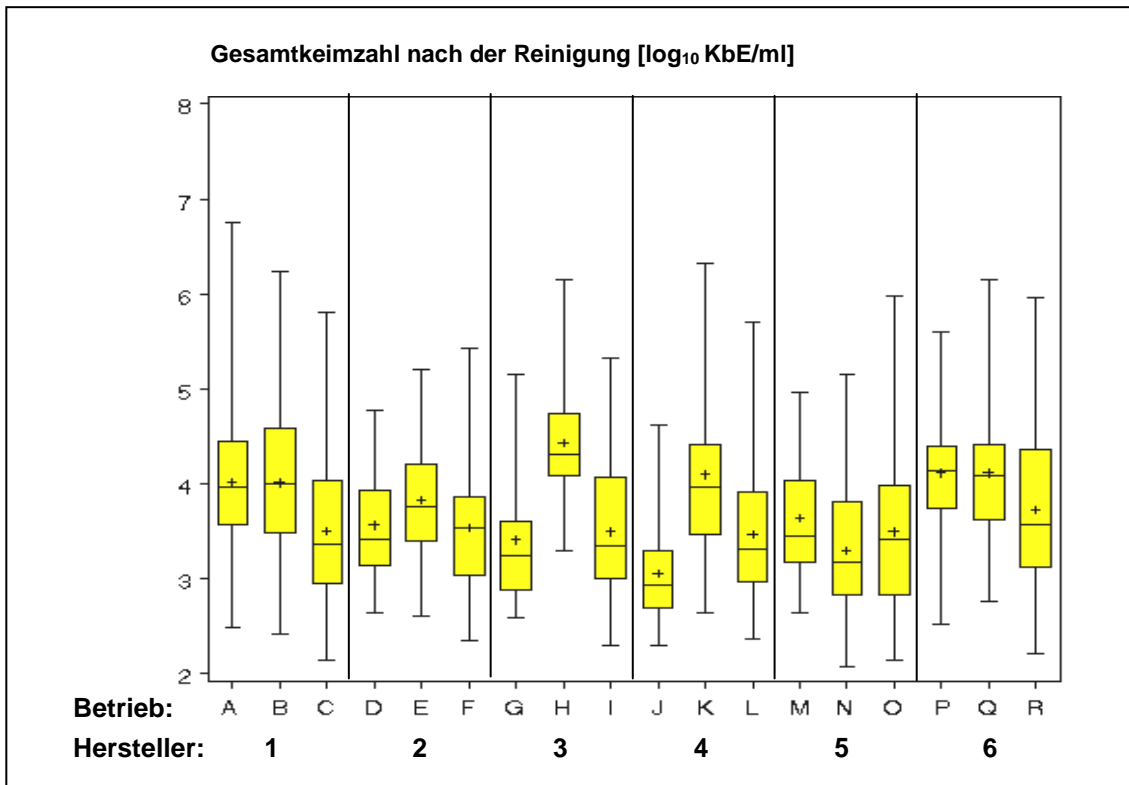


Abb. 23: Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb

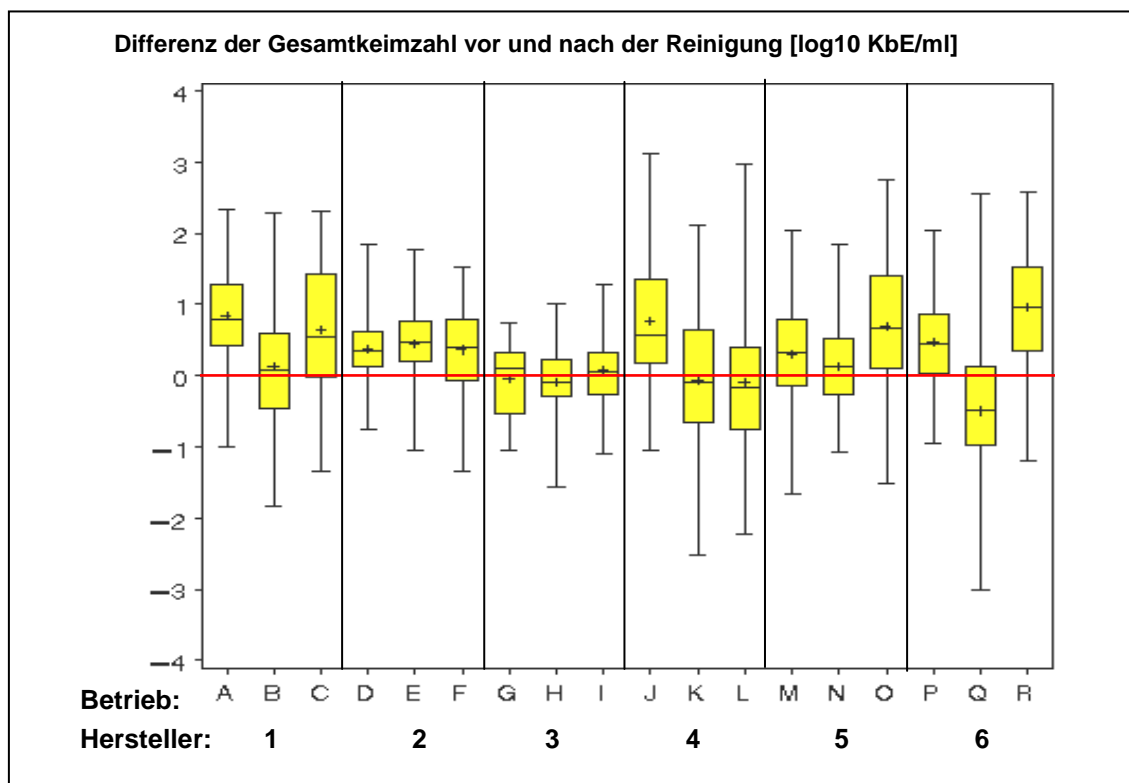


Abb. 24: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz zwischen Gesamtkeimzahl in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

4.2.3 ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben

Zur quantitativen Beurteilung der Zitzenverschmutzung wurde vor Ort in den Betrieben auch die ATP-Messung an Zitzentupferproben eingesetzt.

4.2.3.1 Verteilung der Ergebnisse pro Hersteller

Die Ergebnisse der ATP-Messung vor und nach der Reinigung sind in den Abb. 25 und Abb. 26 für die einzelnen Hersteller zusammenfassend dargestellt. Sowohl vor als auch nach der Reinigung wurde ein weites Spektrum an unterschiedlichen Verschmutzungsgraden nachgewiesen, das bis zu 5 Log-Stufen umfasste. Abb. 27 zeigt den Reinigungseffekt ausgedrückt als Differenz zwischen den ATP-Gehalten vor der Reinigung (\log_{10} Kbe/ml) und den ATP-Gehalten nach der Reinigung (\log_{10} Kbe/ml).

Bei allen Firmen wurden dabei auch negative Werte, das bedeutet eine höhere Verschmutzung nach als vor der Reinigung ermittelt, jedoch war der Anteil geringer als bei der auf der Bestimmung der Gesamtkeimzahlen beruhenden Beurteilung.

Im Vergleich der Hersteller untereinander schnitten auch bei diesem Beurteilungsverfahren Hersteller 3 und 4 am schlechtesten ab, was mit der Gesamtkeimzahl, aber nicht der visuellen Bewertung (Hersteller 3 und 6 am schlechtesten) korrelierte.

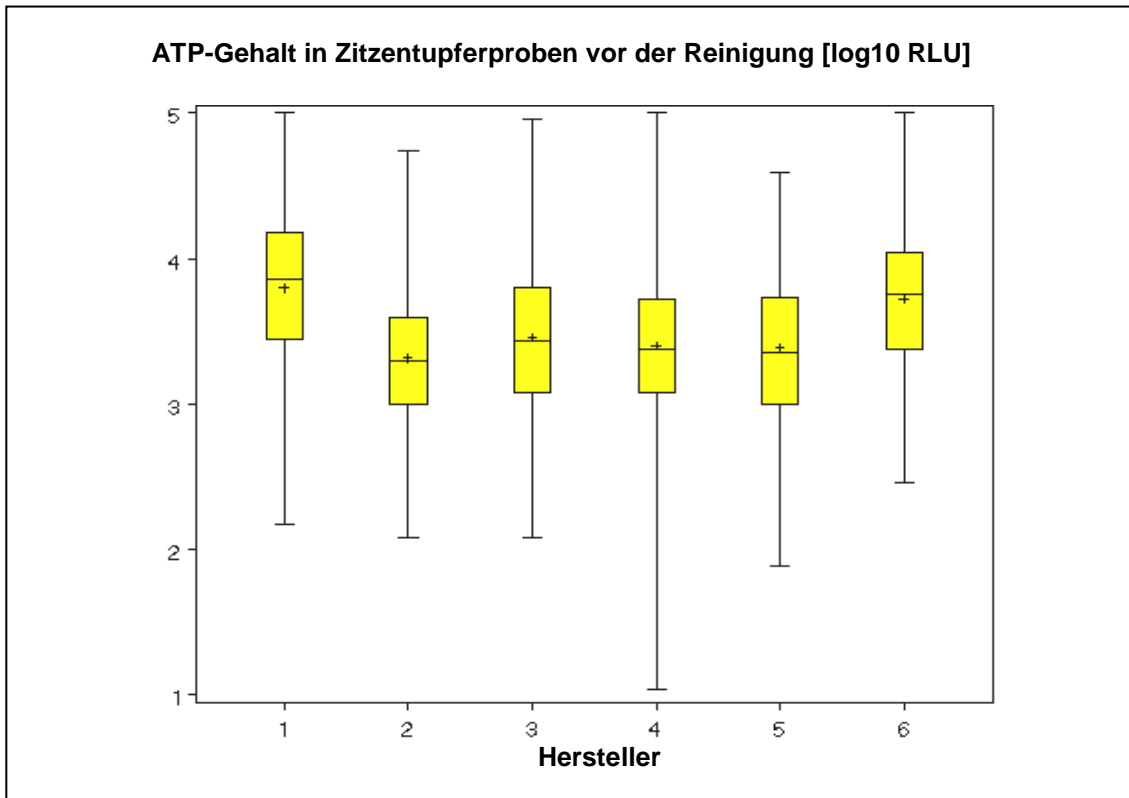


Abb. 25: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben vor der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

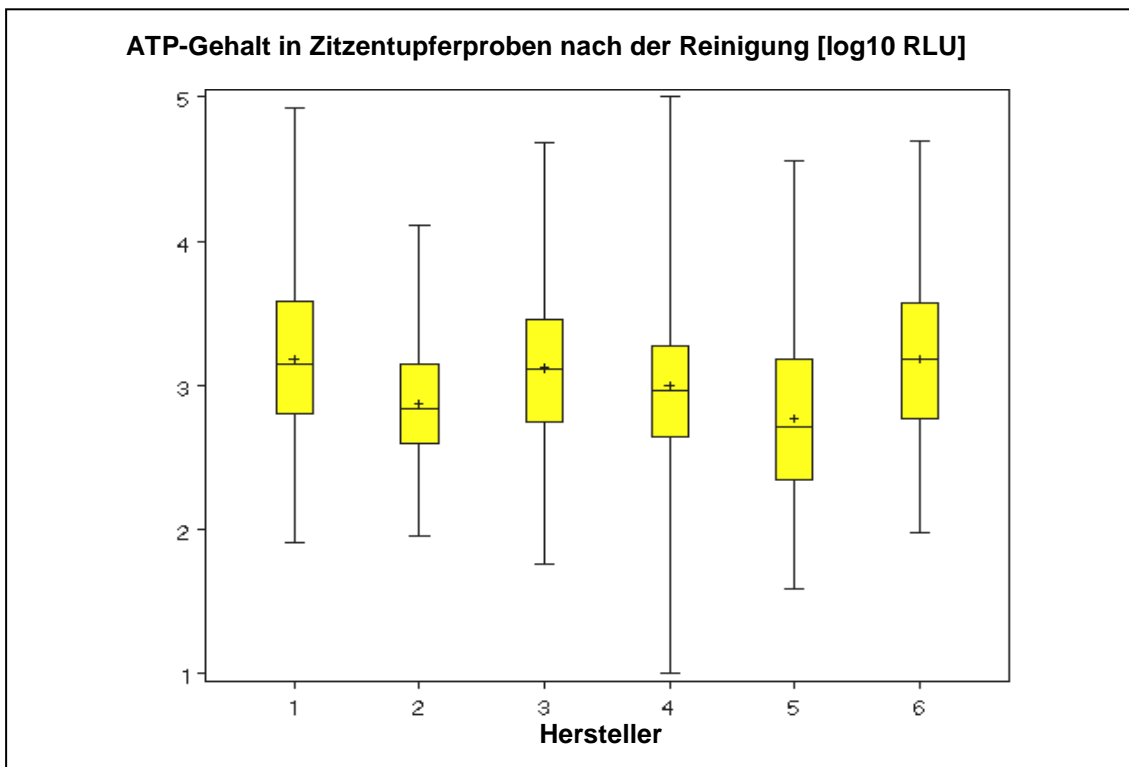


Abb. 26: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

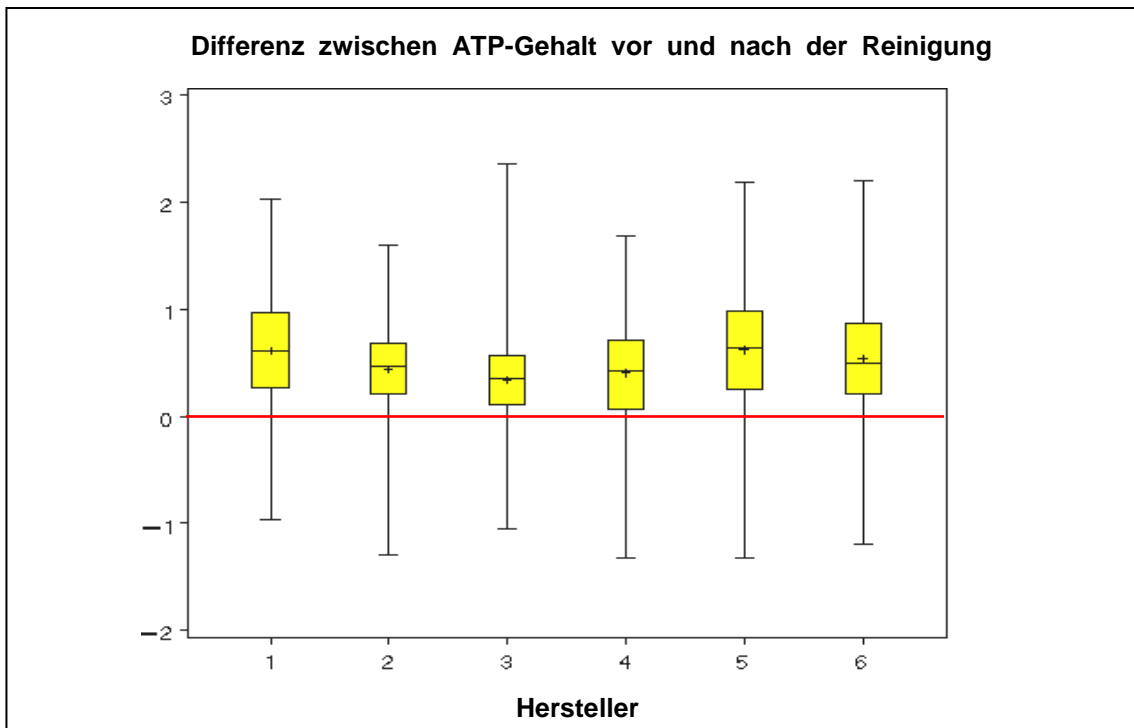


Abb. 27: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz von ATP-Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Hersteller.

4.2.3.2 Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb

Abb. 28 und 29 zeigen für sämtliche Betriebe die Verteilung der ATP-Gehalte in Zitzentupferproben vor der Reinigung und nach der Reinigung.

Zwischen den einzelnen Betrieben sind auch hier, wie bei den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen, starke Unterschiede zu erkennen. Die Reinigungseffektivität ist in Abb. 30 dargestellt als die Differenz der ATP-Gehalte vor und nach der Reinigung. Auch hier wurden in bis zu einem Viertel der Proben pro Betrieb nach der Reinigung höhere ATP-Gehalte festgestellt als zuvor.

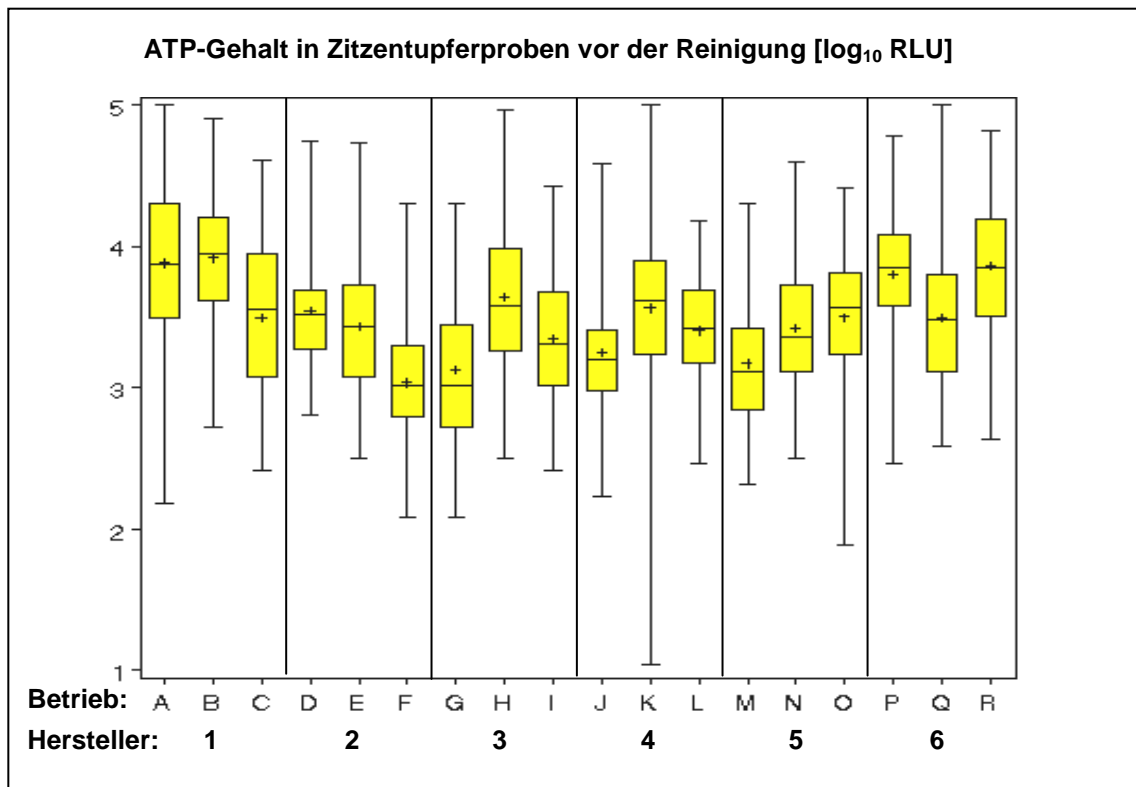


Abb. 28: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben vor der Reinigung - Ergebnisse pro Betrieb.

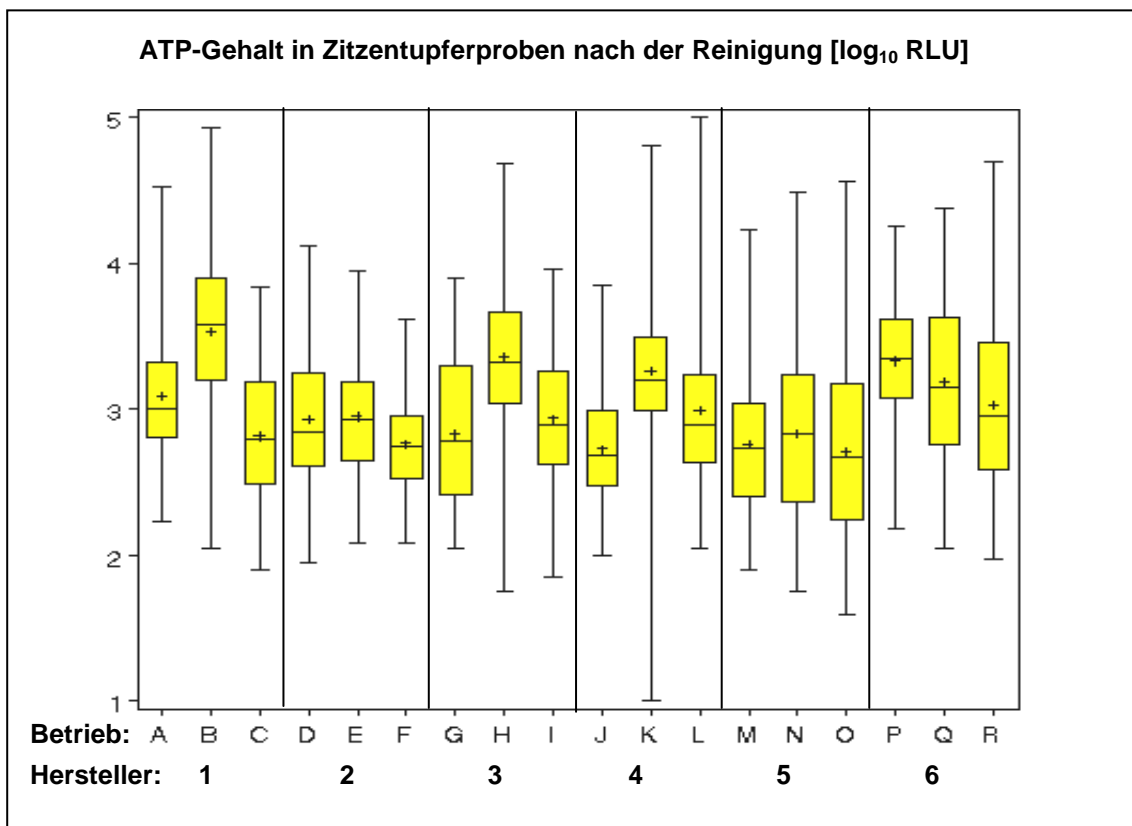


Abb. 29: ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben nach der Reinigung - Ergebnisse pro Betrieb.

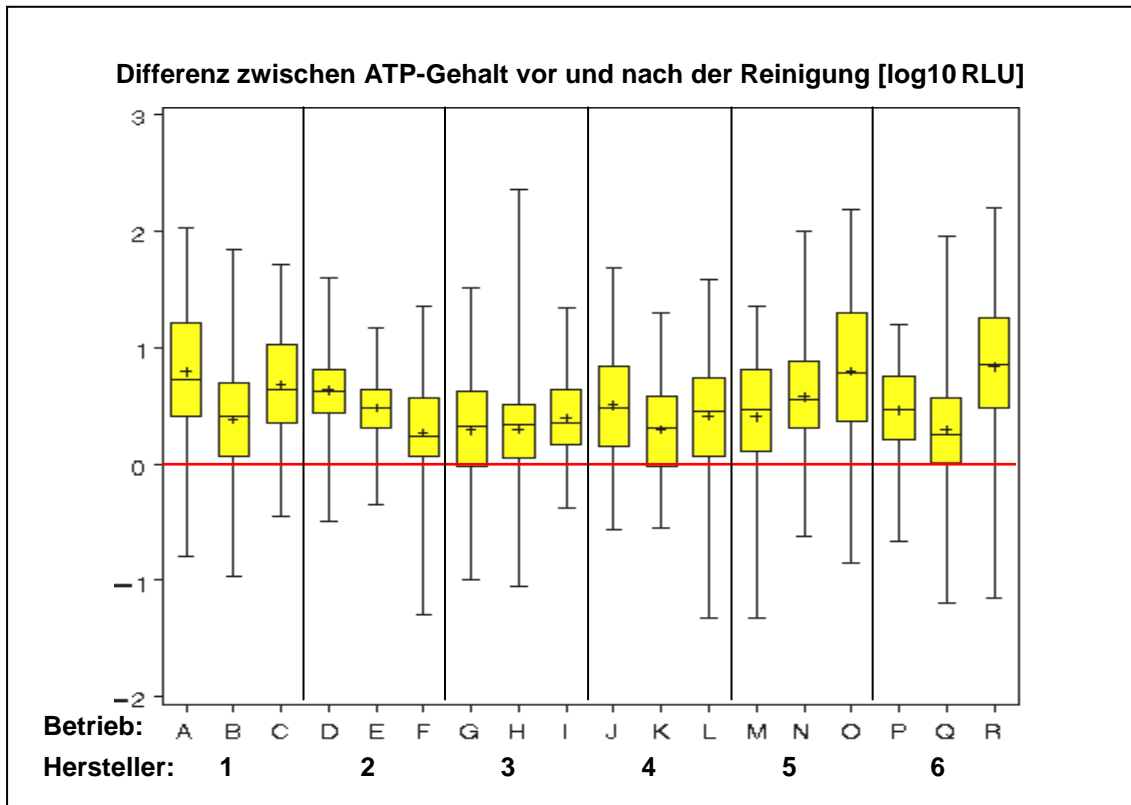


Abb. 30: Wirksamkeit der Zitzenreinigung basierend auf der Differenz von ATP – Gehalt in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung – Ergebnisse pro Betrieb.

4.2.4 Zusammenhang zwischen Gesamtkeimgehalt und ATP-Gehalt in Zitzentupferproben

Um zu prüfen, ob in zukünftigen Untersuchungen für die Beurteilung der Zitzensauberkeit die aufwendige Gesamtkeimzahlbestimmung durch die schnelle ATP-Bestimmung ersetzt werden kann, wurden die Ergebnisse beider Methoden miteinander verglichen. Abb. 31 zeigt die Korrelation zwischen ATP-Gehalten und Gesamtkeimgehalten in Zitzentupferproben vor bzw. nach der Zitzenreinigung. Es wurden die Daten der Zitzentupfer, die in den Betrieben mit AMV genommen wurden, verwendet. Zum Vergleich sei auf den entsprechenden Vorversuch 4.1.4.3 (Abb. 10) verwiesen.

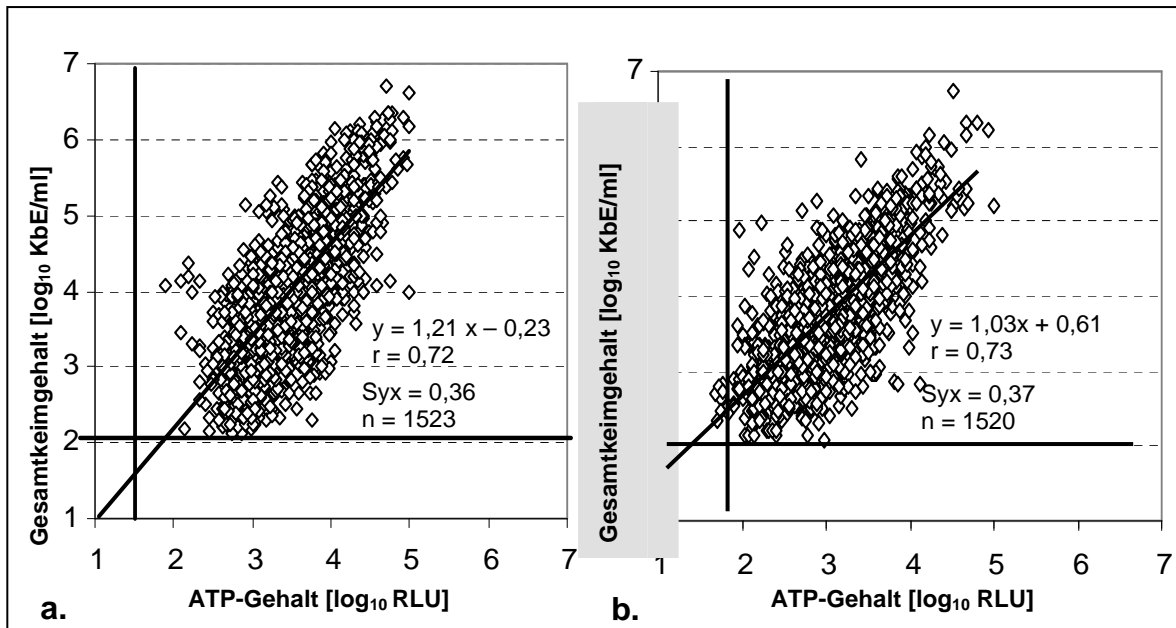


Abb. 31: Korrelation zwischen ATP-Gehalt (Abszisse) und Gesamtkeimgehalt (Ordinate) in Zitzentupferproben vor (a) und nach der Reinigung (b) – alle Daten wurden verwendet - ausgeschlossen sind Daten mit GKZ < 2 und ATP < 1,7 – Vergleich zu Zusammenhang aus Vorversuchen, vgl. Abbildung 10.

Die Zusammenhänge zwischen ATP-Gehalt und Gesamtkeimgehalt unterscheiden sich zwischen vor und nach der Reinigung entnommenen Zitzentupferproben nur wenig. Die Korrelation beträgt für beide Versuchsreihen etwa 0,7. Der Standardfehler Syx liegt mit 0,36 bzw. 0,37 relativ hoch.

