

Aus dem Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
(Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Klaus Eder)

der Naturwissenschaftlichen Fakultät III
(Dekan: Prof. Dr. Peter Wycisk)

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

**Beitrag zur Beurteilung der Eutergesundheit der Kuh anhand
ausgewählter Merkmale im Vorgemelk**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor agriculturarum (Dr. agr.)

vorgelegt von

Dipl. agr. Ing. Ines Krehl

Geb. am 01.08.1975 in Borna

Gutachter: Prof. Dr. H. H. Swalve

Prof. Dr. E. von Borell

Prof. Dr. R. Brunsch

Verteidigung am: 21.12.2009

Halle/Saale 2009

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Abkürzungs- und Einheitsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	X
1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Literatur	3
2.1 Die Milchdrüse des Rindes	3
2.1.1 Anatomie der Milchdrüse	3
2.1.1.1 Allgemeiner Aufbau der Milchdrüse	3
2.1.1.2 Euterviertel	3
2.1.1.3 Drüsenkörpers	4
2.1.2 Physiologie der Milchdrüse	5
2.1.2.1 Milchbildung	5
2.1.2.2 Milchspeicherung	7
2.1.2.3 Milchabgabe	7
2.2 Eutergesundheit	8
2.2.1 Kategorien der Eutergesundheit	8
2.2.2 Biologischer Abwehrmechanismus der Milchdrüse	10
2.2.2.1 Die Blut-Milch-Schranke	11
2.2.3 Formen der Eutererkrankung	14
2.3 Merkmale zur Beurteilung der Eutergesundheit	16
2.3.1 Ionenkonzentration (Na^+ , K^+ , Cl^-) der Milch	16
2.3.1.1 Einflussfaktoren auf den Ionenkonzentration der Milch	18
2.3.1.2 Die Ionen (Na^+ , K^+ , Cl^-) der Milch als Merkmal der Eutergesundheit	19
2.3.2 Elektrische Leitfähigkeit der Milch	24
2.3.2.1 Einflussfaktoren auf die elektrische Leitfähigkeit der Milch	24
2.3.2.2 Die elektrische Leitfähigkeit der Milch als Merkmal der Eutergesundheit	26

2.3.3	Somatische Zellzahl der Milch	30
2.3.3.1	Einflussfaktoren auf die somatische Zellzahl	30
2.3.3.2	Somatische Zellzahl der Milch als Merkmal der Eutergesundheit	31
2.3.4	PH-Wert der Milch	34
2.3.4.1	Einflussfaktoren auf den pH-Wert der Milch	34
2.3.4.2	PH-Wert als Merkmal der Eutergesundheit	34
3	Material und Methode	37
3.1	Material	37
3.1.1	Betriebe	37
3.1.1.1	Betrieb A	37
3.1.1.2	Betrieb B	37
3.1.2	Untersuchungsprogramm	38
3.1.3	Probengewinnung	39
3.2	Methoden	41
3.2.1	Analytik	41
3.2.2	Zytobakteriologische Untersuchung	43
3.2.3	Statistische Auswertungsmethoden	44
4	Ergebnisse und Diskussion	48
4.1	Betrieb A	48
4.1.1	Einfache statistische Datenanalyse der Merkmale Na ⁺ - und K ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk	48
4.1.2	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Na ⁺ - und K ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit	60
4.1.3	Differenzen der Na ⁺ -Konzentration zwischen den Eutervierteln je Kuh und Tag	68
4.1.4	Diskussion der Ergebnisse von Betrieb A	71
4.2	Betrieb B	74
4.2.1	Einfache statistische Datenanalyse der untersuchten Merkmale je Kategorie (DVG 2002) und Median-Test	74
4.2.2	Einfache statistische Datenanalyse der untersuchten Merkmale je Zellzahl-Gruppe und Median-Test	79

4.2.3	Häufigkeitsanalyse der Na ⁺ -Konzentration und Bildung neuer Tiergruppen	84
4.2.4	Präzisierung der Tiergruppenbildung mit Hilfe des Merkmals „maximale Differenz der Na ⁺ -Konzentration“	86
4.2.5	Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Na ⁺ -, K ⁺ - und Cl ⁻ -Konzentration und elektrischer Leitfähigkeit	91
4.2.6	Diskussion der Ergebnisse von Betrieb B	93
5	Schlussfolgerung	99
6	Zusammenfassung Summary	101
7	Literaturverzeichnis	105
8	Anhang	126

Abkürzungsverzeichnis**Allgemeines:**

AAS	Atomabsorptionsspektrometer
Abb.	Abbildung
AM	Alveolarmilch
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
ATP	Adenosintriphosphat
BHB	Beta-Hydroxybuttersäure
BU	Bakteriologische Untersuchung
Cl ⁻	Chloridionenkonzentration
cm	Zentimeter
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V.
IDF	International Dairy Federation
ICF	Intrazelluläre Flüssigkeit
IE	Internationale Einheit
E.	Escherichia
et al.	Und andere
e.V.	eingetragener Verein
ECF	Extrazelluläre Flüssigkeit
EM	Einzelmilch
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Fl	Fleckvieh
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
hl	hinten links (Euterviertel)
hr	hinten rechts (Euterviertel)
K ⁺	Kaliumionenkonzentration
Kap.	Kapitel
LF	Elektrische Leitfähigkeit in mS cm ⁻¹
LKV	Landeskontrollverband
Max.	Maximalwert
Min.	Minimalwert
MVO	Milchverordnung

MLP	Milchleistungsprüfung
MZ1	Morgenmelkzeit
MZ2	Abendmelkzeit
MW	Mittelwert
n	Stichprobengröße
Na ⁺	Natriumionenkonzentration
NaGase	Desoxyribonuclease
pH-Wert	Hydroniumionen-Konzentration
r	Korrelationskoeffizient
SAS	Statistic Analysing System
s.	siehe
SCC	Somatic Cell Count (Somatische Zellzahl)
s	Standardabweichung
SM	Sammelmilch
Sb	Schwarzbunte Kühe
<i>Staph. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>S. agalactiae</i>	<i>Streptococcus agalactiae</i>
<i>S. dysgalactiae</i>	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>
<i>S. uberis</i>	<i>Streptococcus uberis</i>
Tab.	Tabelle
TU	Trächtigkeitsuntersuchung
VVG	Viertelvorgemelk
VAG	Viertelanfangsgemelk
VNG	Viertelnachgemelk
vr	vorn rechts (Euterviertel)
vl	vorn links (Euterviertel)
WTW	Wissenschaftlich Technische Werkstätten
z.T.	zum Teil
ZM	Zisternenmilch
ZZ-Gruppe	Zellzahlgruppe

Einheitsverzeichnis:

%	Prozentsatz
μm	Mykrometer
g	Gramm
cm	Zentimeter
<	kleiner
>	größer
\leq	kleiner gleich
\geq	größer gleich
mS/cm	Millisiemens je Zentimeter
$^{\circ}\text{C}$	Temperatur (Grad Zelsius)
mg l^{-1}	Milligramm je Liter
mmol l^{-1}	Millimol je Liter
mg %	Milligramm Prozentsatz
g l^{-1}	Gramm je Liter
$\times 10^3 \text{ ml}^{-1}$	Multiplikation mit 1000 ml^{-1}
h	Stunde

Tabellenverzeichnis

Tabelle	Seite
Tabelle 1: Beurteilung zytologisch-mikrobiologischer Befunde im Rahmen der Mastitis-Kategorisierung (DVG 1994 in Anlehnung an IDF 1967)	10
Tabelle 2: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der Na ⁺ -Konzentration bei Eutererkrankungen	21
Tabelle 3: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der K ⁺ -Konzentration bei Eutererkrankungen	22
Tabelle 4: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der Cl ⁻ -Konzentration bei Eutererkrankungen	23
Tabelle 5: Referenzwerte und Werte bei Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit durch Eutererkrankungen	28
Tabelle 6: Anzahl somatischer Zellen in Milch gesunder Milchdrüsen	33
Tabelle 7: Referenzwerte und Änderung des pH-Wertes bei Eutererkrankungen	35
Tabelle 8: Informationen und Untersuchungsmerkmale	39
Tabelle 9: Angewandte Analysemethoden und Analysegeräte	41
Tabelle 10: Gruppen der Zellzahlen	46
Tabelle 11: Einfache statistische Maßzahlen der erfassten Merkmale im Vorgemelk je Kuh	58
Tabelle 12: Häufigkeit der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) je Kuh	59
Tabelle 13: Bestimmtheitsmaße der linearen Funktionen (1) und (2) für die Untersuchungstiere	60
Tabelle 14: Ergebnisse der Tiergruppierung aufgrund des linearen Anstiegs der Na ⁺ -Konzentration mit steigender elektrischer Leitfähigkeit	66
Tabelle 15: Klassen (dkl) für das Merkmal „maximale Differenz“ der Na ⁺ -Konzentration	68
Tabelle 16: Statistische Maßzahlen der erhobenen Merkmale je Kategorie der Eutergesundheit (DVG 2002)	74
Tabelle 17: Einseitiger Median-Test zwischen den DVG-Kategorien je Merkmal (paarweiser Vergleich)	78
Tabelle 18: Statistische Maßzahlen der Merkmale je Gruppe der Zellzahl	80
Tabelle 19: Einseitiger Median-Test zwischen den Gruppe der Zellzahl je Merkmal (paarweiser Vergleich)	83
Tabelle 20: Häufigkeiten und prozentuale Häufigkeit der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) je Kuh	85
Tabelle 21: Gruppierung der Kühe nach Anzahl Na ⁺ -Konzentration über 800 mg l ⁻¹	86
Tabelle 22: Anzahl maximaler Differenzen der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) für die Tiergruppe I	87
Tabelle 23: Anzahl Maximale Differenzen der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) für die Tiergruppe II	88
Tabelle 24: Anzahl maximaler Differenzen der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) für die Tiergruppe III	89
Tabelle 25: Anzahl maximaler Differenzen der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) für die Tiergruppe IV	90
Tabelle 26: Schrittweiser Aufbau der Regressionsfunktionen der Tiergruppen I, II, III, IV	91

Tabelle 27:	Bestimmtheitsmaße der geschätzten funktionen (1), (3) und (4)	92
Tabelle 28:	Geschätzte Mediane der DVG-Kategorien „gesund“ und „krank“	94
Tabelle 29:	Gegenüberstellung der Mediane der Na ⁺ -Konzentration für die Beurteilungskriterien Kategorie der Eutergesundheit und der ZZ-Gruppen	96
Tabelle 30:	Häufigkeiten der Na ⁺ -Konzentration über 800 mg l ⁻¹ je DVG-Kategorie und ZZ-Gruppe	97
Tabelle 31:	Gegenüberstellung der Grenzwerte der Betriebe A und B für das Merkmal Na ⁺ -Konzentration	99
Tabelle 32:	Verbesserte Tiergruppen	100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Seite
Abbildung 1: Schematische Darstellung der rechten Euterhälfte des Rindes mit zwei Eutervierteln	5
Abbildung 2: Blut-Milch / Milch-Blut-Schranke im Alveolargebiet. Alveolen unmittelbar von Kapillaren umgeben (SCHULZ, 1994)	12
Abbildung 3: Modell der Laktose und Ionenbewegung zwischen extracellulärer und intracellulärer Flüssigkeit (LINZELL & PEAKER 1971 a,b)	13
Abbildung 4: Box-Whisker-Plot	45
Abbildung 5: Verteilung der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 20)	48
Abbildung 6: Verteilung der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 97)	49
Abbildung 7: Verteilung der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 169)	49
Abbildung 8: Verteilung der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 209)	50
Abbildung 9: Verlauf der Na ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)	51
Abbildung 10: Verlauf der K ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)	51
Abbildung 11: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)	52
Abbildung 12: Verlauf der Na ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 97)	52
Abbildung 13: Verlauf der K ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 97)	53
Abbildung 14: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgem (Kuh 97)	53
Abbildung 15: Verlauf der Na ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)	54
Abbildung 16: Verlauf der K ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)	54
Abbildung 17: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)	55
Abbildung 18: Verlauf der Na ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)	55
Abbildung 19: Verlauf der K ⁺ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)	56
Abbildung 20: Verlauf der elektrische Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)	56
Abbildung 21: Beziehung zwischen der Na ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 20	61
Abbildung 22: Beziehung zwischen der Na ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 97	61
Abbildung 23: Beziehung zwischen der Na ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 169	62

Abbildung 24:	Beziehung zwischen der Na ⁺ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 209	62
Abbildung 25:	Zunahme der Na ⁺ -Konzentration im Laktationsmonat März bei steigender elektrischer Leitfähigkeit	63
Abbildung 26:	Zunahme der Na ⁺ -Konzentration im Laktationsmonat Juli bei steigender elektrischer Leitfähigkeit	64
Abbildung 27:	Zunahme der Na ⁺ -Konzentration im Laktationsmonat Oktober bei steigender elektrischer Leitfähigkeit	65
Abbildung 28:	Darstellung der Regressionskoeffizienten und Konfidenzintervalle je Monat und Tiergruppe	68
Abbildung 29:	Prozentualer Anteil maximaler Na ⁺ Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 20)	69
Abbildung 30:	Prozentualer Anteil maximaler Na ⁺ Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 97)	69
Abbildung 31:	Prozentualer Anteil maximaler Na ⁺ Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 169)	70
Abbildung 32:	Prozentualer Anteil maximaler Na ⁺ Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 209)	70
Abbildung 33:	Mittelwert und Median der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	75
Abbildung 34:	Mittelwert und Median der K ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹) im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	76
Abbildung 35:	Mittelwert und Median der Cl ⁻ -Konzentration (mg l ⁻¹) im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	76
Abbildung 36:	Mittelwert und Median der elektrischen Leitfähigkeit (mS cm ⁻¹) im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	77
Abbildung 37:	Mittelwert und Median des pH-Wertes im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	77
Abbildung 38:	Mittelwert und Median der Zellzahl im Viertelvorgemelk diagnostischer Kategorien der Eutergesundheit	78
Abbildung 39:	Mittelwert und Median der Na ⁺ -Konzentration im Viertelvorgemelk sowie die Anzahl der untersuchten Proben je Gruppe der Zellzahl	81
Abbildung 40:	Mittelwert und Median der K ⁺ -Konzentration im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl	81
Abbildung 41:	Mittelwert und Median der Cl ⁻ -Konzentration im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl	82
Abbildung 42:	Mittelwert und Median der elektrischen Leitfähigkeit im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl	82
Abbildung 43:	Mittelwert und Median des pH-Wertes im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl	83
Abbildung 44:	Maximale Differenzen der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe I	87

Abbildung 45:	Maximale Differenzen der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe II	88
Abbildung 46:	Maximale Differenzen der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe III	89
Abbildung 47:	Maximale Differenz der Na ⁺ -Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe IV	90
Abbildung 48:	Regressionskoeffizienten und Konfidenzintervalle der Na ⁺ -Konzentration der Tiergruppen I, II, III und IV	93

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Mit dem Wegfall der Milchquoten im Jahre 2008 stehen die deutschen Milcherzeuger unter starkem Druck, international wettbewerbsfähig zu sein. Für diese erstrebte Wettbewerbsfähigkeit müssen Produktionskosten pro kg Milch optimiert werden. Die Eutergesundheit von Kühen nimmt dabei eine wesentliche Rolle in der Wirtschaftlichkeit milcherzeugender Betriebe ein (SHOOK und SCHULZ 1994, ROGERS 1994). Störungen der Eutergesundheit verursachen Kosten, die sich aus dem Ausfall nichtverkehrsfähiger Milch, Minderung der Milchmengen in aktuellen und folgenden Laktationen, Kosten durch Untersuchungen der Milch, durch Tierarzt und Medikamente und erhöhte Remontierung ergeben. Die jährlichen Kosten können pro euterkranker Kuh bis zu 665 € betragen (SCHALLENBERGER, 2004). Untersuchungen zeigen, dass zwischen den Milchleistungsmerkmalen und der Mastitisanfälligkeit ungünstige Beeinflussungen bestehen (ERIKSSON 1991, PHILIPSSON 1995). Eutererkrankungen (56 %), Fruchbarkeitsstörungen (27 %) verursachen nach SCHOMAKER (2001) den größten Anteil der Tierbehandlungen.

Für eine Überwachung der Eutergesundheit sind bestimmte Merkmale geeignet. Neben der Anzahl somatischer Zellen ist die elektrische Leitfähigkeit der Milch ein gängiges Merkmal für die Beurteilung der Eutergesundheit. Für die Leitfähigkeit hat sich das Vorgemelk als wichtigste Gemelksfraktion mit der höchsten Sicherheit der gemessenen Werte (GRAUPNER 1996, WOOLFORD et al. 1998, WORSBORFF et al. 2000, WESSELS 2001) herausgestellt.

Ziel der Beurteilung der Eutergesundheit ist die Entwicklung eines Sensors, der die wichtigsten Merkmale der Eutergesundheit während des Melkprozesses im Vorgemelk euterviertelgetrennt erfasst, um frühzeitig eine Veränderungen der Eutergesundheit zu detektieren. In der vorliegenden Arbeit werden die leitfähigkeitsbeeinflussenden Merkmale (Na^+ , K^+ , Cl^- -Konzentration), sowie der pH-Wert und die Anzahl somatischer Zellen näher untersucht.

Als Einzelmerkmal hat die Leitfähigkeit einen geringen diagnostischen Wert, da physiologische Faktoren, wie Rasse, Sexualzyklus und Laktationsstadium Einfluss auf die Höhe der Leitfähigkeit nehmen. In der vorliegenden Arbeit stehen die einzelnen Ionenkonzentrationen (Na^+ , K^+ , Cl^-) im Vordergrund der Untersuchung.

Die Aufgaben der Arbeit sind:

1. Untersuchung der Wertebereiche für die Ionenkonzentrationen (Na^+ , K^+ , Cl^-) im Vormelk zur Entwicklung von verbesserten Gesundheitskategorien
2. Überprüfung der bekannten Gesundheitskategorien; DVG (2002) und der ZZ-Gruppen
3. Quantifizierung von Zusammenhängen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und den Ionenkonzentrationen
4. Beurteilung des $\text{Na}^+ : \text{K}^+$ -Verhältnisses als Merkmal zur Beurteilung der Eutergesundheit
5. Ableitung von verbesserten Eutergesundheitskriterien

2 Literatur

2.1 Die Milchdrüse des Rindes

2.1.1 Anatomie der Milchdrüse

2.1.1.1 Allgemeiner Aufbau der Milchdrüse

Die Milchdrüse des Rindes wird allgemein auch als Euter, Mamma oder Über bezeichnet. Das Euter ist ein halbkugeliger Drüsenkörper und besteht anatomisch aus zwei getrennten Euterhälften, die sich aus den beiden Vorder- und den beiden Hintervierteln zusammensetzen. Im Leistenbereich werden die Euterviertel kapselartig eingehüllt und bilden eine fingerartige Haltevorrichtung im Drüsengewebe. Jedes Euterviertel stellt dabei einen getrennt voneinander wirkenden, selbständigen Drüsenkomplex dar. Die Befestigung des Euters an der ventralen Bauchwand erfolgt durch Abspaltung der Rumpffaszien, die in Form bindegewebiger Lamellen in das Drüsengewebe einstrahlen (MICHEL 1986, MICHEL 1994, NICKEL et al. 1996a). Die Milchdrüse eines laktierenden Rindes kann je nach Milch- und Blutgehalt 5-10 kg und mehr wiegen (HABERMEHL 1996).

2.1.1.2 Euterviertel

Jedes Euterviertel besteht aus dem Drüsenkörper und der Zitze. Es setzt sich zusammen aus dem milchbildenden Gewebe (Parenchym), dem Binde- und Stützgewebe (Interstitium), dem System der Milchableitung (Milchgänge, Zisterne und Strichkanal), dem Blut- und Lymphsystem sowie dem Nervensystem (HUTH 1995). Jedes Euterviertel weist ein Hohlraumssystem auf, welches sich aus dem Zitzenkanal, der Milchzisterne (Zitzen- und Drüsenteil), den Milchgängen und den Alveolen zusammensetzt (WENDT et al. 1986). Die Milch wird aus jedem Viertel über eine zylinderförmige Zitze (Strich) durch den Strich- oder Zitzenkanal abgeführt. Am Übergang von Zitze zum Zitzenkanal befindet sich eine Verengung mit zirkulär angeordneten Venen, die sich aus straffen Bindegewebe gliedert. Diese innere Mündung ist der sogenannte „Fürstenbergsche Venenring“, der die Aufgabe hat ein Abfließen der Milch außerhalb des Melkens zu verhindern. (MICHEL 1986, 1994, MOSIMANN und KOHLER 1990, HUTH 1995). Jedes Euterviertel stellt einen in sich abgegrenzten und geschlossenen Drüsenkomplex dar. Mit Hilfe verschieden gefärbter Injektionsmassen konnte dies vom Strichkanal aus bewiesen werden (HABERMEHL

1996). In der Zitzenspitze liegt der Zitzenkanal, der mit mehreren verhornten Epithelschichten ausgekleidet ist. Diese starke Verhornung des Zitzenkanals dient hauptsächlich der Keimabwehr. Die Zitze des Rindes sollte für die maschinelle Milchgewinnung eine ideale Länge von 8 bis 10 cm und einen Durchmesser von 2,5 bis 3,2 cm aufweisen. Wünschenswert ist eine zylindrische und senkrechte Form mit einer trichterförmigen Kuppe aller vier Zitzen (WENDT et al. 1994). Die Zitze ist ständigen Umwelteinflüssen ausgesetzt und somit Haupteintrittspforte für euterpathogene Mikroorganismen. Der Zitze kommt zusätzlich zur Milchspeicherung und Milchabgabe eine entscheidende Barrierefunktion bei der Abwehr pathogener Keime zu (HARTMANN und MEYER 1994).

2.1.1.3 Drüsenkörper

Der Drüsenkörper wird von der Euterkapsel umgeben. Von dieser dringen Bindegewebssepten in das Innere des Drüsenkörpers ein, grenzen Einheiten des Drüsenparenchyms ab und weisen eine charakteristische, blattartige Anordnung auf (MICHEL 1994). Drüsenblätter überdecken die Oberfläche des Drüsenkörpers schuppenartig. Innerhalb der Drüsenblätter liegen die unterschiedlich großen Milchgänge, wobei die Anordnung der Drüsenblätter denen der Milchgänge entsprechen und diese eine weitere Unterteilung in Drüsenläppchen verursachen. Die länglich, abgeflachten Drüsenläppchen umfassen einen kleinen Milchgang mit den dazugehörigen Drüsenläppchen (Abb. 1).

Ein laktierendes Euter zeigt zahlreiche, unregelmäßig runde Drüsenläppchen. Sie werden durch dichtstehende, traubenartige Drüsenbläschen gebildet die von Myoepithelzellen, feinsten Bindegewebsfasern und Blutkapillaren umhüllt sind. Die Drüsenbläschen weisen eine verzweigte alveolare Form auf und ein in der Regel niedrig-kubisch bis hoch-zylindrisches Epithel (HABERMEHL 1996). Neben dem Drüsenepithel besteht die Wand der Alveolaren aus der Basalmembran und dem Myoepithel, welches die Funktion der Muskelzellen erfüllt. Gemeinsam mit dem umgebenden Bindegewebe und den darin liegenden Kapillaren bildet die Alveolarwand die Grundlage der Blut-Milch-Schranke, die eine wesentliche Rolle bei den Stoffaustauschprozessen einnimmt (MICHEL 1994).

Alveolen liegen nicht nur an den Endstücken der Milchgänge, sondern auch an den kleinen Milchgängen und bilden eine perlschnurartige Anordnung. Durch diese

Anordnung wird in den Läppchen eine größere Oberfläche für die Milchbildung geschaffen und reichlich Raum für die Milchspeicherung erzielt. Die dort gebildete und gespeicherte Milch ist die sogenannte Alveolarmilch.

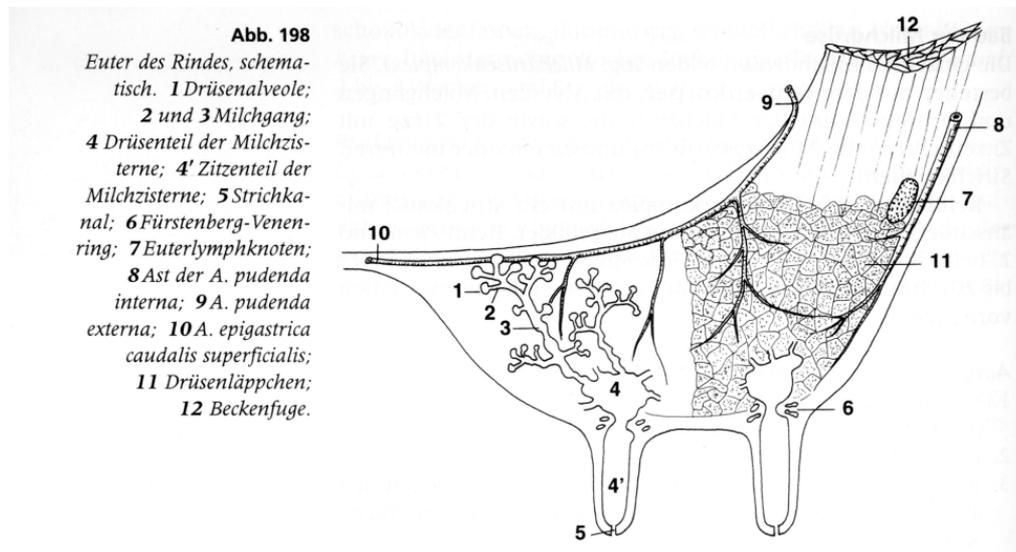


Abb. 1: Schematische Darstellung der rechten Euterhälfte des Rindes mit zwei Eutervierteln

2.1.2 Physiologie der Milchdrüse

2.1.2.1 Milchbildung

Die Milchbildungsperiode (Laktation) wird durch die Geburt des Kalbes ausgelöst, die den Zeitraum zwischen Kalbung und Trockenstellen umfasst. Bis zum Ende der Trächtigkeit bildet sich die Euteranlage durch verschiedene Differenzierungsvorgänge während der juvenilen Entwicklungsphase des Muttertieres zu einer funktionsfähigen Drüsenanlage heraus. NICKEL et al. (1996) und WENDT et al. (1986, 1994) beschreiben eingehend die anatomischen Grundlagen der Milchdrüse.

Die kontinuierliche Milchbildung erfolgt in den Alveolen und stellen die eigentliche Sekretionsstätte der Milch dar. Es handelt sich hierbei um feine Bläschen, deren Hohlraum (Lumen) innen durch Drüsenepithelzellen ausgekleidet sind und von außen mit kontraktile Korbzellen (Myoepithelzellen) umhüllt sind.

Voraussetzung für die Milchbildung sind physiologische Vorgänge die u. a. von KIRCHGESSNER (1965) und PIATKOWSKI et al. (1990) erläutert werden.

Vorherrschende Bestandteile der Milch sind Fett, (Lipide), Eiweiß (Proteine), Milchzucker (Laktose) sowie Mineralstoffe und Spurenelemente.

Der Fettgehalt der Rohmilch liegt bei ca. 4 %. Die Lipide der Milch liegen zu 96 - 99 % als Triglyceride vor. Das reine Milchfett besteht zu 60 % aus gesättigten und zu 40 % aus ungesättigten Fettsäuren (WENDT et al. 1994). Chemisch gesehen ist das Milchfett eine Veresterung des Glycerins mit Fettsäuren. Das Milchfett liegt in der Milch (im Drüsenepithel) als Fettkügelchen vor und ist von einer Membran (Fettkügelchenhülle) umgeben, die für die stabile Emulsion des Milchfettes im Milchserum sorgt. Diese Hülle hält die Fettkügelchen in der Schwebe um ein Aufrahmen der Milch zu verhindern. Der Durchmesser der Fettkügelchen beträgt zwischen 2,5 und 5 µm. Die Fetttropfchen werden an der basalen Membran der Alveolarzellen gebildet. Auf dem Weg durch das Zytoplasma zur apikalen Membran nehmen die Fetttropfchen an Größe zu (McPHERSON und KITCHEN 1983) was auf zwei unterschiedlichen Wegen erfolgen kann. Zum einen kann die Größenzunahme durch das Anhaften der Lipide an die Oberfläche des wandernden Fetttropfchens erfolgen und zum anderen lagern sich die einzelnen Fetttropfchen zu einem größeren Tropfen zusammen.

Das Milcheiweiß setzt sich aus strukturell und funktionell unterschiedlichen Proteinen zusammen, die zu ca. 90 % aus Casein, β -Lactoglobulin und alpha-Lactalbumin bestehen. Es handelt sich hierbei um milchspezifische Eiweißstoffe, deren essentielle Aminosäuren dem Blut entnommen bzw. als nicht essentielle Aminosäuren z. T. in Drüsenepithelzellen gebildet werden.

Der Milchzucker (Laktose) ist ein Syntheseprodukt der Milchdrüse und setzt sich aus der Verbindung Galaktose und Glukose zusammen. Durch die Laktose erhält die Milch ihren süßen Geschmack. Bakterienfermente können die Laktose zu Milchsäure abbauen und dabei saure Milch bilden. Laktose ist neben den Mineralstoffen der wichtigste osmotisch wirksame Bestandteil der Milch. Es wird in die Lumen der Alveolen abgegeben und zieht das Wasser nach und stellt damit das osmotische Gleichgewicht her. Milch enthält etwa 8 g Mineralstoffe je Liter. Zu ihnen zählen Calcium, Phosphor, Kalium, Chlorid und Natrium die anteilmäßig 1,2 g, 0,95 g, 1,5 g, 1,1 g und 0,50 g je Liter ausmachen. (WENDT et al. 1994, HUTH 1995)

Die Bildung der Milch erfolgt in den Alveolarzellen kontinuierlich. Jede Alveolarzelle ist in der Lage Milchbestandteile zu bilden. Die Vorstufe der Milchbestandteile, die in der Milchdrüse selbst gebildet werden, entstammen ebenso dem Blutstrom wie die Stoffe, die unverändert in die Milch übertreten. Dies setzt eine gute Blutzufuhr zu den

Alveolarzellen voraus. So müssen zur Produktion von einem Liter Milch im Mittel 540 Liter Blut die Milchdrüse durchströmen (KIELWEIN 1994). Wie der Übertritt der unveränderten Stoffe aus dem Blut in die Milch erfolgt, ist teilweise noch unbekannt. Größere Moleküle wie die Immunglobuline nehmen ihren Weg über die Alveolarzellen, während kleinere Moleküle durch einfache Diffusionsvorgänge übertreten können. Bei Stoffen wie den Ionen Na^+ und Cl^- , die in der Milch in niedriger Konzentration vorliegen, müssen aktive Konzentrations- bzw. Filtrationsmechanismen angenommen werden (KIELWEIN 1994).

2.1.2.2 Milchspeicherung

Die intramammäre Milchspeicherung erfolgt in den Hohlräumen der vier Euterviertel, die nicht miteinander in Verbindung stehen und funktionell in einen Alveolenteil und einen Zisternenteil untergliedert sind. Der Alveolenteil umfasst die Hohlräume der Alveolen und die kleinen Milchgänge an denen Kapillar- und Adhäsionskräfte wirken. Die Kräfte unterbinden ein freies, der Schwerkraft unterliegendes Abfließen der Milch in die mittleren und größeren Milchgänge (MIELKE 1994). Der Zisternenteil umfasst die Hohlräume der mittleren und größeren Milchgänge und den Bereich der Drüsen- und Zitzenzisterne. In den Hohlräumen der Zisterne befinden sich weniger als 20 % der im Euter gespeicherten Milch und ist unmittelbar für den Milchentzug verfügbar. Mehr als 80 % der Milch sind in den Alveolen und kleinen Milchgängen gespeichert, die erst durch Stimulation der Zitze (siehe Milchabgabe Absch. 2.1.2.3, Seite 8) für die Melkmaschine verfügbar wird (BRUCKMAIER 2007). Die Zisternenteile besitzen eine relativ große Dehnungskapazität, so dass sie zusammen mit den Teilen der Alveolen Milch von bis zu 14 Stunden Zwischenmelkzeiten ohne depressorischen Einfluss auf die Milchsekretion speichern können. Die Milchsekretion erfolgt kontinuierlich und damit auch die Abgabe ständig neugebildeter Milch aus den Drüsenepithelzellen in die Alveolen. Die intramammäre Milchspeicherung umfasst Vorgänge die in der Zeit zwischen zwei Melkphasen im Hohlraumssystem der Milchdrüse vonstatten gehen.