4.2.5 Varianzanalyse

Um zu ermitteln, welche Faktoren signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert sind, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt (s. Kap. 3.3.1.2).

Als Faktoren wurden die AMV-Hersteller, der Betrieb pro Hersteller und das untersuchte Euterviertel (vorne oder hinten) in die Analyse einbezogen. Als Kovariable wurde die Ausgangsvermutzung in Form des Gesamtkeimgehaltes vor der Reinigung (\log_{10} KbE/ml), beziehungsweise des ATP-Gehaltes vor der Reinigung (\log_{10} RLU), eingesetzt.

Basierend auf der Untersuchung des Gesamtkeimgehaltes erklärte die Varianzanalyse 50 % der Varianz der Wirksamkeit der Reinigung. Die Faktoren AMV-Hersteller, Betrieb und die Ausgangskontamination der Zitzen waren signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert. Zwischen vorderem und hinterem Viertel wurde kein statistisch gesicherter Unterschied festgestellt. Die wichtigsten Faktoren waren die

Ausgangskontamination der Zitzen und der einzelne Betrieb, denn nach Ausschluss des Faktors Hersteller erklärten diese beiden Faktoren noch immer 50 % der Varianz.

Wurde die Bestimmung des ATP-Gehaltes zugrunde gelegt, wurden durch die Varianzanalyse 32 % der Varianz erklärt. Zusätzlich zu dem AMV-Hersteller, dem Betrieb und der Ausgangskontamination (ATP-Gehalt vor der Reinigung) war hier auch die Position des Euterviertels signifikant mit der Zitzenreinigungseffektivität assoziiert. So zeigte sich der Reinigungseffekt an den vorderen Zitzen höher ($LSQ_M = 0,54$) als an den hinteren Zitzen ($LSQ_M = 0,46$) mit $p < 0,05$.

Wie bei der Gesamtkeimzahl waren auch hier die Ausgangskontamination und der einzelne Betrieb die wichtigsten Faktoren, die nach Ausschluss des Herstellers immer noch 32 % der Varianz erklärten.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse hinsichtlich der Wirksamkeit der Reinigung sind für die einzelnen Hersteller in Tab. 14 zusammengefasst. In der Tabelle zeigen sich zwischen den Herstellern hinsichtlich der Reinigungseffektivität bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ teilweise signifikante Unterschiede.

Tab. 14: Wirksamkeit der Reinigung basierend auf der Bestimmung des Gesamtkeimgehaltes bzw. des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben – pro Hersteller

| AMV-Hersteller | Reinigungseffektivität – Least Square Means (LSQ_M) \pm Standardfehler | |
|----------------|---|-------------------------|
| | Gesamtkeimgehalt ¹ | ATP-Gehalt ² |
| 1 | 0,36 \pm 0,04 | 0,51 \pm 0,03 |
| 2 | 0,41 \pm 0,04 | 0,55 \pm 0,03 |
| 3 | 0,15 \pm 0,05 | 0,40 \pm 0,04 |
| 4 | 0,37 \pm 0,04 | 0,46 \pm 0,03 |
| 5 | 0,48 \pm 0,04 | 0,67 \pm 0,03 |
| 6 | 0,17 \pm 0,04 | 0,44 \pm 0,03 |

¹ Differenz der Gesamtkeimzahlen in \log_{10} KbE/ml vor der Reinigung und \log_{10} KbE/ml nach der Reinigung

² Differenz der ATP-Gehalte in \log_{10} RLU vor der Reinigung und \log_{10} RLU nach der Reinigung

Die Einordnung der Hersteller bezüglich der Effektivität der Reinigung anhand beider Analyseverfahren ähnelt sich. So ließen die Hersteller 2 und 5 mit beiden Kriterien die wirksamste Reinigung erkennen, während 3 und 6 die schlechtesten Ergebnisse zeigten.

Bezogen auf den Hersteller ergibt sich für den Reinigungseffekt bezogen auf Gesamtkeimgehalt und ATP eine ähnliche Bewertung auf Grund der visuellen Beurteilung der Zitzenverschmutzung. In Tab. 15 sind die Rangordnungen der Firmen

hinsichtlich der Reinigungswirkung pro Beurteilungsverfahren vergleichend aufgelistet. Wird pro Hersteller aus den drei Analysetechniken eine mittlere Rangfolge berechnet, so liegen die ATP-Gehalte am besten im Durchschnittstrend.

Tab. 15: Rangordnung der Hersteller je Beurteilungsverfahren hinsichtlich der Effektivität der Reinigung.

| Rangordnung der AMV- Hersteller | Beurteilungsverfahren | | | Σ |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|---|
| | visuelle Beurteilung | Gesamtkeimgehalt | ATP-Gehalt | |
| 1. | 2 | 5 | 5 | 5 |
| 2. | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 3. | 1 | 4 | 1 | 1 |
| 4. | 5 | 1 | 4 | 4 |
| 5. | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 6. | 3 | 3 | 3 | 3 |

In Tab. 16 sind die Ergebnisse der Varianzanalyse hinsichtlich der Wirksamkeit der Reinigung für die einzelnen Betriebe innerhalb der verschiedenen Hersteller dargestellt. Bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ zeigen sich teilweise signifikante Unterschiede zwischen den Betrieben.

Tab. 16: Wirksamkeit der Reinigung basierend auf der Bestimmung des Gesamtkeimgehaltes bzw. des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben – pro Betrieb.

| AMV-Hersteller | Betrieb | Reinigungseffektivität – Least Square Means (LSQ _M) ± Standardfehler | |
|----------------|---------|---|-------------------------|
| | | Gesamtkeimgehalt ¹ | ATP-Gehalt ² |
| | | 1 | A |
| | B | 0,08 ± 0,06 | 0,20 ± 0,04 |
| | C | 0,58 ± 0,08 | 0,69 ± 0,05 |
| 2 | D | 0,44 ± 0,07 | 0,62 ± 0,05 |
| | E | 0,33 ± 0,06 | 0,52 ± 0,04 |
| | F | 0,45 ± 0,06 | 0,50 ± 0,04 |
| 3 | G | 0,35 ± 0,13 | 0,48 ± 0,09 |
| | H | -0,24 ± 0,06 | 0,23 ± 0,04 |
| | I | 0,34 ± 0,06 | 0,48 ± 0,05 |

| AMV-Hersteller | Betrieb | Reinigungseffektivität – Least Square Means (LSQ _M) ± Standardfehler | |
|----------------|---------|---|-------------------------|
| | | Gesamtkeimgehalt ¹ | ATP-Gehalt ² |
| 4 | J | 0,88 ± 0,07 | 0,64 ± 0,04 |
| | K | -0,06 ± 0,06 | 0,28 ± 0,04 |
| | L | 0,27 ± 0,06 | 0,46 ± 0,04 |
| 5 | M | 0,36 ± 0,07 | 0,57 ± 0,04 |
| | N | 0,48 ± 0,06 | 0,63 ± 0,04 |
| | O | 0,61 ± 0,06 | 0,81 ± 0,04 |
| 6 | P | 0,18 ± 0,06 | 0,33 ± 0,04 |
| | Q | -0,25 ± 0,06 | 0,31 ± 0,04 |
| | R | 0,60 ± 0,06 | 0,67 ± 0,04 |

¹ Differenz der Gesamtkeimzahlen in log₁₀ KbE/ml vor der Reinigung und log₁₀ KbE/ml nach der Reinigung

² Differenz der ATP-Gehalte in log₁₀ RLU vor der Reinigung und log₁₀ RLU nach der Reinigung

Die Ergebnisse zeigen, dass in keinem Betrieb ähnlich gute Ergebnisse erzielt wurden wie bei der Ermittlung der Wirksamkeit manueller Reinigungsverfahren in den Vorversuchen. Außer bei Firma 2 wurden hinsichtlich der Wirksamkeit der Zitzenreinigung jeweils signifikante Unterschiede zwischen den 3 Betrieben eines Herstellers festgestellt, unabhängig davon, ob die Beurteilung auf der Bestimmung der Gesamtkeimzahl oder des ATP-Gehaltes beruhte. Auch hier war die Rangliste der Betriebe auf der Grundlage der ATP-Messung ähnlich der Einordnung auf Basis der Gesamtkeimzahlbestimmung.

Während die Betriebe H, K und Q mit der Gesamtkeimzahlbestimmung im Mittel negative Werte und damit besonders schlechte Reinigungsergebnisse zeigten, wurden mit der ATP-Messung im Mittel keine negativen Ergebnisse erzielt.

Besonders gute Reinigungsergebnisse wiesen die Betriebe C, J, O und R auf, unabhängig vom Beurteilungskriterium.

4.3 Beurteilung des Hygienemanagements

Da zu erwarten war, dass die Zitzensauberkeit durch das Management beeinflusst wird, wurden die Organisation der AMV-Betriebe anhand eines Fragenkataloges sowie die hygienischen Verhältnisse vor Ort durch eine Checkliste erfasst.

4.3.1 Fragenkatalog

Um zu ermitteln, welche Aspekte des Managements für die Zitzensauberkeit von Bedeutung sind, wurden entsprechende Informationen in den 18 Praxisbetrieben mit AMV gesammelt. Dazu wurde ein Katalog verwendet, der insgesamt 174 Fragen zu folgenden Aspekten umfasste: Haltungssystem, AMV, Liegebereich, Fressbereich und Kuhmanagement.

Die orientierende Auswertung der Fragenkataloge ergab, dass einige Informationen nur in wenigen Betrieben zu erhalten waren. Aus diesem Grunde wurden nur Ergebnisse und Aspekte dargestellt und beschrieben, die einen möglichen Einfluss auf die Zitzensauberkeit besitzen.

Eine Auswahl von 8 allgemeinen Aspekten des Betriebsmanagements ist in nachfolgender Tab. 17 zusammengefasst.

Tab. 17: Allgemeine Aspekte des Managements mit AMV – Ergebnisse des Fragenkataloges.

| Management-Aspekt | Betriebe (n) | x_a | Min. | Max. |
|--|-----------------|-------|------|------|
| Anzahl laktierender Kühe | 18 | 74 | 34 | 158 |
| Anzahl laktierender Kühe pro Melkbox: | | | | |
| Einboxensystem | 9 | 52 | 34 | 69 |
| Mehrboxensystem | 9 | 35 | 26 | 43 |
| Durchschnittl. Melkfrequenz pro Kuh und Tag | 18 | 2,6 | 2,1 | 3,0 |
| Zeit, bis Kühe zum Melken geholt werden (h) | 15 | 12,8 | 10 | 16 |
| Verhältnis Anzahl Liegeboxen zu Anzahl Kühe | 18 | 1,2 | 0,8 | 1,7 |
| Verhältnis Anzahl Fressplätze zu Anzahl Kühe | 18 | 1,0 | 0,5 | 1,5 |
| Fütterungsfrequenz von Raufutter pro Tag | 18 | 1,5 | 1 | 3 |

Als ergänzende Informationen sei angemerkt, dass zwei Betriebe die Liegeboxen einmal, 13 Betriebe zweimal und ein Betrieb dreimal pro Tag reinigten. Frische Einstreu wurde zwischen einmal pro Monat und zweimal pro Tag in die Boxen dazugegeben. In 5 Betrieben waren die Laufflächen ohne Spalten plan befestigt und zusätzlich war ein Mistschieber installiert. 13 Betriebe verfügten über Spaltenböden, wobei in 4 Betrieben Spaltenschieber eingesetzt wurden. Die Abschiebefrequenz lag zwischen 4- und 12-mal pro Tag. In 4 Betrieben mit Mistschieber sowie in 4 Betrieben ohne Mistschieber wurden die Flächen manuell gereinigt. 4 Betriebe berichteten von Kühen in der Herde, die bevorzugt auf den Spaltenböden lagen und die Liegeboxen nicht nutzten (Spaltenlieger). Die Anzahl der Spaltenlieger lag zwischen 1 und 8 Tieren pro Herde,

entsprechend 1–15 % der laktierenden Kühe. Nur in 2 der 4 Betriebe, dieangaben Spaltenlieger auszusortieren, selektierten die Tier auch langfristig.

In Tab. 18 sind Ergebnisse des Fragenkataloges, bei denen ein unmittelbarer Zusammenhang mit Zitzensauberkeit vermutet wurde, aufgeführt.

Tab. 18: Spezielle Aspekte des Betriebsmanagements – Ergebnisse des Fragenkataloges (* Anforderungen des Maßnahmenkataloges).

| Management-Aspekt | Betriebe (n) | Ja | Nein |
|---|-----------------|----|------|
| Desinfektion der Zitzenreinigungsbürsten | 9 | 8 | 1 |
| Benutzung von Dippmittel nach dem Melken | 18 | 12 | 6 |
| Separationsbox für AMV in Betrieb | 18 | 7 | 11 |
| Regelmäßige Desinfektion der Liegeboxen | 18 | 9 | 9 |
| “Spaltenlieger“ in der Herde | 18 | 4 | 14 |
| Einsatz von Kuhbürsten im Stall | 18 | 15 | 3 |
| Reinigung der Liegeboxen mind. 1 x tgl.* | 18 | 16 | 2 |
| Reinigung der Lauffläche im Liegebereich* | 18 | 13 | 5 |
| Manuelles Reinigen der Euter bei starker Verschmutzung* | 18 | 0 | 18 |
| Enthaaren der Euter in unterschiedlichen Abständen* | 18 | 16 | 2 |
| Scheren der Schwänze | 17 | 12 | 5 |
| Kürzen der Schwanzquasten | 18 | 18 | 0 |
| Selektion von Kühen nach: | | | |
| Euterform | 18 | 9 | 9 |
| Roboterakzeptanz | 18 | 7 | 11 |
| Aktivität | 18 | 7 | 11 |
| Eutergesundheit | 18 | 15 | 3 |
| Klauengesundheit | 18 | 11 | 7 |

Die Mehrzahl der Betriebe führte gemäß dem Maßnahmenkatalog besondere Aktivitäten zur Sauberhaltung der Euter durch. Manuelles Reinigen der Euter wurde in keinem der Betriebe durchgeführt.

Die Erneuerung der Verschleißteile der Zitzenreinigungsvorrichtung (Reinigungsbürsten bzw. Zitzengummis im Reinigungsbecher) erfolgte in Abständen von 6 Wochen bis zu 2 Jahren. Die Häufigkeit der Klauenpflege variierte zwischen

einmal pro Jahr (7 Betriebe), zweimal pro Jahr (5 Betriebe) und dreimal pro Jahr (3 Betriebe). Drei Betriebe gaben zu dieser Frage keine Auskunft.

4.3.2 Checkliste zur Erfassung des Hygienestatus

Mittels einer Checkliste wurde in den Betrieben der aktuelle Hygienestatus erfasst, um mögliche Zusammenhänge mit der Zitzensauberkeit aufzudecken. Die Ergebnisse der Hygienecheckliste sind in Tab. 19 aufgeführt.

Tab. 19: Ergebnisse der Hygienecheckliste (18 Betriebe).

| Beschreibung | Anzahl der Betriebe gesamt | Anzahl der Betriebe mit Beurteilungsstufe | | |
|-------------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Erster Eindruck des Betriebes | 18 | 12 | 5 | 1 |
| Erster Eindruck des Stalles | 18 | 14 | 3 | 1 |
| Erster Eindruck des Roboters | 18 | 10 | 7 | 1 |
| Boden der Melkboxen | 18 | 13 | 5 | 0 |
| Melkbecher | 18 | 9 | 7 | 2 |
| Roboterarm | 18 | 10 | 7 | 1 |
| Zitzenreinigungseinheit | 17 | 9 | 6 | 2 |
| Wartebereich für die Kühe | 18 | 6 | 8 | 4 |
| Treibgang im Roboterbereich | 8 | 5 | 2 | 1 |
| Futtertisch | 18 | 17 | 1 | 0 |
| Lauffläche | 18 | 10 | 8 | 0 |
| Wassertröge | 18 | 11 | 6 | 1 |
| Liegeboxen | 17 | 14 | 2 | 1 |
| Qualität der Einstreu | 16 | 13 | 1 | 2 |
| Sauberkeit Kühe | 17 | 14 | 2 | 1 |
| Scheren der Euter | 17 | 12 | 3 | 2 |
| Klauenzustand | 16 | 8 | 7 | 1 |

In 10 Betrieben war kein Treibgang im Bereich des Roboters vorhanden, und in 2 Fällen wurde keine Einstreu verwendet.

Die Bewertung der hygienischen Verhältnisse mit der Beurteilungsstufe 3 (schlechteste Beurteilungsstufe) wurde in 8 Betrieben vergeben, wobei die Zuordnung sich auf 17

verschiedene Beurteilungsbereiche verteilte. Zwei Betriebe erhielten insgesamt jeweils 5-mal diese Bewertungsstufe.

In 8 von 18 Betrieben waren in der Nähe des Roboters Einwegpapiertücher verfügbar, die auch zur manuellen Euterreinigung eingesetzt werden konnten.

Die Aspekte Wartebereich, Melkbecher, Zitzenreinigungseinheit und Klauenzustand wurden in ungefähr 50 % der Betriebe als mäßig oder schlecht beurteilt. Alle anderen Aspekte wurden in der Mehrzahl der Betriebe als gut bezeichnet.

Die Beurteilungen von Liegeboxen und die Sauberkeit der Kühe stimmten in allen Betrieben vollständig überein.

Die Beeinflussung der erhobenen Befunde durch zusätzliche Reinigungsmaßnahmen vor den angekündigten Betriebsbesuchen ist nicht auszuschließen. So berichtete ein Landwirt explizit über eine Reinigung des Roboters vor dem Besuch. Im Allgemeinen bestand aber nicht der Eindruck, dass zusätzliche Reinigungen durchgeführt worden wären, da die festgestellten Verschmutzungen nicht frisch waren.

4.3.3 Varianzanalyse

Um mögliche Zusammenhänge zwischen den Management-Aspekten des Fragenkataloges und der Checkliste mit der Zitzensauberkeit festzustellen, wurde eine Varianzanalyse angewendet. Die Auswertung wurde als Einzelfaktoranalyse durchgeführt. (siehe Kap. 3.3.1.2). Die Codierung der Ergebnisse für die Analyse ist im Anhang Kap. 8.3 beschrieben.

Als abhängige Variable wurde die Zitzenverschmutzung vor der Reinigung eingesetzt, wobei die Beurteilung der Verschmutzung sowohl auf der Bestimmung der Gesamtkeimzahl als auch des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben basierte.

In Tab. 20 sind die Faktoren der Fragenkataloges bzw. der Hygienecheckliste aufgeführt, für die ein signifikanter Zusammenhang mit der Zitzenverschmutzung ermittelt wurde. Ein gesicherter Zusammenhang wurde bei $p < 0,10$ angenommen. Die Angabe, wie viel Prozent der Varianz durch den jeweiligen Faktor erklärt wird, unterstreicht die Bedeutung der einzelnen Einflussgrößen. Nicht alle Faktoren erwiesen sich bei den zwei Beurteilungsverfahren für die Zitzenverschmutzung als signifikant. So sind beispielsweise bei der Hygienecheckliste die Ergebnisse der ATP-Messungen hinsichtlich der Reinigungshäufigkeit der Reinigung der Melkboxen und dem ersten Eindruck des Roboters statistisch gesichert mit der Zitzenverschmutzung assoziiert, während diese Faktoren bei der Beurteilung auf der Grundlage der Gesamtkeimzahlen keinen signifikanten Zusammenhang ergaben.

Umgekehrt ist nur der Faktor des Klauenzustandes bei den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen signifikant korreliert, im Gegensatz zu den Ergebnissen der ATP-Messungen.

Tab. 20: Managementfaktoren, die signifikant mit der Zitzenverschmutzung assoziiert sind.

| Managementfaktor | % der Varianz erklärt | | höhere Zitzenverschmutzung, wenn |
|---|-----------------------|-------|----------------------------------|
| | Gesamtkeimzahl | ATP | |
| Parameter des Fragenkataloges | | | |
| Erneuerung Zitzenreinigungseinheit | 24,2* | 20,5* | ≤ 1 x pro Jahr |
| Mittlere Melkfrequenz | 19,7* | 10,7 | ≤ 2,5 x pro Tag |
| Selektion von Kühen Roboterakzeptanz | 19,2* | 12,1 | nein |
| Verhältnis Liegeboxen:Kühe | 21,7* | 16,0* | < 1 |
| Spaltenlieger | 16,1* | 18,4* | ja |
| Zugabe frischer Einstreu | 22,7* | 10,1 | < 1 x pro Tag |
| Selektion nach Eutergesundheit | 27,8* | 13,7 | nein |
| Benutzung Kuhbürsten im Stall | 28,9* | 16,9* | nein |
| Reinigung der Melkbox | 5,2 | 24,5* | < 2 x pro Tag |
| Parameter der Hygienecheckliste | | | |
| Beurteilungsstufe – Zitzenreinigungseinheit | 4,4 | 17,1* | ≥ 2 |
| Beurteilungsstufe – Qualität der Einstreu | 35,4* | 19,9* | ≥ 2 |
| Beurteilungsstufe – Klauenzustand | 46,7* | 3,0 | ≥ 2 |
| Beurteilungsstufe – Eindruck des Roboters | 8,9 | 30,2* | ≥ 2 |
| Beurteilungsstufe – Zitzenbecher | 7,4 | 18,7* | ≥ 2 |

Berechnungen auf der Grundlage der mittleren Zitzenkontamination vor der Reinigung pro Betrieb, basierend auf GKZ [\log_{10} KbE/ml] oder ATP [\log_{10} RLU];

* signifikante Assoziation mit der Zitzenverschmutzung ($p < 0,10$)

Es konnten in der Literatur keine einheitlichen Empfehlungen zu den Abmessungen von Liegeboxen gefunden werden. Auch wurden in den besuchten Betrieben unterschiedliche Rassen gehalten, was die Festlegung eines Standardmaßes für Liegeboxen erschwerte. Aus diesen Gründen wurden die Liegeboxenmaße in die Analyse nicht mit einbezogen.

4.3.4 Sonstige Informationen

4.3.4.1 Bakteriologische Qualität der Tankmilch

Um einen zusätzlichen Hinweis auf die hygienischen Zustände in den Betrieben zu bekommen, wurde der Keimgehalt in der Tankmilch untersucht. Die Bestimmung verschiedener Keimgruppen lässt Rückschlüsse auf mögliche Hygienemängel zu. Einschränkend ist zu bemerken, dass lediglich eine Probe pro Betrieb unabhängig vom Füllungsgrad des Milchtanks entnommen wurde.

Obwohl die Mehrzahl der Betriebe geringe Gesamtkeimzahlen von unter 10 000 KbE/ml in der Tankmilch aufwiesen (Abb. 32), lagen die Gehalte der thermoduren Keime nur in 4 von 18 Betrieben - wie von REINEMANN et al. (1997) empfohlen - unter 200 KbE/ml (Abb. 33). Dieser Befund ist als Hinweis auf eine unzureichende Reinigung des Melksystems zu werten. In 5 Betrieben lagen neben den erhöhten Gehalten an thermoduren auch die Belastung mit coliformen Keimzahlen über 1 000 KbE/ml (Betrieb B, E, H, K und N).

Wenn der Melkprozess unter guten hygienischen Voraussetzungen erfolgt, sollten die coliformen Keimzahlen in der Tankmilch nicht über 100 KbE/ml liegen. Die Überschreitung dieses Richtwerts gibt einen Hinweis auf fäkale Verschmutzung der Milch. Wenn die coliformen Keimzahlen das Limit von 1 000 KbE/ml in der Tankmilch überschreiten, kann auf ein Wachstum der Bakterien auf den Oberflächen, die mit Milch in Kontakt kommen, geschlossen werden. Insbesondere dürfte ein Problem hinsichtlich einer ausreichenden Reinigung des Melksystems bestehen.

In der vorliegenden Untersuchung wiesen 8 Betriebe mit AMV von 5 Herstellern coliforme Keimzahlen in der Tankmilch von über 100 auf und 5 dieser 8 Betriebe sogar über 1 000 KbE/ml (Abb. 32), was somit auf eine unzureichende Zitzenreinigung vor der Melkung und/oder auf unzureichende Systemreinigung hinweist.

Bis auf 7 Betriebe zeigten alle Betriebe Gesamtkeimgehalte unterhalb von 1 000 KbE/ml. Von diesen 7 Betrieben wiesen 4 Gehalte an Coliformen auf, die den vorgeschlagenen Richtwert von 1 000 KbE/ml überstiegen. Acht Betriebe erreichten coliforme Gehalte unterhalb 100 KbE/ml. Betrieb B zeigte eine hohe Gesamtkeimzahl und ebenfalls einen extrem hohen Gehalt an coliformen Keimen.

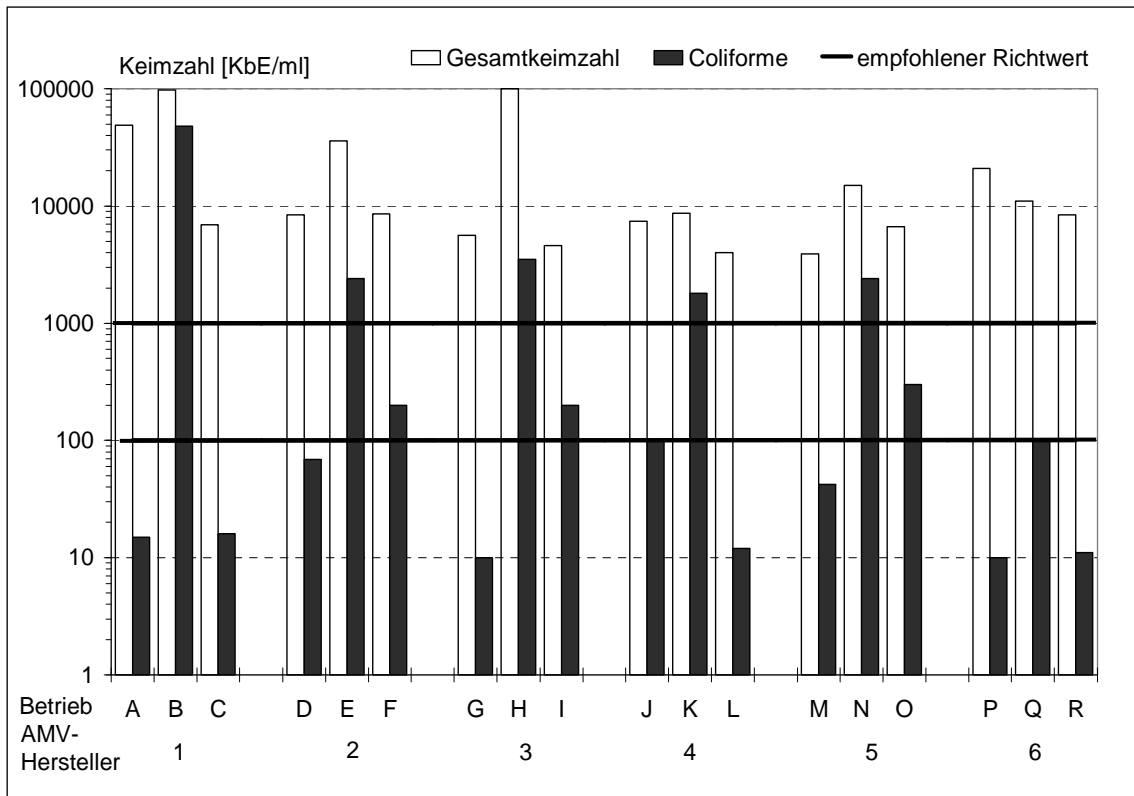


Abb. 32: Gesamtkeimzahlen und coliforme Keimzahlen in Tankmilch.