2.1.2.3 Milchabgabe

Die Milch wird aus jedem Viertel über eine zylinderförmige Zitze (Strich) durch den Strich- oder Zitzenkanal abgeführt. Die Korbzellen bewirken nach Auslösen eines

neurohormonell bedingten Reflexes (Milchejektionsreflex) durch Kontraktionen der Myoepithelzellen und Einwirkung von Oxytocin, ein Auspressen bzw. ein Einschließen der Alveolarmilch in die größeren Hohlräume und Milchgänge der Zisterne. Die Milchejektion ist ein explosionsartiger Vorgang, durch den die Alveolarmilch ermelkbar wird. Ausgelöst wird der Milchejektionsreflex durch die Reizung der Rezeptoren in der Zitzenwand was durch bestimmte Erregungsimpulse wie das Saugen des Kalbes, Massagen oder Melkstimuli hervorgerufen wird. Die Erregungsleitung erfolgt über afferente Nervenbahnen zum Rückenmark und über Rückenmark- und Hirnstammfasern zum Hypothalamus des Gehirns. Dieser Vorgang bewirkt eine Freisetzung des Hormons Oxytocin aus den Speichergebieten der Neurohypophyse ins Blut. Der Transport von Oxytocin vom Gehirn zum Euter erfolgt über die venösen und arteriellen Blutgefäße (WENDT et al. 1994, HUTH 1995). In den Untersuchungen von BRUCKMAIER (2007) ist die Reaktion der Milchdrüse gegenüber Oxytocin vom Füllstand des Euters abhängig. Je weniger Milch im Euter gespeichert ist, umso später setzt die Milchejektion ein.

2.2 Eutergesundheit

2.2.1 Kategorien der Eutergesundheit

Der Gesundheitszustand einer Rindermilchdrüse wird nach DVG (2002) in folgende Kategorien eingeteilt:

Normale Sekretion („gesund“)

Gesunde Euterviertel sind solche, die keine äußerlichen pathologischen Veränderungen zeigen und deren Milch keine euterpathogenen Mikroorganismen und einen normalen Zellgehalt aufweisen.

Latente Infektion („latent“)

Eine latente Infektion liegt vor, wenn sich die Zellzahl in der Norm bewegt, jedoch Mastitiserreger nachgewiesen werden. (Anmerkung: Zwischen latenter Infektion des Eutergewebes und einer auf den Zitzenkanal begrenzten Besiedlung oder Infektion kann aufgrund der herkömmlichen Probenahme von Viertelanfangsgemelkproben nicht unterschieden werden).

Unspezifische Mastitis („unspezifisch“)

Werden keine Mastitiserreger nachgewiesen und liegen subklinische Befunde oder klinische Symptome vor, so spricht man von einer unspezifischen Mastitis.

Mastitis („krank“)

Werden gleichzeitig Mastitiserreger und erhöhte Zellzahlen in Viertelanfangsgemelken festgestellt, handelt es sich um eine Mastitis. Euterentzündungen in Form von unspezifischer Mastitis oder Mastitis treten in unterschiedlichen Verlaufsformen und in Verbindung mit verschiedenartigen klinischen Symptomen auf.

- Subklinische Mastitis

Subklinische Mastitiden sind Entzündungen des Euters ohne äußerlich erkennbare Symptome: Der Zellgehalt in der Milch ist jedoch erhöht und in zwei von drei Untersuchungen können Mastitiserreger nachgewiesen werden.

- Klinische Mastitis

Eine geringgradige klinische Mastitis liegt beim Auftreten von Flocken in der Milch, insbesondere im Vorgemelk ohne zusätzliche klinische Symptome vor. Eine mittel- bis hochgradige klinische Mastitis besteht bei offensichtlichen Entzündungssymptomen des Euters vor. Sichtbar wird dies durch erhöhte Temperatur, Schmerzen und Schwellung des Euters. Die Milch ist makroskopisch verändert und die Tiere zeigen häufig Fieber.

- Chronische Mastitis

Eine chronische Mastitis ist charakterisiert durch ein nicht zur Ausheilung (spontan oder durch Behandlung) gekommenes langfristiges Erkrankungsgeschehen. Betroffene Euterviertel können zur Atrophie neigen oder zeitlebens anormale klinische oder subklinische Befunde aufweisen. Darüber hinaus zeigen die Begriffe subakut, akut und chronisch in Zusammenhang mit der Mastitis die zeitliche Dauer der Erkrankung auf.

In Anlehnung an die Definitionen des Internationalen Milchwirtschaftsverbandes (IDF 1967, 1971) wurden von dem Sachverständigenausschuss der DVG (1994) Kategorien der Eutergesundheit für die Beurteilung zytologisch-mikrobiologischer Befunde von Viertelanfangsgemelkproben festgelegt (DVG 2002). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Beurteilung. Die Kategorisierung der Zellzahl stellt immer noch für den

praktizierenden Tierarzt und den Milchproduzenten den entscheidenden Parameter zur Differenzierung zwischen „gesund“ und „kranken“ Eutervierteln dar. In den Untersuchungen von TOLLE (1970) konnte nachgewiesen werden, dass es bereits in einem Zellzahlbereich von 100.000 bis 200.000 Zellen ml⁻¹ zu Veränderungen der Milchezusammensetzung kommt.

Tab. 1: Beurteilung zytologisch-mikrobiologischer Befunde im Rahmen der Mastitis-Kategorisierung (DVG 1994 in Anlehnung an IDF 1967)

Zellgehalt pro ml Milch	Euterpathogene Mikroorganismen	
	nicht nachgewiesen	nachgewiesen
< 100.000	Normale Sekretion „gesund“	Latente Infektion „latent“
> 100.000	Unspezifische Sekretion „unspezifisch“	Mastitis „krank“

2.2.2 Biologischer Abwehrmechanismus der Milchdrüse

Das Euter ist über das Blut in den Lymphgefäßen in das Abwehrsystem des Körpers vorrangig durch unspezifische, aber auch durch spezifisch wirkende Abwehrfaktoren, einbezogen. In der Gesamtheit bilden sie ein lokales Abwehrsystem in der Milchdrüse, welches ein Eindringen von Erregern und Toxinen über den Zitzenkanal und das Hohlraumssystem des Euters verhindern kann und damit das Euter vor Infektionen schützt. Für die Gesunderhaltung des Euters kommt dem Abwehrsystem eine besondere Bedeutung zu (WENDT et al. 1986). Der biologische Abwehrmechanismus der Milchdrüse des Rindes lokalisiert sich im Wesentlichen in die Funktionsbereiche Zitzenbarriere, Abwehrposition in der Milch und der Blut-Milch-Schranke (WENDT et al. 1986, 1998). Im Zentrum der eigenen Untersuchungen steht die Blut-Milch-Schranke auf die im Folgenden Abschn. 2.2.2.1 eingegangen wird.

2.2.2.1 Blut-Milch-Schranke

Bau und Funktion der Blut-Milch-Schranke

Die Blut-Milch-Schranke wird durch die Zellbestandteile der Alveolarwand, bestehend aus der Membrana propia, den Myoepithelzellen und dem Drüsenepithel (Alveolarepithelzellen) dem umfassenden elastisch, fasrigen Bindegewebe und dem darin liegenden Blutkapillarnetz gebildet (MICHEL 1994). Innerhalb der Blut-Milch-Schranke differenzieren sich Kapillarwände, Bindegewebe und Alveolarepithel.

Die Membrana propia der Alveole besteht aus retikulären, kollagenen und elastischem Bindegewebe. Die Grundlage der Membrana propia bilden Basalmembranen, die Stärken zwischen 40 bis 65 μm aufweisen. In der Membrana propia liegen Kapillarnetze über die alle Nährstoffe, die für die Milchbildung notwendig sind, ausgetauscht werden. Die Myoepithelzellen oder Korbzellen bilden auf der Membrana propia ein korbartiges Netz und weisen hohe Konzentrationen an saurer und alkalischer Phosphatase auf. Die vollständige Größe der Myoepithelzellen wird erst nach dem Einsetzen der Laktation im Zusammenhang mit der Vergrößerung der gesamten Alveole erreicht. Im Drüsenepithel erfolgt die Bildung der Milchhaltsstoffe (ein kontinuierlich ablaufender Prozess) was mit einer Formveränderung der Zelle einhergeht. Die Zellen des Drüsenepithels bilden mit Schlussleisten und Desmosomen einen festen Zellverband, der eine Barrierefunktion gegenüber dem Durchtritt von Blutzellen einnimmt. Erst bei der Schädigung der Alveolarepithelzellen wird ein stärkerer Durchtritt möglich (MICHEL 1994).

Zum einen stellt die Blut-Milch-Schranke den Ort dar, in dem Syntheseprozesse für die Milchbildung ablaufen (Abb. 2) und zum anderen stellt sie eine biologische Barriere dar, in der sich alle Grundvorgänge des Entzündungsprozesses abspielen. Zu den Grundvorgängen zählen die Zellschädigung, die Exsudation, die Infiltration und die Proliferation. Die Blut-Milch-Schranke beeinflusst die Pathogenese der Mastitis, da sie sich Erregern und deren Toxinen aber auch Medikamenten entgegenstellt (SCHULZ 1986)

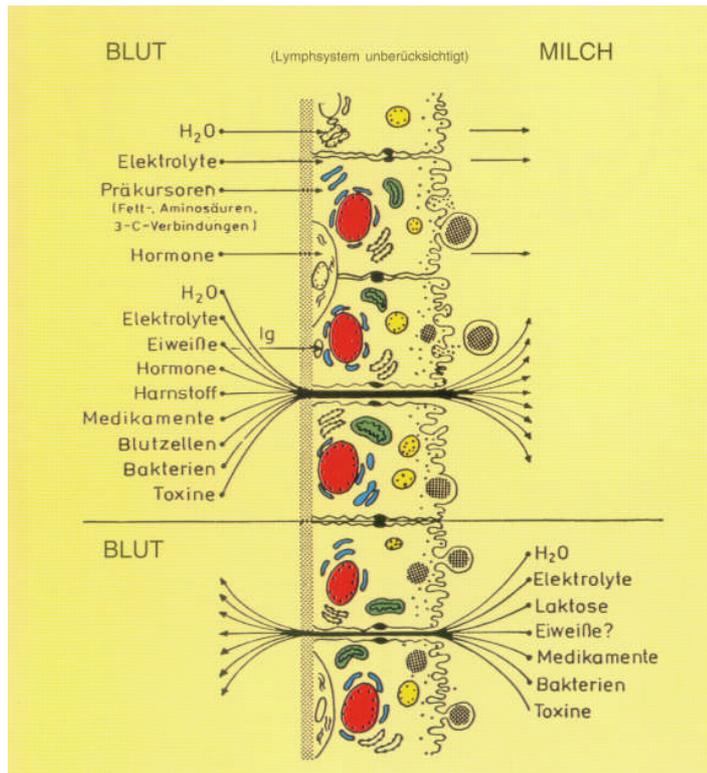


Abb. 2: Blut-Milch / Milch-Blut-Schranke im Alveolargebiet. Alveolen unmittelbar von Kapillaren umgeben (SCHULZ, 1994)

Die Integrität der Blut-Milch-Schranke ist bei gesunden Drüsenkomplexen während einer normalen Laktationsperiode gewährleistet und damit die physiologischen Prozesse in und zwischen den Zellen. Die Blut-Milch-Schranke stellt sich Erregern, Toxinen aber auch Medikamenten und reguliert den „Zu- und Abfluss“ von Stoffen, die die Zusammensetzung der Milch bestimmen. Im Euter erfolgt die Aufteilung der Milchinhaltsstoffe mit einer speziellen Indikatorfunktion. Die Indikatorfunktionen werden durch:

- die Integrität der Blut-Milch-Schranke (elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Natrium, Kalium, Chlorid, Laktat und Pyruvat),
- die Integrität des sekretorischen Epithels (Glykose, Galaktose, Citrat, Laktose, Fett und Protein),
- den Immunstatus des Euterviertels (Anzahl somatischer Zellen, NAGase) und
- dem Stoffwechsel des Tieres (Harnstoff, BHB) beschrieben.

Ionenbewegung von Na^+ , K^+ und Cl^- zwischen extra- und intrazellulärer Flüssigkeit

Die Milch ist ein polydisperses System. Dabei werden Inhaltsstoffe wie Milchfett, Milcheiweiß und die Laktose synthetisiert. Die Bildung der wässrigen Phase erfolgt über einen aktiven und passiven membrangebundenen Transportprozess. Die Kompartimente Blut-Zelle-Milch sind dabei zu beachten (MIELKE 1994). In Bezug auf das osmotische Verhalten der Milch weist der Milchinhaltsstoff Laktose und die Mineralstoffe Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Hydrogencarbonat die wichtigsten osmotischen Aktivitäten auf. LINZELL und PEAKER (1971a,b) untersuchten intensiv den Ionentransport in den Alveolarzellen und stellten 1983 ein Modell über die Ionen-, Laktose- und Wasserbewegungen zwischen extrazellulärer [ECF] und intrazellulärer Flüssigkeit [ICF] und der Milch auf. Eine Erkrankung der Milchdrüse verursacht ein Öffnen der tight junction (geschlossene Fusionsverbindungen) an der Blut-Milch-Schranke woraus dann leaky junctions (offene Fusionsverbindungen) werden. Diese leaky junctions bewirken einen verstärkten Austausch von Blut- und Milchinhaltsstoffen (Abb. 3) (STELWAGEN et al. 1997, NGUYEN und NEVILLE 1998).

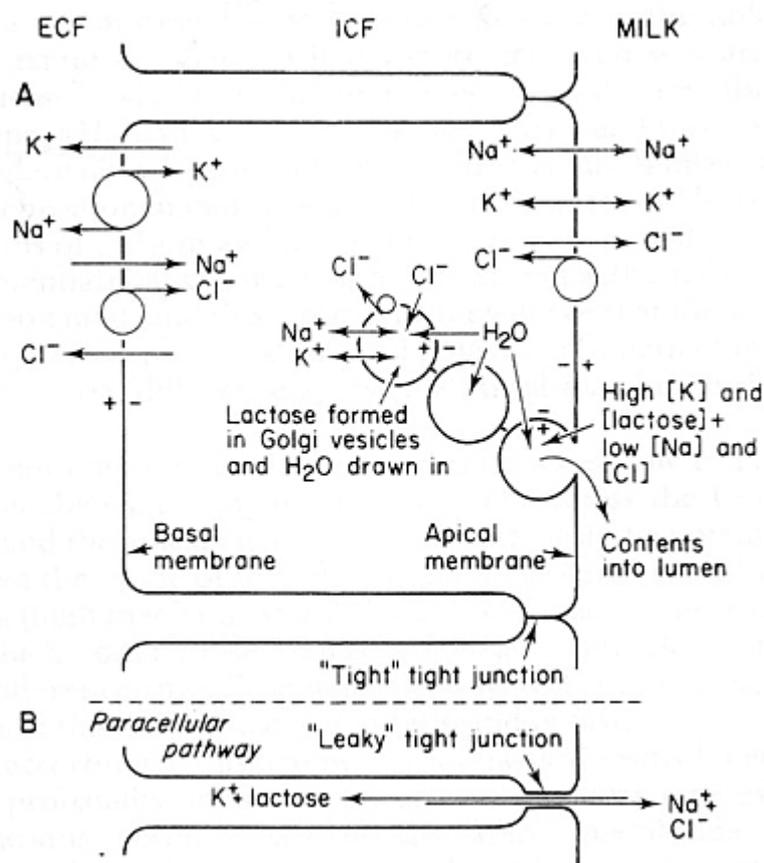


Abb. 3: Modell der Laktose- und Ionenbewegung zwischen extrazellulärer und intrazellulärer Flüssigkeit (LINZELL & PEAKER 1971 a,b)

Die von PEAKER (1971a, 1971b, 1983) beschriebenen transzellulären Mechanismen sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

Intrazelluläre Konzentrationsverhältnisse der Ionen Natrium und Kalium werden durch eine Natrium/Kalium-Pumpe an der baso-lateralen Membran reguliert. Dabei wird Natrium aktiv aus der Zelle in die extrazelluläre Flüssigkeit transportiert und das Kalium in die Zelle. Durch die Bewegung der Ionen (Natrium und Kalium) wird zwischen der extrazellulären, intrazellulären Flüssigkeit und der Milch eine Potentialdifferenz aufgebaut. Die Ionen werden durch diese Membran zwischen der intrazellulären Flüssigkeit und der Milch verteilt. Die Natrium/Kalium-Pumpe ist eng mit der einer Phosphatase verbunden und spielt eine wichtige Rolle beim Transport dieser beiden Ionen. POST et al. (1960) wies den gegenläufigen Transport von Natrium und Kalium mit der ATP-aseaktivität nach. Die Aktivität der ATP-ase wird überwiegend von Natrium in der intrazellulären Flüssigkeit und Kalium in der extrazellulären Flüssigkeit bestimmt. Wenn Natrium in der Zelle steigt, steigt die Aktivität der Ionenpumpe und es wird verstärkt Natrium aus den Zellen gepumpt (STREYER 1960).