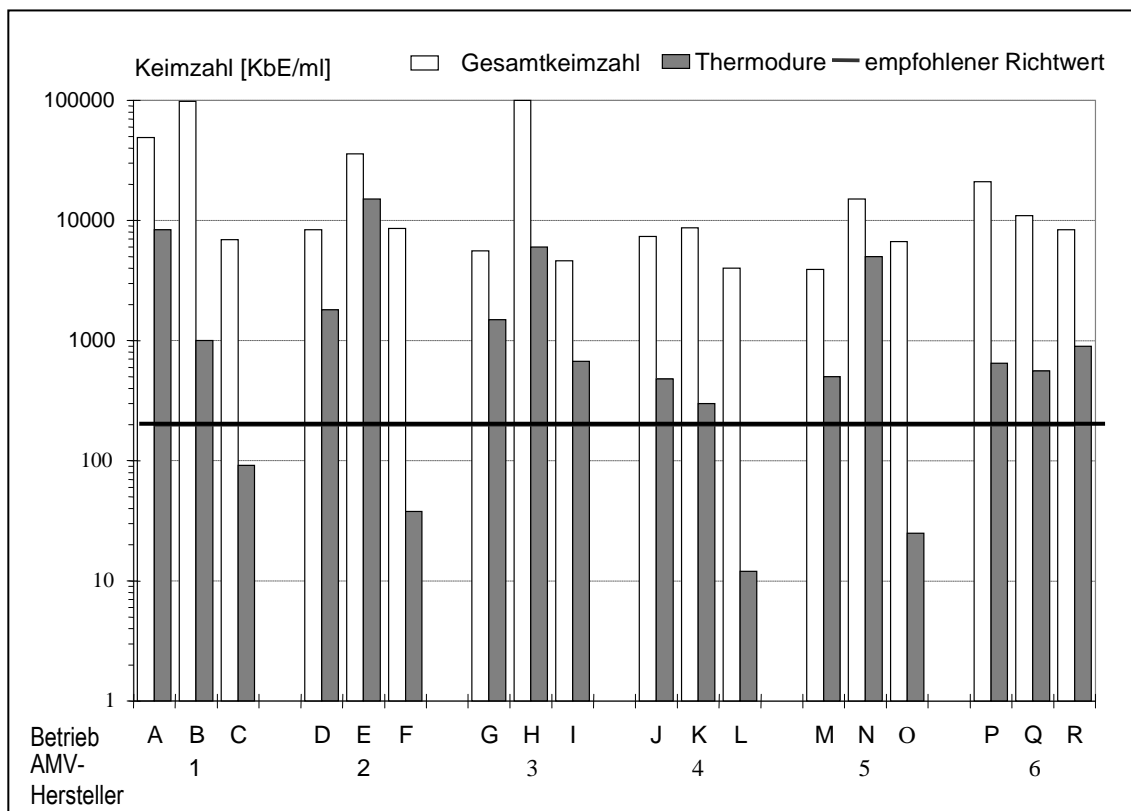


Abb. 33: Gesamtkeimzahlen und thermotolare Keimzahlen in Tankmilch.

4.3.4.2 Keimgehalt in frischer Einstreu

Um mögliche Zusammenhänge zwischen der Kontamination der Zitzen und der bakteriologischen Belastung der Einstreu zu erfassen, wurde je Betrieb eine Probe der frischen Einstreu entnommen und die Gesamtkeimzahl, der Gehalt an thermoduren Keimen, Staphylokokken und coliformen Keimen ermittelt.

Die Ergebnisse sind in Tab. 21 aufgelistet. Die Betriebe K und M benutzten Liegematratzen ohne Einstreu.

Tab. 21: Keimgehalte in frischer Einstreu, nach Betrieben (Betr.) innerhalb Hersteller (Hrst.) geordnet.

| Hrst. | Betr. | Einstreu | Keimgehalte KbE/g | | | |
|-------|-------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | GKZ | thermodure Keime | Staphylokokken | coliforme Keime |
| 1 | A | Sägemehl | $2,4 \times 10^7$ | $2,5 \times 10^3$ | n.a. | $5,7 \times 10^2$ |
| | B | Stroh | $5,6 \times 10^7$ | $1,3 \times 10^4$ | $9,5 \times 10^3$ | $1,5 \times 10^4$ |
| | C | Sägespäne | $7,1 \times 10^7$ | $3,1 \times 10^4$ | $< 10^2$ | $4,2 \times 10^6$ |
| 2 | D | Strohhäcksel | $3,3 \times 10^7$ | $2,3 \times 10^4$ | $1,3 \times 10^3$ | $2,8 \times 10^5$ |
| | E | Strohhäcksel | $4,4 \times 10^7$ | $3,5 \times 10^5$ | $5,2 \times 10^5$ | $1,3 \times 10^4$ |
| | F | Strohhäcksel | $3,7 \times 10^7$ | $1,1 \times 10^6$ | $2,0 \times 10^5$ | $4,3 \times 10^5$ |
| 3 | G | Allspan* | $1,1 \times 10^4$ | $4,5 \times 10^3$ | $< 10^2$ | $< 10^2$ |
| | H | Sägespäne | $2,3 \times 10^4$ | $9,9 \times 10^2$ | $< 10^2$ | $1,6 \times 10^2$ |
| | I | Allspan* | $1,0 \times 10^4$ | $5,0 \times 10^3$ | $2,2 \times 10^3$ | $< 10^2$ |
| 4 | J | Allspan* | $4,8 \times 10^2$ | $< 10^2$ | $< 10^2$ | $< 10^2$ |
| | K | keine Einstreu | | | | |
| | L | Strohhäcksel | $1,6 \times 10^6$ | $2,1 \times 10^4$ | $< 10^2$ | $5,9 \times 10^3$ |
| 5 | M | keine Einstreu | | | | |
| | N | Stroh | $7,2 \times 10^7$ | $1,4 \times 10^4$ | $4,6 \times 10^4$ | $4,9 \times 10^5$ |
| | O | Stroh | $1,3 \times 10^7$ | $1,2 \times 10^4$ | $1,6 \times 10^4$ | $9,8 \times 10^4$ |
| 6 | P | Stroh | $1,1 \times 10^8$ | $1,1 \times 10^5$ | $2,1 \times 10^6$ | $1,0 \times 10^6$ |
| | Q | Sägemehl | $5,5 \times 10^6$ | $1,2 \times 10^4$ | $1,8 \times 10^3$ | $2,2 \times 10^5$ |
| | R | Sand | $1,2 \times 10^4$ | n.a. | $3,6 \times 10^2$ | $< 10^2$ |

n.a.: nicht auswertbar

* Allspan = Sägespäne, Herstellung durch spezielle Produktion und Entstaubungsprozess
 < 100 = unter der Nachweisgrenze; Staphylokokken, Thermodure und Coliforme: 100 KbE/g

Die Keimgehalte ließen z.T. große Unterschiede zwischen den Betrieben, aber auch in Abhängigkeit von der Art der Einstreu, erkennen.

Die Keimbelastungen für die verschiedenen Einstreuarten sind in Abb. 34 einander gegenübergestellt.

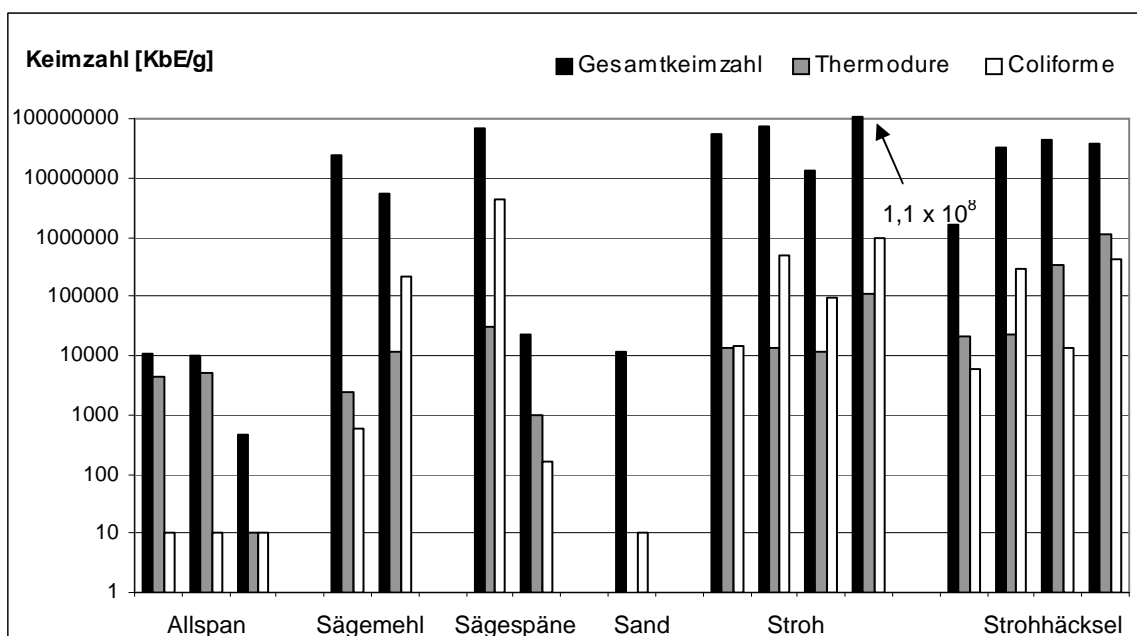


Abb. 34: Keimzahlen verschiedener Einstreuarten, Gesamtkeimzahlen, thermotolare Keimzahlen, coliforme Keime.

Die Gesamtkeimzahlen in frischer Einstreu variierten zwischen weniger als 1 000 KbE/g und 100 000 000 KbE/g. Die niedrigsten Gesamtkeimzahlen wurden in Sägespänen der Firma Allspan[®], in Sand und in einem anderen Sägespäne-Produkt ermittelt. Auch bei gleicher Art der Einstreu und bei ähnlichen Gesamtkeimzahlen waren große Unterschiede innerhalb der coliformen Keimzahlen zu erkennen. In den Einstreuproben der Firma Allspan[®] wurden keine coliformen Keime festgestellt (Nachweisgrenze: 100 KbE/g).

4.3.4.3 Sonstige Informationen

Ein Betrieb, dessen Kühe als stark verschmutzt beurteilt wurden, zeigte auch sonst sehr schlechte hygienische Zustände. Als Kuhstall wurde ein alter Jungviehstall mit entsprechend kurzen Boxen genutzt. Die Tiefboxen wurden laut eigener Angabe nie gemistet, und die Kühe traten bei dem ersten Schritt in die Box knöcheltief in den Mist. Hinlegen und Aufstehen bereiteten den Kühen große Probleme. Durch den stark aufgetürmten Mist im hinteren Bereich der Boxen lagen die Kühe mit der vorderen Körperhälfte tiefer. Während der Probennahmezeit konnten einige Kühe in

hundesitziger Stellung (Abb. 35) beobachtet werden. Von den 55 Kühen waren 8 Spaltenlieger.



Abb. 35: Kuh in hundesitziger Stellung.

Die Kühe waren in diesem Betrieb insgesamt sehr stark verschmutzt und in den Schwänzen befanden sich zum Teil apfelsinengroße Mistklumpen. Die Euterhaut einiger Tiere war unter dem angetrockneten Mist nicht erkennbar. Der auf den Zitzen angetrocknete Mist konnte durch die 2 Jahre alten Reinigungsbürsten zum größten Teil nicht entfernt werden. Die Probennahme war durch das Tupfern auf dem alten trockenen Mist der Zitzen erschwert. In der Mitte der Probennahmezeit wurden vom Betriebsleiter neue Bürsten installiert, wodurch eine bessere Reinigung erzielt werden konnte. Laut Angabe des Besitzers stieg daraufhin die Anzahl der coliformen Keime in der Tankmilch drastisch an.

Ein Zusammenhang ergab sich zwischen der Kuhsauberkeit und der Benutzung von Einstreu. Von den 18 Betrieben wurden in der Hygienecheckliste bei 15 die Kühe als sauber beurteilt. Bei den zwei Betrieben, die auf Liegematten keine Einstreu verwendeten, wurden die Kühe als mittelstark verschmutzt eingestuft. Außerdem wurden auf den Liegematten beider Betriebe zum Teil Güllepfüßen beobachtet. Einer der beiden Betriebsleiter berichtete über starke Probleme mit Colimastitiden in den vorangehenden Sommermonaten.

5 DISKUSSION und SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Sauberkeit von Eutern und Zitzen bildet die Voraussetzung zur Produktion von hygienisch einwandfreier Milch. Aus diesem Grunde wird diese Sauberkeit in der Verordnung EG 853/2004 gesetzlich gefordert. Die Tatsache, dass beim Melken mit AMV keine Kontrolle des Erfolges von Zitzenreinigungsprozessen möglich ist, führte in der Gesetzgebung zu Extra-Auflagen für AMV-Betreiber, die in einem Maßnahmenkatalog 2006 niedergelegt sind.

In dem dieser Arbeit zugrunde liegenden EU-Teilprojekt wurde die Effektivität von Zitzenreinigungsverfahren von AMV unterschiedlicher Hersteller anhand von vier Bewertungsverfahren untersucht. Zusätzlich wurden Faktoren des allgemeinen Hygienemanagements in den einzelnen Betrieben erfasst, die die Sauberkeit von Zitzen möglicherweise beeinflussen.

5.1 Wirksamkeit von Zitzenreinigungsverfahren im AMV

5.1.1 Methodische Aspekte

Zur Entwicklung einer Methode, mit der sich die Effektivität von Zitzenreinigungssystemen in AMV beurteilen läßt, wurden verschiedene Verfahren untersucht. Gefordert wird eine Methode, die mit wenig Aufwand in Praxisbetrieben anwendbar ist und keinen Eingriff in den Melkvorgang notwendig macht. Da in der vorliegenden Arbeit unter dieser Voraussetzung nicht mit einer künstlichen Kontamination von Eutern und Zitzen gearbeitet werden konnte, musste von unterschiedlichen Ausgangsvermüllungen ausgegangen werden, wie sie in der Praxis vorkommen. Um dennoch die Wirksamkeit der Zitzenreinigungssysteme beurteilen zu können, wurden aus diesem Grunde das Ausmaß der Euterkontaminationen vor und nach der Reinigung bestimmt. Verschiedene Ansätze, um die Wirksamkeit der Reinigung zu ermitteln, wurden unter experimentellen Bedingungen überprüft. Vergleichend wurden eine visuelle Methode, ein Sedimenttest, eine bakteriologische Untersuchung und eine ATP-Messung von Zitzentupfern durchgeführt.

5.1.1.1 Visuelle Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit und Sedimentbestimmung

Die Methode der visuellen Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit kann einfach und schnell durchgeführt werden. Sie verursacht keine Kosten, ist allerdings subjektiv. Als weiterer Nachteil der Methode gilt, dass lediglich die Verschmutzung des sichtbaren Anteils von Euter und Zitzen erfasst wird. Die Wirksamkeit der Reinigung

kann somit auch nur von dem sichtbaren Bereich des Euters und der Zitzen ermittelt werden.

Visuelle Beurteilungen mit unterschiedlich weiten Beurteilungsskalen zur Ermittlung von Kuh- und Eutersauberkeit wurden in verschiedenen Untersuchungen durchgeführt (MOTTRAM, 1997; SCHREINER und RUEGG, 2003; SNELL et al., 2000; TEN HAG und LESLIE, 2002).

Die Subjektivität der Methode manifestierte sich in der vorliegenden Arbeit in großen Unterschieden zwischen Beurteilungen einzelner Personen, die in einer Fotopräsentation von Eutern und Zitzen mit verschiedenen Verschmutzungsgraden beurteilen mussten. Da es keinen objektiven Messwert für Sauberkeit gibt, wurde der Modalwert als „richtig“ unterstellt. Der Anteil der mit dem Modalwert übereinstimmenden Beurteilungen lag bei den einzelnen Testpersonen zwischen 43,8 und 80,5 %, im Mittel bei 66,6 % (Abb. 3). Eine Person wich bei mehr als 50 % der Fälle vom Modalwert ab.

Die Wiederholbarkeit der Entscheidungen innerhalb einer Testperson variierte zwischen 43,3 und 90 % (Abb. 5). Bei dreimaliger Beurteilung der Bildersequenzen in zeitlichen Abständen durch dieselbe Person konnte lediglich eine Übereinstimmung der Entscheidungen von 70 % erreicht werden (Abb. 6). Zu berücksichtigen in diesem Zusammenhang ist, dass die Probanden nur eine kurze Einweisung zur Beurteilung von Euter- und Zitzensauberkeit erhielten. Auch SNELL (2000) erklärte die Veränderung der Einschätzung der Verschmutzung von Eutern innerhalb eines Untersuchungszeitraumes mit einer Veränderung der subjektiven Wahrnehmung der Testperson, die die Bewertungen durchführte.

Allerdings fanden SCHREINER und RUEGG (2003) in ihrer Untersuchung der Beziehung von Euter- bzw. Beinhygiene und subklinischer Mastitis, dass der Untersucher bei zweimaliger visueller Beurteilung der Sauberkeit von 100 Kühen einen hohen Grad an Wiederholbarkeit der Entscheidungen über den Verschmutzungsgrad der Kühe erzielte. Die zweite Beurteilung wurde sofort nach Beendigung der ersten Beurteilungssequenz durchgeführt. Die Übereinstimmung der Entscheidungen lag für die zwei Merkmale Euterhygiene und Beinhygiene in Bezug auf die Beurteilungsstufen bei 77 % bzw. 85 %. Einzelne Testpersonen erreichten in der vorliegenden Untersuchung eine Wiederholbarkeit der Entscheidungen von bis zu 90 %. Das Ergebnis von maximal 70 % Übereinstimmungen bei mehrfach wiederholter Beurteilung in der vorliegenden Untersuchung weicht nur geringfügig von den Ergebnissen von SCHREINER und RUEGG (2003) ab. Die Unterschiede sind sicherlich zurückzuführen auf die zeitlichen Abstände der Beurteilungssequenzen in der vorliegenden Untersuchung. So zeigten sich die größten Unterschiede zwischen der

ersten und dritten Beurteilungssequenz, wenn zwischen beiden Zeitpunkten der größte Abstand vorlag.

Trotz dieser Unsicherheit wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht auf die visuelle Beurteilung verzichtet, diese aber mit weiteren Verfahren kombiniert. Der Vorteil der optischen Bewertung von Euter- und Zitzensauberkeit besteht darin, dass jeder Landwirt, aber auch der interessierte Verbraucher die Methode anzuwenden vermag. Der AMV-Betreiber kann damit eine einfache Überprüfung der Zitzenreinigung vornehmen. Damit besteht eine Situation, die der beim konventionellen Melken, bei dem der Melker die Sauberkeit der Zitzen vor dem Melken überprüft, ähnelt.

Um in der vorliegenden Untersuchung subjektive Einflüsse möglichst gering zu halten und den Ergebnissen Repräsentanz zu verleihen, wurden bei der Beurteilung der Wirksamkeit der Zitzenreinigung in Praxisbetrieben mit AMV sämtliche visuellen Beurteilungen von derselben Person vorgenommen.

Sedimenttests wurden ursprünglich angewendet, um grobe Verschmutzungen von Milch nachzuweisen. Dabei wurde ein definiertes Volumen Milch gefiltert. Der Test wurde in der vorliegenden Untersuchung für die Beurteilung von Zitzensauberkeit nach der Reinigung abgewandelt, indem die Zitzenoberfläche mit einer feuchten Mullkompressen gereinigt und Verschmutzungen mittels Filterung der Spülflüssigkeit der Kompressen erfasst wurden. Diese Methode ist schnell vor Ort durchführbar, und die Ergebnisse können dem Landwirt zu Demonstrationszwecken gezeigt werden. Die Ergebnisse lassen sich außerdem archivieren.

Ein weiterer Vorteil der Methode ist, dass die gesamte Verschmutzung der Zitze erfasst wird, das heißt auch die Verschmutzung auf der Rückseite. Durch einen Vergleich der Filterblättchen mit einem selbst hergestellten Standard wurden subjektive Einflüsse bei der Beurteilung minimiert. Entsprechend der visuellen Beurteilung beinhaltet der Standard des Sedimenttestes die Stufen 1–4. Um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurden außerdem alle Beurteilungen von einer Person durchgeführt.

Die Sensitivität des Sedimenttestes wurde in der vorliegenden Arbeit mit wenigstens 5 mg nachgewiesener Verschmutzung auf dem Filterblättchen charakterisiert, einem Wert, den RIEVEL (1907) bei seiner Filtrierung von einem Liter Milch mit nachgewiesenem 1 mg unterbot. Für die eigene Untersuchung wäre darauf hinzuweisen, dass je nach Art der Verschmutzung auf den Filterblättchen von vorneherein kein Zusammenhang mit dem Keimgehalt bestehen muss. Es wurde als Verschmutzung im Sedimenttest nicht nur Kot erfasst, sondern auch Einstreu. Je nach Betrieb kann in den Ergebnissen des Sedimenttestes eines der Materialien überwiegen.

Leider kann der Sedimenttest nur nach der Reinigung angewendet werden, so dass ein Vergleich vor und nach der Reinigung nicht möglich ist. Für gesäuberte Zitzen

stimmten die Ergebnisse des Sedimenttestes mit der visuellen Beurteilung weitgehend überein (95,8 % der Proben, vgl. Tab. 7). Bei 4,2 % ergab sich eine schlechtere Beurteilung durch den Sedimenttest, was sich auch dadurch erklärt, dass visuell nur eine Seite der Zitze beurteilt wird, während der Sedimenttest auch die verdeckte Seite erfasst.

So scheint der Sedimenttest besonders geeignet, um Verschmutzungen auf der Rückseite der Zitzen mit zu erfassen, die vom Beurteiler übersehen werden können. Anzumerken ist aber auch, dass kein Abgleich der Beurteilungsstufen von visueller Beurteilung und Sedimenttest erfolgte, weshalb sich geringfügige Abweichungen ergeben können.

Durch die Kombination beider Methoden lässt sich eine gereinigte Zitze als sauber im Sinne von „frei von sichtbarem Schmutz“ diagnostizieren.

5.1.1.2 Keimzahl- und ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben

Verschiedene Verschmutzungsarten wie Kot und Einstreumaterial können sehr unterschiedliche Keimgehalte aufweisen. Letztlich ist die Zitzenreinigung vor allem von Bedeutung, um die Keimbelastung der Milch möglichst gering zu halten. Daher wurde versucht, ein Verfahren zur Beurteilung der Zitzenreinigung auf der Basis der Bestimmung von Keimgehalten auf der Zitzenoberfläche zu etablieren.

MCKINNON et al. (1983) zeigten, dass die Milch beim Melken von Kühen mit ungereinigten, stark verschmutzten Eutern eine erhöhte Keimzahl von über 10 000 KbE/ml enthielt. Allerdings lag die coliforme Keimzahl bei maximal 20 KbE/ml. Um zu verhindern, dass die Ergebnisse wegen eines massiven Bakterienübertritts durch Milch von Kühen mit subklinischer Mastitis verfälscht werden, sollte bei dieser Art der Untersuchungen der Gesundheitsstatus der in die Erhebung einbezogenen Kühe ermittelt werden.

Um Verschmutzungen auf Zitzen in Form ihrer mikrobiellen Belastung erfassbar zu machen, wurden bereits in früheren Untersuchungen zahlreiche unterschiedliche Methoden zur Keimzahlbestimmung angewendet. So wurden Techniken basierend auf der Entnahme von Zitzentupfern oder Spülungen von Zitzen mit nachfolgender Ermittlung von Keimzahlen unterschiedlicher Keimgruppen beschrieben (CULLEN und HEBERT, 1967; GALTON, 1984 und 1986; HOGAN et al., 1990 und 1997; MCLARTY, 1981; RENDOS et al., 1975; SLAGHUIS et al., 1991).

RENDOS et al. (1975) untersuchten Keimgehalte von Einstreumaterialien und ihren Zusammenhang mit dem mikrobiologischen Status der Zitzen von Kühen in verschiedenen Perioden des Jahres. Sie ermittelten unterschiedliche Keimzahlen in den verschiedenen Einstreumaterialien und fanden diese in den Zitzentupfern wieder. In den

Proben wurden der Gehalt an Streptokokken, Staphylokokken, Klebsiellen und coliformen Keimen untersucht. Die einzelnen Keimgruppen auf den Zitzen variierten mit dem Gehalt der Keime in der Einstreu, aber auch mit unkontrollierbaren Umwelteinflüssen, wie zum Beispiel dem jahreszeitlichen Wechsel der Temperaturen im Stall. Allerdings ergab die Untersuchung auch, dass die Coliformen-Dichte sehr gering ausfiel, wie CULLEN und HEBERT bereits 1967 berichtet hatten.

In den oben genannten Untersuchungen wurden unter anderem verschiedene Regionen und Flächen der Zitze getupfert oder die gesamte Zitze gespült. In der eigenen Studie wurden ausschließlich die Seiten der Zitze getupfert, da die Strichkanalöffnungen bei an Euterentzündung erkrankten Tieren durch Mastitiserreger kontaminiert sein können. Außerdem kann durch das Tupfern der Seiten der Zitze der Verschmutzungsstatus vor und nach der Reinigung an derselben Zitze verglichen werden und so der Grad der Ausgangverschmutzung in die Auswertung mit einbezogen werden. Eine weitere Überlegung in Hinblick auf Zitzenspülungen gilt der Gefahr, durch verschmutztes, herablaufendes Spülwasser das Eindringen von Keimen in den Strichkanal und somit eine Erkrankung der Tiere zu riskieren. MCLARTY (1981) verglich die Methoden der Zitzenspülung mit dem Tupfern von Zitzen und ermittelte mit beiden Methoden den Keimgehalt auf Zitzen. Die Ergebnisse zeigten, dass sich mittels der Zitzenspülungen höhere Keimzahlen ergaben als durch Tupfern.

Bei der Verwendung einer Schablone in der vorliegenden Studie wären vor und nach der Reinigung ebenfalls unterschiedliche Areale abgetupfert worden, so dass keine besseren Ergebnisse zu erwarten waren. Außerdem ist die Handhabbarkeit unter Praxisbedingungen in AMV-Betrieben außerordentlich schwierig.

Andererseits muss bedacht werden, dass durch Tupfern von unterschiedlichen Seiten der Zitze, wie es in der vorliegenden Untersuchung praktiziert wurde, möglicherweise ungleichmäßig kontaminierte Bereiche erfasst wurden und es so zu stärker streuenden Ergebnissen gekommen sein kann. Außerdem wurden durch die Art der Vorgehensweise in der vorliegenden Untersuchung unterschiedlich große Flächen bei unterschiedlich langen Zitzen erfasst, was in der Praxis nicht anders möglich war. Die Reduktion der Verschmutzung durch den Reinigungsvorgang wurde als Differenz vor und nach der Reinigung ermittelt. Ungenauigkeiten der Ergebnisse durch diese Vorgehensweise wurden in Kauf genommen.

Es wurden unterschiedliche Keimgruppen auf ihre Eignung zur Ermittlung der Effektivität von Zitzenreinigungsverfahren überprüft. Die coliformen Keime, als Hinweis für eine fäkale Verschmutzung der Zitzen, erwiesen sich als nicht geeignet, da sie schon vor der Reinigung in über 50 % der Zitentupfer unter der Nachweisgrenze von 10 Kbe/ml lagen, weshalb eine Reduktion durch die Reinigung nicht quantifiziert

werden konnte. Die Auswertung der Zitzentupferproben hinsichtlich der thermoduren Keimzahlen ergab, dass vor der Reinigung 28,4 % der Proben wegen schwärmender Kolonien nicht ausgewertet werden konnten. Die Ergebnisse des Staphylokokkennachweises in Zitzentupferproben ergaben keinen zusätzlichen Informationsgewinn. So konnte durch die selektive Ermittlung verschiedener Keimgruppen kein Rückschluss auf die Art der Kontamination gezogen werden.

Von den in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Keimgruppen besaßen die Gesamtkeimzahlen die größte Aussagekraft. Die Reinigungswirksamkeit als Differenz vor und nach dem Säubern mittels unterschiedlicher manueller Reinigungsmethoden konnte mit dieser Keimgruppe am deutlichsten dargestellt werden. Dieser Parameter wurde deshalb in die Untersuchung von Praxisbetrieben mit AMV trotz der Kosten und des Arbeitsaufwandes einbezogen.

In den Vorversuchen dieser Arbeit wurde die Effektivität unterschiedlicher manueller Reinigungsmethoden anhand der Keimreduktion auf den Zitzen miteinander verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass eine nasse Reinigung mit Trocknen im Vergleich zur nassen Reinigung ohne Trocknen und zur trockenen Reinigung die stärkste Keimreduktion auf den Zitzen bewirkte (Tab. 10 und 11). Der Effekt der Reinigungsverfahren „nass mit Trocknen“ und „trocken“ unterschied sich signifikant (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$) (Abb. 8). GALTON et al. (1984 und 1986) fanden in ihrer Untersuchung ebenfalls, dass manuelles Trocknen der Zitzen besonders wichtig ist, um den Keimgehalt in der Milch zu reduzieren. MCKINNON et al. (1990) untersuchten unter anderem unterschiedliche Euterreinigungsmethoden und den Zusammenhang mit der Kontamination der Milch. Sie fanden, dass die Zitzenwaschung mit nachfolgendem Trocknen die bakterielle Kontamination der Milch in den Wintermonaten signifikant reduzierte.

Die ATP-Messung ist ein indirektes Verfahren zur Einschätzung des Keimgehaltes, die sich schnell und leicht vor Ort durchführen lässt. In den Vorversuchen sollte geprüft werden, ob diese Schnellmethode den langwierigen und arbeitsaufwendigen Nachweis von Keimzahlen ersetzen kann. Deshalb wurden die Ergebnisse der ATP-Messung auf ihren Zusammenhang mit den Gesamtkeimzahlen geprüft. Das von der Firma *Merck* hergestellte Testsystem zur Messung von ATP-Werten in Flüssigkeiten wurde hierfür insofern abgewandelt, als ein Zitzentupfer in einer Flüssigkeit gespült und in der Spülflüssigkeit nachfolgend die ATP-Messung durchgeführt wird. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde gewährleistet, indem das Testsystem an einer definierten Menge Flüssigkeit verwendet wurde, in der die Tupfer gespült worden waren. Aus derselben Spülflüssigkeit der Probe wurden der ATP-Gehalt und die Gesamtkeimzahl bestimmt. Bei der Verwendung anderer Systeme wären die Ergebnisse untereinander weniger vergleichbar gewesen.

Die statistische Berechnung des Zusammenhangs zwischen ATP-Werten und Gesamtkeimzahlen ergab das Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0,69$ (Abb. 10). Allerdings wurden in dieser Arbeit die RLU-Werte < 50 nicht mit in die Auswertung einbezogen, da es in diesem Messbereich zu offensichtlichen Fehlern kam. Bei niedrigen ATP-Werten ergaben sich in derselben Zitzentupferflüssigkeit bei Ermittlung der Gesamtkeimzahl zum Teil unerwartet hohe Werte. Die Ursache für diese Diskrepanz lag vermutlich in einem Material- oder Bedienungsfehler der Messsticks, indem das Messenzym nicht freigesetzt wurde. Daraus ergab sich die Vorgabe, dass die Messungen bei Werten < 50 RLU wiederholt wurden.

Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den Gesamtkeimzahlen und den Ergebnissen der ATP-Bestimmung führten FINGER und SISCHO (2001) Untersuchungen durch. Sie fanden heraus, dass in der Mitte ihres Messbereiches eine gute Übereinstimmung der Keimzahlen und der ATP-Werte bestand. Das Bestimmtheitsmaß für die ATP-Werte und die Gesamtkeimzahlen lag in dieser Studie bei einem mit der vorliegenden Arbeit vergleichbaren Wert von $R^2 = 0,64$.

Da die ATP-Messungen neben Bakterien auch anderes biologisches Material erfassen, wie zum Beispiel somatische Zellen, lassen sich die Resultate erklären, bei denen die Gesamtkeimzahl unter 100 Kbe/ml lag, während die Zitzentupferflüssigkeit gleichzeitig hohe ATP-Werte aufwies. So werden beispielsweise in Milchresten auf der Zitze enthaltene somatische Zellen mit der ATP-Messung mit erfasst. Insbesondere nach der Zitzenreinigung ist durch Ejektion von Milch mit Milchresten auf der Zitze zu rechnen.

Die Ergebnisse der Untersuchung von FINGER und SISCHO (2001) zeigten neben Ungenauigkeiten bei der Messung im niedrigeren Bereich auch Unregelmäßigkeiten im höheren Messintervall. Trotzdem schlossen sie aus ihrer Untersuchung, dass die ATP-Messung den durchschnittlichen Unterschied in Kuhsauberkeit zeigt, wie er durch die Eutervorbereitung in der Melkhygiene entsteht. JOHNSON et al. (2003) fanden ebenfalls, dass die Ergebnisse der ATP-Messung nicht exakt dem Gesamtkeimgehalt auf der Zitzenoberfläche entsprachen. Aber auch nach ihrer Meinung werden die Unterschiede zwischen der Zitzensauberkeit von der Seite und dem Ende der Zitze im Anschluss an die Reinigungsprozedur durch diese Methode ausreichend charakterisiert. Allerdings verwendeten JOHNSON et al. in ihrer Untersuchung eine andere Flüssigkeit zur Befeuchtung des Tupfers, welche möglicherweise einen Einfluss auf seine Ergebnisse nahm. Die der vorliegenden Studie verwendete Pepton-Lösung führt bei entsprechender Kühlung zu keinen wesentlichen Änderungen in der Keimzahl.

Da in den Vorversuchen die Lagerung der Zitzentupferproben einen Einfluss auf die Ergebnisse der ATP-Messungen besaß, wurden die Analysen in den Praxisbetrieben sofort vor Ort vorgenommen. Die Werte sanken nach 24-stündiger Lagerung, was mit

dem Verbrauch des Energieträgers ATP durch die in den Zitzentupferproben enthaltenen Zellen erklärt werden kann (Abb. 11).

In der vorliegenden Untersuchung wurden in den Proben von gereinigten Zitzen geringere ATP-Werte als in den Proben von ungereinigten Zitzen gefunden (Tab. 11). Die bei der Ermittlung der Keimzahlen nachgewiesene bessere Wirksamkeit der nassen Reinigung mit Trocknen im Vergleich zur trockenen Reinigung konnte mit der ATP-Messung bestätigt und sogar noch deutlicher gezeigt werden (Abb. 9).

Die ATP-Messung ist schnell und leicht vor Ort durchführbar. Die Ergebnisse können sofort mit dem Landwirt besprochen und so für Demonstrationszwecke verwendet werden. Außerdem sind die Daten dokumentierbar. Ein weiterer Vorteil der ATP-Messung liegt in der Objektivität und Quantifizierbarkeit der Messung. Außerdem sind der Vergleich der Messungen vor und nach der Reinigung und damit die Ermittlung der Reinigungseffektivität möglich.

Da die Messungen während der Voruntersuchung nur von einem Betrieb stammen und somit die Untersuchung und der Vergleich der Gesamtkeimzahlen mit den ATP-Werten sich nur auf eine nicht repräsentative mikrobielle Flora beziehen, wurden zur Sicherheit in den AMV-Betrieben zusätzlich die Gesamtkeimzahlbestimmungen ebenfalls durchgeführt und die Ergebnisse später verglichen.

Die Methodenkombination, die zur Untersuchung der AMV-Betriebe verwendet wurde, ergänzt sich auf den verschiedenen Ebenen und deckt somit die Anforderungen an wissenschaftliche Methoden ab. Zu den Prämissen gehören Objektivität der Messung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse vor und nach der Reinigung zur Ermittlung der Reinigungseffektivität, Dokumentierbarkeit der Daten, Praxisnähe des Tests und Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Studien. Tab. 22 zeigt als Gegenüberstellung die Vor- und Nachteile der verwendeten Methoden. Danach erfüllt die ATP-Bestimmung alle gewünschten Anforderungen an eine Analysetechnik zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren.

Tab. 22: Eigenschaften der Methoden, die zur Untersuchung von Zitzenreinigungsmethoden durchgeführt werden.

| | visuelle Beurteilung** | Sedimenttest*** | GKZ- Bestimmung*** | ATP- Bestimmung*** |
|---|---------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Objektivität der Messung | – | – | + | + |
| Vergleichbarkeit vor/nach Reinigung | + | – | + | + |
| Dokumentierbarkeit der Ergebnisse | (+) [*] | + | + | + |
| Durchführbarkeit vor Ort | + | + | – | + |
| Vergleichbarkeit mit anderen Studien | – | – | + | + |

* möglich mit Foto, aber aufwendig, ** von Zitzen, *** in Zitzentupfern

5.1.2 Beurteilung der Zitzenreinigungsverfahren von AMV

Die in den Vorversuchen getestete Methodenkombination zur Beurteilung von Zitzenreinigungsverfahren wurde in 18 Praxisbetrieben mit AMV angewandt. Es wurden alle zum Zeitpunkt der Untersuchung auf dem Markt vertretenen AMV-Hersteller (insgesamt 6 Firmen) einbezogen. Um die Einflüsse einzelner Betriebe möglichst auszugleichen, wurden pro Hersteller jeweils 3 Betriebe untersucht. Die Zitzenreinigungssysteme von jeweils 3 Herstellern arbeiteten mit Bürsten und von 2 Herstellern mit separaten Reinigungsbechern. Eine Firma reinigte die Zitzen in den Melkbechern. Alle untersuchten Säuberungssysteme basierten auf einer Nassreinigung, wobei 3 Hersteller nach ihrem Reinigungsprozess Ansätze zum Trocknen der Zitzen benutzten. Der Ansatz der Firmen *DeLaval* und *Insentec* besteht in der Zufuhr von Luft nach der Reinigung in den separaten Reinigungsbecher. Die Firma *Westfalia* reinigte erst mit einer nassen rotierenden Bürste, entfernte dann durch schnelles Rotieren das Restwassers auf der Bürste und bürstete dann das Euter mit der schleudertrockenen Bürste.

Eine effektive Reinigung von Zitzen vor dem Melken ist die Voraussetzung für die Erzeugung von Milch mit einer hohen Qualität (PANKEY, 1989). Wie dargestellt, erfolgt in AMV keine Kontrolle des Reinigungserfolgs der Zitzen. Ungenügend gereinigte Zitzen werden demnach dem Melkprozess zugeführt und stellen damit eine mögliche Ursache für erhöhte Keimzahlen in der Tankmilch in den AMV-Betrieben dar, die VAN DER VORST et al. (2002) in ihrer Untersuchung über die Milchqualität in AMV-Betrieben fanden. Im AMV ermittelten HOVINEN et al. (2005) nach der Zitzenreinigung einen Prozentsatz von 10,6 bis 12,8 % teilweise erfolglos gereinigte

Zitzen. Komplette erfolglose Säubern der Zitzen stellten sie bei 4,3–7,2 % der Reinigungsprozeduren fest.

5.1.2.1 Visuelle Beurteilung und Sedimenttest

Die Ergebnisse einer visuellen Beurteilung der Zitzensauberkeit vor der Reinigung zeigten große Unterschiede zwischen den einzelnen Herstellern. Die Differenzen (Abb. 12–14) lassen sich sicherlich zum Teil mit den großen Unterschieden zwischen den einzelnen Betrieben erklären (Abb. 15–17). Durch die geringe Anzahl der untersuchten Betriebe pro Firma fallen starke Abweichungen eines Betriebes im Gesamtergebnis stark ins Gewicht.

Vor der Reinigung wurden bei den einzelnen Herstellern zwischen 21 und 47 % der Zitzen visuell als sauber beurteilt. Stark verschmutzte Zitzen wurden pro Hersteller in 1–10 % der Fälle ermittelt. Nach dem Säuberungsprozess wurde immer noch ein, wenn auch geringer, Prozentsatz der Zitzen als stark verschmutzt beurteilt, obwohl die Systeme so ausgelegt sein sollten, dass alle Verschmutzungen durch die Reinigung vollständig entfernt werden. Mit den großen Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Hersteller vor der Reinigung lassen sich die großen Unterschiede der Ergebnisse der Hersteller nach der Reinigung erklären.

Die Resultate der visuellen Beurteilungen konnten durch die Daten der Sedimentbestimmung bestätigt werden. Die Beurteilungen, das heißt die Klassifizierung in 4 Gruppen, durch beide Methoden stimmten in insgesamt 69,2 % überein. Eine besonders große Koinzidenz war für saubere Zitzen zu erkennen. Visuell sauber beurteilte Zitzen wurden in 78 % auch mit dem Sedimenttest als sauber eingestuft (Tab. 13). Allerdings ergab sich mit dem Sedimenttest ein geringerer Anteil der als sauber beurteilten Zitzen. Während mit der visuellen Methode nur die sichtbare Seite der Zitze beurteilt wird, werden mit dem Sedimenttest Verschmutzungen auch im hinteren Bereich der Zitze erfasst. Dadurch lässt sich der durch den Sedimenttest ermittelte höhere Anteil Zitzen erklären, die in die Beurteilungsstufe 2 eingeordnet wurden. Dennoch zeigten die Ergebnisse der visuellen Beurteilungen von Zitzensauberkeit mit denen des Sedimenttests eine befriedigende Übereinstimmung.

Betrachtet man die der einzelnen Betriebe, so konnten große Unterschiede in den Verteilungen der Ergebnisse der visuellen Beurteilung festgestellt werden. Vor der Reinigung wies die Mehrzahl der Betriebe einen Anteil zwischen 25 und 50 % sauberer Zitzen auf. Der Anteil an stark verschmutzten Zitzen lag zwischen 0 und 25 %. Nach der Reinigung ergaben sich zwischen den einzelnen Betrieben sogar noch größere Unterschiede, sowohl bei Betrachtung der Ergebnisse der visuellen Beurteilungen als auch mit dem Sedimenttest. In der Regel erreichten die Betriebe durch den Reinigungsprozess mehr als 70 % saubere Zitzen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde nach der Reinigung bei allen Herstellern ein Prozentsatz von über 57 % als sauber beurteilte Zitzen ermittelt. HOVINEN et al. (2005) führten unter anderem zur Untersuchung der Effektivität der Zitzenreinigung bei zwei AMS ebenfalls visuelle Beurteilungen von Zitzensauberkeit in 9 Betrieben mit AMV vor und nach der Reinigung durch. Sie benutzten für ihre visuelle Beurteilung einen 5-Stufen-Schlüssel und fassten später die Ergebnisse der Beurteilungen „sauber“ und „fast sauber“ und die Ergebnisse der letzten 3 Beurteilungsstufen zusammen. Die Ergebnisse der erweiterten Beurteilungsskala ergaben nach der Reinigung saubere Zitzen von 33,1 % bei Bürstenreinigung und von 37,1 % bei Becherreinigung. Die Unterschiede in den Ergebnissen der Untersuchung von HOVINEN et al. (2005) und der vorliegenden Untersuchung hängen vermutlich mit den unterschiedlichen Beurteilungsskalen zusammen. Durch die Einteilung der Beurteilung auf vier Beurteilungsstufen in der eigenen Studie verteilen sich die Ergebnisse auf eine engere Beurteilungsspanne. Bei Vergleich der Zahlen von 57 % saubere Zitzen in der vorliegenden und 33,1 % (bei Bürstenreinigung) bzw. 37,1 % (bei Becherreinigung) in der Untersuchung von HOVINEN et al. (2005) kann vermutet werden, dass minimal verschmutzte Zitzen bei der erweiterten Skala mit der Beurteilungsstufe „fast verschmutzt“ bewertet wurden, während sie in der vorliegenden Erhebung als „sauber“ eingruppiert wurden. So erreichten bei Zusammenfassung der Beurteilungsstufen „sauber“ und „leicht verschmutzt“ in der eigenen Studie meist über 70 % der Zitzen in den Betrieben dieses Reinigungsergebnis. Nach Zusammenfassung der Beurteilungsstufen „sauber“ und „fast sauber“ kamen HOVINEN et al. (2005) auf 84,5 % bzw. 80,6 % saubere Zitzen.

Neben den unterschiedlichen Beurteilungsskalen ist es andererseits denkbar, dass der höhere Prozentsatz vollständig sauberer Zitzen in der vorliegenden Untersuchung durch andere Einflüsse, wie z.B. besser reinigende Systeme, entstanden ist. Die Art der Verschmutzung nimmt ebenfalls einen Einfluss auf die Reinigungseffektivität, was auch HOVINEN et al. (2005) in ihrer Untersuchung nachwies. Einstreumaterial wurde demnach fast komplett entfernt, im Gegensatz zu Mist, der nur zu ca. 30 % weggeräumt wurde. So könnte in der vorliegenden Untersuchung der Anteil an mit Einstreu verschmutzten Zitzen höher gewesen sein, die sich leichter reinigen ließen und zu dem höheren Anteil an sauberen Zitzen führten. Die Art der Verschmutzung wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht dokumentiert.

Auffallend ist, dass in 16 von 18 Betrieben nach der Reinigung noch ein Anteil mittelstark verschmutzter Zitzen zu verzeichnen war und in 9 von den 18 Betrieben sogar stark verschmutzte Zitzen. Im Gegensatz dazu ist bei manueller Reinigung davon auszugehen, dass verschmutzte Zitzen solange gereinigt werden, bis sie sichtbar sauber sind. Zu überlegen ist, ob das Melken einer leicht verschmutzten Zitze durch den

Verbraucher akzeptiert würde. Die Gesetzgebung allerdings schreibt eindeutig vor, dass Euter, Zitzen und angrenzende Körperteile vor dem Melken sauber sind (Verordnung (EG) Nr. 853/2004).

Eigene Erwähnung verdient die Situation im Betrieb B, der durch außerordentlich schlechte hygienische Zustände (siehe 4.3.4.3 „Sonstige Informationen“) auffiel. Hier wurden vor der Reinigung nur 6 % der Zitzen als sauber eingestuft, im Gegensatz zu Betrieb F mit 77 %. Nach der Reinigung wurden lediglich 29 % der Zitzen mit der visuellen Beurteilung und 20 % mit dem Sedimenttest als sauber beurteilt. Mittelstark und stark verschmutzte Zitzen wurden noch in mehr als 40 % der Fälle diagnostiziert. MCKINNON et al. (1990) zeigten, dass das Melken von stark verschmutzten Zitzen zu einem unakzeptabel hohen Grad an Sediment in Milch führen kann. Der Sedimenttest wurde in seiner Untersuchung mit 500 ml Milch, die aus dem Sammelstück des Melksystems entnommen wurde, durchgeführt.

In der Summe aller Betriebe wurden vor der Reinigung insgesamt 59 Zitzen als visuell stark verschmutzt eingeschätzt, wovon 24 allein in Betrieb B vorkamen, was einem Anteil von 40,7 % entspricht. Von diesen 24 Zitzen konnte durch den Reinigungsprozess keine Zitze sauber gereinigt werden, und sogar zu 50 % waren die Zitzen nach der Reinigung noch stark verschmutzt. Bei Zusammenfassung der Beurteilungen mittelstark und stark verschmutzt waren es nach der Reinigung sogar noch 95,8 %. Fasst man die Ergebnisse der Reinigung der stark verschmutzten Zitzen der anderen Betriebe zusammen, wurden von 35 Zitzen 12 nach der Reinigung ebenfalls als stark verschmutzt bewertet, während annähernd 30 % Beurteilungen sauber oder leicht verschmutzt lauteten.

Die Wirksamkeit der Zitzenreinigungsverfahren basierend auf visuellen Beurteilungen zeigte bei den Herstellern 2 und 4 die besten Reinigungsergebnisse, wobei das Effizienzmaß durch Errechnen der Differenz der Beurteilungsstufen vor und nach der Reinigung ermittelt wurde (Tab. 12). Die Hersteller 2 und 4 erreichten so mit dem Reinigungsvorgang eine Reduktion der visuellen Verschmutzung von einer Beurteilungsstufe in mindestens 80 % der Fälle. Bei den Firmen 3 und 6 wurde durch den Reinigungsvorgang eine Reduktion der visuellen Verschmutzung um eine Beurteilungsstufe in weniger als 60 % der Fälle erzielt. Allerdings umfasst jede einzelne Beurteilungsstufe nicht die gleiche Breite von Verschmutzung, weil es sich um eine ordinale, aber keine metrische Skala handelt. Deshalb sind innerhalb einer Beurteilungsstufe der Verschmutzung keine Abstufungen möglich.

Die Ergebnisse der Reinigungseffektivität machten deutlich, dass stark verschmutzte Zitzen mit dem Reinigungssystem nicht ausreichend gesäubert wurden. Wie oben beschrieben, zeigten sich von 24 in dem Betrieb B vor der Reinigung visuell als stark

verschmutzt eingestufte Zitzen nach der Reinigung noch immer 12 als stark verschmutzt (50 %). HOVINEN et al. (2005) fanden, dass von den stark verschmutzten Zitzen nach der Reinigung allerdings nur 4,8 % immer noch stark verschmutzt waren. Neben den oben beschriebenen Diskrepanzen in der Beurteilungsskala beider Untersuchungen liegt in dem Falle von Betrieb B sicherlich noch eine Erklärung in der veralteten Reinigungseinheit des Betriebes. Das System zum Zeitpunkt der Erhebung war 2 Jahre alt, und durch die immer wieder mangelhaft durchgeführten Reinigungsprozesse kam es sicherlich zur Kumulation der Verschmutzung auf den Zitzen. Es handelte sich bei den Verkrustungen in vielen Fällen um getrockneten Mist, dessen Oberfläche bei der Reinigung lediglich aufgeweicht, aber abgereinigt wurde. Solche Zustände können in Milchbetrieben sowohl aus Gründen der Verbraucherakzeptanz als wegen des Anspruches an die Milchqualität nicht akzeptiert werden. Bei einem defizitären Management, aus dem verschmutzte Kühe und eine mangelhaft arbeitende Reinigungseinheit resultieren, kann es durch die fehlende Reinigungskontrolle der AMV zu unhaltbaren Zuständen kommen.

Im Vergleich der Ergebnisse der visuellen Beurteilung mit denen des Sedimenttests ergab sich nach der Reinigung in 69,2 % der Beurteilungen vollständige Übereinstimmung. In den Voruntersuchungen an gereinigten Zitzen bestand ein höheres Maß an konvergenten Beurteilungen durch beide Methoden von 95,8 %. Die Ursache für die Diskrepanz der Prozentsätze liegt sicherlich darin, dass in den Betrieben mit AMV die gereinigten Zitzen nicht unbedingt sauber waren, so dass die auf der nicht sichtbaren hinteren Seite befindliche Restverschmutzung optisch nicht erfasst wurde. Die als visuell sauber beurteilten Zitzen stimmten sogar in 78 % mit dem Ergebnis des Sedimenttests überein.

Die zu 18,7 % durch den Sedimenttest mit einer höheren Beurteilungsstufe als bei der visuellen Einstufung bewerteten Zitzen lassen sich durch die mit dem Sedimenttest erfasste eventuelle zusätzliche Verschmutzung auf Rückseite der Zitze erklären. Makroskopisch wurden 12,2 % der Zitzen mit einer höheren Beurteilungsstufe als mit dem Sedimenttest zugeordnet und in 2,4 % der Fälle mit Abweichungen von mehr als einer Beurteilungsstufe.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse aller Betriebe ergab, dass 31 % aller Zitzen nach der Reinigung visuell nicht sauber waren, im Sedimenttest stieg der Anteil auf 40 % der Zitzen. Dieser hohe Prozentsatz an nicht ausreichend gereinigten Zitzen lässt wiederum Defizite in den Reinigungssystemen der AMV erkennen.

Obwohl es sich bei den verglichenen Methoden der visuellen Beurteilung von Zitzensauberkeit und dem Sedimenttest um zwei völlig unabhängige Techniken handelt, zeigten sie in den Ergebnissen ein sehr hohes Maß an Übereinstimmung. Die subjektive

Methode der visuellen Beurteilungen von Zitzensauberkeit lässt sich durch die Sedimentbestimmung objektivieren.

5.1.2.1.1 Keimzahlbestimmung und ATP-Bestimmung in Zitzentupferproben

Die Wirksamkeit der Reinigung, die als Differenz der Gesamtkeimzahlen bzw. des ATP-Gehaltes in Zitzentupferproben vor und nach der Reinigung ausgedrückt wurde, zeigte ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Herstellern (Abb. 20 und 27). Der Abstand zwischen Minimal- und Maximalwerten betrug bis zu 5 Log-Stufen.

Auffallend war, dass jeder Hersteller einen mehr oder weniger großen Anteil negativer Werte aufwies, die in den Abbildungen unter der Nulllinie liegen. Negative Werte bedeuten in diesem Zusammenhang, dass nach der Reinigung auf den Zitzen höhere Keimzahlen als vor der Reinigung gefunden wurden. Der Anteil dieser Resultate bei den Herstellern 3 und 4 lag bei ca. 50 % der Reinigungsvorgänge, das heißt die entsprechenden Mittelwerte der Reinigungseffektivität betragen nahezu Null.

Zu bedenken ist bei diesen Ergebnissen, dass bei der Beprobung unterschiedliche Seiten der Zitze vor und nach der Reinigung untersucht wurden. Außerdem wurden keine einheitlich großen Flächen beprobt. Diese Faktoren erhöhen zwar die Schwankungsbreite, üben jedoch keinen systematischen Effekt aus.

Die bakteriologische Untersuchung der Zitzentupferproben auf die Gesamtkeimzahlen ergab vor der Reinigung innerhalb der einzelnen Hersteller eine große Streuung der Ergebnisse (Abb. 18). So überrascht es nicht, dass nach der Reinigung das gleiche Phänomen bestand (Abb. 19).

Bei Betrachtung der Ergebnisse der ATP-Messung ergab sich ein ähnliches Bild: Sowohl vor als auch nach der Reinigung waren große Unterschiede zwischen den Herstellern zu verzeichnen. Nach der Reinigung war, wie bei den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen, ein Spektrum der Verschmutzungsgrade von bis zu 5 Log-Stufen zu finden (Abb. 25 und 26).

Auch bei einer Aufgliederung in die einzelnen Betriebe ist sowohl bei den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen als auch bei den ATP-Messungen eine große Variationsbreite der Ausgangskontaminationen der Zitzen erkennbar (Abb. 22 und 28). Diese breite Streuung in den Betrieben spiegelt sich bei den einzelnen Herstellern wider. Auch hier zeigen die Ergebnisse der beiden Methoden ein sehr ähnliches Bild.

Im Rahmen der ATP-Bestimmung wurden bei allen Herstellern bei der Ermittlung der Wirksamkeit der Reinigung ebenfalls negative Werte ermittelt, die eine höhere

Kontamination nach der Reinigung als vor der Reinigung anzeigen. Im Vergleich zur Gesamtkeimzahlermittlung fiel jedoch der Anteil an negativen Werten geringer aus.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass ein Hersteller die Reinigung im Melkbecher durchführte, so dass eine Beprobung der Zitzen nach dem Säubern zum Abnehmen des Melkbeckers und so zu starken Störungen des Melkvorganges geführt hätte. Aus diesem Grunde erfolgte die Beprobung nach dem Melken. Allerdings wurden bei diesem Hersteller keine auffällig anderen Werte als bei den übrigen Firmen beobachtet, so dass es unwahrscheinlich ist, dass eine wesentliche Beeinflussung der Ergebnisse erfolgte.

FINGER und SISCHO (2001) fanden ebenfalls ein Ansteigen der ATP-Werte im Vergleich zu den Gesamtkeimzahlen nach dem Melken und erklärten das Ergebnis als Folge des Miterfassens von somatischen und anderen nicht bakteriellen Zellen durch Restmilch auf den Zitzen. Allerdings verwendeten sie bei der Untersuchung von 195 Kühen aus 39 Betrieben ein anderes ATP-Messsystem und verglichen es mit der Keimzahl in Zitzentupfern. Das Tupfern der Zitzen für die bakterielle Untersuchung und für die ATP-Messung wurde mit einer Schablone nach RENDOS et al. (1975) durchgeführt.

Bei Betrachtung der Reinigungswirksamkeit beruhend auf den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen fielen Hersteller 3 und 4 auf, die einen sehr hohen Anteil an negativen Werten von ca. 50 % der Reinigungsvorgänge aufwiesen. Eine zunächst niedrige bakterielle Kontamination von Zitzen vor der Reinigung schien durch die Zitzenreinigungsprozedur häufiger anzusteigen. Eine mögliche Erklärung ist, dass durch die nasse Reinigung die Keime auf den Zitzen angelöst wurden und so nach der Reinigung einfacher nachzuweisen waren. Diese Hypothese entspricht den Untersuchungsergebnissen von TANGORRA et al. (2004).

Deutliche Unterschiede ergab der Vergleich der Ergebnisse der Hersteller 3 und 5 (Abb. 21). Während Firma 5 Reinigungserfolge von über 2 Log-Stufen erreichte, waren bei Unternehmen 3 kaum Reinigungserfolge im Log-Stufenbereich zu verzeichnen. Außerdem fand sich bei Hersteller 3 ein größerer Anteil an Zitzen, die nach der Reinigung eine höhere Keimzahl aufwiesen als vor der Reinigung. Eine klare Tendenz der Ergebnisse der Reinigungsvorgänge dieses Herstellers Richtung Keimreduktion auf den Zitzen ist nicht erkennbar, so dass die Zweckmäßigkeit des Systems in diesem Falle in Frage gestellt werden muss.

MELIN et al. (2002) ermittelten die Effektivität der Zitzenreinigung von einem AMV im Vergleich zur manuellen Reinigung. Sie untersuchten den Übertritt von Sporen von *Clostridium tyrobutyricum* in Milch, nachdem sie Zitzen künstlich kontaminiert hatten. Die Untersuchung fand einen besseren Reinigungseffekt des AMV im Gegensatz zur

manuellen Reinigung. Allerdings umfasste die Studie nur eine geringe Probenzahl und es wurde nur ein AMV überprüft.