Das Natrium/Kalium-Verhältnis der Milch bewegt sich im Verlauf der Laktation in einem Verhältnis von 1 : 3 (PEAKER 1977). Der Transportmechanismus für Chlorid ist noch nicht eindeutig geklärt. LINZELL und PEAKER (1971a,b) nehmen an, dass Chlorid aktiv durch die Membran von der Milch in die Zelle zurück transportiert wird und die Chloridkonzentration in der Milch niedrig gehalten wird.

2.2.3 Formen der Eutererkrankung

Eutererkrankungen sind vielgestaltig. Sie umfassen Verletzungen der Zitzen, der Drüsenkörper. Sie weisen Funktionsstörungen, Missbildungen oder Affektionen der Euterhaut auf. Pathologische Euterödeme, Erkrankungen des Lymph- oder Gangsystems sowie Entzündungen des Drüsenparenchyms oder der Zitze zählen dazu. Entzündungen des Drüsenparenchyms (Mastitis) nimmt unter den Eutergesundheitsstörungen eine besondere Rolle ein. Als Mastitis wird die Entzündung der Milchdrüse in der Gesamtheit ihrer milchbildenden, speichernden und ableitenden Abschnitte bezeichnet. Mastitis ist sowohl durch eine physikalische, chemische aber auch durch eine mikrobiologische Veränderung der Milchdrüse gekennzeichnet. Bei Mastitis handelt es sich um eine Faktorenerkrankung, die als Herdenproblem auftreten

kann und die nur durch eine gezielte, herdenspezifische Kombination von vorbeugenden und therapeutischen Maßnahmen erfolgreich behandelt werden kann (HAMANN und GEDEK 1992). Auf die unterschiedlichen Klassifizierungen der Eutergesundheit wurde bereits im Abschnitt 2.2.1 (S. 8) eingegangen.

Entstehung von Euterinfektionen

Euterinfektionen finden statt, wenn Mastitiserreger den Strichkanal passieren und sich in den milchproduzierenden Zellen anschließend massenhaft vermehren. Verstärkt wird dieser Prozess, wenn Abwehrkräfte der Kuh fehlen. Mit dem Vermehren der Zellen werden Gifte (Toxine) abgesondert, die eine immunologische Reaktion auslösen, in deren Folge die weißen Blutkörperchen (Leukozyten) aus dem Blut in die Milch abgesondert werden, um dort die eingedrungenen Mikroorganismen zu zerstören. Neben den Leukozyten wandern Blutserum oder Lymphe in das infizierte Viertel ein, um die Toxine zu verdünnen (PHILPOT und NICKERSON 2004). Dies stellt die Entzündungsreaktion dar. Besonders schädigend sind die sogenannten Bakterientoxine, die als Stoffwechselprodukte der Erreger entstehen oder aus deren Zellwänden frei werden, wenn sie absterben. Diese Gifte schädigen das Eutergewebe und führen zu der Entzündung mit den typischen Symptomen:

1. Rötung
2. Starke Erwärmung
3. Schwellung
4. Schmerzen
5. Funktionsstörung des Organs

Die Entzündungen werden differenziert betrachtet. Eine leichte Entzündung wird als Schutzmechanismus angesehen. Hingegen führt eine übermäßige Entzündungsreaktion zu einem Leistungsverlust und eventuell zu bleibenden Gewebeschäden. Die Art und Weise und der Grad des Entzündungsprozesses werden entscheidend von der Höhe der Infektion und dem Erreger mit seiner Pathogenität, Virulenz und seiner Einwirkzeit bestimmt.

Die Verbreitung der Mastitiserreger, die bis zum distalen Ende der Zitzenzisterne vorgedrungen sind, können durch die pulsierenden Aktionen der Melkmaschine

gefördert werden. Bei jeder Druckphase wird etwa 1/3 der sich in der Zitzenzisterne befindenden Milch in die Drüsenzisterne zurücktransportiert. Auf diese Weise können Erreger die großen Ausführungsgänge des Parenchyms erreichen. Andererseits können Keime mit dem Milchstrom durch die Drüsenöffnungen wieder nach außen gespült werden oder durch die Abwehrmechanismen der Drüse inaktiviert werden (GRAVERT 1983). Die Infektionsfrequenz unterscheidet sich im biologischen Rhythmus. Etwa 30 % der Neuinfektionen werden während der Laktationsruhe, meist innerhalb der ersten drei Wochen, beobachtet. Etwa die Hälfte dieser Infektionen verweilen (persistieren) bis zur nächsten Laktation und verursachen innerhalb der ersten 14 Tage nach der Geburt klinische Erscheinungen. Zu Beginn und am Ende der Laktation ist der Anteil erkrankter Euterviertel höher als in den übrigen Laktationsmonaten. Mit steigender Anzahl Laktationen verschlechtert sich die Eutergesundheit. Zudem kommen nicht ausgeheilte Erkrankungen und neue Sekretionsstörungen hinzu (GRAVERT 1983).

2.3 Merkmale zur Beurteilung der Eutergesundheit

2.3.1 Ionenkonzentration (Na^+ , K^+ , Cl^-) der Milch

Ernährungsphysiologisch sind die Ionen Na^+ , K^+ und Cl^- Mineralstoffe der Milch. Unter Mineralstoffe der Milch sind alle chemischen Elemente mit Ausnahme von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff zu verstehen, die für die Ernährung notwendig sind. Mineralstoffe kommen in der Milch als unlösliche Salze, als anorganische Ionen in Lösung oder als Bestandteil organischer Stoffe wie Proteine, Fette und Kohlenhydrate vor. Wesentlich sind in der Milch die Kationen Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium und die Anionen Phosphate, Chloride und auch Citrate. Während Kalium, Natrium und Chlorid nur in ionisierter löslicher Form vorkommen, finden sich die übrigen Mineralstoffe nahezu ausschließlich in nicht oder nur schwach ionisierten Salzen, die größtenteils an den Caseinkomplex gebunden sind (KIELWEIN 1994).

Natrium

Natrium (Na^+) ist neben Kalium (K^+) und Chlorid (Cl^-) für die osmotische und ionale Struktur der Körperflüssigkeiten (WIESNER 1970) sowie für die Aufrechterhaltung der Potentialdifferenz an Membranen, Nerven- und Muskelzellen (NAYLOR 1991) verantwortlich. Es trägt zur elektrischen Polarisierung der Nervenbahnen sowie Erregungsleitung in Muskelfasern bei (PIATKOWSKI et al. 1990, McDOWELL 1992)

und ist somit auch von Bedeutung für die Kontraktilität der Herz- und Skelettmuskulatur (NAYLOR 1991, McDOWELL 1992). Etwa 1/3 bis 1/2 des im Organismus enthaltenen Natriums befindet sich im Knochen (MICHELL 1985). Pro Liter Milch werden 1,5 g Na^+ sezerniert, wobei 2,5 g Na^+Cl^- ca. 1g Na^+ entsprechen (SCHNEIDER 1970). Der Mineralgehalt an Na^+ beträgt in der Kuhmilch 0,05 g/100g (SCHALM et al. 1971). Mit dem Futter aufgenommenes Na^+ wird fast vollständig resorbiert (UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Bei Aufnahme hoher Mengen an Na^+ werden diese meist toleriert, sofern eine uneingeschränkte Wasseraufnahme möglich ist. Ist eine uneingeschränkte Wasseraufnahme nicht gewährleistet, führt eine Überversorgung mit Na^+ zu einer erhöhten Wasserspeicherung im Körper mit einer intrazellulären Dehydratation und Hypertonie (UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Bei mangelhafter Versorgung mit Na^+ äußert sich der Mangel in unterschiedlicher Weise. Neben einem gesteigerten Appetit nach Salz (PIATKOWSKI et al. 1990) entsteht nach einigen Wochen unter anderem eine Appetitlosigkeit (UNDERWOOD und SUTTLE 1999) was mit einem Gewichtsverlust, reduzierter Milchleistung und vermindertem Milchfettgehalt verbunden ist.

Kalium

Die Stoffwechselfunktionen des K^+ stehen in enger Wechselwirkung mit Na^+ und Cl^- (WIESNER 1970). K^+ ist neben der Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes und der Beeinflussung des Muskeltonus auch an der Regulation des Säure-Base-Haushaltes beteiligt (KIRCHGESSNER 1987, WIESNER 1970, UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Über die Milch werden etwa 36 mmol/l sezerniert (UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Die K^+ -Konzentration der Milch beträgt 0,15 g/100 g (SCHALM et al. 1971). Bei Überversorgung mit K^+ während der Trockensteherphase besteht das Risiko der Gebärparese nach dem Abkalben und ein vermindertes Wachstum bei Junggrindern (JÜNGER und FÜRL 1998, UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Bei K^+ -Mangel werden in der Literatur einige Folgeerscheinungen beschrieben: verminderter Appetit, Muskelschwäche, intrazelluläre Azidose. Rückgang der Milchleistung, Absinken der Milch- K^+ -Konzentration, geringgradiger Anstieg der Na^+ -Konzentration in der Milch (UNDERWOOD und SUTTLE 1999).

Chlorid

Die Funktion von Cl^- entspricht weitgehend der Funktion von Na^+ : die Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes, Regulation des Säure-Base-Haushaltes, Kontrolle des Wasserhaushaltes (UNDERWOOD und SUTTLE 1999). Das Cl^- wird ebenfalls vollständig resorbiert und die Ausscheidung erfolgt zu 98 Prozent über den Harn (COPPOCK 1986). Die Cl^- -Konzentration beträgt in der Milch gesunder Kühe 0,11 g/100g (SCHALM et al. 1971). Die Ausscheidung von Cl^- erfolgt wie beim Na^+ über Haut und Milch. Eine Überversorgung mit Cl^- zeigt sich in den gleichen Folgeerscheinungen wie beim Na^+ . Ein Cl^- -Mangel kommt vermutlich natürlicherweise nicht vor, jedoch bei langanhaltenden hohen Temperaturen $> 40\text{ }^\circ\text{C}$ wird mehr Cl^- als Na^+ über den Schweiß ausgestoßen und damit eine Unterversorgung erzeugt (UNDERWOOD und SUTTLE 1999).

2.3.1.1 Einflussfaktoren auf die Ionenkonzentration der Milch

Einen Einfluss auf die Cl^- -Konzentration mit steigender *Laktationszahl* stellten HANUS et al. (1992) und JANOWSKI und ZDUNCZYK (1995) fest. Im Verlauf des *Laktationsstadiums* sinkt die K^+ -Konzentration und steigt die Na^+ -Konzentration in der Milch (BARRY und ROWLAND 1953, MIELKE und SCHULZ 1983).

HOLDAWAY et al. (1996) untersuchte den Mineralstoffgehalt während des *Melkprozesses* und stellte ein Ansteigen von Na^+ und ein Absinken von K^+ im Verlauf des Melkvorganges fest. Untersuchungen die sich mit *fraktioniert gewonnener Milch* befassen, ergaben für Kühe mit gesunden Eutervierteln keine nennenswerten Schwankungen der Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration (MIELKE 1965, SAKS et al. 1965). Zur Beurteilung der Eutergesundheit sind die aussagekräftigsten Werte für die Ionen Na^+ und Cl^- im Anfangsgemelk zu finden (WIEDEMANN 2005). Das die Ionen Na^+ , K^+ und Cl^- in der Milch individueller Kühe stärker schwankt als in der Tankmilch untersuchten KLINKON et al. (2003). *Hoch und Niedrigleistung* üben ebenfalls einen Einfluss auf die Mineralstoffe aus. Die Na^+ -Konzentration hochleistender Kühe ist niedriger als bei niedrigleistenden Kühen (VANSHOUBROECK 1959). Das *Laktationsstadium* übt ebenfalls einen Einfluss auf die Mineralstoffe aus. Konzentrationsangaben von GAUCHERON (2005) zeigen, dass die Na^+ -Konzentration mit $29,7\text{ mmol l}^{-1}$ zu Beginn hoch ist und auf $24,8\text{ mmol l}^{-1}$ in der Mitte der Laktation absinkt und auf $48,5\text{ mmol l}^{-1}$ zu Ende der Laktation ansteigt. Ein ähnlicher Verlauf

zeigt sich für das Cl^- mit Konzentrationen von $36,7 \text{ mmol l}^{-1}$ zu Beginn, $29,7 \text{ mmol l}^{-1}$ in der Mitte und $46,5 \text{ mmol l}^{-1}$ am Ende. Entgegengesetzt verhält sich K^+ mit Konzentrationen von $41,8 \text{ mmol l}^{-1}$ zu Beginn, $40,3 \text{ mmol l}^{-1}$ in der Mitte und $26,9 \text{ mmol l}^{-1}$ zum Ende der Laktation. *Einflüsse* wie *Fütterung*, *Rasse*, *Tier*, *Herde* und *Haltungsform* sind wesentliche Größen die einen Einfluss auf die Leitfähigkeit ausüben. Untersuchungen von Milchproben vor und nach dem Weideaustrieb ergaben, dass die Na^+ -Konzentration direkt nach dem Weideaustrieb sinkt und die K^+ -Konzentration zum Ende der Weideperiode am niedrigsten ist (VANSHOUBROECK 1958). ROOK und WOOD (1959) ermittelten konstante K^+ -Konzentrationen bei der Untersuchung der Milch einzelner Kühe, jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den Tieren. Den Einfluss von *Oxytocin* untersuchte MIELKE et al. (1968). Veränderungen der Milchezusammensetzung unter Oxytocineinfluss von Injektion 20 IE (Internationale Einheit) ist stärker ausgeprägt als bei Injektion von 6 IE. Die Veränderung bewirkt einen Anstieg von Cl^- und Na^+ und einen Abfall von K^+ und Laktose. In der Phase der Kolostralmilch und im Altmelkstadium ist Cl^- erhöht (WENDT et al. 1994).

2.3.1.2 Die Ionen der Milch (Na^+ , K^+ , Cl^-) als Merkmal der Eutergesundheit

Die Ionen Na^+ , K^+ und Cl^- der Milch werden als Merkmal der Eutergesundheit im Zusammenhang mit der elektrischen Leitfähigkeit betrachtet, da diese zu 60 % die elektrische Leitfähigkeit bestimmen (SCHULZ und SYDOW 1957, DVG 2002). Bei gesunden Eutervierteln bewegen sich die Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentrationen in den Gemelksfraktionen Zisterne und Alveole weitgehend unverändert im Normalbereich. Im Verlauf einer Eutererkrankung sinkt die Konzentration an K^+ in der Milch, während die Konzentrationen an Na^+ und Cl^- in der Zisternenmilch steigen. In der Alveolarmilch zeigt sich die Veränderung zu Beginn der Eutererkrankung noch nicht. Die Änderung ist abhängig vom Grad der Konzentrationsänderung durch Erhöhung (Na^+ und Cl^-) und Verringerung (K^+) der Ionen (MIELKE 1973). Diese Mechanismen führen zu einem Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit. ED-DEEB et al. (1987) ermittelten bei Mastitis und Ovarzysten eine erhöhte Cl^- -Konzentration in der Milch.

Der K^+ -Konzentration kommt hauptsächlich in Verbindung mit der Na^+ -Konzentration eine analytische Bedeutung zu. In Form des $\text{Na}^+ : \text{K}^+$ -Verhältnisses lassen sich die beim Na^+ dargestellten Indikationen noch besser erkennen. Das $\text{Na}^+ : \text{K}^+$ -Verhältnis liegt bei normaler Milchezusammensetzung bei 1:3,5 bis 1:4,2 und kann z. B. bei der Milch

mastitiskranker Kühe infolge der Erhöhung der Na^+ -Konzentration und der Verringerung der K^+ -Konzentration bis 1:1,3 sinken (KONRAD 1969). Als physiologischer Grenzwert für dieses Verhältnis wird 1: 3 angesehen.