KNAPPSTEIN et al. (2004) untersuchten in einem Teilprojekt der vorliegenden Untersuchung den Übertritt von Mohnsamen in die Milch, wobei sie sterilisierten Mist mit Mohnsamen versetzten und Zitzen mit der Mischung kontaminierten. Sechs Hersteller von AMV wurden mit je zwei Betrieben untersucht sowie zwei Betriebe mit konventionellem Melksystem. Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Reinigung und „Nicht-Reinigung“. Im Vergleich der Firmen wurde bei drei Herstellern eine Verringerung der Mohnsamen in der Milch von mehr als 85 % und bei den anderen wurde eine Reduktion von 50–70 % ermittelt. Die konventionelle Reinigung erreichte eine Reduktion von 99 %. Die Zitzenreinigung in der Praxis ist möglicherweise weniger effektiv, da die Wartezeit nach der Applikation der Mischung aus Mist und Mohnsamen weniger als 1 Stunde betrug. Getrockneter Mist haftet jedoch stärker an den Zitzen und wird weniger leicht abgereinigt. Bei allen Studien, die den Träger Mist für die Markersubstanzen anwendeten, besteht diese Problematik. Außerdem fällt es schwer, vor der Reinigung den genauen Grad der Kontamination zu bestimmen. So kann durch die Bewegung der Kuh ein Teil der Kontamination verloren gehen, sodass nur eine gewisse Standardisierung durch künstliche Kontamination möglich ist.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Hersteller mit den Daten der effektivsten manuellen Reinigung (nass mit nachfolgendem Trocknen) aus den Vorversuchen ergab, dass auch nach händischer Reinigung ein geringer Prozentsatz der Zitzen, nämlich ca. 6 % von 108 Tupfern, nach der Reinigung eine höhere Keimzahl als vor der Reinigung erbrachte (Abb. 8). Auch hier kann die Ursache in dem Tupfern von differierenden Bereichen liegen. MARSHALL (1985) hob hervor, dass Waschen und Trocknen durch manuelle Reinigungsmethoden normalerweise zwar eine große Anzahl von Bakterien von stark verschmutzten Zitzen entfernt, die zurückbleibende Kontamination auf diesen Zitzen aber häufig höher ist als die Ausgangskontamination auf visuell sauberen Zitzen. Da die Kontamination nicht gleichmäßig verteilt, sondern eine Zitze neben stark verschmutzten Bereichen auch saubere Bezirke haben kann, ist die Repräsentanz der Stichproben nicht gewährleistet. Vor der Reinigung kann demnach die Tupferprobe auf einem sauberen Bereich der Zitze genommen werden und nach der Reinigung in einer Region, die vor der Reinigung stark verschmutzt war. Aufgrund des Zurückbleibens von Keimen nach Säubern von stark kontaminierten Bereichen kann es zu einer negativen Bilanz der Reinigungswirksamkeit kommen. MARSHALL (1985) kam deshalb zu der Schlussfolgerung, dass der wichtigste Faktor zur Minimierung der Kontamination der Zitzenoberfläche das grundsätzliche Sauberhalten der Kühe bildet.

Die Vorversuche zum manuellen Reinigen ergaben, dass auf ca. 15 % der Zitzen nach nasser Reinigung mit nachfolgendem Trocknen eine Keimreduktion von 2 Log-Stufen erreicht wurde. Die größte Häufigkeit von ca. 40 % besaß die Keimreduktion von 1 Log-Stufe. Bei einer geringen Ausgangskontamination ist sicherlich die Möglichkeit der Reduktion der Keimzahl auf den Zitzen durch die Reinigung geringer ist als bei einer hohen Belastung. Bei der Studie über manuelle Reinigungsmethoden handelte es sich weiterhin nur um Untersuchungen in einem Betrieb und zwar in dem Versuchsgut Schaedtbeke der BFEL, was die Allgemeingültigkeit einschränkt.

Das gleiche Bild wie die Hersteller zeigten die einzelnen Betriebe, die neben den großen Unterschieden untereinander bei der Darstellung der Reinigungseffektivität in Bezug auf die ATP-Messung bis zu einem Viertel negative Werte und somit eine stärkere Kontamination nach der Reinigung aufwiesen. Allerdings war auch hier der Anteil an negativen Ergebnissen im Vergleich zu den Resultaten der Gesamtkeimzahlen geringer (Abb. 24 und 30). Der Reinigungseffekt - basierend auf den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen (Abb. 24) - zeigte einen besonders hohen Anteil an negativen Ergebnissen bei den Betrieben B, G, H, I, K, L, N und Q. Hier wurde nach der Reinigung tendenziell eine stärkere Kontamination der Zitzen als vor der Reinigung festgestellt. Dieses Ergebnis überraschte insoweit, als die Mehrzahl dieser Betriebe gleichzeitig eine niedrige Ausgangskontamination zeigte. Eine mögliche Erklärung wäre, dass durch die nasse Reinigung die Keime auf den Zitzen angelöst wurden und so nach der Reinigung einfacher nachzuweisen waren. Auch lassen sich bei niedriger Ausgangsbelastung keimreduzierende Effekte schwerer nachweisen.

Eine Ursache für die Unterschiede zwischen den Herstellern und den Betrieben ist die Variabilität der Ausgangsverschmutzung der Zitzen. In die Berechnung der Differenzen vor der Reinigung und nach der Reinigung konnte das Ausgangsniveau jedoch nicht einbezogen werden. Um den Effekt der anfänglichen Belastung zu berücksichtigen, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Hierbei sollten auch weitere Faktoren ermittelt werden, die signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert sind (s. Kap. 3.3.1.2). Anhand der durchgeführten Analyse, basierend auf der Differenz der Gesamtkeimzahlen bzw. der ATP-Werte vor und nach der Reinigung, ließen sich 50 % bzw. 32 % der Varianz erklären. Faktoren, die mit der Reinigungseffektivität signifikant korrelierten, waren der Hersteller, der Betrieb und die Ausgangskontamination, wobei nach Ausschluss des Herstellers noch immer 50 % bzw. 32 % der Varianz erklärt werden konnten. Die Ausgangskontamination und der Betrieb stellten demnach die Faktoren dar, die am stärksten mit der Reinigungseffektivität assoziiert waren. Dieses Ergebnis macht deutlich, wie wichtig das Management die Sauberhaltung von Zitzen der Kühe ist nehmen sollte.

Durch die Varianzanalyse konnten auch die Unterschiede zwischen den Herstellern bezüglich ihrer Reinigungswirksamkeit - basierend auf der visuellen Beurteilung und der Sedimentbestimmung - bestätigt werden. Zugleich wird offensichtlich, dass Verbesserungen der Reinigungssysteme möglich sind. Die Unterschiede zwischen den Betrieben demonstrieren die Bedeutung des Managements. Welche Aspekte in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen, wurde in einem weiteren Teil der Untersuchung ermittelt.

FINGER und SISCHO (2001) untersuchten vier Phasen des Melkvorganges. Die Zitzen von Kühen wurden ungereinigt, nach der manuellen Reinigung, nach der Zitzendesinfektion und nach dem Melken auf ihre Gesamtkeimzahl untersucht. Im Rahmen einer Varianzanalyse, in welcher der Reinigungseffekt der einzelnen Reinigungsschritte und der Zusammenhang mit den Keimzahlen bzw. ATP-Werten überprüft wurden, dass der Betrieb signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert war. Dieses Ergebnis deckt sich mit der vorliegenden Untersuchung.

In der vorgenannten Studie von FINGER und SISCHO ((2001) wurde außerdem ermittelt, ob die einzelnen Euterviertel einen Einfluss auf den Reinigungseffekt hätten. Es sollte geklärt werden, ob die bakterielle Kontamination zum Beispiel des Euterviertels vorne links besser abgereinigt würde als vorne rechts. Allerdings konnte kein Zusammenhang während der vier Phasen des Melkens gefunden werden. Auch in der vorliegenden Untersuchung bestand keine Korrelation zwischen Euterviertel und dem auf die Keimzahl bezogenen Reinigungseffekt. Allerdings ergab sich bei Einsetzen der ATP-Werte, dass das einzelne Euterviertel signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert war. Leider fand sich in der Untersuchung von FINGER und SISCHO hinsichtlich der Ergebnisse der ATP-Werte und dem Zusammenhang mit der Lage des Euterviertels kein Hinweis.

Der Teil der Varianz, der in der vorliegenden Untersuchung mit den überprüften Faktoren nicht erklärt werden kann, könnte unter anderem mit dem Tupfern einer nicht einheitlich großen Fläche der Zitze zusammenhängen. Da bei den meisten Herstellern ein manuelles Unterbrechen des Reinigungsvorganges nicht möglich ist, musste die Tupferprobennahme schnell durchgeführt werden. Aus diesem Grunde konnten zeitaufwendigere Methoden, die das Tupfern von einheitlichen Flächen gestatten, z.B. mit einer Schablone, nicht angewendet werden.

Die Unterschiede in der Wirksamkeit der Reinigung werden vermutlich auch auf die unterschiedliche Art der Verschmutzung der Zitzen zurückzuführen sein. Dazu kommt das Alter der Verschmutzung, die, wenn sie frisch ist, sich meist einfacher abzureinigen ist als alte, angetrocknete Krusten. Faktoren, wie die Zitzenform, -länge und -dicke sowie die Stellung der Zitze beeinflussen ebenfalls die Wirksamkeit der Reinigung.

Weiterhin zu bedenken ist, dass die Verschmutzung sicherlich nicht gleichmäßig über die Zitzenoberfläche verteilt war. Bei Tupfern von den unterschiedlich stark verschmutzten Bereichen konnten so negative Werte bei Berechnung der Reinigungseffektivität entstehen, wenn sie als Differenz vor und nach der Reinigung erfasst wurden.

Außerdem dürfte der Reinigungseffekt auf der Zitze nicht an allen Seiten gleich gewesen sein. So bewegte sich die Bürste bei der Reinigung nur an zwei Seiten in eine bestimmte Richtung. In den Reinigungsbechern gab es darüber hinaus bestimmte Stellen, an denen das Wasser in den Becher einfluss, um die Zitze zu reinigen. An diesen Lokalisationen ist die Reinigungswirkung vermutlich besser.

Bei der Verschmutzung der Kühe in Betrieb B handelte es sich in vielen Fällen um getrockneten Mist, dessen Oberfläche bei der Reinigung lediglich aufgeweicht wurde, ohne ihn zu entfernen. Dass die Verschmutzung in Form von Mist vom Reinigungssystem schlechter abgereinigt wird, fanden auch HOVINEN et al. (2005) in ihrer Untersuchung. Diese Aussage stimmt mit den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchung in diesem Betrieb überein. Demgemäß waren die Keimzahlen auf den Zitzen nach der Reinigung zum Teil höher als zuvor, was für ein Anlösen der Verschmutzung spricht (siehe Kapitel 3.4.2.2.2 "Verteilung der Ergebnisse pro Betrieb").

Die Einordnung der Hersteller hinsichtlich der Reinigungseffektivität wurde jeweils mit Hilfe der Gesamtkeimzahlen und der ATP-Werte parallel dargestellt und miteinander verglichen (Tab. 14).

Die Ergebnisse beider Methoden ähneln sich. So konnten die zwei Firmen mit den besten (Hersteller 2 und 5) und die zwei mit den schlechtesten Reinigungsergebnissen (Hersteller 3 und 6) durch beide Methoden übereinstimmend identifiziert werden. Die Wirksamkeit der Reinigung der Hersteller 3 und 6 hinsichtlich der Gesamtkeimzahlen unterschied sich signifikant von den anderen vier Herstellern ($p < 0,05$). Diese Ergebnisse zeigen die Notwendigkeit, in beiden Fällen die Effektivität der Zitzenreinigungssysteme zu verbessern.

Bei einem Vergleich der Reinigungseffektivität pro Betrieb (Tab. 14), basierend auf den Ergebnissen der Gesamtkeimzahlen und der ATP-Werte, wurden für fast alle Hersteller signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Betrieben festgestellt. Außerdem glich sich die Einordnung der Betriebe der meisten Hersteller hinsichtlich ATP-Werte und Gesamtkeimzahlen.

Starke Abweichungen der Reinigungseffektivität der Betriebe zeigten Betrieb H und Q, die durch bestimmte Managementaspekte erklärt werden können: So wurde bei Betrieb H des Herstellers 3 kaltes Wasser statt, wie bei den anderen Betrieben des gleichen

Herstellers, warmes Wasser für die Zitzenreinigung verwendet. Damit lässt sich ohne weiteres der niedrige Wert der Reinigungseffektivität hinsichtlich der Gesamtkeimzahl erklären.

Der Betrieb Q fiel durch den Anstieg der Keimzahlen auf den Zitzen nach dem Reinigungsvorgang auf, und verzeichnete den höchsten Anteil an negativen Ergebnissen nach der Reinigung. Bei Vergleich der ermittelten Reinigungswirksamkeit auf Basis der Keimzahlen einerseits und der ATP-Werte andererseits, ist allerdings bei den ATP-Werten allerdings ein deutlicher Reinigungseffekt sichtbar. Hinsichtlich der visuellen Beurteilungen zeigte dieser Betrieb keine Auffälligkeiten und erreichte nach der Reinigung einen Anteil an visuell sauberen Zitzen von über 50 %. Die Kontamination der Zitzen nach der Reinigung betraf somit lediglich den Keimgehalt. Es ist zu vermuten, dass durch den Reinigungsvorgang auch Keime auf die Zitze appliziert wurden. Die Reinigungseinheit, die in diesem Betrieb auffälligerweise nicht desinfiziert wurde, scheint hier die Quelle der Kontamination gewesen zu sein.

Auch Betrieb B wies einen reduzierten Reinigungseffekt auf. Die Kühe dieses Betriebes zeigten sehr stark verschmutzte Zitzen, so dass bei Probenahme vor der Reinigung auf den harten, angetrockneten Krusten möglicherweise nur ein Teil der Verschmutzung mit dem Tupfer aufgenommen wurde (siehe 3.4.2.2.2). Durch den Reinigungsvorgang könnte dann die Verschmutzung angelöst worden sein und wurde nachfolgend mit dem Tupfern besser erfasst.

Eine durch den Reinigungsvorgang angelöste Verschmutzung kann im Verlauf des Melkprozesses durch das Umspülen der Zitze mit Milch zu einer Kontamination der Tankmilch führen. Derartige Reinigungsprozesse scheinen in diesen Fällen sogar eine negativere Wirkung zu haben, als wenn gar nicht gereinigt worden wäre. Der Betriebsleiter des Betriebes B berichtete, dass nach Erneuerung der Reinigungseinheit die Zahl der coliformen Keime in der Tankmilch massiv angestiegen sei. Dieses Phänomen hing vermutlich mit der besseren Reinigungsleistung der neuen Einheit zusammen, die dann zu einem stärkeren Anlösen der Verschmutzungen und mit dem Melkprozess zu einem verstärkten Übertritt in die Tankmilch führte (MCKINNON et al., 1990).

Die gute Reinigungswirksamkeit des Reinigungssystems des Betriebes O ließ sich durch die relativ neue Reinigungseinheit erklären. Die AMV-Anlage wurde 2 Monate vor Probennahme installiert, so dass die Reinigungseinheit dementsprechend neu, aber zugleich auch eingefahren war.

KNAPPSTEIN et al. (2004) fanden in einem Teilprojekt des der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden EU-Forschungsvorhabens ebenfalls, dass die deutlich schlechtere Reinigungswirksamkeit eines Betriebes im Vergleich zu 11 weiteren

Betrieben mit AMV und 2 Betrieben mit konventionellen Reinigungsmethoden in der mangelnden Wartung des Systems begründet lag. Sie erklärten, dass aufgrund der hohen Kosten der Bürsten des Reinigungssystems das vom Hersteller empfohlene jährliche Wechseln manchmal verschoben wurde.

Die Auswertungen der Ergebnisse der einzelnen Hersteller und Betriebe hinsichtlich der Gesamtkeimzahlen und ATP-Werte ergaben ähnliche Bilder und auch Schlussfolgerungen. Es wurden jeweils die Korrelationen der ATP-Werte mit den Gesamtkeimzahlen der Daten vor und nach der Reinigung bestimmt. Die Beziehungen zeigten ein sehr ähnliches Bild mit einem errechneten Wert beider Probenarten von etwa $r = 0,7$ (Abb. 31). Der Standardfehler mit $s_{yx} = 0,36$ bzw. $0,37$ lag relativ hoch.

Die Bestimmtheitsmaße von ATP (\log_{10} RLU) und Gesamtkeimzahl (\log_{10} KbE/ml) vor und nach der Reinigung lagen bei $R^2 = 0,52$ und $R^2 = 0,53$. Es gab keine Unterschiede im Zusammenhang zwischen den ATP-Werten und der Gesamtkeimzahl bei den Daten vor der Reinigung und nach der Reinigung. Dies lässt vermuten, dass durch die Reinigung und Stimulation der Zitze wenig Milch mit ihrem somatischen ATP auf die Zitzenoberfläche gelangt ist, da sonst deutlichere Unterschiede zwischen „vorher“ und „nachher“ zu erwarten gewesen wären. In den Vorversuchen zu dieser Arbeit, in denen 215 Zitzentupferproben untersucht worden waren, ergab sich ein relativ hohes Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,69$ (Abb. 10). Allerdings ist hier zu bedenken, dass es sich nur um eine geringe Anzahl an Zitzentupferproben aus nur einem Betrieb handelte.

SAMKUTTY et al. (2001) fanden ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,58$ bei einem Vergleich von \log_{10} -Werten der ATP-Messungen und der Gesamtkeimzahlen in Rohmilchproben. Dieser Wert liegt unter dem Wert der Vorversuche und über den Werten der Untersuchungen in den AMV-Betrieben, deckt sich demnach trotz unterschiedlicher Keimflora mit dem Trend der vorliegenden Erhebung.

FINGER und SISCHO (2001) untersuchten Zitzentupfer auf ihren ATP-Gehalt. Die Proben wurden vor der Euterreinigung, nach der Kuhreinigung (Reinigung und Lufttrocknung von Euter, Schwanz und Klauen), nach dem Vordippen und unmittelbar nach dem Melken entnommen. Sie ermittelten sogar ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,64$, das etwas über dem eigenen Werten von $R^2 = 0,52$ bzw. $0,53$ in den AMV-Betrieben lag. Die leichte Diskrepanz zwischen den beiden Studien kann möglicherweise in den unterschiedlichen Probennahme- und Untersuchungsverfahren begründet sein. FINGER und SISCHO untersuchten mittels einer Schablone nach RENDOS et al. (1975) standardisierte Areale auf den Zitzen und verwendeten außerdem eine andere Methode der ATP-Messung. In der vorliegenden Untersuchung wurde die ATP-Messung in der Tupferflüssigkeit durchgeführt, ein Substrat, das später ebenfalls für die Messung der Gesamtkeimzahlen verwendet wurde.

Wegen der relativ engen Korrelation folgerten auch FINGER und SISCHO (2001), dass die Methode der ATP-Messung zur Ermittlung von Zitzensauberkeit die aufwendige Gesamtkeimzahlbestimmung ersetzen kann. Abweichungen der Ergebnisse beider Methoden lassen sich mit der Miterfassung von nichtbakteriellem ATP, z.B. von somatischen Zellen, erklären. In hohem Maße wird mit der ATP-Messung aber der ATP-Gehalt von Bakterien miterfasst, die letztlich zur Kontamination der Milch führen können. Der theoretisch plausible und praktisch nachgewiesene Zusammenhang der ATP-Messung und der Gesamtkeimzahlen auf den Zitzen lässt es zu, zur Ermittlung von Zitzensauberkeit die sehr aufwendige Gesamtkeimzahlbestimmung durch die ATP-Messung zu ersetzen. Beide Methoden führten in der Untersuchung zu einer vergleichbaren Einstufung der Hersteller und Betriebe.

Der entscheidende Vorteil des ATP-Nachweises ist die schnelle Durchführbarkeit vor Ort mit der Möglichkeit, mittels der Messung Verschmutzungen objektiv einschätzen zu können. Allerdings sind für die Untersuchung standardisierte Verfahren mit einheitlichen Grenzwerten zu verwenden. Der ermittelte Wert erlaubt eine Aussage über den Keimgehalt der Verschmutzung auf den Zitzen und führt so dem Betriebsleiter die Wichtigkeit der Zitzensauberkeit vor Augen.

5.2 Auswirkungen des Hygienemanagements auf die Zitzensauberkeit

5.2.1 Fragenkatalog und Checkliste

Um Aspekte des Managements zu erfassen, die einen möglichen Einfluss auf die Sauberkeit der Zitzen nehmen, wurden diese Einflussgrößen mittels eines Fragenkataloges erfasst. Vor Ort wurde außerdem eine Hygienecheckliste vom Probennehmer ausgefüllt.

Als wichtigste Faktoren, die mittels der Varianzanalyse im Hinblick auf die im Zusammenhang mit der Reinigungseffektivität gefunden wurden, wurden neben dem AMV-Hersteller auch die einzelnen Betriebe identifiziert. Zusätzlich war die Ausgangskontamination signifikant mit dem Reinigungseffekt assoziiert, unabhängig vom Hersteller des AMV-Systems. Aus diesem Grunde war es wichtig, Managementeinflüsse auf die Ausgangskontamination im Detail aufzuspüren. Zu diesem Zweck wurde ein Katalog mit 45 Fragen zur Betriebsführung und eine Checkliste zur Beurteilung des aktuellen Hygienestatus in 17 Bereichen der Ställe eingesetzt.

Die Antworten der Betriebsleiter im Fragenkatalog zeigten ein sehr unterschiedliches Verhalten hinsichtlich des Betriebsmanagements (Tab. 17 und Tab. 18).

AMV-spezifische Faktoren, die unmittelbar mit der durchschnittlichen Zitzenverschmutzung der Betriebe in Zusammenhang standen, waren die Erneuerung

der Zitzenreinigungseinheit mindestens einmal jährlich, der mäßige oder schlechte Hygienezustand der Reinigungseinheit, die mittlere Melkfrequenz pro Tag, wenn sie unter oder höchstens bei 2,5 mal pro Tag liegt und letztlich eine Selektion der Kühe aufgrund der Roboterakzeptanz ($p < 0,1$). Wenn die mittlere Melkfrequenz unter oder höchstens bei 2,5-mal pro Kuh und Tag liegt, ist auch die Frequenz der Reinigung der Zitzen pro Tag geringer und steht so im Zusammenhang mit der Zitzenverschmutzung.

In der Häufigkeit des Wechsels der Reinigungseinheit der AMV-Systeme zeigten die Betriebsleiter ein deutlich unterschiedliches Verhalten, wobei man unter der Reinigungseinheit die Reinigungsbürsten oder die Reinigungsbecher des Melksystems versteht. Sie gaben Abstände von 6 Monaten bis 2 Jahren an. Über das Alter der Reinigungseinheit konnten die Betriebsleiter in vielen Fällen keine Auskunft geben. Um die Funktionalität und damit die Wirksamkeit der Reinigung zu gewährleisten, ist ein regelmäßiges Wechseln der Einheiten wichtig und vom Hersteller in bestimmten Abständen empfohlen.

Faktoren, die keinen Bezug zum AMV haben, aber mit der Sauberkeit der Kühe in Zusammenhang stehen, betreffen das Liegeboxenmanagement, insbesondere die Relation der Kuhanzahl zur Anzahl der bereitgestellten Liegeboxen. Bei einem Verhältnis von weniger als einer Liegebox pro Kuh steigt die Frequenz der Benutzung der einzelnen Boxen und parallel dazu die Verschmutzung der Boxen. Einen wichtigen Faktor stellte außerdem die Zugabe frischer Einstreu in die Liegeboxen dar, die zwischen zweimal am Tag und einmal im Monat erfolgte. Einbringen von Einstreu weniger als einmal pro Tag stand im Zusammenhang mit einer höheren Zitzenverschmutzung in den Betrieben.

Das Management der Liegeboxen und die daraus resultierende Liegeboxensauberkeit schienen auch nach den Ergebnissen der Hygienecheckliste einen direkten Zusammenhang mit der Kuhsauberkeit zu haben. So stimmte die Beurteilung der Liegeboxensauberkeit vollständig mit der Beurteilung der Sauberkeit der Kühe überein. In der Mehrzahl der Betriebe wurde vor der Reinigung ein Anteil von 25–50 % der Zitzen als visuell sauber eingestuft.

Allerdings fiel Betrieb F mit einem Anteil von über 77 % an sauberen Zitzen vor der Reinigung auf. Die Sauberkeit der Kühe war in diesem Betrieb deutlich sichtbar und in dem Protokoll des Probennehmers ausdrücklich dokumentiert. Auffallend war, dass der Betriebsleiter auf die Sauberkeit der Kühe bewusst Wert legte und eine klare Vorstellung über die Ursachen der Verschmutzung von Kühen äußerte. Er führte jegliche Verschmutzung seiner Kühe auf Verschmutzungen der Schwänze zurück, die durch das Herabhängen aus der Liegebox in den Mistgang verunreinigt würden. Der Betrieb verfügte über Tiefboxen mit Festmist und Strohhackseleinstreu.

SCHREINER und RUEGG (2002) und auch TUCKER et al. (2001) fanden allerdings keinen Zusammenhang zwischen dem Kupieren der Schwänze von Kühen und der Kuhsauberkeit, einschließlich der Eutersauberkeit. Das Kupieren der Schwänze ist in Deutschland bei Rindern aus tierschutzrechtlichen Gründen ohnehin verboten.

Der Zusammenhang zwischen der Verschmutzung des Schwanzes und der Kuhsauberkeit seitens des Betriebsleiters von Betrieb F kann nur als spekulativ bezeichnet werden. Allerdings scheinen aufgrund dieser Vermutung des Betriebsleiters verstärkt Maßnahmen durchgeführt worden zu sein, die zum Erhalt der Sauberkeit der Kühe geführt haben.

Die Selektion der Kühe nach Eutergesundheit, ein mäßiger oder schlechter Zustand der Einstreu und das Vorkommen von Spaltenliegern in den Betrieben korrelierten signifikant mit einer hohen Zitzenverschmutzung. Auffallend war der hohe Anteil an Spaltenliegern in den Betrieben, der zwischen 1 und 15 % der Kühe pro Herde lag. Da der Reinigungseffekt signifikant mit der Ausgangsverschmutzung assoziiert war und bei den Spaltenliegern von einer sehr viel stärkeren Verschmutzung auszugehen ist, sind Kühe mit diesem Verhalten in Betrieben mit AMV sicherlich als problematisch anzusehen.

Ebenso stand ein mäßiger oder schlechter Klauenzustand der Kühe mit einer hohen Zitzenkontamination im Zusammenhang. Der Klauenpflegerhythmus lag zwischen einmal pro Jahr (7 Betriebe), zweimal pro Jahr (5 Betriebe) und dreimal pro Jahr (3 Betriebe). Drei Betriebe machten keine Angaben. Auch dieses Ergebnis zeigte das unterschiedliche Management in den Betrieben. Seltene Klauenpflege führt zu eingeschränkter Mobilität und verlängertem Liegen der Kühe. Durch das vermehrte Liegen kommt es auch zum intensiverem des Euters und der Zitzen mit dem Boxenuntergrund, was wiederum stärkere Verschmutzungen bedingt. Durch das erschwerte Aufstehen und Niederlegen der Kühe mit Klauenproblemen kann es häufiger zum Kontakt der Klauen mit dem Euter und den Zitzen kommen und so zu einer zusätzlichen Kontamination. Wegen der eingeschränkten Mobilität werden Kühe mit einer Klauenproblematik vermutlich seltener zum Melksystem gehen, und somit werden die Zitzen nicht so oft gereinigt. Eine Kumulation der Verschmutzung wäre in diesem Fall die Folge.

Die Ergebnisse der Hygienecheckliste zeigen, dass der größte Anteil der Betriebe (10 von 18 Betrieben) nur ein mäßiges oder schlechtes Ergebnis in der Beurteilung des Klauenzustandes erreichte. Der Zustand der Klauen scheint in den Betrieben mit AMV zum Teil wenig Beachtung zu finden zu spielen und sollte daher verbessert werden.

Einen nur mittelbaren Zusammenhang mit der Zitzenverschmutzung scheinen Faktoren wie der erste Eindruck der Roboteranlage, die Reinigungsfrequenz der Melkbox, der

Zustand der Melkbecher und die Benutzung von Kuhbürsten in der Stallanlage zu haben. Diese Managementfaktoren stehen wohl eher im Zusammenhang mit der generellen Einstellung des Betriebsleiters zur Hygiene als zur Zitzensauberkeit.

Das zweimal tägliche Reinigen der Liegeboxen, das Scheren der Euter und das Kürzen der Schwanzquaste waren allgemein akzeptierte Hygienemaßnahmen und wurden von fast allen Betriebsleitern vorgenommen. Diese Faktoren können demnach als grundsätzlich durchzuführende Hygienemaßnahmen angesehen werden.

Die Ergebnisse der Hygienecheckliste lassen vermuten, dass neben dem Zustand der Klauen auch die Warteregion vor dem AMV, die Zitzenbecher sowie die Zitzenreinigungseinheit von geringerer Wichtigkeit für die Betriebsleiter waren, da diese Punkte in ungefähr 50 % der Betriebe mit mäßig oder schlecht beurteilt wurden. Offensichtlich wurde diesen Bereichen weniger Aufmerksamkeit zuteil.

Zu bedenken ist abschließend, dass die Ergebnisse der Hygienecheckliste eventuell beeinflusst waren von zusätzlichen Reinigungsmaßnahmen der Betriebsleiter vor dem Besuch.

5.2.2 Sonstige Informationen

Als zusätzliche Informationen wurden je Betrieb am Probennahmetag eine Tankmilchprobe und eine Probe der frischen Einstreu genommen und Keimgruppen quantitativ bestimmt.

Ein Zusammenhang der mikrobiologischen Daten der Milchqualität mit der Zitzensauberkeit oder der Effektivität der Reinigung konnte in dieser Untersuchung nicht ermittelt werden, da es sich lediglich um jeweils eine Tankmilchprobe handelte. Auch die Daten der Gesamtkeimzahlen von Tankmilchproben über einen längeren Zeitraum waren nur in einigen Betrieben zu erhalten. Die Gesamtkeimzahlen würden zudem nur begrenzte Informationen zur Ursache von Mängeln in der Milchqualität geben.