Euteraffektionen führen im Gang- und Drüsenepithel zu einer erhöhten Cl^- -Konzentration in der Milch, was auf eine Störung der Sekretion und Permeabilität hinweist. Die Cl^- -Konzentration der Milch hat eine enge korrelative Beziehung zum Laktosegehalt und zur elektrischen Leitfähigkeit der Milch (FUCHS und SEFFNER 1994). Eine Festlegung eines Normwertes für die Cl^- -Konzentration bereitet Schwierigkeiten, da die Cl^- -Konzentration physiologischen Schwankungen unterliegt. Bei einer gesunden Milchdrüse weist die Milch eutergesunder Kühe in den Vierteln gleiche Cl^- -Konzentrationen auf. Jedes Euterviertel ist als sekretorische Einheit anzusehen und bereits geringgradige Abweichungen von $3/8 \text{ mmol l}^{-1} \text{ Cl}^-$ weist auf eine Gesundheitsstörung hin. Die Milch gesunder laktierender Milchdrüsen ist durch eine Cl^- -Konzentration bis 34 mmol l^{-1} (1205 mg l^{-1}) Na^+ -Konzentration bis 22 mmol l^{-1} (506 mg l^{-1}) und einer K^+ -Konzentration der nicht unter 36 mmol l^{-1} (1408 mg l^{-1}) liegen soll gekennzeichnet (FUCHS und SEFFNER 1994). Referenzangaben für die Ionenkonzentrationen und die Änderung der Ionen bei einer Eutererkrankung sind in den Tabellen 2 - 4 aufgeführt. Für eine Vergleichbarkeit sind die Angaben der Literatur in mg l^{-1} umgerechnet. Mit der Konzentrationsänderung der Ionen gesunder Kühe, subklinisch und klinischer Mastitiskühe beschäftigten sich CHARJAN et al. (2000) und sind von der Erfassung der Ionen als Eutergesundheitsindikator überzeugt. Mit der Änderung der Na^+ -Konzentration (Anstieg um $12,99 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) und K^+ -Konzentration (Abfall um $8,74 \text{ mg } 100 \text{ ml}^{-1}$) zeigen sich deutliche Abgrenzungen zwischen den Eutergesundheitsstufen auf.

Tab. 2: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der Na⁺-Konzentration bei Eutererkrankungen

Na ⁺ -Konzentration				Literatur
Referenzwerte	(mg l ⁻¹)	Änderung	(mg l ⁻¹)	
Vorgemelk				
52,93 ± 1,20 mg/dl	529,3 ± 12,0	91,97 ± 5,55 mg/dl	919,7 ± 55,5	BATAVANI et al. 2007
42 mg %	420	51 mg %	510	FERNANDO et al. 1985
35 mg/100 ml ⁻¹	350	126 mg/100 ml ⁻¹	1260	MIELKE 1973
Anfangsgemelk				
7,4 – 92,8 mmol/l	162 – 2135			WIEDEMANN 2005 GRABOWSKI 2000
12,3 ± 1,7 mmol l ⁻¹	283 ± 39			
17,7 ± 3,2 – 24 ± 9,2 mmol l ⁻¹	407 ± 73,6 – 534 ± 212	36 ± 10,4 – 67 ± 22 mmol l ⁻¹	824 ± 239 – 1543 ± 506	MIELKE und SCHULZ 1983
28 mg 100 ml ⁻¹	280	49 mg 100 ml ⁻¹	490	MIELKE 1973
37,3 mg %	373	48,9 mg %	489	TEUTE 1961
		62,4 mg %	624	
Endgemelk				
0,057 %	570	0,105 %	1050	HARMON 1994
53 mg %	530	76 mg %	760	FERNANDO et al. 1985
34 mg 100 ml ⁻¹	340	94 mg %	940	WEGNER und STULL 1978
19 mmol l ⁻¹	437	73 mg 100 ml ⁻¹	730	TALLAMY und RANDOLPH 1970
Gesamtgemelk				
17 – 28 mg kg ⁻¹	391 – 644	34,5 mg kg ⁻¹	793,5	GAUCHERON 2005
12 – 28 mmol l ⁻¹	276 – 644			KLINKON et al. 2003
10 – 25 mmol l ⁻¹	230 – 570			WIEDEMANN et al. 2003
55,9 mg 100ml ⁻¹	559	59,28 – 90,48 mg 100 ml ⁻¹	593 – 904 1065	CHARJAN et al. 2000
0,50 g/kg	500			SCHLIMME und BUCHHEIM 1999
350-900 mg kg	350 – 900			KIELWEIN 1994
30 mmol l ⁻¹	690			NICPON et al. 1991
43,6 mg 100g ⁻¹	436	60,3 mg/100g	603	FLYNN und POWER 1985
350-900 mg l ⁻¹	350 – 900			KITCHEN et al. 1980
24,9 mmol l ⁻¹	570			
Grenzwert				
< 22 mmol l ⁻¹	<506	> 22 mmol l ⁻¹ 30 mmol l ⁻¹	>506	WENDT et al. 1994 MIELKE und SCHULZ 1983

Tab.3: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der K⁺-Konzentration bei Eutererkrankungen

K ⁺ -Konzentration				Literatur
Referenzwerte	(mg l ⁻¹)	Änderung	(mg l ⁻¹)	
Vorgemelk				
167,74 ± 2,60 mg/dl	1677,4 ± 26	151,56 ± 2,44 mg/dl	1515,6 ± 24, 4	BATAVANI et al. 2007
148 mg %	1480	150 mg %	1500	FERNANDO et al. 1985
157 mg 100 ml ⁻¹	1570	147 mg % 100 mg 100 ml ⁻¹	1470 1000	MIELKE 1973
Anfangsgemelk				
38,3 – 44,2 mmol l ⁻¹	1490 – 1719			GRABOWSKI 2000
41 ± 3,6 –	1603 ± 141 – 1548 ± 188	34 ± 5,6 –	1321 ± 218 –	MIELKE und SCHULZ 1983
39 ± 4,8 mmol l ⁻¹		28 ± 6 mmol l ⁻¹	1079 ± 242	
158 mg 100ml ⁻¹	1580	141 mg 100ml ⁻¹	1410	MIELKE 1973
167 mg %	1670	151,7 mg % 140,4 mg %	1517 1404	TEUTE 1961
Endgemelk				
131 mg %	1310	126 mg % 121 mg %	1260 1210	FERNANDO et al. 1985
Gesamtgemelk				
31 – 43 mmol l ⁻¹	1212 – 1681	36,1 mmol l ⁻¹	1411	GAUCHERON 2005
32 - 46 mmol/l	1239 – 1787			KLINKON et al. 2003
180 mg 100ml ⁻¹	1800	173 – 158 mg 100ml ⁻¹	1730-1580	CHARJAN et al . 2000
1,50 g kg	1500			SCHLIMME und BUCHHEIM 1999,
44,1 mmol l ⁻¹	1724			TALLAMY und RANDOLPH 1970
1500 mg l ⁻¹	1500			KIELWEIN 1994
1100 – 1700mg l ⁻¹	1100 – 1700			
1,0 – 1,9 g l	1000 – 1900			PULS 1994
38 – 45 mmol l ⁻¹	1486 – 1759			FERNANDO et al. 1985
44,1 mmol l ⁻¹	1724			NICPON und HEJLASZ 1991
168 mg 100 ml ⁻¹	1680	139 mg 100ml ⁻¹	1390	WEGNER und STULL 1978
Grenzwert				
0,173 %	1730	0,157	1570	HARMON 1994
> 38 mmol l ⁻¹	1500	< 38 mmol l ⁻¹	< 1500	WENDT et al. 1986, 1994
		36 mmol l ⁻¹	1407	MIELKE und SCHULZ 1983

Tab. 4: Referenzwerte und Konzentrationsänderungen der Cl^- -Konzentration bei Eutererkrankungen

Cl^--Konzentration				Literatur
Referenzwerte	(mg l^{-1})	Änderung	(mg l^{-1})	
Vorgemelk				
<0,14 g/dl	< 1400	>0,14 g/dl	> 1400	BATAVANI et al. 2007
103 mg %	1030	105 mg %	1050	FERNANDO et al. 1985
100 mg 100ml ⁻¹	1000	122 mg %	1220	MIELKE 1973
		177 mg 100ml ⁻¹	1777	
Anfangsgemelk				
24,7 – 31 mmol l ⁻¹	876 – 1099	28 ± 4 mmol l ⁻¹	992 ± 142	GRABOWSKI 2000
27 ± 3,8 mmol l ⁻¹	982 ± 134			
0,091 %	910	0,147	1470	HARMON 1994
26 ± 5,8 – 30 ± 6,7 mmol l ⁻¹	911 ± 205 – 1077 ± 237	42 ± 7 – 49 ± 10 mmol l ⁻¹	1471 ± 245	MIELKE und SCHULZ 1983
			1717 ± 350	
Endgemelk				
112 mg %	1120	130 mg %	1300	FERNANDO et al. 1985
		160 mg %	1600	
Gesamtgemelk				
22 – 34 mmol l ⁻¹	772 – 1207	40,5 mmol l ⁻¹	1421	GAUCHERON 2005
20 – 70 mmol l ⁻¹	709 – 2482			WIEDEMANN et al. 2003
1,0 g l ⁻¹	1000			SCHLIMME und BUCHHEIM 1999
28 – 50 mmol l ⁻¹	992 – 1772			KLINKON et al. 2003
900-1100 mg l ⁻¹	900-1100			KIELWEIN 1994
950 mg l ⁻¹	950			
22,6 – 39 mmol l ⁻¹	801 – 1385			BASSALIK-CHABIELSKA 1989
1000 mg l ⁻¹	1000			GRAVERT 1983
0,8 – 1,4 g l ⁻¹	800 – 1400			RENNER 1982
1,03 g l ⁻¹	1030			
88 mg %	880	143 mg %	143	KISZA et al. 1964
113,5 mg %	1135	140,9 mg %	1409	TEUTE 1961
		167,5 mg %	1675	
Grenzwert				
< 34 mmol l ⁻¹	< 1205	> 34 mmol l ⁻¹	> 1205	WENDT et al. 1986, 1994, 1998
Vierteldifferenz				
> 3 mmol l ⁻¹				WENDT et al. 1998

2.3.2 Elektrische Leitfähigkeit der Milch

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für die Konzentration und Beweglichkeit der Elektrolyte, die in der Milch vor allem durch die Konzentrationen von Chlorid, Natrium und Kalium im dissoziiertem Zustand vorliegen. Der größte Teil der Leitfähigkeit wird durch dissoziierte anorganische Salze determiniert. So lassen sich ca. 60 % der Leitfähigkeit durch den Gehalt an Natrium- und Kaliumchlorid-Ionen erklären (SCHULZ und SYDOW 1957). Nach ROTTSCHIEDT (1994) wird die Leitfähigkeit maßgeblich durch die NaCl-Konzentration der Milch bestimmt und trägt entscheidend zum Aufrechterhalten des osmotischen Gleichgewichtes bei. ANDERSSON (1998) weist auf die Änderung der Ionenkonzentrationen von NaCl-Ionen hin. Je höher die NaCl-Ionenkonzentration in der Milch ist, desto höher ist die Leitfähigkeit und damit die Wahrscheinlichkeit einer Euterinfektion.

Die Konzentration und der Austausch der Elektrolyte wird durch die Blut-Euter-Schranke geregelt und relativ konstant gehalten (WENDT et al. 1998). Die elektrische Leitfähigkeit wird in der Maßeinheit Millisiemens pro Zentimeter (mS cm^{-1}) angegeben und bewegt sich bei gesunden Kühen in einem Wertebereich von 4,8 bis 6,2 mS cm^{-1} (25 °C) (DVG 2002). GRAUPNER (1996) gibt Werte für den Normalbereich zwischen 4 – 6 mS cm^{-1} (25 °C) an. Weitere Angaben sind in Tab. 5, Seite 28, einsehbar. Es ist der reziproke Wert des spezifischen Widerstandes (ZAHMT 1998). Für gesund laktierende Kühe wird ein Grenzwert von 5,9 mS cm^{-1} (20 °C) angegeben (FUCHS und SEFFNER 1994).

2.3.2.1 Einflussfaktoren auf die elektrische Leitfähigkeit der Milch

Die elektrische Leitfähigkeit wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Der Milchbestandteil *Fettgehalt* ist einer der Faktoren, die einen Einfluss auf die Höhe der Leitfähigkeit ausübt (HAMANN et al. 1995, GRAUPNER und BARTH 1996, BARTH und GRAUPNER 1994, NIELEN et al. 1992, WENDT et al. 1998). Durch zwei Mechanismen hemmt das Fett die Leitfähigkeit der Milch. Einerseits beruht sein Einfluss auf seinem Volumenanteil (Verdünnungseffekt), andererseits auf der Behinderung der Ionenwanderung (Reduktion des leitenden Querschnitts) (FERNANDO et al. 1981, PRENTICE 1962). WOOLFORD et al. (1998a) sahen daher die fettfreie Fraktion zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit als effizient an. Andere

Milchbestandteile haben vergleichsweise nur einen geringen Einfluss auf die Leitfähigkeit.

Neben den Milchbestandteilen üben Faktoren wie *Milchtemperatur*, *Tageseffekt*, *Fütterung*, *Laktationsnummer*, *Laktationsstadium*, *Zwischenmelkzeit*, *Milchabgabe* einen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit aus (WENDT et al. 1998, NIELEN et al. 1992, BATRA und McAllister 1984, MIELKE und SCHULZ 1983, OSHIMA 1978, LINZELL et al. 1974, PRENTICE 1972). Diese Faktoren üben einen Effekt auf den Fettgehalt und die Chloridkonzentration der Milch aus, die bei der Interpretation der Messwerte zu berücksichtigen sind (FERNANDO et al. 1981, BARTH und WORSTORFF 2000). Während der *Milchabgabe* variieren die Leitfähigkeitswerte GRAUPNER et al. (1989) und GEBRE-EGZIABHER et al. (1979) ermittelten einen Anstieg der Leitfähigkeit während des Melkvorganges. Einem Anstieg der Natriumkonzentration und einem Abfall der Kalium- und Laktosekonzentration ermittelte HOLDAWAY et al. (1996). Nach GYODI (1995) lassen sich zum Parameter Leitfähigkeit keine Aussagen über die Einflussnahme von Faktoren wie z. B. *Vakuümhöhe* oder *Weideastrieb* auf die Milchdrüse unter Einhaltung des milchzahlungspreisrelevanten Grenzwertes von 400.000 Zellen pro ml⁻¹ vornehmen. ISAKSSON et al. (1987) und LINZELL und PEAKER (1975) stellten eine Erhöhung der Leitfähigkeit bei *Stress* (Weideastrieb, schlechte Futterqualität) und *Brunst* fest. Auch WENDT et al. (1998) konnte eine Veränderung der Leitfähigkeit durch die Brunst feststellen.

Damit die Leitfähigkeit als Diagnosemerkmal genutzt werden kann, ist die Berücksichtigung der *Gemelksfraktion* von großer Wichtigkeit. In der Milch infizierter Euterviertel werden in den ersten und/oder in den letzten Milchstrahlen höhere Leitfähigkeitswerte festgestellt. Die ersten Milchstrahlen (Vorgemelk) geben für das Merkmal die höchste Aussagesicherheit bzw. Empfindlichkeit (GRAUPNER 1996, WOOLFORD et al. 1998, WORSTORFF et al. 2000, WESSELS 2001). HILLERTON und WALTON (1991) führten Untersuchungen in den Gemelksfraktionen Vor-, Haupt- und Nachgemelk durch und ermittelten die höchsten Einzelwerte im Vorgemelk. Das Niveau der elektrischen Leitfähigkeit des Nachgemelks lag über dem des Hauptgemelkes. In den Untersuchungen von GRAUPNER et al. (1989) WIEDEMANN et al. (2003) und ONTSOUKA et al. (2003) wurde das Auslösen des *Milchejektionsreflexes* hinsichtlich der Leitfähigkeit untersucht. Daraus geht hervor, dass die elektrische Leitfähigkeit vor der Milchejektion am höchsten ist und bei

gesunden Kühen während der Melkung kontinuierlich abnimmt. Das Auslösen des Milchejektionsreflexes führt zu einer Vermischung der Zisternen- und Alveolarmilch (GRAUPNER et al. 1989). Das Hauptgemelk ist demzufolge ein Gemisch aus 2 verschiedenen Gemelken (WOOLFORD et al. 1998, BARTH und GRAUPNER 1999, WORSTORFF et al. 2000).

2.3.2.2 Die elektrische Leitfähigkeit der Milch als Merkmal der Eutergesundheit

Die elektrische Leitfähigkeit als Merkmal der Eutergesundheit wird in der Literatur unterschiedlich dargestellt. Zum einen ist die elektrische Leitfähigkeit ein einfach, direkt am Tier und vor Ort bestimmbares Merkmal, das als Kriterium zur Beurteilung der Eutergesundheit geeignet ist und zunehmend an Bedeutung gewinnt (SCHLÜNSEN und BAUER 1992, MAATJE et al. 1992, MILNER et al. 1996, WORSTORFF et al. 2000). GRABOWSKI (2000) stuft die elektrische Leitfähigkeit mit der somatischen Zellzahl und N-acetyl- β -D-glucosamidase als wichtigste Merkmale zur Erkennung von Eutererkrankungen ein.

Im Abschnitt 2.3.2.1, Seite 24 wurde der Einfluss des Milchejektionsreflexes auf die elektrische Leitfähigkeit beschrieben. Die Vermischung der Zisternen- und Alveolarmilch im Hauptgemelk führt zu einer Verringerung der Aussagesicherheit des Merkmals Leitfähigkeit und ist nach WORSTORFF et al. (2000), BARTH und GRAUPNER (1999), WOOLFORD et al. (1998) und GRAUPNER et al. (1989) als Eutergesundheitsmerkmal inakzeptabel. Die Sensitivität der elektrischen Leitfähigkeit ist nach FERNANDO et al. (1982) im Nachgemelk höher als die im Vorgemelk.

Die höchste Aussagesicherheit wird bei der Messung im Vorgemelk, bevor der Milchejektionsreflex eingesetzt hat, erhalten (WESSELS 2001, promilk 1998, GRAUPNER et al. 1989, FERNANDO et al. 1981, FERNANDO et al. 1985, MAATJE et al. 1983, SPAHR et al. 1983). Nach SCHÖNE (1993) und SCHÖNE und GÖFT (1990) ist nur der Bereich vom höchsten Milchfluss bis Ende des Hauptgemelkes für die elektrische Leitfähigkeit geeignet, um Aussagen über die Eutergesundheit zu treffen. Erhöhte Werte der elektrischen Leitfähigkeit zeigen sich nach GRAUPNER et al. (1990), FERNANDO et al. (1985) im Nachgemelk und ermöglichen eine Erkennung gereizter Eutervierviertel. In den Untersuchungen von MILNER et al. (1996) konnten alle klinischen Mastitiden durch die zwei Haupterreger (Staph. Aureus, Strep. Uberis) erkannt werden. Alle subklinischen Infektionen mit dem Erreger Staph. Aureus

konnten erkannt werden, hingegen Infektionen mit dem Erreger *Strep. Uberis* nicht. Nach ANACKER und HUBRICH (2006) stellt die Leitfähigkeitsmessung in Viertelgemelksproben im frühen Laktationsstadium eine Möglichkeit dar, Veränderungen der Milchzusammensetzung einer subklinischen Mastitis zu erkennen. Mit Hilfe von bakteriologischen Viertelgemelksuntersuchungen in den ersten 5 Laktationstagen können gezielt euterkrankte Tiere erkannt und rechtzeitig behandelt werden. Der Zusammenhang zwischen Zellgehalt und elektrischer Leitfähigkeit sowie Na^+ - und Cl^- -Konzentration ist in den ersten Laktationstagen am größten und sinkt mit fortschreitender Laktation.

Demgegenüber stehen die Aussagen von HAMANN (1999b), (HAMANN & ZECCONI 1998) und KLOPPERT et al. (1999) die das Merkmal elektrische Leitfähigkeit in seiner diagnostischen Aussagesicherheit als gering einschätzen, da es erheblichen Variationen durch physiologische Vorgänge unterliegt. Die mastitisbedingte Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit in der Milch ist als relativ gering anzusehen, da physiologische Regelmechanismen im Sinne der Aufrechterhaltung des osmotischen Gleichgewichtes zu deutlichen Variationen der Natrium- und Chloridkonzentrationen führen können. Die Aussagefähigkeit der Leitfähigkeitsänderung als Merkmal zur Feststellung von Eutererkrankungen ist dadurch deutlich gemindert (GYODI 1995, KLOPPERT et al. 1999). Demnach stellt die elektrische Leitfähigkeit einen orientierenden Wert zur Beurteilung der Eutergesundheit dar. Das Merkmal Leitfähigkeit gibt als alleiniges Merkmal keine ausreichende Sicherheit, das an Mastitis erkrankte Euterviertel, zu identifizieren (GYODI 1995, HAMANN & ZECCONI 1998, KLOPPERT et al. 1999, HAMANN 1999, KRÖMKER et al. 2001).

Die elektrische Leitfähigkeit, als Ersatz zur visuellen Beurteilung der Eutergesundheit, stellt keine hinreichende Alternative dar (HAMANN 1999b). SHELDRAKE et al. (1983a) schätzen die Fehlerwahrscheinlichkeit für die Mastitiserkennung auf 22 bis 32 %. Im Vergleich liegt die Fehlerwahrscheinlichkeit der Zellzahl bei 8 bis 20 %. Die Interpretation des Merkmals bezüglich der Identifikation infizierter Euterviertel bleibt weiterhin offen (HAMANN und GYODI 1999).

Leichte Vorteile gegenüber absoluten Messungen sehen SHELDRAKE et al. (1983b) für die Leitfähigkeit im Viertelvergleich (Inter Quarter Ratio). Der Viertelvergleich beruht auf dem Prinzip der Differenzbildung zwischen den Eutervierteln (Vierteldifferenzmethode). Hierbei wird der niedrigste Wert der Euterviertel gemessen und von den übrigen drei anderen Vierteln subtrahiert. Überschreitet der ermittelte Wert

den Grenzwert von $0,5 \text{ mS cm}^{-1}$ (NIELEN et al. 1992, GRAUPNER und BARTH 1994, WENDT et al. 1998, BARTH und GRAUPNER 1999) in einem oder mehreren Eutervierteln, so sind diese als krankheitsverdächtig einzustufen. Voraussetzung hierbei ist, dass mindestens ein Euterviertel gesund sein muss.

Ein weiteres Hilfsmittel stellt die Division des Leitfähigkeitswertes durch den niedrigsten Euterviertelwert dar (WOOLFORD et al. 1998). Als uninfiziert gelten Euterviertel, die einen Koeffizienten kleiner 1,15 aufweisen (WOOLFORD et al. 1998). Bis zu 70 % aller subklinischen Mastitiden mit einer Spezifität von ca. 80 % können erfasst werden, doch für praktische Gegebenheiten ist die Aussagesicherheit unzureichend, so dass eine bakteriologische Untersuchung der Viertelgemelkproben unverzichtbar erscheint (KRÖMKER et al. 2001, DVG 2002). Zusammenfassend sind Referenzwerte und Werte bei Änderung der elektrischen Leitfähigkeit durch Eutererkrankungen aus der Literatur dargestellt (Tab. 5).

Tab. 5: Referenzwerte und Werte bei Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit durch Eutererkrankungen

Elektrische Leitfähigkeit (mS cm^{-1})		Literatur
Referenzwerte	Änderung	
Elektrische Leitfähigkeit absolut (mS cm^{-1})		
Vorgemelk (Zisternenmilch)		
4,5 – 5,9	5,9 (Grenzwert)	ANACKER und HUBRICH (2006)
$5,08 \pm 0,17$		HAMANN und GYODI 1999
< 5,5	5,5 – 6,5 (verdächtig)	GRENZWERTE In: KLOPPERT et al. 1999
	> 6,5 (subklinisch)	
4,83 – 9,01	4,88 – 9,86	ISAKSSON et al. 1987
5,9****	7,9****	MIELKE 1973
	8,1****	
Anfangsgemelk		
	5,6 (Grenzwert)	WIEDEMANN et al. 2005
4,8 – 6,2 *		HAMANN 1999a, DVG 2002
< 6,5 *		KRÖMKER et al. 2001
5,18 – 5,48		GRABOWSKI 2000
	5,8 (Grenzwert)	HAMANN 1996
4,8 – 5,3		SCHLÜNSEN und BAUER 1992

Fortsetzung Tab.5

Elektrische Leitfähigkeit (mS cm ⁻¹)		Literatur
Referenzwerte	Änderung	
5,2 – 5,3	5,5 (Grenzwert)	GRAUPNER et al. 1989
5,8		FERNANDO et al. 1985
5,3****	5,9****	CHAMINGS et al. 1984
		MIELKE 1973
Hauptgemelk		
4,46 – 7,27	4,83 – 7,03	ISAKSSON et al. 1987
Nachgemelk		
4,5 – 5,9 **	> 5,9 **	WENDT et al. 1998
4,0 – 6,5 *	6,5 (Grenzwert) *	GRAUPNER und BARTH 1996
	> 6,4 * (krank)	BRENTROP et al. 1994
4,0 – 6,0 ****	> 4 – 6 (verändert)	HAASMANN und SCHULZ 1994
< 5,5 *	5,5 – 6,4 * (verdächtig)	RÖHRMOSER et al. 1994
4,0 – 7,38	4,52 – 7,91	ISAKSSON et al. 1987
Viertelgesamtemelk		
4,83 – 5,23 *		GRABOWSKI 2000
Elektrische Leitfähigkeit Viertelvergleich (mS cm⁻¹)		
< 0,6	0,6 – 1,0 (verdächtig)	GRENZWERTE In: KLOPPERT et al. 1999
	> 1,0 (subklinisch)	
	0,5 (Grenzwert)	BARTH und GRAUPNER 1999, 1996
	0,9 (krank)	BRENTROP et al. 1994
	> 1,0 (krank)	HAASMANN und SCHULZ 1994
< 0,6	0,6 – 0,9 * (verdächtig)	RÖHRMOSER et al. 1994
	0,56 (Grenzwert)	OSHIMA 1985

* 25 °C ,

** 20 °C,

*** 20 bis 25 °C,

**** 30 °C

2.3.3 Somatische Zellzahl der Milch

Somatische Zellen sind vom Tierkörper stammende, eigene Zellen, die hauptsächlich aus weißen Blutkörperchen bestehen. Ausgeschlossen werden körperfremde Zellen, wie Bakterien, Hefen und andere Keime (THIEME und HAASMANN 1978). In der Milch gesunder Milchdrüsen kommen verschiedene Arten von somatischen Zellen vor, zu denen Makrophagen (60 %), Lymphozyten (25 %) und neutrophile Granulozyten (15 %) zählen (HOLMBERG und CONCHA 1985, ÖSTENSSON et al. 1988). Als minore Bestandteile sind zu 2 % abgeschliffene Epithelzellen und weiterhin Granulozyten, Monozyten und Plasmazellen zu finden (MIELKE und KOBLENZ 1980, HAMANN 1992a, PHILPOT und NICKERSON 2004).

Die Hauptaufgabe der somatischen Zellen liegt in der multifaktoriellen Infektionsabwehr der Milchdrüse, die zwei Aufgaben besitzt. Die erste Aufgabe ist es infizierte Keime in sich aufzunehmen (phagozytieren) und zu zerstören und die zweite Aufgabe besteht darin, das durch Infektion oder Verletzung geschädigte Gewebe im Verlauf des Regenerationprozesses zu unterstützen (PAAPE und WERGIN 1977, HAMANN 1992a, PHILPOT und NICKERSON 2004).

2.3.3.1 Einflussfaktoren auf die somatische Zellzahl

Neben umweltbedingten Einflussfaktoren wie *Jahreszeit*, *Fütterung*, *Melktechnik* und *Stress* üben tierindividuelle Faktoren einen Einfluss auf den Zellzahlgehalt der Milch aus. Zu den tierindividuellen Faktoren zählen *Laktationsnummer*, *Laktationsstadium*, *Rasse*, *Milchleistung*, *Melkvorgang*, *Melkfrequenz* und *Gemelkfraktion*.

Mit zunehmender *Laktationsnummer* steigt der Zellzahlgehalt der Milch (DOGGWEILER und HESS 1983). SCHULZ (1977) ermittelte einen Anstieg des Zellgehaltes der Milch um ca. 100.000 Zellen/ml je Laktation. Eine Vielzahl von Korrelationen sind zwischen der somatischen Zellzahl und verschiedenen Milchinhaltsstoffen bzw. Milchmengenleistungen festgestellt worden. Zwischen dem Parameter Zellzahl und der Laktationsnummer des Tieres bestehen keine direkten Korrelationen. Höhere Zellzahlwerte älterer Kühe sind vielmehr Ausdruck von Folgeschäden, die durch vorangegangene Mastitiserkrankungen entstanden sind (HAMANN 1996).

Mit zunehmendem *Laktationsstadium (Tage in Milch)* ist eine leichte Erhöhung der Zellzahl in der Frühlaktation und zum Trockenstellen physiologisch (DE HAAS, 2003, HOLDAWAY et al. 1996, DOGWEILER und HESS 1983, REICHMUTH 1975). In den Untersuchungen von McDONALD und ANDERSON (1981) erreicht die Zellzahl 10 Tage nach dem Trockenstellen ihr maximales Niveau, dass anschließend bis zum 25. Tag wieder abfiel. HURLEY (1989) ermittelte eine massive Einwanderung von Leukozyten im Trockenstehersekret. Der im Verlauf der Laktation wachsende Zellgehalt ist hauptsächlich auf die steigende Konzentration der normalen Anzahl somatischer Zellen in geringen Milchmengen zurückzuführen (PHILOT und NICKERSON 2004).

Während des Melkvorganges steigt die Zellzahl kontinuierlich bis zum Viertelnachgemelk an (HAMANN und GYODI 1999). Der Zellzahlgehalt ist bei Kühen mit hoher Leistung differenziert zu betrachten, da hauptsächlich die Konzentration der somatischen Zellen durch die größere Milchmenge verdünnt wird (MILLER et al. 1993). Den Einflussfaktor *Melkfrequenz* untersuchten HAMANN und GYODI (1999, 2000) auf den Zellzahlgehalt. Die Autoren ermittelten bei einer kürzeren Zwischenmelkzeit einen Zellzahlanstieg und erklären diesen Vorgang mit dem sich ändernden intraalveolären Druck bzw. dem der Integrität der „tight junction“. Die „tight junction“ sind unmittelbar nach dem Melken gelockert was den Einstrom der Zellen begünstigt (VAN DER IEST und HILLERTON 1989, HAMANN und GYODI 1999).

Ein weiterer Einflussfaktor ist die *Gemelksfraktion*. Hierbei ermittelten HOLDAWAY et al. (1996) die höchsten Zellzahlwerte im Residualgemelk (nach dem Melken in den Alveolaren verbleibende nicht ermelkbare Gemelk). ONTSOUKA et al. (2003) ermittelte die höchste Zellzahl in der Zisternen und Residualmilch.

2.3.3.2 Somatische Zellzahl der Milch als Merkmal der Eutergesundheit

Die Anzahl somatischer Zellen sind Zellen, die vom Körper des Tieres stammen. Zu ihnen zählen die Leukozyten, die sich aus den Makrophagen, Lymphozyten und den polymorphkernigen Granulozyten zusammensetzen. Die somatischen Zellen entstammen aus dem Blut und dem Eutergewebe und sind auch in der Milch gesunder Euter vorhanden (HARMON 2001) und ist ein aussagefähiges Merkmal für die Beurteilung des Gesundheitszustandes des Euters (KRÖMKER und HAMANN 2001).