Die Ergebnisse der Bestimmung verschiedener Keimgruppen in den Tankmilchproben ergaben große Unterschiede in der Milchqualität der einzelnen Betriebe eines AMV-Herstellers (Abb. 32 und

Abb. 33). Die Tatsache, dass zwischen den Betrieben außerdem deutliche Unterschiede im Management bestanden, lässt vermuten, dass die Milchqualität nicht nur durch AMV-Typ, sondern wesentlich auch durch die Leitung beeinflusst wurde.

Von den 18 Betrieben bezüglich der Gesamtkeimzahlen nur 7 Betriebe oberhalb der Grenze von 10 000 KbE/ml (Abb. 32). Allerdings überstiegen von diesen 7 Betrieben

gleichzeitig 5 den vorgeschlagenen Richtwert für coliforme Keime in Tankmilch von 1 000 KbE/ml.

Grundsätzlich sind die drei wichtigsten Quellen der bakteriellen Kontamination der Tankmilch das Innere des Euters, das Äußere des Euters und der Zitzen sowie das Melk- und Lagerungssystem (JØRGENSEN, 1990). Der wesentlichste Eintrag von coliformen Keimen in die Tankmilch erfolgt über das Euter, das von der Umgebung kontaminiert wird (REINEMANN, 1997). So geben hohe coliforme Keimzahlen einen Hinweis auf eine mangelnde Effektivität der Zitzenreinigung vor dem Melken einerseits und auf einen Mangel in der Sauberkeit der Kuhumgebung andererseits. Coliformenbelastung spricht für eine unzureichende Melkanlagenreinigung und die Vermehrung der Keime an Milchkontaktflächen.

Der Zusammenhang zwischen der Milchqualität und der Zitzensauberkeit ist in der vorliegenden Untersuchung nur sehr eingeschränkt darstellbar, da nur eine Probe untersucht wurde und diese unabhängig vom Füllungszustand des Tanks gezogen wurde. Die 8 Betriebe mit den erhöhten coliformen Keimzahlen über 100 KbE/ml in der Tankmilch besaßen Melksysteme von 5 verschiedenen Herstellern, weshalb das vorliegende hygienische Problem systemunabhängig zu sein scheint (Abb. 32). Nur 3 Betriebe eines Herstellers konnten die coliforme Keimzahlen unter 100 KbE/ml halten.

Unter guten hygienischen Voraussetzungen sollte die Zahl der coliformen Keime in der Tankmilch den Wert von 100 KbE/ml nicht übersteigen. Werte im Bereich zwischen 100 und 1 000 KbE/ml Tankmilch zeigen laut REINEMANN (1997) generell ein Problem in der Melkhygiene an. Da sich diese Bakterien auch in den Restmilchbelägen vermehren können, sind Werte oberhalb von 1 000 KbE/ml außerdem ein Indikator für eine nicht ausreichende Reinigung des Melksystems.

Besonders auffallend war die hohe coliforme Keimzahl in der Tankmilch von Betrieb B (Abb. 32), die in diesem Falle zudem für die insgesamt auch hohe Gesamtkeimzahl in der Milch verantwortlich war. Der Befund konnte auf die außerordentlich schlechten Haltungsbedingungen der Herde und die daraus resultierend stark verschmutzten Tiere zurückgeführt werden. Die Kühe wurden in einem ehemaligen Färsenstall mit dementsprechend kleinen Liegeboxen gehalten, die laut Angaben des Betriebsleiters nie gereinigt wurden (siehe 3.4.3.4.3). In dem Betrieb waren 8 Kühe Spaltenlieger, was in der Herde einem Anteil von 15 % entsprach.

Bei Betrachtung der thermoduren Keimzahlen überschritten 14 Betriebe den Richtwert von 200 KbE/ml (Abb. 33), obwohl die entsprechenden Gesamtkeimzahlen zum Teil unter oder nahe 10 000 KbE/ml lagen. Sechs der Betriebe wiesen zusätzlich erhöhte Gehalte an coliformen Keimen über 1 000 KbE/ml auf. Starke Besiedlung mit beiden

Keimgruppen weist auf Mängel in der Systemreinigung und auf die Vermehrung von Bakterien an milchberührten Flächen hin (REINEMANN, 1997). Thermodure Keime überleben die Pasteurisierung, also die Behandlung von 30 Minuten bei 62,8 °C oder vergleichbare Zeit-Temperatur-Kombinationen. Sie können die Haltbarkeit von Milchprodukten beeinträchtigen und sind aus diesem Grunde unerwünscht. Aus den Ergebnissen lässt sich folgern, dass die Systemreinigung in vielen Betrieben verbesserungswürdig scheint.

Allerdings lag bei allen AMV-Herstellern mindestens ein Betrieb mit der Gesamtkeimzahl unter 10 000 KbE/ml und gleichzeitig der Keimzahl von coliformen Keimen unter 100 KbE/ml. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die bakteriologische Milchqualität nicht eindeutig AMV-bedingt ist, sondern dem Management entscheidende Bedeutung zukommt.

Weil die Einstreu in direktem und längerem Kontakt mit den Eutern und den Zitzen der Kühe kommt und so eine Quelle für die bakterielle Kontamination darstellt, wurden verschiedene Keimgruppen in einer Probe der frischen Einstreu je Betrieb ermittelt (Tab. 21). Bei starker mikrobiologischer Belastung der Einstreu ist davon auszugehen, dass hohe Keimzahlen auf den Zitzen nicht unbedingt mit dem Stallmanagement zusammenhängen. RENDOS et al. (1975) folgerten in ihrer Untersuchung der mikrobiellen Besiedlung von Zitzenenden und Einstreumaterial, dass die Art der Einstreu die bakterielle Kontamination der Zitzenhaut stark beeinflusst.

Zwei der 18 Betriebe (Betrieb K und M) verwendeten anstelle von Einstreu Liegematratzen. Auffallend war, dass bei diesen beiden Betrieben die Kuhsauberkeit in der Hygienecheckliste als mittelstark verschmutzt beurteilt wurde, während von den anderen 16 Betrieben immerhin 15 die Bewertung sauber erreichten. Zusätzlich wurde in diesen beiden Betrieben im hinteren Drittel auf den Liegematratzen zum Teil Güllepfützen beobachtet. Ein Betriebsleiter berichtete über starke Probleme mit Colimastitiden.

Das hintere Drittel der Liegeboxen ist der Bereich, der beim Liegen der Kühe in Kontakt mit dem Euter und den Zitzen kommt. Feuchtigkeit ist unter anderem ein wesentlicher Faktor für die Vermehrung von coliformen Keimen. EMEASH und EL-BABLY (1998) folgerten in ihrer Untersuchung, dass Coliformenwachstum in schmutzigen Einstreumaterialien reduziert werden kann, indem die feuchten Stellen täglich entfernt werden. Die Güllepfützen im Bereich der Liegeboxen, in dem die Euter der Kühe zum Liegen kommen, stellen so ein großes Risiko für Mastitiden durch coliforme Bakterien dar und könnten möglicherweise Ursache für das vermehrte Auftreten der Colimastitiden in dem oben genannten Betrieb sein.

Die Keimgehalte der Einstreu pro Betrieb zeigten zum Teil große Unterschiede. Vor allem waren diese Diskrepanzen zwischen den verschiedenen Arten der Einstreumaterialien zu finden (Abbildung 35). So variierten die Gesamtkeimzahlen zwischen $< 1\,000$ KbE/g und $100\,000\,000$ KbE/g frischer Einstreu. Auffallend niedrig war die Belastung in Sägespänen der Firma Allspan[®], in Sand und in einem Sägespäne-Produkt. Die Sägespäne der Firma Allspan[®] werden während der Produktion einem zusätzlichen Entstaubungsprozess unterzogen. In diesem Material, das in 3 Betrieben verwendet wurde, lagen neben den geringen Gesamtkeimzahlen auch die Coliformenzahlen unter der Nachweisgrenze von 100 KbE/g. Aber auch bei der gleichen Art der Einstreu und selbst bei ähnlichen Gesamtkeimzahlen bestanden z. T. erhebliche Differenzen zwischen den Betrieben in Bezug auf die Menge nachweisbarer coliformer Keime.

Thermoture Bakterien wurden in allen Einstreuproben gefunden, außer in einer Probe der Firma Allspan[®]. Thermoture Keime in der Rohmilch haben ihren Ursprung nicht nur in einer mangelhaften Systemreinigung, sondern sie können auch aus der Einstreu kommen, indem sie über nicht ausreichend gereinigte Euter vor dem Melken in die Milch gelangen. So fand HANSEN (1973) eine positive Korrelation zwischen thermoturen Keimen auf Zitzen und in Tankmilchproben. Er untersuchte über einen Zeitraum von 10 Monaten bei 137 Kühen in 4 kommerziellen Milchviehbetrieben 924 und 934 Zitzentupferproben. Die Zitzentupfer nahm er jeweils von den Zitzenspitzen und den Zitzenseiten mittels einer Schablone. Er verglich die Ergebnisse mit 105 Mischmilchproben und ca. 3200 Viertelgemelksproben.

Die Unterschiede der coliformen Keimzahlen in frischer Einstreu sind deutlicher ausgeprägt als bei den thermoturen Keimzahlen. Dieser Befund kann möglicherweise durch unterschiedliche Einflüsse während der Ernte verursacht sein oder während der Produktion der Sägespäne. Durch den Produktionsprozess der Sägespäne der Firma Allspan[®] scheinen die bakteriellen Keimzahlen sehr effektiv reduziert zu werden.

Hohe bakterielle Keimzahlen können sich in der Einstreu entwickeln, wenn sie nicht entsprechend gelagert wird. So wurde bei einem Betrieb in der vorliegenden Untersuchung in der Einstreu, die im Freien ohne Bedeckung gelagert wurde, Keimzahlen von $24\,000\,000$ KbE/g nachgewiesen.

HOGAN et al. (1989) ermittelten in ihrer Untersuchung unterschiedlicher gebrauchter Einstreumaterialien von 9 Praxisbetrieben Keimzahlen von $10\,000\,000$ – $1\,000\,000\,000$ KbE/g. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass Keimzahlen in dieser Höhe auch schon in frischer Einstreu vorkommen. Coliforme Bakterien in der Einstreu haben ihren Ursprung nicht unbedingt in fäkaler Kontamination, da sie auch schon in frischem Material vorkommen.

HOGAN et al. (1989) fanden in anorganischem Einstreumaterial geringere Keimzahlen als in organischem Material. Auch in der eigenen Studie waren die Gesamtkeimzahlen und die Coliformendichte in dem anorganischen Material Sand niedrig. Ebenso zeigten EMEASH und EL-BABLY (1998) bei einem Vergleich von verschiedenen Untergründen wie Sägespäne, Erde und Sand, dass in Sand die niedrigsten coliformen Keimzahlen vorliegen.

ZDANOWICZ et al. (2004) überprüften den Zusammenhang von Keimzahlen in Sand, Sägespänen und auf Zitzenkuppen sowie der Eutersauberkeit mittels einer Schablone. Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Eutersauberkeit mit denen der Keimzahlermittlung in den Zitzentupfern konnte kein Zusammenhang gefunden werden. Die fehlende Beziehung ist verständlich, da es sich um unterschiedliche Bereiche des Euters handelte, die nicht den gleichen Verschmutzungsgrad aufweisen müssen. Eine zusätzliche Messung der Zitzensauberkeit hätte vermutlich zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse beigetragen.

In der vorliegenden Untersuchung ergab die Varianzanalyse, dass die Gesamtkeimzahl in frischer Einstreu keinen signifikanten Zusammenhang mit der Zitzenkontamination aufwies, allerdings ergab sich ein Bezug zur visuellen Beurteilung und der Qualität der Einstreu. Wenn die Beschaffenheit der Einstreu als mäßig oder schlecht eingestuft wurde, war die Einstreu wahrscheinlich von so schlechter Qualität, dass sie dann zur hohen Zitzenkontamination führte. Eine wesentliche Empfehlung wäre die Zugabe von frischer Einstreu in die Liegeboxen mindestens einmal pro Tag. Durch diese Maßnahme wird das bakterielle Wachstum reduziert, da die Liegebox weniger feucht ist.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Zitzenreinigung vor dem Melken ist notwendig, um die Milch vor einer mikrobiellen Kontamination durch Verschmutzung zu schützen. Die Sauberkeit von Euter und Zitzen vor dem Melken wird deshalb auch rechtlich durch die Richtlinie 89/362/EWG gefordert. Der Effekt unterschiedlicher Zitzenreinigungsverfahren auf die Milchqualität wurde in zahlreichen Studien untersucht. In automatischen Melkverfahren (AMV) wurde die Zitzenreinigung automatisiert mit dem Nachteil, dass eine Überprüfung des Reinigungserfolges bis heute unmöglich ist.

Ziel der Untersuchung war es, in einem ersten Schritt eine praktikable Methode zur Überprüfung von Zitzensauberkeit zu entwickeln. Mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens wurde dann die Effektivität verschiedener Zitzenreinigungssysteme der AMV ermittelt, und es wurde überprüft, ob es Unterschiede in der Reinigungswirksamkeit der AMV der einzelnen Firmen gibt. Untersucht wurden je 3 Praxisbetrieben von 6 AMV-Herstellern.

Um zu ermitteln, inwieweit die Zitzensauberkeit durch das Hygienemanagement beeinflusst werden kann, wurden zusätzlich in den Betrieben Daten erhoben. Einerseits wurde ein Fragenkatalog konzipiert, der dann in Form eines Interviews des Betriebsleiters ausgefüllt wurde. Andererseits wurde vor Ort eine Checkliste zur Ermittlung des Hygienestatus von bestimmten Bereichen des Betriebes ausgefüllt. Es wurde eine Varianzanalyse zum Nachweis von Einflussfaktoren durchgeführt, die 45 Fragen aus dem Fragenkatalog und 17 Aspekte aus der Checkliste einschloss.

Aus einer Tankmilchprobe jedes Betriebs wurden die aerobe Gesamtkeimzahl sowie die Zahl der coliformen und thermoduren Mikroorganismen und der Staphylokokken bestimmt, um mögliche Mängel in der Milchqualität zu ermitteln. Außerdem wurde von jedem Betrieb eine Probe von frischem Einstreumaterial auf ihre bakterielle Kontamination untersucht:

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Der bakteriologische Status der Tankmilch kann Probleme in der Milchqualität anzeigen und Rückschlüsse auf die mögliche Quelle der Kontamination erlauben. Derartige Befunde helfen bei der Behebung eines Fehlers, damit die Gesamtkeimzahl in der Tankmilch nicht über die für die Milchqualität kritische Grenze von 10 000 KbE/ml ansteigt.

Der Nachweis hoher coliformer Keimzahlen in der Tankmilch von 8 der untersuchten Praxisbetriebe sprach für eine unzureichende System- und/oder Zitzenreinigung. In 14 Betrieben überstiegen die thermoduren Keimzahlen 200 KbE/ml, was auf ein Problem in der Reinigung des Systems hinweist, obwohl die Gesamtkeimzahlen deutlich unter

10 000 KBE/ml lagen. Die thermotoleranten Bakterien können aber auch aus dem Einstreumaterial stammen.

2. In frischem Einstreumaterial der Betriebe wurde eine unterschiedliche bakterielle Kontamination gefunden, wobei die niedrigsten Gesamtkeimzahlen in speziell behandelten Sägespänen und in Sand ermittelt wurden. Coliforme Bakterien auf der Zitzenoberfläche haben ihren Ursprung nicht unbedingt in fäkaler Kontamination, da diese Bakterien auch in frischer Einstreu vorkamen.
3. Die zur Bestimmung der Zitzensauberkeit entwickelte Methodenkombination bestand aus einer visuellen Beurteilung der Zitzen vor und nach der Reinigung, dem Sedimenttest nach der Reinigung und der Bestimmung von Gesamtkeimzahlen und ATP-Werten in Zitzentupfern, die vor und nach der Reinigung genommen wurden. In jedem der 18 Praxisbetriebe wurden von 50 Kühen je zwei Zitzen mit den 4 Verfahren untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, dass die bei der entwickelten Methodenkombination zur Bestimmung von Zitzensauberkeit verwendete ATP-Bestimmung ein geeignetes Verfahren ist, um in Praxisbetrieben die Effektivität der Reinigung von Zitzen zu charakterisieren. Diese Analysetechnik gestattet es, eine mangelnde Zitzensauberkeit festzustellen und damit in einzelnen Betrieben Fehler im Management aufzudecken.

4. Die mit der Methodenkombination gewonnenen Ergebnisse zeigten große Varianten innerhalb eines Betriebes und zwischen den einzelnen Betrieben. Eine Varianzanalyse ergab weiterhin, dass signifikante Unterschiede in der Effektivität der Zitzenreinigungssysteme von 4 AMV-Herstellern gegenüber 2 anderen Firmen bestanden. Beim Vergleich der Resultate der einzelnen Methoden (visuelle Beurteilung, Keimzahlbestimmung und ATP-Bestimmung) hinsichtlich der Effektivität der Zitzenreinigung entstanden Ranglisten der Hersteller, in denen sich die gezeigten Unterschiede widerspiegelten. Nur bei einer Firma differierten die Ergebnisse der einzelnen Methoden innerhalb der Kombination. Die Abweichung lässt sich auf Grund der Tatsache erklären, dass bei diesem Hersteller aus technischen Gründen keine Proben direkt nach der Reinigung genommen werden konnten. Der ermittelte Reinigungseffekt wurde in diesem Fall zusätzlich von der Zitzenwaschung während des Melkens beeinflusst.

Eine Varianzanalyse zur Ermittlung der Wirkungen von Hersteller, Betrieb und Ausgangskontamination der Zitzen auf die Reinigungseffektivität ergab, dass nicht nur signifikante Unterschiede zwischen den Herstellern bestanden, sondern auch zwischen den einzelnen Praxisbetrieben, die mit dem gleichen AMV arbeiteten. Außerdem nahm die Ausgangskontamination vor der Reinigung einen signifikanten Einfluss auf die Reinigungseffektivität.

5. Die detaillierte Auswertung der Managementfaktoren mittels Fragebogen und ergänzender Checkliste bezüglich der Euter- und Zitzensauberkeit ergaben teilweise große Unterschiede zwischen den Betrieben. Differenzen zwischen den 3 Betrieben mit AMV eines Herstellers lassen vermuten, dass die Milchqualität nicht nur durch die Installation, sondern wesentlich auch durch die Betriebsleitung beeinflusst wird. Aus diesem Grunde sind die Faktoren des Managements zur Sicherung sauberer Zitzen vor dem Melken ebenfalls wichtig, zumal davon ausgegangen werden kann, dass Verbesserungen möglich sind. Die Hersteller von AMV könnten die Ergebnisse dieser Studie dafür verwenden, Verbesserungen ihrer Systeme zu entwickeln.
6. Managementfaktoren der Betriebe mit AMV, die einen Zusammenhang mit hohen Zitzenkontaminationen aufweisen, sind das Wechseln der Reinigungseinheit weniger bis mindestens einmal pro Jahr, der schlechte Zustand der Zitzenreinigungseinheit, die durchschnittliche Reinigungsfrequenz von weniger bis mindestens 2,5/Tag und verzichtet auf Selektion der Kühe nach Roboterakzeptanz.
7. Effekte, die unabhängig von dem Vorhandensein eines AMV bestanden, aber signifikant eine hohe Zitzenkontamination hervorriefen, betrafen das Management der Liegeboxen, insbesondere das Bereitstellen von weniger als einer Liegebox pro Kuh, das Vorhandensein von Spaltenliegern in der Herde, die Zugabe von Einstreumaterial weniger als einmal pro Tag, die fehlende Selektion der Kühe nach Eutergesundheit, ein mäßiger oder schlechter Zustand der Einstreu und ein mäßiger oder schlechter Zustand der Klauen.
8. Besondere Aufmerksamkeit muss den Kühen mit Mastitis gelten, denn sie können durch verfrühten Milchfluss die Liegeboxen mit hohen Keimzahlen kontaminieren. Die Selektion von Kühen nach der Eutergesundheit würde demnach das Risiko der Kontamination der Liegeboxen reduzieren und steht so indirekt im Zusammenhang mit einer geringeren Keimzahl auf den Zitzen. Weiterhin besteht bei Kühen im AMV sogar ein höheres Risiko für verfrühten Milchfluss. Dieser Aspekt des Managements sollte ein Teil des Mastitis Kontrollprogramms sein, das als zusätzliche Maßnahme eine saubere Umgebung propagiert.
9. Der erste Eindruck des Roboters, die Reinigungsfrequenz der Melkbox, der hygienische Status der Zitzenbecher und die Verwendung von Kuhbürsten im Stall sind Faktoren, die eher im Zusammenhang mit der allgemeinen Einstellung des Betriebsleiters zur Hygiene stehen und weniger im direkten Zusammenhang mit Zitzensauberkeit.
10. Als allgemein akzeptierte Hygieneparameter – da fast alle Betriebsleiter diese praktizierten. können folgende Managementfaktoren angesehen werden: Zweimal pro Tag Reinigung der Liegeboxen, das Scheren der Euter und das Kürzen der

Schwanzquasten. Diese Faktoren sollten die Basis des Managements sein, woran sich andere hygienische Maßnahmen anschließen sollten.

Es ist zu erwarten, dass die Berücksichtigung der mit der Zitzensauberkeit in Zusammenhang stehenden Faktoren - ausgenommen der AMV-spezifischen Faktoren, wie z.B. Wechselfrequenz der Reinigungseinheit - die Zitzensauberkeit von Kühen in Betrieben mit konventionellem Melksystem gleichermaßen verbessern, wie in Betrieben mit AMV.

7 SUMMARY

Efficacy of teat cleaning in automatic milking systems (AMS) and effects of hygiene management on teat cleanliness

Teat cleaning before milking is necessary to protect the milk from microbial contamination resulting from dirt. For this reason, the commission directive 89/362/EEC provides prerequisites on the cleanliness of the teats and udder before milking. Many studies have assessed the effects of various teat cleaning methods on milk quality. Teat cleaning is automated in automatic milking systems (AMS), with the disadvantage that testing of the effectiveness of the cleaning has, up to now, been impossible.

The goal of this study was initially to develop a practical method for testing teat cleanliness. With the help of a suitable testing method, the effectiveness of different AMS teat cleaning systems was measured and it was examined whether differences exist in the effectiveness of teat cleaning in automated milking systems made by different manufacturers. For each of 6 AMS from different manufacturers, three farms employing that particular AMS were analyzed.

Data were also collected at each farm using two methods to determine the extent to which hygiene management influenced teat cleanliness. In one method a questionnaire was designed which was then completed in an interview with the farm manager. In the other method, a check list was completed at the farm to determine hygiene status in various areas. A variance analysis was carried out to show which factors exerted an influence. This analysis included 45 questions from the questionnaire and 17 points from the check list.

A sample was taken from each farm's bulk milk tank in order to quantify possible deficiencies in milk quality. The total aerobic microbial count and the numbers of coliform and heat-stable microorganisms and staphylococci were determined for each sample. From each farm, a sample of fresh bedding material was also examined for bacterial contamination.

The results can be summarised as follows:

1. The bacteriological status of bulk tank milk can reveal problems in milk quality and permit conclusions to be drawn as to the possible source of contamination. Such findings are helpful in addressing errors so that the total microbial count in the bulk tank milk does not climb above the critical maximum of 10 000 CFU/ml.

A high coliform count in the bulk milk of eight of the farms suggested insufficient system hygiene and/or teat cleaning. Heat stable microbial counts at 14 farms exceeded

200 CFU/ml, indicating a problem in the automatic cleansing system, even though the total microbial count was clearly below 10 000 CFU/ml. However heat stable bacteria may also originate from the bedding material.

2. Differing amounts of bacterial contamination were found in fresh bedding material from the farms. The lowest total microbial counts were found in specially treated wood shavings and in sand. Coliform bacteria on the teats do not necessarily originate from fecal contamination since they also occurred in fresh bedding material.
3. The method developed to test teat cleanliness consisted of a visual examination of the teats before and after cleaning, sediment tests after cleaning and determination of total microbial count and ATP values in teat swabs taken before and after cleaning. 50 cows were examined at each of the eighteen farms included in this study. Two teats of each cow were examined using four procedures.

Results showed that the ATP determination technique that was used as one of a combination of methods to determine teat cleanliness is a suitable procedure for demonstrating the effectiveness of teat cleaning on working farms. This analytic technique makes it possible to detect inadequate teat cleanliness and can thus reveal management errors at individual farms.

4. The results obtained with this combination of methods showed great variation both within one farm and between the individual farms. Furthermore, a variance analysis showed significant differences in effectiveness of 4 manufacturers' teat cleaning systems compared to those of 2 other companies. In comparing the results of the individual methods (visual assessment, determination of microbial count and ATP) with regard to the effectiveness of teat cleaning, a ranking list of the manufacturers was created showing the differences. For only one manufacturer did the results differ within the method combination. The deviation can be explained by the fact that, for technical reasons, samples could not be taken directly after teat cleaning with this manufacturer's device. In this case the cleaning effect found was influenced additionally by teat washing during milking.

A variance analysis was conducted to determine the effects of manufacturer, farm and initial teat contamination on teat cleaning effectiveness. This revealed significant differences not only between the manufacturers but also between the individual farms employing the same AMS. In addition, the initial contamination before cleaning exerted a significant influence on the cleaning effectiveness.

5. Detailed evaluation of management factors from the questionnaire and additional checklist on udder and teat cleanliness revealed some large differences between farms. Differences between the 3 farms with the AMS of one manufacturer suggest that milk quality is substantially influenced by the farm's management as well as by its

equipment. For this reason management factors for ensuring clean teats before milking are also important, particularly as it can be assumed that improvements are possible. The results of this study could be used by the AMS manufacturers to improve their systems.

6. Management factors at the farms with AMS which show a connection with high levels of teat contamination are the changing of the cleaning unit once per year or less, poor condition of the teat cleaning unit, average cleaning frequency of 2.5 times per day or less and no selection of cows according to robot acceptance.
7. Effects occurring independently of the presence of AMS, but significantly causing a high level of teat contamination, involved the management of cubicles. They included, in particular, the provision of less than one cubicle per cow, the presence of cows preferring to lie on slatted floors, the addition of bedding material less than once a day, no selection of cows according to udder health, moderate or poor bedding condition and moderate or poor hoof condition.
8. Particular attention must be paid to cows with mastitis as they can contaminate cubicles with high numbers of bacteria due to milk leakage. For this reason the selection of cows according to udder health would reduce the risk of cubicle contamination and is thus directly related to a low microbial count on the teats. Furthermore cows in AMS are at higher risk of milk leakage. This aspect of management should be a part of a mastitis control program promoting a cleaner environment as an additional measure.
9. The first impression of the robot, the cleaning frequency of the milking stalls, the hygienic status of the teat cups and the utilization of cow brushes in stalls are all factors depending on the general attitude of the farm manager towards hygiene and less on teat cleanliness.
10. The following management factors – practised by almost all the farm managers – can be seen as generally accepted parameters of hygiene: a twice daily cleaning of cubicle stalls, the shaving of the udder and the shortening of the tail tip. These factors should be the management basis to which other hygienic measures are added.