Die Veränderung der Anzahl somatischer Zellen ist ein dynamisch biologischer Prozess, der in einem infizierten Euterviertel aufgrund des ständig anhaltenden Kampfes zwischen somatischen Zellen und Mastitiserregern stark schwankt (PHILPOT und NICKERSON 2004). Neben physiologischen Faktoren, wie Laktationsnummer oder Laktationsstadium, sind insbesondere infektiöse Ursachen für erhöhte Zellzahlbefunde verantwortlich (HAMANN und REICHMUTH 1990). Die Anzahl somatischer Zellen der Milch spiegelt den Abwehrmechanismus der Kuh gegenüber körperfremden Erregern wieder. Fast alle Erreger (mit Ausnahme des Pyogenes-Erregers) dringen durch den Strichkanal in die Zitzen und Euterviertel ein. Aus diesem Grund spielt die Zitzenöffnung eine Schlüsselrolle in der Mastitisbekämpfung. Die Zellzahl unterliegt einer genetischen Variation, lässt sich jedoch durch die Melktechnik beeinflussen. Als besonders kritisch werden die ersten 2 Stunden nach dem Melken angesehen, da in diesem Zeitraum die Zitzenöffnung geweitet ist und Keime eindringen können. Eine Verschmutzung des Euters sollte in diesem kritischen Zeitraum verhindert werden. Sind die Erreger in eine Zitze eingedrungen, werden sie bei einer gesunden Kuh zum nächsten Melkzeitpunkt wieder ausgeschwemmt. Dies gelingt nur wenn die Zahl der Erreger nicht zu hoch ist. Setzen sie sich am Zitzenkanal fest, wachsen Kolonien in die Zitze hinein. Dagegen wehrt sich eine gesunde Kuh mit einer Keratinschicht im Zitzenkanal (GRAVERT 1993). Bei einer massiven Invasion aktiviert die Kuh ihre Abwehrmechanismen im Euter, in dem die somatischen Zellen die Erreger abtöten und die somatische Zellzahl in der Milch steigt. Die Erhöhung der Anzahl somatischer Zellen als Abwehrantwort folgt keiner linearen, sondern einer exponentiellen Gesetzmäßigkeit (HAMANN 1992a). Dabei bestimmen die neutrophilen Granulozyten im Wesentlichen den Erkrankungsverlauf (DVG 1994). Die Anzahl somatischer Zellen nimmt erst wieder ihren ursprünglichen Stand ein, wenn alle Infektionen und geschädigten Drüsengewebe regeneriert sind und die Milchleistung dem ursprünglichen Leistungsstand entspricht.

Die Grenze zwischen „gesund“ und „krank“ kann nicht als feste statische Grenze festgelegt werden, da der Übergang von „gesund“ zu „krank“ als fließend beschrieben werden muss (HAMANN und REICHMUTH 1990).

Die Meinungen darüber, was ein „normaler“ innerhalb physiologischer Grenzen liegender somatischer Zellzahlbereich sei, gehen teilweise auseinander (Tab. 6).

Tab. 6: Anzahl somatischer Zellen in Milch gesunder Milchdrüsen

Anzahl somatischer Zellen (Anzahl ml ⁻¹)	Literatur
< 100.000	VEAUTHIER, 2008, DVG 2002, 1994, TOLLE et al. 1971
23.000 – 50.000	KLAAS 2002
9.000 – 30.000	GRABOWSKI 2000
80.000 – 125.000	HILLERTON 1999
18.0000 (+34;-12)	HAMANN et al. 1999
10.000 – 100.000	LOTTHAMMER 1998
≤ 250.000*	BRAMLEY 1992
20.000 – 300.000	MIELKE 1994
≤ 100.000*	JONES et al. 1984
100.000 – 175.000*	SHELDRAKE et al. 1983a
20.000 – 50.000	DOGGWEILER und HESS 1983
147.000*	ANDREWS et al. 1983
93.000 – 202.000*	BROOKS et al. 1982
170.000*	SCHULZ 1977

*Zellzahlbefunde aus klinisch gesunden Eutern mit bakteriologisch negativen Befunden

Die Anzahl somatischer Zellzahlen liegt in einem physiologischen Wertebereich zwischen

20.000 und 50.000 Zellen ml⁻¹ Milch (REICHMUTH 1975). Der zytologische Grenzwert liegt nach derzeitigem Erkenntnisstand bei einer Anzahl somatischer Zellen bis 100.000 Zellen ml⁻¹ Milch (DOGGWEILER und HESS 1983, HAMANN 1992, HAMANN und REICHMUTH 1990, HARMON 1994, HAMANN 2001, DVG 2002). Ab dem Überschreiten des Grenzwertes von 100.000 Zellen pro ml⁻¹ liegt in der Regel bereits eine Beeinträchtigung der chemischen Zusammensetzung der Milch vor, das ermittelte bereits TOLLE (1971) vor 38 Jahren. Ab diesem Grenzwert besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl somatischer Zellen im Vorgemelk und dem Infektionsstatus eines Viertels (GEDEK persönliche Mitteilung an LIEBE 1996). In Anlehnung an die Definition des Internationalen Milchwirtschaftsverbandes (IDF, 1967, 1971, DVG 1994) wurde vom Sachverständigenausschuss eine Kategorisierung der Eutergesundheit (DVG 2002) vorgenommen, die in Absch. 2.2.1, Tab. 1 (Seite 10) beschrieben ist.

2.3.4 PH-Wert der Milch

Chemisch betrachtet ist der pH-Wert definiert als der „negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration“ und stellt ein Konzentrationsmaß für die Hydroniumionen einer Lösung dar. Damit ist die Hydroniumionen-Konzentration einer wässrigen Lösung von der Konzentration des gelösten Stoffes abhängig. Der pH-Wert beschreibt das Verhältnis zwischen Säuren und Basen und charakterisiert damit den Stoff. Je niedriger der pH-Wert, desto saurer ist der Stoff. Die Einteilung des pH-Wertes erfolgt in sauer (0 – 6), neutral (7) und in basisch (8 – 14).

2.3.4.1 Einflussfaktoren auf den pH-Wert der Milch

Nach dem *Melkvorgang* kann in der Milch ein Abfall des pH-Wertes um 0,2 verzeichnet werden, was durch den entweichenden Kohlendioxidgehalt aus der Milch begründet wird (ZAHMT 1998). Hingegen steigt im Verlauf des Melkvorganges der pH-Wert der Milch an (HOLDAWAY et al. 1996). Der *Infektionsstatus* übt eine alkalisierende Wirkung auf die Milch aus. Der pH-Wert steigt bei Mastitis und bei Kontamination mit Bakterien (BAUER 1990). Den Einfluss von *Oxytocin* auf das Verhalten des pH-Wertes untersuchten MIELKE et al. (1968). Dabei injizierten sie portioniert Oxytocin und ermittelten, dass bei Injektionsgaben von 20 IE der Einfluss stärker ausgeprägt ist wie bei Injektion von 6 IE. Der pH-Wert steigt mit der Verabreichung von Oxytocin.

2.3.4.2 PH-Wert als Merkmal der Eutergesundheit

In frisch ermolkenener Kuhmilch liegt der pH-Wert in einem leicht sauren Bereich (6,6 – 6,8). Die Referenzabgaben des pH-Wertes der Rindermilch laktierender Kühe und die Änderung des pH-Wertes bei einer Eutererkrankung ist in der Literatur wie folgt aufgeführt:

Tab. 7: Referenzwerte und Änderung des pH-Wertes bei Eutererkrankungen

pH-Wert		Literatur
Referenzwerte	Änderung	
6,6 (< 100.000 ZZ ml ⁻¹)	6,8 (< 1000.000 ZZ ml ⁻¹) 6,9 (> 1000.000 ZZ ml ⁻¹)	SCHAEREN 2007
6,59 ± 0,02	6,69 ± 0,08	BATAVANI et al. 2007
6,53 – 6,98		GAUCHERON 2005
6,57		CHARJAN 2000
6,6 – 6,7		GRABOWSKI 2000
6,6 – 6,8		ZAHMT 1998
6,5 – 6,7		HAASMANN und SCHULZ 1994
6,7		MIELKE und SCHULZ 1983
6,4 – 6,8		SCHALM et al. 1981
6,6		
6,5 ^{ZM, AM}	6,9 ^{VG} 6,7 ^{ZM} , 6,5 ^{AM}	MIELKE 1973
6,62	6,86	TOLLE 1970
6,5 – 6,8		FARMANARA 1974
		KISZA und BATURA 1969
6,68	6,91	KISZA et al. 1964

ZM – Zisternenmilch, AM – Alveolarmilch,

Die Milch gesund laktierender Kühe zeigt sich innerhalb der aufgeführten Grenzen in einem stabilen Wertebereich. Dafür sorgen minore Bestandteile (Citrat) die als Puffer wirken (WIESNER 1987). Messungen in Milchproben infizierter und gesunder Euterviertel erbrachten einen um 0,011 bis 0,258 Einheiten höheren pH-Wert (ASHWORTH et al. 1967). Eine Erhöhung des pH-Wertes um 0,133 zeigt bereits eine Änderung auf (CHARJAN et al. 2000). Eine Erhöhung des pH-Wertes der Milch infizierter Euterviertel ermittelte ebenfalls BATAVANI et al. (2007), ANDERSON (1998) und SCHULTZE (1985). Die Untersuchungen von BATAVANI et al. (2007), MIELKE (1975) und SCHULZ et al. (1984) zeigen besonders im Vorgemelk eine deutliche Erhöhung des pH-Wertes.

Als euterkrank stufen BATAVANI et al. (2007) sowie JENNES und PATTON (1967) Kühe ein, wenn der pH-Wert der Milch 6,7 übersteigt. Bei TÖPEL (1976) und GAUCHERON (2005) liegt der Schwellenwert bei 6,8. Die Änderung des pH-Wertes bewegt sich in einem Bereich indem erhebliche Milchveränderungen vorliegen. Die

Empfindlichkeit des pH-Wertes reicht zur Feststellung subklinischer Mastitiden nicht aus (HASSMANN und SCHULZ 1994). Die mastitisbedingte Änderung des pH-Wertes ist nicht deutlich genug, um dieses Merkmal als diagnostisches Hilfsmittel bei Sekretionsstörungen zu verwenden (ASHWORTH et al. 1967, RENNER 1975). Hingegen sind BATAVANI et al. (2007) und CHARJAN et al. (2000) von der Einsetzbarkeit des pH-Wertes als diagnostisches Merkmal überzeugt. CHARJAN et al. (2000) zeigen Abgrenzungen zwischen den Eutergesundheitsstufen durch den pH-Wert mit 6,59 – 6,65 für subklinische und 7,71 für klinische Mastitis auf. BAUER (1990) empfiehlt die Nutzung des pH-Wertes als diagnostisches Hilfsmittel auf Basis der Viertelgemelke in Verbindung mit einer klinischen Untersuchung.

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Betriebe

Die Untersuchungen fanden in zwei brandenburgischen Landwirtschaftsbetrieben statt. In beiden Betrieben wurden Vorgemelkproben von Kühen der Rasse Deutsche Holstein der Farbrichtung schwarz-bunt untersucht.

3.1.1.1 Betrieb A

Betrieb A ist ein Landwirtschaftsbetrieb der AG „Hoher Fläming“ mit einem Tierbestand von 340 Kühen im Jahr 2003 und einer durchschnittlichen Jahresleistung 2003 von 9640 kg Milch je Kuh mit durchschnittlich 4,07 % Fett und 3,40 % Eiweiß (Landeskontrollverband (LKV), Jahresbericht 2003). Die Milchkühe werden in einem Mehrboxenlaufstall, der eine räumlichen Abtrennung des Fress-, Liege und Melkbereiches hat, gehalten. Der Liegebereich besteht aus Hochboxen mit Gummimatten. Das Futter der Herde setzte sich im Untersuchungsjahr 2003 aus einer ad libitum Mischration (Mais und Grassilage) und einer leistungsorientierten Kraftfuttergabe am Kraftfutterabrufautomaten zusammen. Das Wasser stand ebenfalls ad libitum zur Verfügung.

Das Melken erfolgte dreimal täglich in einem 2 x 12 Fischgrätenmelkstand mit automatischer Melkzeugabnahme der Fa. Westfalia.

3.1.1.2 Betrieb B

Betrieb B, die „Agrar GbR Frenzel & Schmidt“ in Wittbrietzen, verzeichnete im Jahr 2003 mit ca. 545 Kühen eine durchschnittliche Jahresleistung von 9826 kg Milch je Kuh mit durchschnittlich 3,92 % Fett und 3,51 % Eiweiß (LKV, Jahresbericht). Die Herde wurde in einem Fressliegeboxenlaufstall mit Hochboxen und außen liegenden Tiefstrebereich gehalten. Das Grundfutter bestand aus einer ad libitum zur Verfügung stehenden Mischration (Mais- Grassilage) und einer leistungsorientierten Kraftfuttergabe am Automaten. Das Wasser stand ebenfalls ad libitum zur Verfügung. Die Kühe wurden in einem 2 x 18 Fischgrätenmelkstand mit automatischer Melkzeugabnahme der Fa. Fullwood dreimal täglich gemolken.

3.1.2 Untersuchungsprogramm

Betrieb A: Bestimmung der Na^+ - und K^+ -Konzentrationen und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk je Euterviertel im Verlauf der Laktationsperiode 2003 (Februar – Dezember)

Untersucht wurden 8 Kühe, 4 der ersten und 4 der zweiten Laktation. Die Auswahl der Kühe aus der Herde erfolgte nach dem Zufallsprinzip mit den Prämissen, dass die Kalbungen weniger als drei Wochen zurücklagen, und dass 4 funktionsfähige Euterviertel vorhanden waren.

Die Untersuchungsdauer betrug eine Laktationsperiode, die 2 bis 3 Wochen post partum begann und mit dem Tag der Trockenstellung endete. Von den 8 Kühen wurden zweimal täglich zur Morgen- und Abendmelkzeit euterviertelgetrennte Vorgemelkproben gezogen. Im Vorgemelk der vier Euterviertel wurden die Parameter Na^+ - und K^+ -Konzentration sowie die elektrische Leitfähigkeit erfasst. Die Erkrankungen und tierärztlichen Behandlungen wurden für jedes Tier in einer Behandlungstabelle für die Laktationsperiode erfasst.

Betrieb B: Bestimmung der Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration sowie der elektrischen Leitfähigkeit, der Anzahl somatischer Zellen und des pH-Wertes im Vorgemelk von Kühen im Zeitraum von 4 Wochen an 18 ausgewählten Tagen (November)

Im Betrieb B wurden 28 Kühe unterschiedlicher Laktationen über einen Zeitraum von 18 Tagen in die Untersuchung einbezogen. Die Auswahl der Kühe basiert auf den Informationen der monatlich durchgeführten Milchleistungsprüfung des Landeskontrollverbandes Waldsiedersdorf e.V.. Aus der Herde wurden Tiere mit sehr niedriger Zellzahl (< 50.000 Zellen ml^{-1}) als auch sehr hoher Zellzahl (> 400.000 Zellen ml^{-1}) in der Milch ausgewählt. Von den 28 Kühen wurden einmal täglich zur Morgenmelkzeit euterviertelgetrennt Vorgemelkproben gezogen. Der Zeitraum der Untersuchung im Betrieb B lag zwischen dem 1. und dem 30. November 2004. Eine bakteriologische Untersuchung (BU) des Viertelanfangsgemelkes wurde für alle Tiere zu Beginn und am Ende der Untersuchung im durchgeführt. Zusammenfassend sind die Untersuchungen für beide Betriebe dargestellt (Tab. 8).

Tab. 8: Informationen und Untersuchungsmerkmale

Informationen	Betrieb	
	A	B
Tierauswahl	zufällig	nach Zellzahl
Anzahl untersuchter Tiere	8	28
Bakteriologische Untersuchungen	nein	ja
Untersuchte Gemelksfraktion	Vorgemelk	Vorgemelk
Untersuchte Merkmale		
Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹)	ja	ja
K ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹)	ja	ja
Cl ⁻ -Konzentration (mg l ⁻¹)	nein	ja
Elektrische Leitfähigkeit (mS cm ⁻¹)	ja	ja
pH-Wert	nein	ja
Somatische Zellzahl (Zellen ml ⁻¹)	nein	ja

3.1.3 Probengewinnung

Betrieb A: Zweimalige tägliche Probenahme zur Morgen- und Abendmelkzeit. Die Probenahme erfolgte durch das Melkpersonal.

Betrieb B: Einmalige tägliche Probenahme zur Abendmelkzeit. Die Probenahme erfolgte vom Melkpersonal und vom Leiter der Untersuchungen.