It is to be expected that consideration of those factors which are connected to teat cleanliness, with the exception of AMS-specific factors such as frequency of changing the cleaning unit, will improve the teat cleanliness on farms using conventional milking systems to the same extent as on farms using automatic milking systems.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- AUMANN K, BICHMANN L, ORDLOFF D (1993): Untersuchungen über Kochendwasser- und Zirkulationsreinigung für Melkanlagen. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 45: 25–42
- BARKEMA HW, SCHUKKEN YH, LAM TJGM, BEIBOER ML, BENEDICTUS G, BRAND A (1998): Management Practices Associated with Low, Medium, and High Somatic Cell Counts in Bulk Milk. *Journal of Dairy Science* 81: 1917–1927
- BARKEMA HW, VAN DER PLOEG JD, SCHUKKEN YH, LAM TJGM, BENEDICTUS G, BRAND A (1999): Management Style and its Association with Bulk Milk Somatic Cell Count and Incidence Rate of Clinical Mastitis. *Journal of Dairy Science* 82: 1655–1663
- BARNOUIN J, CHASSAGNE M, BAZIN S, BOLCHARD D (2004): Management Practices from Questionnaire Surveys in Herds with Very Low Somatic Cell Score through a National Mastitis Program in France. *Journal of Dairy Science* 87: 3989–3999
- BARTLETT PC, MILLER GY, LANCE SE, HEIDER LE (1992): Managerial Determinants of Intramammary Coliform and Environmental Streptococci Infections in Ohio Dairy Herds. *Journal of Dairy Science* 75: 1241–1252
- BILLON P, TOURNAIRE F (2002): Impact of Automatic Milking Systems on Milk Quality and Farm Management: The French Experience. The First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada: V 59–63
- BÖHM R (2002): Grundlagen der Reinigung und Desinfektion. In: Strauch B, Böhm R (Hrsg.): *Reinigung und Desinfektion in der Nutztierhaltung und Veredelungswirtschaft*. Enke Verlag, Stuttgart: 19–61
- BRAMLEY AJ, MCKINNON CH (1990): The Microbiology of Raw Milk. In: Robinson RK (Hrsg): *Dairy Microbiology Volume 1. The Microbiology of Milk*. 2. Aufl. Elsevier, London: 163–209
- BULL CR, MOTTRAM TT, WHEELER H (1995): An Optical Method of Teat Inspection. *Computer and Electronics in Agriculture* 12: 121–130
- BULL CR, MC FARLANE NJB, ZWIGGELAAR R, ALLEN CJ, MOTTRAM TT (1996): Inspections of Teats by Colour Image Analysis for Automatic Milking Systems. *Computer and Electronics in Agriculture* 15: 15–26

- CHAMBERS JV (2002): The Microbiology of Raw Milk. In: Robinson RK (Hrsg.): Dairy Microbiology Handbook. 3. Aufl. John Wiley & Sons Inc., New York: 39–90
- CHIAPPINI U, ZAPPAVIGNA P, FERRARI P, ROSSI P (1994): Straw Flow Litter for Dairy Cows: Experimental Tests with Different Slopes and Different Quantities of Straw. Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the National Mastitis Council: 262–269
- COUSINS CM (1972): Sources of Bacteria in Farm Bulk Tank Milk. Journal of the Society of Dairy Technology 25: 200–204
- CULLEN GA, HEBERT CN (1967): Some Ecological Observations on Microorganisms Inhabiting Bovine Skin, Teat Canals and Milk. British Veterinary Journal 123: 14–25
- DE KONING CJAM (2007): Automatic Milking: State of the Art Current and Future Developments. VDI-Tagung Tier-Technik 2006 – Lebensmittel aus dem Stall, Hannover. VDI-Berichte Nr. 1935, VDI Verlag, Düsseldorf: 137–150
- DE VRIES TJ, STADHOUDERS J (1997): Boterzuurbacteriën in Melk Bedrijfsontwikkeling 8: 123–127
- EMEASH HH, EL-BABLY MA (1998): Effect of Managemental Aspects on Coliform Populations on Teat Ends of Dairy Cows and Flooring Materials with Reference to their Hygienic Control. 8th Scientific Congress of the Faculty of Veterinary Medicine, Assiut University, 15.–17. November 1998, Kairo, Ägypten: 188–203
- EVERITT B, EKMANN T, GYLLENSWÄRD M (2002): Monitoring Milk Quality and Udder Health in Swedish AMS Herds. The First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada: V 72–75
- FAIRCHILD TP, MCARTHUR BJ, MOORE JH, HYLTON WE (1982): Coliform Counts in Various Bedding Materials. Journal of Dairy Science 65: 1029–1035
- FAO/WHO (1969): Food Standards, Codex alimentarius. Recommended international code of practice – general principles of food hygiene. Volume 1a, CAC/RCP 1, Revision 2003
- FEHLHABER K (2002): Aktives Hygienemanagement bei der Erzeugung tierischer Produkte. Züchtungskunde 74: 438–444
- FINGER R, SISCHO WM (2001): Bioluminescence as a Technique to Evaluate Udder Preparation. Journal of Dairy Science 84: 818–823

- FRANK JF, HANKIN L, KOBURGER JA, MARTH EH (1985): Tests for Groups of Microorganisms. In: Richardson GH (Hrsg.): Standard Methods for the Examination of Dairy Products. 15. Aufl. American Public Health Association, Washington DC: 189–191
- GALTON DM, ADKINSON RW, THOMAS CV, SMITH TW (1982): Effects of Premilking Udder Preparation on Environmental Bacterial Contamination of Milk. *Journal of Dairy Science* 65: 1540–1543
- GALTON DM, PETERSSON LG, MERRILL WG, BANDLER DK, SCHUSTER DE (1984): Effects of Premilking Udder Preparation on Bacterial Population, Sediment, and Iodine Residue in Milk. *Journal of Dairy Science* 67: 2581–2589
- GALTON DM, PETERSSON LG, MERRILL WG (1986): Effects of Premilking Udder Preparation Practices on Bacterial Counts in Milk and on Teats. *Journal of Dairy Science* 69: 260–266
- GAWORSKI MA, TUCKER CB, WEARY DM, SWIFT ML (2003): Effects of Stall Design on Dairy Cattle Behaviour. Proceedings of the Fifth Dairy Housing Conference. 29.–31. Januar 2003, Fort Worth (Texas), USA: 139–146
- GRUNERT E, HOEDEMAKER M, WEIGT U (1996): Euterkrankheiten. In: Grunert E (Hrsg.): Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung. 5. Auflage Verlag M & H. Schaper, Hannover: 21–68
- HAMANN J, ZECCONI A (1998): Evaluation of the Electrical Conductivity of Milk as a Mastitis Indicator. *International Dairy Federation (IDF) Bulletin* 334: 4–24
- HANSEN SR (1973): Studies on the Influence of Udder Cleaning Methods on the Bacterial Flora of the Teat Skin, the Mastitis Incidence and the Bacterial Contamination of the Bulk Milk. *Nordisk Veterinaermedicin* 25: 359–371
- HARMS J (2007): Entwicklungsstand und Trends beim automatischen Melken. Fachbeiträge aus dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung. Online im Internet: <http://www.lfl.bayern.de/itt/tierhaltung/rinder/26144/index.php> (Stand: 22.03.2009)
- HEESCHEN W, REICHMUTH J, TOLLE A, ZEIDLER H (1969): Die Konservierung von Milchproben zur bakteriologischen, zytologischen und hemmstoffbiologischen Untersuchung. *Milchwissenschaft* 24: 729–734

- HILDEBRANDT G (2001): Bewertung der hygienischen Qualität von Milch bei Einsatz von automatischen Melksystemen. (2001) Homepage der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung-Online im Internet: http://service.ble.de/fpd_ble/index2.php?detail_id=1141&site_key=154&stichw_suche=DUMMY&zeilenzahl_zaeher=1171&NextRow=30
(Stand: 29.03.09)
- HILLERTON JE, DEARING J, DALE J, POELAREND S JJ, NEIJENHUIS F, SAMPIMON OC, MILTENBURG JDHM, FOSSING C (2004): Impact of Automatic Milking on Animal Health. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM (Hrsg.): Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 125–134
- HOGAN JS, SMITH KL, HOBLET KH, TODHUNTER DA, SCHOENBERGER PS, HUESTON WD, PRITCHARD DE, BOWMAN GL, HEIDER LE, BROCKETT BL, CONRAD HR (1989): Bacterial Counts in Bedding Materials Used on Nine Commercial Dairies. *Journal of Dairy Science* 72: 250–258
- HOGAN JS, SMITH KL, TODHUNTER DA, SCHOENBERGER PS (1990): Bacterial Counts Associated with Recycled Newspaper Bedding. *Journal of Dairy Science* 73: 1756–1761
- HOGAN JS, SMITH KL (1997): Bacteria Counts in Sawdust Bedding. *Journal of Dairy Science* 80: 1600–1605
- HOGEEVEEN H, VAN DER VORST Y, OUWELTJES W, SLAGHUIS A (2001): Automatic Milking and Milk Quality: A European Perspective. Proceedings of the 40th Annual Meeting of the National Mastitis Council: 152–162
- HOGEEVEEN H, VAN LENT AJH, JAGTENBERG CV, CHASTAIN JP (1998): Free and One-Way Cow Traffic in Combination with Automatic Milking. Proceedings of the 4th International Dairy Housing Conference, 28.–30. Januar 1998, St. Louis (Missouri), USA: 80–87
- HOVINEN M, AISLA A-M, PYÖRÄLÄ S (2005): Visual Detection of Technical Success and Effectiveness of Teat Cleaning in Two Automatic Milking Systems. *Journal of Dairy Science* 88: 3354–3362
- IPEMA AH (1997): Integration of Robotic Milking in Dairy Housing Systems. Review of Cow Traffic and Milking Capacity Aspects. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 79–94

- IPEMA B, DE KONING K (1997): Melken mit dem Melkroboter. *Milchpraxis* 35: 72–73
- IPEMA AH, KETELAAR-DE LAUWERE CC, DE KONING CJAM, SMITS AC, SEFANOWSKA J (1997): Robotic Milking of Dairy Cows. In: Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian Albrechts-Universität Kiel (Hrsg.): *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. Beiträge zur 3. internationalen Tagung 1997, 11.–12. März 1997, Kiel: 290–297*
- JAYARAO BM, PILLAI SR, SAWANT AA, WOLFGANG DR, HEGDE NV (2004): Guidelines for Monitoring Bulk Tank Milk Somatic Cell Count and Bacterial Counts. *Journal of Dairy Science* 87: 3561–3573
- JØRGENSEN K (1990): Teat Udder Cleaning. International Dairy Federation (IDF) Bulletin 247: 49–51
- JOHNSON A, RAPNICKI P, FARNSWORTH R, STEWART S, SALTER R, ADKINS L, BURNETT S (2003): Measuring Effectiveness of Teat Preparation. *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council: 98–109*
- JUSTESEN P, RASMUSSEN MD (2000): Improvement of Milk Quality by the Danish AMS Self Monitoring Programme. In: Hogeveen H, Meijering A (Hrsg.): *Proceedings of the International Symposium on Robotic milking. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 83–88*
- KLAAS IC, BENNEDSGAARD TW, VAARST M (2005): Associations between Hygiene Scores and Udder Health Parameters in Organic Dairy Herds. In: Hogeveen H (Hrsg.): *Mastitis in Dairy Production – Current Knowledge and Future Solutions. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 531–536*
- KLUNGEL GH, SLAGHUIS A, HOGEVEEN H (2000): The Effect of the Introduction of Automatic Milking Systems on Milk Quality. *Journal of Dairy Science* 63: 1998–2003
- KNAPPSTEIN K, REICHMUTH J (2003): Detection of Clinical Mastitis in a Multibox Robotic Milking System. *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council: 320–321*

- KNAPPSTEIN K, ROTH N, SLAGHUIS BA, FERWERDA-VAN ZONNEVELD RT (2002): Effectiveness of Automatic Cleaning of Udder and Teats and Effects of Hygiene Management. Protocol for Evaluation for Teat Cleaning Systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 13, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand: 22.3.2009)
- KNAPPSTEIN K, ROTH N, WALTE H-G, REICHMUTH J, SLAGHUIS BA, FERWERDA-VAN ZONNEVELD RT, MOOIWEER A (2004): Effectiveness of Automatic Cleaning of Udder and Teats and Effects of Hygiene Management. Report on Effectiveness of Cleaning Procedures Applied in Different Automatic Milking Systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 14, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand 22.3.2009)
- KIELWEIN G (1994): Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene. Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin
- KLEINSCHROTH E, RABOLD K, DENEKE J (1994): Mastitis. Euterkrankheiten erkennen, vorbeugen und behandeln. Landwirtschaftsverlag Münster: 18–19
- LESLIE K, TEN HAG J, LESLIE C, JARVIE B (2002): Preliminary Observations on the Use of a Cowside Bioluminescence Meter to Assess the Efficiency of Pre-Milking Teat Preparation. Proceedings of the 41th National Mastitis Council Annual Meeting: 190–191
- MAGNUSSON M, CHRISTIANSSON A, SVENSSON B, KOSTRUP C (2002): Effect of Different Manual Teat Cleaning Methods on Spores in Milk. The First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada: IV 67-70
- MANNINEN E, DE PASSILL AM, RUSHEN J, NORRING M, SALONIEMI H (2002): Preferences of Dairy Cows Kept in Unheated Buildings for Different Kind of Flooring. Applied Animal Behaviour Science 75: 281–292
- MARSHALL JH (1985): Hygiene on the Dairy Farm. Journal of the Society of Dairy Technology 38: 3–6
- MCKINNON CH, FULFORD RJ, COUSINS CM (1983): Effect of Teat Washing on the Bacteriological Contamination of Milk from Cows Kept under Various Housing Conditions. Journal of Dairy Research 50: 153–162

- MCKINNON CH, PETTIPHER GL (1984): A survey of Sources of Heat-Resistant Bacteria in Milk with Particular Reference to Psychrotrophic Spore-Forming Bacteria. *Journal of Dairy Research* 50: 163–170
- MCKINNON CH, ROWLANDS JG, BRAMLEY JA (1990): The Effect of Udder Preparation before Milking and Contamination from the Milking Plant on Bacterial Numbers in Bulk Milk of Eight Dairy Herds. *Journal of Dairy Research* 57: 307–318
- MCLARTY RM (1981): Recovery of Bacteria from Cows' Teats. In: Collins CH, Allwood SF: *Bloomfield Desinfectants. Their Use and Evaluation of Effectiveness*. Academic Press, London: 171–176
- MELIN M, WIKTORSSON H, CHRISTIANSSON A (2002): Teat Cleaning Efficiency before Milking in DeLaval VMSTM versus Conventional Manual Cleaning, using *Clostridium tyrobutyricum* Spores as Marker. The First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada, II 60–63
- MESKENS L, MATHIJS E (2002): Motivation and Characteristics of Farmers Investing in Automatic Milking Systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable D 2, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand: 22.3.2009)
- MOTTRAM TT (1993): Inspecting Teat Cleanliness for Automatic Milking. In: Collins E, Boon C (Hrsg.): *Livestock Environment IV. Proceedings of the 4th International Symposium*, University of Warwick, 6.–9. Juli 1993, Coventry, England: 98–105
- MOTTRAM TT (1997): Requirements for Teat Inspection and Cleaning in Automatic Milking System. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 63–77
- ORDOLFF DW (2004): Evaluating Cleanliness of Udders with an Image Processing System. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM. (Hrsg.): *Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings*, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 111–115
- ORDOLFF D (2000): *Milchkühlung und Qualitätsmanagement*. In: Schön H (Hrsg.): *Automatische Melksysteme*. KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag GmbH Münster

- ORDOLFF D, BÖLLING D (1992): Effects of Milking Intervals on the Demand for Cleaning the Milking System in Robotized Stations. In: Ipema AH, Lippus AC, Metz JHM, Rossing W (Hrsg.): Proceedings of the International Symposium on Prospects for automatic milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen: 169–174
- PALLAS S (2003): Analyse von Eutergesundheit und Rohmilchqualität im automatischen Melksystem. Inaugural-Dissertation der Freien Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin
- PANKEY JW (1989): Hygiene at milking Time in the Prevention of Bovine Mastitis. British Veterinary Journal 145: 401
- PHILLIPS DSM, MALCOLM DB, COPEMAN PJA (1981): Milking Preparation Methods – their Effect and Implications. Proceedings of Ruakura Farmers Conference, Ruakura Animal Research Station, Hamilton, New Zealand: 135–138
- PHILPOT WN, PANKEY JR (1974): Hygiene in Prevention of Udder Infections. III. Effectiveness of 59 Teat Dips for Reducing Bacterial Populations on Teat Skin. Journal of Dairy Science 58: 209–216
- POELARENDS JJ, SAMPIMON OC, NEIJENHUIS F, MILTENBURG JDHM, HILLERTON JE, DEARING J, FOSSING C (2004): Cow Factors related to the Increase of Somatic Cell Count after Introduction of Automatic Milking. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM (Hrsg.): Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 148–154
- POMIES D, BONY J (2000): Comparison of Hygienic Quality of Milk Collected with a Milking Robot vs. with a Conventional Milking Parlor. Proceedings of the International Symposium Robotic Milking, 17.–19. August 2000, Lelystad, Niederlande: 122–123
- RASMUSSEN MD, GALTON DM, PETERSSON LG (1991): Effects of Premilking Teat Preparation on Spores of Anaerobes, Bacteria and Iodine Residues in Milk. Journal of Dairy Science 74: 2472–2478
- RASMUSSEN MD, BLOM JY, NIELSEN LAH, JUSTESEN P (2001): The Impact of Automatic Milking on Udder Health. Proceedings of the 2nd International Symposium on Mastitis and Milk Quality, 13.–15. September 2001, Vancouver, Canada: 397–400

- REICHMUTH J, KNAPPSTEIN K (1999): Anwendung der Milchverordnung in Betrieben mit automatischen Melksystemen - Überlegungen zu besonderen Regelungen für Konfliktpunkte. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 51: 237–252
- REINEMANN DJ, MEIN GA, BRAY DR, REID D, BRITT JS (1997): Troubleshooting High Bacteria Counts in Farm Milk. Proceedings of the National Mastitis Council (NMC) 36th Annual Meeting: 65–79
- REITHMEIER P, SCHAEEREN W, SCHÄLLIBAUM M, FRIEDLI K (2004): Bacterial Load of Several Lying Area Surfaces in Cubicle Housing Systems on Dairy Farms and its Influence on Milk Quality. Milchwissenschaften 59: 20–24
- RENDOS JJ, EBERHART RJ, KESLER EM (1975): Microbial Populations of Teat Ends of Dairy Cows, and Bedding Materials. Journal of Dairy Science 58: 1492–1500
- RENEAU JK, SEYKORA AJ, HEINS BJ, FARNSWORTH RJ (2003): Relationship of Cow Hygiene Scores and SCC. Proceedings of the National Mastitis Council 42th Annual Meeting: 362–363
- RIEVEL H (1907): Handbuch der Milchkunde. M. & H. Schaper Verlag, Hannover: 262–264
- RÖMER A, LEXER D, TROXLER J, WAIBLINGER S: Auswirkungen eines automatischen Melksystems auf Management, Tiergesundheit und Tierverhalten von Kühen. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.–14. April 2005, Irdning, Österreich: 29–36
- ROMAN MH (1971): Testing Milk for Cleanliness of Production. Journal of Milk and Food Technology 34: 438–443
- ROTH N, KNAPPSTEIN K (2004): Hygienemanagement in Betrieben mit automatischen Melkverfahren- ein Erfahrungsbericht. In: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (Hrsg.): Tagungsbericht der 44. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG. Garmisch-Partenkirchen: 316–321
- SAMKUTTY PJ, GOUGH RH, ADKINSON RW, MCGREW P (2001): Rapid Assessment of the Bacteriological Quality of Raw Milk Using ATP Bioluminescence. Journal of Food Protection 64: 208–212
- SCHÖN H (2000): Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift Nr. 395. Landwirtschaftsverlag, Münster

- SCHREINER DA, RUEGG PL (2002): Effects of Tail Docking on Milk Quality and Cow Cleanliness. *Journal of Dairy Science* 85: 2503–2511
- SCHREINER DA, RUEGG PL (2003): Relationship between Udder and Leg Hygiene Scores and Subclinical Mastitis. *Journal of Dairy Science* 86: 3460–3465
- SCHUILING E (1992): Teat Cleaning and Stimulation. In: Ipema AH (Hrsg.): *Prospects for Automatic Milking*. Pudoc, Wageningen: 164–168
- SCHUILING HJ, VERSTAPPEN-BOERKAMP JAM, KNAPPSTEIN K, BENFALK C (2001): Optimal Cleaning of Equipment for Automatic Milking. Investigation of Systems, Procedures and Demands. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 16, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand: 22.3.2009)
- SCHUILING HJ, BENFALK C, VERSTAPPEN-BOERKAMP JAM, FERWERDA-VAN ZONNEVELD R, BOS K, GUSTAFFSON M (2004): Optimal cleaning of equipment for automatic milking. Frequency of system cleaning. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens “Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 17, <http://www.automaticmilking.nl> (2004)
- SCHUKKEN YH, GROMMERS FJ, VAN DE GEER D, ERB HN, BRAND A (1990): Risk Factors for Clinical Mastitis in Herds with Low Bulk Milk Somatic Cell Count. 1. Data and Risk Factors for all Cases. *Journal of Dairy Science* 73: 3463–3471
- SCHWARZER K (2000): Auswirkungen eines Melkroboters auf die Eutergesundheit und die Milchhygiene. Inaugural-Dissertation der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- SLAGHUIS BA (1996): Sources and Significance of Contaminants on different Levels of Raw Milk Production. *Proceedings of the IDF Symposium on Bacteriological Quality of Raw Milk*, 13.–15. März 1996, Wolfpassing, Österreich: 19–27
- SLAGHUIS BA, DE VRIES T, VERHEIJ JGP (1991): Bacterial Load of Different Materials which can contaminate Milk during Production. *Milchwissenschaft* 46, 574–578

- SNELL HGJ, ALLERS U, ORDOLFF D, GEORG H, BOCKISCH F-J, VAN DEN WEGHE HFA (2000): Effects of the Cleaning Intensity of Slatted Floors and the Milking Technology (Robotic vs. Conventional) on the Cleanness of Dairy Cows and on Selected Parameters of Milk Quality in a Freestall Barn. Proceedings of the International Symposium on Robotic Milking, 17.–19. August 2000, Lelystad, Niederlande: 152–158
- STRAUCH D, BÖHM R (2000): Reinigung und Desinfektion in der Nutztierhaltung und Veredelungswirtschaft. Enke Verlag Stuttgart
- SUNDERLAND E (2002): A study of Association between Cattle Cubicle Design and Cow Cleanliness. Cattle Practice 10, 147–155
- TANGORRA FM, BRONZO V, CASULA A, CATTANEO M, MARTINAZZI C, MORONI P, ZANINELLI M, CALVALCHINI AG (2004): Assessment of Teats Cleaning System Efficiency of a Milking Robot. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM (Hrsg.). Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 121–122
- TEN HAG J, LESLIE K (2002): Preliminary Investigation of Teat Cleaning Procedures in a Robotic Milking System. Proceedings of the First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada: V 55–58
- TUCKER CB, FRASER D, WEARY DM (2001): Tail Docking Dairy Cattle: Effects on Cow Cleanliness and Udder Health. Journal of Dairy Science 84: 84–87
- TUCKER CB, WEARY DM, FRASER D (2003): Effects of Three Types of Free-Stall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows. Journal of Dairy Science 86: 521–529
- VAN DER VORST Y, HOGEVEEN H (2000): Automatic Milking systems and Milk Quality in the Netherlands. In: Hogeveen H, Meijering A (Hrsg.): Proceedings of the International Symposium on Robotic milking in Lelystad, the Netherlands. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 73–82
- VAN DER VORST Y, KNAPPSTEIN K, RASMUSSEN MD (2002): Effects of Automatic Milking on the Quality of Produced Milk. Report D8 of the EU Project Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms (QLK-2000-31006)

- VAN DER VORST Y, BOS K, OUWELTJES W, POELAREND S J (2003): Milk Quality on Farms with an Automatic Milking System – Farm and Management Factors affecting Milk Quality. Report D9 of the EU Project Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms (QLK-2000-31006)
- VAN DER VORST Y, OUWELTJES W (2003): Milk Quality and Automatic Milking: a Risk Inventory. Report 28. Praktijkonderzoek Veehouderij (Research Institute for Animal Husbandry), Lelystad, Niederlande
- VAN LENTEREN AC, KORSTEN G (2002): Sub-optimal Cow and Barn Condition and its Effects on the Visiting Frequency at the Milking Report. Proceedings of the First North American Conference on Robotic Milking, 20.–22. März 2002, Toronto, Canada: III 64–69
- VERHEIJ JGP (1992): Cleaning Frequency of Automatic Milking Equipment. In: Ipema AH, Lippus AC, Metz JHM, Rossing W (Hrsg.): Proceedings of the International Symposium on the Prospects for Automatic Milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen, The Netherlands, 175–178
- WALLER KP, WESTERMARK T, EKMAN T, SVENNERSTEN-SJAUNJA K (2003): Milk Leakage: An Increased Risk in Automatic Milking Systems. Journal of Dairy Science 86: 3488–3497
- WARD WR, HUGHES JW, FAULL WB, CRIPPS PJ, SUTHERLAND JP, SUTHERST JE (2002): Observational Study of Temperature, Moisture, pH and Bacteria in Straw Bedding, and Faecal Consistency, Cleanliness and Mastitis in Cows in Four Dairy Herds. Veterinary Records 151: 199–206
- WESSELINK W (1992): First Robot Milker out on Farms. Dairy farmer 39: 60–62
- WHYTE DS, ORCHARD RG, CROSS PS, FRIETSCH T, CLAYCOMB RW, MEIN GA (2004): An On-line Somatic Cell Count Sensor. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM (Hrsg.): Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 235–240
- WILDBRETT, G (2002): Reinigung und Desinfektion in der Milchwirtschaft. In: Strauch D, Böhm R (Hrsg.): Reinigung und Desinfektion in der Nutztierhaltung und Veredelungswirtschaft. Enke Verlag Stuttgart: 269–291
- WOLTERS GMVH, VERSTAPPEN-BOEREKAMP JAM, MINDERMAN JS, HOGEVEEN H (2000): Cooling and Storage Requirements for Automatic Milking. In: Hogeveen H, Meijering A (Hrsg.): Proceedings of the International Symposium on Robotic milking. Lelystad, The Netherlands. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 47–55

WORSTORFF H, TRÖGER F, BARTH K (2000): Melktechnische Anforderungen beim automatischen Melken. In: Schön H (Hrsg.): Automatische Melksysteme. KTBL-Schrift 395, Landwirtschaftsverlag, Münster: 53–58

ZDANOWICZ M, SHELFORD JA, TIUCKER CB, WEARY DM, VON KEYSERLINGK MAG (2004): Bacterial Populations on Teat Ends of Dairy Cows Housed in Free Stalls and Bedded with either Sand or Sawdust. Journal of Dairy Science 87: 1694–1701

8.1 Rechtszitationen

8.1.1 EU-Recht

VERORDNUNG (EG) NR. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (ABl. L031, S. 1)

Lebensmittelhygienepaket:

- **VERORDNUNG (EG) NR. 852/2004** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene (ABl. L 139, S. 1)
- **VERORDNUNG (EG) NR. 853/2004** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs (ABl. L 139, S. 55)
- **VERORDNUNG (EG) NR. 854/2004** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs (ABl. L 226, S. 83)

VERORDNUNG (EG) NR. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz (ABl. L 165, S. 1)

RICHTLINIE 89/362/EWG der Kommission vom 26. Mai 1989 über die allgemeinen Hygienevorschriften für Milcherzeugerbetriebe

RICHTLINIE 92/46/EWG des Rates vom 16. Juni 1992 mit Hygienevorschriften für die Herstellung und Vermarktung von Rohmilch, wärmebehandelter Milch und Erzeugnissen auf Milchbasis

8.1.2 Nationales Recht

LEBENSMITTEL- UND FUTTERMITTELGESETZBUCH (LFGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. April 2006 (BGBl. I S. 945), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 26. Februar 2008 (BGBl. I S. 215)

VERORDNUNG zur Durchführung von Vorschriften des gemeinschaftlichen Lebensmittelhygienerechts vom 14. August 2007 (BGBl. I, Nr. 39, S. 3098)

VERORDNUNG über Hygiene und Qualitätsanforderungen an die Gewinnung, Behandlung und das Inverkehrbringen von (**Milchhygieneverordnung**) in der Fassung vom 31.07.2000 (BGBl. I, Nr. 36, S. 1178)

8.1.3 Normen

DIN ISO 20966:2008-04 Automatische Melksysteme – Anforderung und Prüfung

ISO 5708:1983-03 Gekühlte Milchgroßtanks

8.1.4 Maßnahmenkataloge

BEKANNTMACHUNG über die Anwendung bestimmter Maßnahmen in Milcherzeugerbetrieben mit automatischen Melkverfahren bis zum Vorliegen entsprechender Rechtsvorschriften (vom 1. Februar 2001; Bundesanzeiger vom 13. Februar 2001, S. 2183)

BEKANNTMACHUNG über die Anwendung bestimmter Maßnahmen in Milcherzeugungsbetrieben mit automatischen Melkverfahren (vom 29. September 2006; Bundesanzeiger Nr. 191, S. 6669)

9 ANHANG

9.1 Nährmedien

Tab. 23: Zusammensetzung des Plate-Count-Agar (Merck).

| Bestandteil | g/l |
|-------------------|------|
| Pepton aus Casein | 5,0 |
| Hefeextrakt | 2,5 |
| D(+)-Glucose | 1,0 |
| Agar-Agar | 14,0 |
| pH | 7,0 |

Tab. 24: Zusammensetzung Kristallviolett-Galle-Lactose-Agar (Oxoid).

| Bestandteil | g/l |
|-------------------|-----------|
| Hefeextrakt | 3,0 |
| Pepton | 7,0 |
| Natriumchlorid | 5,0 |
| Gallensalze Nr. 3 | 1,5 |
| Lactose | 10,0 |
| Neutralrot | 0,03 |
| Kristallviolett | 0,002 |
| Agar | 12,0 |
| pH | 7,4 ± 0,2 |

Tab. 25: Zusammensetzung Mannit-Kochsalz-Agar (Oxoid).

| Bestandteil | g/l |
|--------------------------|-------|
| Fleischextrakt Lab-Lemco | 1,0 |
| Pepton | 10,0 |
| Mannit | 10,0 |
| Natriumchlorid | 75,0 |
| Phenolrot | 0,025 |
| Agar | 15,0 |

| Bestandteil | g/l |
|-------------|-----------|
| pH | 7,5 ± 0,2 |

Tab. 26: Zusammensetzung Kochsalz-Pepton-Lösung.

| Bestandteil (g/l) | Menge (g) |
|-----------------------|-----------|
| Casein-Pepton (Merck) | 1,0 |
| NaCl (Merck) | 8,5 |

9.2 Tankmilchkonservierung

Tab. 27: Zusammensetzung Lyophilisat.

| Bestandteil | |
|--|------------|
| Ortho-Borsäure (H ₃ BO ₃) | 50,0 g |
| Kaliumsorbat | 0,75 g |
| Glycerin (87%, reinst) | 10,0 ml |
| Methylenblaulösung (1%ig) | 0,5 ml |
| dest. Wasser | ad 1000 ml |
| 1,18 ml je 10 ml Milch (± 1,0 ml) | |
| Temperaturbereich: 5–20 °C | |

9.3 Variablen der Varianzanalyse

Nachfolgend sind die einzelnen Variablen, die in die Varianzanalyse eingingen, mit der Anzahl der Betriebe, von denen die Information für den entsprechenden Aspekt vorlag, und der Code, der zur Zusammenfassung der Ergebnisse benutzt wurde, aufgelistet.

| Allgemeines Management | n | Codierung |
|--|----|-----------|
| Verhältnis Kühe/Liegeboxen | 18 | < 1, ≥ 1 |
| Verhältnis Kühe/Futterplätze | 18 | < 1, ≥ 1 |
| Abtrennung zwischen Futter- und Liegebereich | 17 | ja, nein |
| Separationsbox für AM Systeme in Betrieb | 18 | ja, nein |
| Anzahl der Abkalbeboxen | 18 | ≤ 1, > 1 |
| Liegeboxen im Aufzuchtbereich | 18 | ja, nein |

| AM-System | n | Codierung |
|---|----|-------------------------------------|
| Mittlere Melkfrequenz pro Tag | 18 | ≤ 2,5, > 2,5 |
| Kürzester Melkintervall (Stunden) | 15 | ≤ 5, > 5 |
| Längste Zeit bis Kühe geholt werden (Stunden) | 15 | ≤ 12, > 12 |
| Konventionelles Melksystem parallel | 18 | ja, nein |
| Dauer der Euterreinigung (s) | 17 | < 40, ≥ 40 |
| Erneuerung der Reinigungseinheit pro Jahr | 15 | < 2, ≥ 2 |
| Benutzung von Zitzendippmittel | 18 | ja, nein |
| Reinigung der Melkbox pro Tag | 18 | 1, >1 |
| Reinigung des Roboterarmes pro Tag | 18 | ≤ 1, >1 |
| Reinigung des Wartebereiches pro Tag | 15 | < 1 x pro Monat, ≥ 1 x pro Monat |
| Reinigung Treibegänge am Roboter pro Tag | 18 | ≤ 1, >1 |

| Liegebereich | n | Codierung |
|--|----|---|
| Liegeboxentyp | 18 | Matratze, Tiefbox, beides |
| | 18 | Beton, Matratze |
| Einstreu | 18 | keine Einstreu/ Sand, Stroh/ Strohhäcksel/ Sägespäne/ Holzhäcksel |
| Bakterienzahlen in Einstreumaterial (\log_{10}/g) | 16 | < 7.0, \geq 7.0 |
| Zugabe frischer Einstreu in Liegeboxen/Tag | 15 | < 1 x, \geq 1 x |
| Desinfektion Liegeboxen | 18 | ja, nein |
| Untergrund Lauffläche Liegebereich | 18 | Spaltenboden, Betonboden |
| Mistschieber | 18 | ja, nein |
| Reinigungsfrequenz der Laufflächen pro Tag (Mistschieber und/oder manuelle Reinigung) | 18 | 0, \geq 1 |
| Spaltenböden plus Mistschieber | 13 | ja, nein |

| Futterbereich | n | Codierung |
|--|----|-----------------------------|
| Untergrund Lauffläche Futterbereich | 18 | Spaltenboden, Betonboden |
| Mistschieber im Futterbereich | 18 | ja, nein |
| Mistschieber und/oder manuelles Reinigen im Futterbereich | 18 | ja, nein |
| Frequenz der Vorlage von Raufutter pro Tag | 18 | 1, > 1 |
| Zusätzlich Kraffuttermenge im Stall | 18 | ja, nein |

| Kuhmanagement | n | Codierung |
|--|----|-----------|
| Benutzung von Kuhbürsten im Stall | 18 | ja, nein |
| Frequenz des Euterscherens pro Jahr | 16 | ≤ 1, > 1 |
| Scheren der Schwänze | 17 | ja, nein |
| Frequenz des Schwanzscherens pro Jahr | 15 | ≤ 1, > 1 |
| Frequenz des Schwanzquastekürzens pro Jahr | 18 | ≤ 1, > 1 |
| Reguläres Klauenpflegeintervall | 18 | ja, nein |
| Frequenz der Klauenpflege pro Jahr | 15 | 1, > 1 |
| Spaltenlieger | 18 | ja, nein |
| Selektion der Kühe nach Eutergesundheit | 18 | ja, nein |
| Selektion der Kühe nach Roboterakzeptanz | 18 | ja, nein |
| Selektion der Kühe nach Klauengesundheit | 18 | ja, nein |
| Selektion der Kühe nach Aktivität | 18 | ja, nein |

| Variable der Checkliste | n | Codierung |
|-----------------------------|----|-----------|
| Erster Eindruck vom Betrieb | 18 | 1, > 1 |
| Erster Eindruck vom Stall | 18 | 1, > 1 |
| Erster Eindruck vom Roboter | 18 | 1, > 1 |
| Lauffläche | 18 | 1, > 1 |
| Liegeboxen | 18 | 1, > 1 |
| Qualität der Einstreu | 16 | 1, > 1 |
| Wassertröge | 18 | 1, > 1 |
| Wartebereich für Kühe | 18 | 1, > 1 |
| Treibgänge am Roboter | 8 | 1, > 1 |
| Boden der Melkboxen | 18 | 1, > 1 |
| Zitzenbecher | 18 | 1, > 1 |
| Roboterarm | 18 | 1, > 1 |
| Zitzenreinigungseinheit | 18 | 1, > 1 |
| Kuhsauberkeit insgesamt | 18 | 1, > 1 |
| Rasur der Euter | 18 | 1, > 1 |
| Klauenzustand | 18 | 1, > 1 |

| Variable der Checkliste | n | Codierung |
|-----------------------------------|----|-----------|
| Einmalpapier vorhanden am Roboter | 18 | ja, nein |

9.4 Fragenkatalog

9.4.1 I Allgemeine Fragen zu Stallorganisation und Stallaufbau

| | | |
|---|------------------|-----------------|
| Betrieb: | Datum: | |
| 1. Anzahl der Kühe | | |
| a. Anzahl Kühe in Milch | | |
| b. Anzahl Trockensteher | | |
| c. Anzahl Färsen | | |
| 2. Anzahl der Liegeboxen | | |
| 3. Anzahl der Fressplätze | | |
| 4. Anzahl der Robotertermelkboxen | | |
| 5. Einzelbox- oder Multibox-System | Einzelbox-System | Multibox-System |
| 6. a. Konventionelles Melksystem vorhanden | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Welches Melksystem? | | |
| c. Welche Kühe werden damit gemolken? | | |
| d. Separater Milchtank für die Milch aus dem konventionellen Melksystem | ja | nein |
| 7. a. Weidegang | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie viele Stunden pro Tag? | | |
| c. Wie viele Monate im Jahr? | | |
| 8. a. Sonstiger Auslauf | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Größe | | |

| | | | |
|---|------------------------------|--------------|------|
| c. Art des Untergrundes | | | |
| d. Überdachung | ja, über dem ganzen Areal | ja, zum Teil | nein |
| e. Wie viele Stunden pro Tag? | | | |
| f. Wie viele Monate im Jahr? | | | |
| g. Wird Auslauf gereinigt? | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| h. Wie wird der Auslauf gereinigt? | | | |
| i. Wie oft? | | | |
| 9. a. Separate Abkalbebox | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| b. Größe | | | |
| c. Anzahl Futterplätze | | | |
| d. Untergrund | | | |
| e. Einstreumaterial | | | |
| f. Wie oft Wechsel der Einstreu? | | | |
| g. Wie viele Kühe zur Zeit? | | | |
| h. Wie viele Kühe maximal? | | | |
| Wenn nein: | | | |
| i. Wo erfolgen Abkalbun- gen? | | | |
| 10. a. Separierbox, an Roboter angeschlossen | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| b. Art des Untergrundes | | | |
| c. Anzahl Fressplätze | | | |
| d. Einstreumaterial | | | |
| e. Wie oft Wechsel der Einstreu? | | | |

| | | | |
|---|--------------|---------------------|-------------------------|
| f. Wie viele Kühe zur Zeit? | | | |
| g. Wie viele Kühe maximal? | | | |
| h. Liegeboxen | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| | i. Anzahl | j. Hochboxen | |
| | k. Tiefboxen | l. Nackenbügel | |
| 11. Haltung von kranken Tieren | | | |
| a. Wo werden die kranken Kühe gehalten? | in der Herde | separate Krankenbox | Separierbox vom Roboter |
| Anderer Ort: | | | |
| Wenn separate Krankenbox: | | | |
| b. Art des Untergrundes | | | |
| c. Anzahl Fressplätze | | | |
| d. Einstreumaterial | | | |
| e. Wie oft Wechsel der Einstreu? | | | |
| f. Wie viele Kühe zur Zeit? | | | |
| g. Wie viele Kühe maximal? | | | |
| h. Liegeboxen | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| | i. Anzahl | j. Hochboxen | |
| | k. Tiefboxen | l. Nackenbügel | |

9.4.2 II Fragen zum Roboter

| | | | |
|--|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Art des Roboters (Firma) | | | |
| 2. Robotermanagement | | | |
| a. Anzahl der Melkboxen | | | |
| b. Mindest-Zwischenmelkzeit | | | |
| c. Durchschnittliche Melkfrequenz | | | |
| d. Maximale Zeit bis Kühe geholt werden | | | |
| 3. Milchlagerung | | | |
| a. Fassungsvermögen Milchtank | | | |
| b. Art des Kühlsystems | Direkt- verdampfer | Eiswasser- kühlung | Intervall- kühlung |
| c. Puffertank | ja | nein | |
| d. Fassungsvermögen Puffertank | | | |
| e. Kühlsystem des Puffertanks | Direkt- verdampfer | Eiswasser- kühlung | |
| f. Vorgeschalteter Plattenkühler | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| g. Kühlsystem des Plattenkühlers | Leitungs- wasser Kühlung | Eiswasser- kühlung | |
| 4. Reinigung des Haupttanks | | | |
| a. Wie oft pro Woche? | | | |
| b. Mit welchem Reinigungsmittel/Konzentration? | | | |
| c. Welcher Wechselrhythmus sauer/alkalisch? | | | |
| 5. Reinigung des Puffertanks | | | |
| a. Wie oft pro Woche? | | | |
| b. Mit welchem Reinigungs- | | | |

| | | | |
|---|---------------|-----------------------|------|
| mittel/Konzentration? | | | |
| c. Welcher Wechselrhythmus sauer/alkalisch? | | | |
| 6. Hauptreinigung der Melkanlage | | | |
| a. Wie oft pro Tag? | | | |
| b. Wie gestartet? | automatisch | manuell | |
| c. Reinigungsmethode | Kochendwasser | Zirkulationsreinigung | |
| Wenn Kochendwasserreinigung: | | | |
| d. Art der Reinigungsmittel/ Konzentration | | | |
| Wenn Zirkulationsreinigung: | | | |
| e. Zirkulationsreinigung mit Mehrfachnutzung von Lösungen | ja | nein | |
| f. Art der Reinigungsmittel/ Konzentration | | | |
| g. In welchem Wechsel sauer/alkalisch? | | | |
| 7. Zwischenreinigung | | | |
| a. Temperatur des Wassers | kalt | warm | heiß |
| b. Desinfektionsmittel | ja | nein | |
| Wenn ja: | | | |
| c. Welches Desinfektionsmittel/ Konzentration? | | | |
| d. Wie oft pro Tag? | | | |
| Wann: | | | |
| e. Nach bestimmter Leerstandszeit | ja | nein | |
| f. Wenn ja, welche Leerstandszeit? | | | |
| g. Nach Melken von mit Antibiotika behandelten | ja | nein | |

| | | |
|---|-----------------------|------------------------|
| Kühen | | |
| h. Nach Melken von frisch-laktierenden Kühen (Kollostrum) | ja | nein |
| i. Nach Melken von euterkranken Kühen | ja | nein |
| 8. Milchfilterwechsel | | |
| a. Wie oft pro Tag? | | |
| Wann: | b. vor Hauptreinigung | c. nach Hauptreinigung |
| d. Anderer Zeitpunkt: | | |
| e. Hauptreinigung mit Milchfilter | ja | nein |
| 9. Äußerliche manuelle Reinigung des Roboters | | |
| Wie oft? | | |
| a. Melkboxen | | |
| b. Roboterarm und umliegende Teile | | |
| c. Wie oft Reinigung der Treibegänge im Roboterbereich? | | |
| 10. Reinigung des Wartebereichs | | |
| a. Wie oft gereinigt? | | |
| 11. Euterreinigung | | |
| a. Art der Euterreinigung | | |
| Im Falle von Bürstenreinigung: | | |
| b. Höhe der Bürsteneinstellung | | |
| c. Anzahl der Bürstenbewegungen | | |
| d. Wie lange insgesamt? | | |
| e. Zwischendesinfektion | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| f. Welches Desinfektions- | | |

| | | |
|---|------|------|
| mittel/Konzentration? | | |
| g. Wie lange? | | |
| h. Wie oft werden die Bürsten gereinigt und wie? | | |
| i. Wie oft werden Bürsten erneuert? | | |
| j. Gibt es zusätzliche Reinigungsmaßnahmen der Bürste, z.B. Einlegen in Reinigungsmittel? | | |
| Im Falle von Melkbecherreinigung oder separater Reinigungsbecher: | | |
| k. Intensität (Dauer und Wasserverbrauch) | | |
| l. Temperatur des Reinigungswassers | kalt | warm |
| m. Trocknen der Zitzen | ja | nein |
| n. Wie oft Erneuerung des Reinigungsbeckers bzw. der Melkbecher? | | |
| 12. Zwischenreinigung des Melkgeschirrs: | | |
| a. Melkgeschirrspülung | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wann? | | |
| c. In welchem Zeitintervall? | | |
| d. Nach welchen Kühen? | | |
| e. Wassertemperatur | kalt | warm |
| f. Wie lange? | | |
| g. Wasserverbrauch | | |
| h. Mit Desinfektionsmittel? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| i. Welches Desinfektions- | | |

| |
|--|
| mittel/Konzentration? |
| Wenn separater Reinigungs- becher: |
| j. Wie oft wird der Becher erneuert? |
| 13. Dippmittelapplikation |
| a. Benutzung von Dippmittel: ja nein |
| Wenn ja: |
| b. Welches Dippmittel/ Konzentration? |
| c. Applikationsart |
| d. Wie oft Reinigung? |
| e. Wie wird die Sprayeinrichtung gereinigt? |

9.4.3 III Liegebereich

| | | |
|--|--------------|----------------|
| 1. Liegebereichdesign und Management | | |
| Untergrund der Lauffläche im Liegebereich: | a. Spalten | b. Plan |
| c. Mistschieber? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| d. Wie oft pro Tag Reinigung der Flächen? | | |
| Wenn nein: | | |
| e. Manuelle Reinigung? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| f. Wie oft pro Tag? | | |
| 2. Anzahl der Liegeboxen und Konstruktion: | a. Anzahl | b. Hochboxen |
| | c. Tiefboxen | d. Nackenbügel |
| e. Liegeboxenuntergrund: | | |
| 3. a. Einstreu der Liegeboxen | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Art der Einstreu: | | |
| c. Wie oft Abschieben der Hinterkanten der Boxen? | | |
| d. Wie oft Zugabe von neuem Einstreumaterial in die Boxen? | | |
| e. Wie oft Wechsel der Einstreu in der gesamten Box? | | |
| 4. a. Liegeboxendesinfektion | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Welches Desinfektionsmittel/ Konzentration? | | |
| c. Wie oft? | | |

9.4.4 IV Fressbereich

| | | |
|---|------------|---------|
| 1. Aufbau und Management im Fressbereich | | |
| Untergrund der Lauffläche im Fressbereich | a. Spalten | b. Plan |
| c. Mistschieber? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| d. Wie oft pro Tag Reinigung der Flächen? | | |
| Wenn nein: | | |
| e. Manuelle Reinigung? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| f. Wie oft pro Tag? | | |
| 2. Fütterung | | |
| a. Welche Futtermittel werden verfüttert? | | |
| b. Wie oft pro Tag vorgelegt? | | |
| Krafftutterzuteilung | | |
| c. durch den Roboter | ja | nein |
| d. per Krafftutterautomaten im Stall | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| e. Wie viele sind im Stall? | | |
| Raufuttervorlage | | |
| f. Wie oft Raufuttervorlage? | | |

9.4.5 V Kuhmanagement

| | | |
|--|----|------|
| 1. a. Kuhbürsten | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie viele? | | |
| 2. a. Manuelles Reinigen der Kühe | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie oft, in welchen Abständen? | | |
| c. Manuelle Reinigung der Euter bei Bedarf | ja | nein |
| 3. a. Euter scheren | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie oft, in welchen Abständen | | |
| 4. a. Schwanz scheren | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| a. Wie oft, in welchen Abständen | | |
| 5. a. Schwanzquaste kürzen | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie oft in welchen Abständen | | |
| 6. a. Schwanz waschen | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie oft in welchen Abständen | | |
| 7. Klauenpflege | | |
| a. Fester Rhythmus? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Wie oft im Jahr? | | |
| c. Bei Bedarf | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| d. Wie oft im Jahr (geschätzt)? | | |
| 8. a. Liegeboxen im Aufzuchtbereich | ja | nein |
| 9. Spaltenlieger | | |

| | | |
|---|----|------|
| a. Gibt es Spaltenlieger in der Herde? | ja | nein |
| Wenn ja: | | |
| b. Was passiert mit den Spaltenliegern? | | |
| 10. Kuhselektion | | |
| a. Nach Euterform | ja | nein |
| b. Nach Roboterakzeptanz | ja | nein |
| c. Nach Eutergesundheit | ja | nein |
| d. Nach Klauengesundheit | ja | nein |
| e. Nach Aktivität | ja | nein |

9.5 Checkliste

| | | | | | | |
|----------------------|--|---|---|---|---|---|
| Betrieb: | | | | | | |
| Datum: | | | | | | |
| Melkroboter | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Erster Eindruck vom Roboter | | | | | |
| 2 | Wartezone, in der die Kühe auf Melkung warten | | | | | |
| 3 | Treibegang im Roboterraum | | | | | |
| 4 | Boden der Melkboxen | | | | | |
| 5 | Zitzenbecher | | | | | |
| 6 | Roboterarm | | | | | |
| 7 | Zitzenreinigungseinrichtung/Bürsten | | | | | |
| 8 | Einmalpapier vorhanden beim Roboter (ja/nein) | | | | | |
| 9 | Mistschieber in der Nähe vom Roboter (max. 2 m), (ja/nein) | | | | | |
| Unterbringung | | | | | | |
| 10 | Erster Eindruck vom Betrieb | | | | | |
| 11 | Erster Eindruck vom Stall | | | | | |
| 12 | Futtertisch | | | | | |
| 13 | Lauffläche | | | | | |
| 14 | Liegeboxen | | | | | |
| 15 | Qualität der Einstreu | | | | | |
| 16 | Wassertröge | | | | | |
| Kuhbestand | | | | | | |
| 17 | Kühe: insgesamt | | | | | |
| 18 | Euterrasur | | | | | |
| 19 | Klauenzustand | | | | | |

| |
|---|
| Probennahme: |
| Daten der Milchqualität der Tankmilch vom letzten Jahr |
| Tankprobe |
| Einstreuprobe |
| Milchfilter |
| Dauer der Zitzenreinigung |
| Zahl der Bürstenbewegungen bei Bürstenreinigung |
| Liegebox ausmessen: |
| Länge: |
| Breite: |
| Höhe Nackenbügel: |
| Länge Hinterkante Liegebox bis Nackenbügel |
| Diagonale von der Hinterkante der Liegebox bis zur Mitte des Nackenbügels |

9.6 Erklärungen zu den Hygiene-Benotungen

9.6.1 Melkroboter

Zu 1. Erster Eindruck vom Roboter

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | sauberer Boden, Wände, Schläuche, Ausrüstung |
| mäßig | Mist auf dem Boden, getrockneter Mist an den Wänden und Schläuchen, leicht verschmutzte Ausrüstung |
| schlecht | viel Mist (frisch/alt) auf dem Boden und an den Wänden, Mist- und Milchreste auf der Ausrüstung, Spinnweben, dicke Staubschicht |

Zu 2. Wartezone, in der die Kühe auf die Melkung warten

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | ausschließlich frischer Mist |
| mäßig | viel Mist, getrockneter Mist in den Ecken |
| schlecht | viel Mist (frisch/alt), Futter und Einstreu |

Zu 3. Treibegang im Roboterraum

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | ausschließlich frischer Mist |
| mäßig | viel Mist, getrockneter Mist in den Ecken |
| schlecht | viel Mist (frisch/alt), Futter und Einstreu |

Zu 4. Boden der Melkboxen

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | ausschließlich frischer Mist |
| mäßig | viel Mist, getrockneter Mist in den Ecken |
| schlecht | viel Mist (frisch/alt), Futter und Einstreu |

Zu 5. Zitzenbecher

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | sauber |
| mäßig | bespritzt mit frischem Schmutz |
| schlecht | schmutzige Zitzenbecher, viel getrockneter Mist, viel Milch |

Zu 6. Roboterarm

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | sauber |
| mäßig | bespritzt mit frischem Mist und/oder beschädigt |
| schlecht | schmutzig, viel getrockneter Mist und Milch und/oder beschädigt |

Zu 7. Zitzenreinigungsvorrichtung/Bürsten

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | sauber |
| mäßig | Spuren von Mist |
| schlecht | Spuren von Mist oder Milch, abgenutzte Bürsten |

9.6.2 Unterbringung

Zu 10. Erster Eindruck von dem Betrieb

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | ordentlich, sauber, gut gefegt |
| mäßig | ein wenig unordentlich, nicht gut gefegt |
| schlecht | chaotisch, einige Zeit nicht gefegt, Reste von Futter auf der Straße |

Zu 11. Erster Eindruck vom Stall

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | sauberer Futtergang, trocken, keine Futterreste, ordentlich |
| mäßig | Mist, Futterreste, irgendwie unordentlich |
| schlecht | Mist, Futterreste, feucht, schmutzig, unordentlich |

Zu 12. Futtertisch

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | sauber und trocken, in gutem baulichen Zustand |
| mäßig | alte Futterreste, schmutzig hier und da, in gutem baulichen Zustand |
| schlecht | alte Futterreste, schmutzig, Mist und Feuchtigkeit, stinkend, baulich defekt |

Zu 13. Lauffläche

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | frei von Mist |
| mäßig | viel Mist, getrockneter Mist in den Ecken |
| schlecht | viel Mist (frisch/alt), Futter und Einstreu, Jauchepfützen |

Zu 14. Liegeboxen

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | sauber und trocken, Stroheinstreu, verzeichne die Anzahl an sauberen Liegeboxen |
| mäßig | etwas Mist, Urin oder Milch, verzeichne die Anzahl mäßig sauberer Boxen |
| schlecht | verschmiert mit Mist, Urin, Milch und alter Einstreu = verzeichne die Anzahl an schmutzigen Liegeboxen |

Zu 15. Qualität der Einstreu

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---|
| gut | Aufbewahrung trocken, unter Dach, sauber, guter Geruch |
| mäßig | Aufbewahrung unter Dach oder abgedeckt, feucht, muffiger Geruch |
| schlecht | Aufbewahrung: nicht abgedeckt oder unter Dach, feucht, schmutzig, muffiger Geruch |

Zu 16. Wassertröge

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | sauberes Wasser, kein Sediment am Boden |
| mäßig | trübes Wasser, Sediment am Boden (bis zu 5 cm), Wasser riecht abgestanden |
| schlecht | trübes Wasser, Boden nicht sichtbar, mehr als 5 cm Sediment am Boden, Wasser und Sediment stinkend |

9.6.3 Kuhbestand

Zu 17. Kühe insgesamt

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | Hinterviertel und Schwanz sauber und rasiert, verzeichne Anzahl Kühe |
| mäßig | verzeichne Anzahl mittelmäßig schmutziger Kühe = mit Mist und Urin verschmiert |
| schlecht | verzeichne Anzahl sehr stark schmutziger Kühe = verschmiert mit viel Mist und Urin |

Zu 18. Euterrasur

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|---------------------------------|
| gut | Euter gerade rasiert |
| mäßig | Euter vor längerer Zeit rasiert |
| schlecht | Euter unrasiert |

Zu 19. Klauenzustand

| Bewertung | Erläuterung |
|-----------|--|
| gut | Klauen in gutem Pflegezustand, verzeichne Anzahl der Kühe |
| mäßig | Klauen in mäßigem Pflegezustand, verzeichne Anzahl der Kühe |
| schlecht | Klauen in schlechtem Pflegezustand, verzeichne Anzahl der Kühe |

10 PUBLIKATIONSVERZEICHNIS

ROTH N, KNAPPSTEIN K (2004): Hygienemanagement in Betrieben mit automatischen Melkverfahren- ein Erfahrungsbericht. In: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (Hrsg.): Tagungsbericht der 44. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG. Garmisch-Partenkirchen: 316–321

KNAPPSTEIN K, ROTH N, SLAGHUIS BA, FERWERDA-VAN ZONNEVELD RT (2002): Effectiveness of Automatic Cleaning of Udder and Teats and Effects of Hygiene Management. Protocol for Evaluation for Teat Cleaning Systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 13, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand: 22.3.2009)

KNAPPSTEIN K, ROTH N, SLAGHUIS E, FERWERDA-VAN ZONNEVELD R, WALTE HG, REICHMUTH J (2004): Farm Hygiene and Teat Cleaning Requirements in automatic Milking. In: Meijering A, Hogeveen H, De Koning CJAM (Hrsg.): Automatic milking: a better understanding. Conference Proceedings, Lelystad, Netherlands, 24.–26. März 2004, Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 83–93

KNAPPSTEIN K, ROTH N, WALTE H-G, REICHMUTH J, SLAGHUIS BA, FERWERDA-VAN ZONNEVELD RT, MOOIWEER A (2004): Effectiveness of Automatic Cleaning of Udder and Teats and Effects of Hygiene Management. Report on Effectiveness of Cleaning Procedures Applied in Different Automatic Milking Systems. Bericht im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens „Implications of the Introduction of Automatic Milking on Dairy Farms” (QLK5-2000-31006), Deliverable 14, Online im Internet: <http://www.automaticmilking.nl> (Stand 22.3.2009)

KNAPPSTEIN K, ROTH N, SUHREN G, REICHMUTH J, WALTE HG (2005): Milchhygiene in der Primärproduktion - aktuelle Aspekte des automatischen Melkens, Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 57: 5-20

11 DANKSAGUNG

Allen, die mich im Laufe der Zeit, in der diese Arbeit entstanden ist, begleitet haben, möchte ich an dieser Stelle Dank sagen.

Herrn Prof. Hildebrandt danke ich für die Möglichkeit, in seinem Institut die Promotionsarbeit anfertigen zu dürfen und für seine Hilfe.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Knappstein, die mich bei der Konzeption und Durchführung dieser Arbeit sowie der Anfertigung der Dissertationsschrift betreute und mir in fachlichen Fragen zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich ganz besonders bei Burkhard Nipp für die exzellente Hilfe und Unterstützung bei der Bearbeitung der Daten, die Unterstützung bei Problemen technischer Art und die liebevoll motivierende Unterstützung in persönlichen Lebensfragen.

Bei Sandra Soll-Gnutzmann bedanke ich mich für die hoch qualifizierte und kompetente Unterstützung im Labor und beim Eingeben von Daten sowie für viele fruchtbare Gespräche und die Motivation.

Für die hervorragende Hilfe in statistischen Fragen und seine gut verständlichen Erklärungen der Datenanalyse danke ich Dr. Hans-Georg Walte.

Dem gesamten Personal des Versuchsgutes Schaedtбек, insbesondere den Melkern, gilt mein Dank für die Hilfe bei der Durchführung der Versuche im Kuhstall des Versuchsgutes und in den Praxisbetrieben.

Besonders danken möchte ich den Besitzern der Praxisbetriebe für die Mitarbeit, die gute Zusammenarbeit und die Überlassung der Daten.

Frau Dr. Angelika Nierobisch und ihrem Mann Wilfried danke ich für die wertvollen Diskussionen und Anregungen und, dass sie an mich geglaubt haben. Ihre Begeisterung und Motivation hat entscheidend dazu beigetragen, dass ich die Arbeit fertig gestellt habe.

Meine Eltern haben mir während des gesamten Studiums und während der Promotion mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Ihnen gilt mein besonderer Dank für den Rückhalt, die Unterstützung und Liebe.

Mein besonderer Dank geht an meinen Ehemann Marco für sein Vertrauen in mich, für sein Verständnis und die große moralische Unterstützung während der Arbeit.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Diese Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form in anderen Prüfungsverfahren vorgelegt.

Kiel, den 24. Juni 2009

Nele Wiebke Halbedl