Milchproben

Die Gewinnung der Viertelvorgemelke in den Betrieben erfolgte manuell durch das Melkpersonal oder durch den Leiter der Untersuchungen. Von Interesse waren die ersten Milchstrahlen (Vorgemelk) vor Freisetzung des Milchabgabehormons Oxytocin. Zusätzlich wurde in Betrieb B zu Beginn und am Ende der Untersuchung das Viertelanfangsgemelk (VAG) je Euterviertel gewonnen, um eine Keimisolation je Euterviertel vorzunehmen. Dabei wurde nach den Vorschriften der DVG (2000) und DVG (2002) verfahren.

Das Vorgemelk (VG):

Manuelles Ermelken der ersten 5 bis 7 ml Milch je Euterviertel ohne vorherige Reinigung der Zitzen euterviertelgetrennt in Probenahmebecher des Landeskontrollverbandes.

Das Viertelanfangsgemelk (VAG):

Manuelles Ermelken einer Milchmenge von ca. 10 ml je Euterviertel nach Gewinnung des Vorgemelkes und Reinigung der Zitzen mit Euterlappen.

Das VAG zur Keimisolierung: erfolgte nach den Leitlinien der DVG (2000) zur Entnahme von Milchproben unter antiseptischen Bedingungen und zur Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern. Nach Gewinnung des VG erfolgte unter Nutzung von Einweghandschuhen die Reinigung der Zitze mit einem Einwegtuch mit anschließender Reinigung und Desinfektion der Zitzenkuppe und -öffnung mit einem separaten alkoholgetränkten (70 %) Zellstofftuch für etwa 15 sek pro Zitze. Anschließend erfolgte die Gewinnung des VAG in sterile Reagenzgläser.

Ausrichtung des Probennehmers:

Die Probenahme der Vor- und Anfangsgemelke erfolgte an den Eutervierteln nach einem festgelegten Ablauf. Hinter der Kuh stehend mit gleicher Blickrichtung:

- 1 = Euterviertel vorn links (vl)
- 2 = Euterviertel hinten links (hl)
- 3 = Euterviertel hinten rechts (hr)
- 4 = Euterviertel vorn rechts (vr)

Nach der Probenahme erfolgte ein sofortiges Einfrieren der Proben bei einer Temperatur von -18°C , um eine vergleichbare Ausgangsbasis für alle Kühe zu erzeugen. Auf den Einsatz von Konservierungsmitteln musste verzichtet werden, da diese Natrium enthalten und die Gesamtnatriumkonzentration der Milch ändern und damit die Untersuchungsergebnisse verfälschen. Die Zeit der Lagerung im gefrorenem Zustand bis zur Bestimmung der zu untersuchenden Merkmale betrug maximal 72 Stunden in beiden Betrieben. Die eingefrorenen Milchproben wurden vor der Analyse bei einer Temperatur von 40°C im Wasserbad aufgetaut und durchmischt.

Die Analyse der zu untersuchenden Merkmale im VG erfolgte im Labor des Leibniz-Institutes für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB).

Die Keimisolierung im VAG wurde vom Landeslabor Brandenburg Potsdam unmittelbar nach der Probenahme vorgenommen.

3.2 Methoden

3.2.1 Analytik

Die angewandten Analysemethoden und Analysegeräte sind für die untersuchten Merkmale in Tab. 9 dargestellt.

Tab. 9: Angewandte Analysemethoden und Analysegeräte

Analysemethode	Analysegerät	Untersuchte Merkmale
Atomspektrometrie	Atomabsorptionsepektometer (AAS) vario 6, Jena Analytik	Na ⁺ - und K ⁺ Konzentration
Konduktometrie	Konduktometer WTW 323, Germany	Elektrische Leitfähigkeit
Elektrochemische Messung	pH-Messgerät inoLab Level 1 [®] (WTW)	pH-Wert
Fluoreszensoptisches Verfahren	Fossomatik [®] , Fa. Foss-Electric, Dänemark	Somatische Zellzahl
Ionenselektive Messung	Chlorid-Einstab-Messkette Cl 800	Cl ⁻ -Konzentration

Atomspektrometrie

Die Bestimmung der Na⁺- und K⁺-Konzentration erfolgte mit dem AAS vario 6. Als Applikationsvorschrift (siehe Anhang A1) diente der IDF-Standard (International Dairy Federation) 119A : 1987 (IDF SQUARE VERGOTE 41 1987). Vor Beginn der Messung wurde das Gerät durch eine in der IDF-Vorschrift unter Punkt 7.1 vorgegebene und angesetzte Referenzreihe eingestellt. Die Referenzlösungen 3 und 5 dienten anschließend als Kontrolllösung, die vor und nach jeder Messreihe mitgemessen wurden. Für die Bestimmung der Na⁺- und K⁺-Konzentration wurden 0,2 ml Probe

direkt in die Probenbecher des AAS-Samplers gegeben und auf 15 ml mit Reinstwasser (doppelt deionisiert) aufgefüllt. Die Verdünnung entsprach einem Verhältnis von 1 : 77. Die Ermittlung der Na⁺- und K⁺-Konzentration der einzelnen Proben erfolgte durch Mittelwertbildung von 3 Messungen. Bei Überschreitung der RSD % (Residuale Standarddifferenz) von mehr als 2 % wurde eine Wiederholung der Messung vorgenommen. Die Angabe der Konzentration erfolgte in Milligramm pro Liter (mg l⁻¹).

Konduktometrie

Zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit (LF) wurde im Labor das Konduktometer LF WTW 323 Weilheim genutzt. Die Bestimmung der Leitfähigkeit erfolgte bei einer Temperaturkompensation von 25°C und die Angabe der Messwerte in Millisiemens pro Zentimeter (mS cm⁻¹). Vor jeder Messreihe wurde die Elektrode mit einer standardisierten Pufferlösung (HI 70039, 5000 µS cm⁻¹, Fa HANNA Instruments™) unter Berücksichtigung der Temperatur zum Zeitpunkt der Messung kalibriert. Die Messgenauigkeit des Gerätes gibt der Hersteller mit einer Genauigkeit von 0,5 % vom Messwert für die elektrische Leitfähigkeit und mit ± 1 Digit (0,1 K) Abweichungen für die Temperaturbestimmung an.

Elektrochemische Messung

Der pH-Wert wurde im Labor mit dem pH-Messgerät inoLab Level 1[®] und der pH-Elektrode Sensitex 41[®] der Fa. WTW bestimmt. Vor jeder Messung wurde eine Kalibrierung des Gerätes mit Hilfe der standardisierten Pufferlösung (Standard Pufferlösung pH 4.006 ± 0,02 (25°C) und 6,865 ± 0,02 (25°C), Fa. WTW™) vorgenommen. Die Temperatur zum Zeitpunkt der Messung ging als Kompensation ein.

Fluoreszenzoptisches Verfahren

Der somatische Zellgehalt der Milch wurde im Labor mit Hilfe des Fossomatic 2540/360[®], Typ 25800/15700, Fa. Foss Electric™ Dänemark bestimmt. Die Angabe der somatischen Zellen erfolgte in der Einheit Anzahl Zellen je Milliliter (Zellen ml⁻¹). Die Ermittlung der somatischen Zellen der einzelnen Proben wurde durch Mittelwertbildung aus 3 Wiederholungsmessungen bestimmt.

Ionenselektive Elektrode

Die Cl^- -Konzentration der Milch wurde mit dem Gerät pH-ION340i, Fa. WTWTM und einer ionenselektiven Einstabmesskette Cl^- 500, Fa WTWTM, Weilheim bestimmt. Die Angabe der Cl^- -Konzentration der Milch erfolgte in Milligramm pro Liter (mg l^{-1}). Der Messbereich der Elektrode bewegt sich zwischen 2 und 35.000 mg l^{-1} mit einer Reproduzierbarkeit von ± 2 %. Um die Cl^- -Konzentration in der Milchprobe messen zu können, musste eine entsprechende Menge an Konditionslösung zur Probe hinzugefügt werden (Bsp.: 10 ml Probe = 0,2 ml Konditionslösung, 15 ml = 0,3 ml, 20 = 0,4 ml). Für die Messung mit der Chloridelektrode wurde eine Kalibrierung der Elektrode mit nachstehenden Standardlösungen vorgenommen:

- Standard 1 = 6 ml Cl^- -Konzentration der Standardlösung 10 $\text{g l}^{-1} \text{Cl}^-$ auf 100 ml Reinstwasser auffüllen und 2 ml Konditionslösung hinzufügen
- Standard 2 = 30 ml Cl^- -Konzentration der Standardlösung 10 $\text{g l}^{-1} \text{Cl}^-$ auf 100 ml Reinstwasser auffüllen und 2 ml Konditionslösung hinzufügen

3.2.2 Zytobakteriologische Untersuchung

Für die zytobakteriologische Untersuchung wurde das unter sterilen Bedingungen gewonnene VAG einerseits zur Keimisolierung und -identifizierung des Mastitiserregers und zum anderen zur Bestimmung der Anzahl somatischer Zellen genutzt.

Keimisolierung und -identifizierung von Mastitiserregern

Zur bakteriologischen Diagnostik der Mastitiserreger wurden die unter Punkt 3.1.3, Seite 40, gewonnenen VAG in das Landeslabor Brandenburg eingeschickt. Für die Keimisolierung der Milchproben nutzte das Landeslabor Agarplatten (Nutrient-Agar (CM3 Oxid der Fa. Oxid) mit Äsulin (1 %) und Rinderblut (5 %)). Für die Ausbringung der Milchprobe (VAG) auf dem Agar wurde die Milchprobe auf eine Temperatur von 37°C erwärmt und mit einer sterilen Pipette auf das Agar aufgebracht. Nach einer

Bebrütungszeit von mindestens 36 Stunden erfolgte eine Zuordnung der Bakterienkulturen in Kuh- bzw. umweltassoziierte Erregergruppen.

Anzahl somatischer Zellen

Die Anzahl somatischer Zellen wurde nach dem fluoreszenzoptischen Verfahren der Fossomatik™, Fa. Foss Electric™, Dänemark bestimmt (SCHMIDT und MADSEN 1975). Die Bestimmung der Zellzahl im VG wurde am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB) vorgenommen und die Bestimmung der Zellzahl im VAG übernahm das Landeslabor Brandenburg.

3.2.3 Statistische Auswertungsmethoden

Das Datenmaterial wurde mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes MS-EXCEL (MS Office) gespeichert. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SAS Version 9.1 (Statistical Analyse System Release 9.1, SAS Institute). Die **Beschreibung des Datenmaterials** erfolgte durch Säulendiagramme, Box-Whisker-Plots (SAS-Prozedur Boxplot) und einfache statistische Maßzahlen. Ein **Box-Whisker-Plot** (Abb. 4) ist eine grafische Beschreibung des Datenmaterials. Unterhalb bzw. oberhalb des Medians liegen 50 % aller Messwerte. Innerhalb der Box (Interquartilabstand) liegen ebenfalls 50 % aller Messwerte. Zwischen Minimum (Min) und 25 % Quartil liegen 25 % der Messwerte und zwischen 75 % Quartil und Maximum (Max) ebenfalls 25 %. Liegt der Median in der Mitte der Box und ist die Länge der beiden Whisker gleich, ist die Verteilung der Messwerte symmetrisch. Andernfalls muss man von schiefer Verteilung ausgehen. Als Ausreißer bezeichnet man Messwerte die außerhalb des 1,5-fachen Interquartilabstandes (IQR) liegen. Extreme Ausreißer liegen außerhalb des 3-fachen IQR.

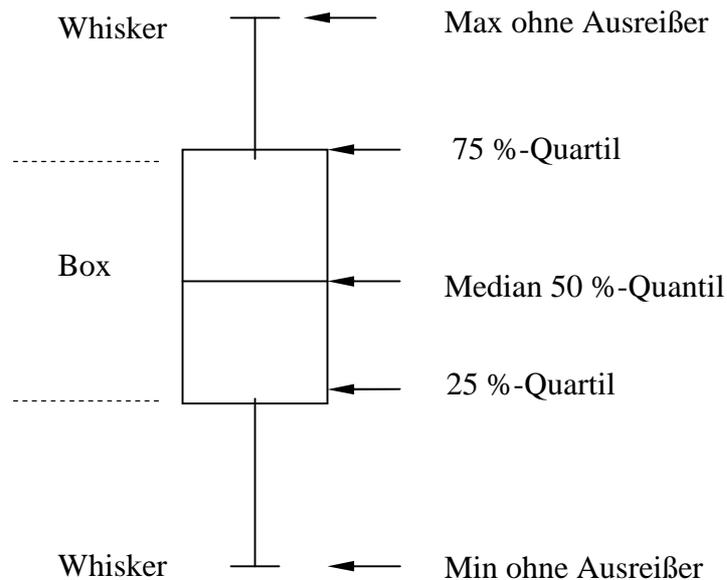


Abb. 4: Box-Whisker-Plot

Die Darstellung der Merkmale ließ auf unsymmetrische, d. h. nicht normal verteilte Werte schließen. Viele Werte lagen außerhalb des 1,5-fachen und viele extreme Ausreißer außerhalb des 3-fachen IQR. Die statistische Auswertung der Daten ist auf Grundlage nicht normal verteilter Daten vorgenommen worden. Aufgrund der Nichtnormalverteilung der Daten kann eine üblich angewandte statistischen Auswertung nicht eingehalten werden. Damit sind der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung kein sinnvollen Kriterien die das Durchschnittsniveau beschreiben. Der Median und die Spannweiten Minimum und Maximum wurden zur Beschreibung des Datenmaterials genutzt.

In den graphischen Darstellungen (Säulendiagramme) wird deshalb der Median als Maßzahl für das mittlere Niveau der Merkmale verwendet. Statistische Vergleiche des mittleren Niveaus erfolgten aufgrund der Nichtnormalverteilung der Merkmale mit dem einseitigen Median-Test (SAS PROC NPAR1WAY). Das Signifikanzniveau wird mit 5 % ($p \leq 0,05$) vorgegeben.

In den Betrieben A und B erfolgte die Berechnung der **statistischen Maßzahlen**: arithmetischer Mittelwert (\bar{x}), Standardabweichung (s), Median, Minimum (x_{\min}) und Maximum (x_{\max}) für alle erfassten Merkmale. Der arithmetischer Mittelwerte wurde geschätzt, um einen Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Mittelwerte vornehmen zu können.

In Betrieb B erfolgte eine einfache statistische Datenanalyse der untersuchten Merkmale für die vier diagnostischen Bewertungskategorien der Eutergesundheit (DVG 2002) Tab. 1, Seite 10 und die vier Gruppe der Zellzahl (ZZ-Gruppe) Tab. 10.

Tab. 10: Gruppen der Zellzahlen

ZZ-Gruppen	Anzahl Zellen je ml ⁻¹
ZZ-Gr. 1	0 – 100.000
ZZ-Gr. 2	> 100.000 – 200.000
ZZ-Gr. 3	> 200.000 – 400.000
ZZ-Gr. 4	> 400.000

Die **Häufigkeitsanalyse** wurde für das Merkmal Na⁺-Konzentration je Kuh (Betrieb A, B) und je Kuh und Laktationsmonat (Betrieb A) mit einer Klassenbreite von 200 mg l⁻¹ vorgenommen.

Zur Beurteilung der Eutergesundheit wurden Differenzen zwischen den Eutervierteln für das Merkmal Na⁺-Konzentration im Vorgemelk je Kuh und Tag gebildet und die jeweiligen maximalen Differenzen als **neues Merkmal** eingeführt. Für die Eutervierteldifferenz der Na⁺-Konzentration werden zwischen den Eutervierteln Differenzen gebildet und je Kuh, Monat und Tag die absolute maximale Differenz bestimmt. Die absolute maximale Differenz wird als neues Merkmal zur Beurteilung der Eutergesundheit eingeführt.

Abhängigkeiten zwischen den erfassten Merkmalen wurden mit Hilfe der **Regressionsanalyse** geschätzt.

Betrieb A

$$LF = f(Na^+) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 \quad (1)$$

$$LF = f(Na^+, K^+) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (2)$$

\hat{y} = elektrische Leitfähigkeit

x_1 = Na⁺-Konzentration

x_2 = K⁺-Konzentration

Betrieb B

$$LF = f(\text{Na}^+) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 \quad (1)$$

$$LF = f(\text{Na}^+, \text{Cl}^-) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (3)$$

$$LF = f(\text{Na}^+, \text{Cl}^-, \text{K}^+) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (4)$$

\hat{y} = elektrische Leitfähigkeit

x_1 = Na^+ -Konzentration

x_2 = Cl^- -Konzentration

x_3 = K^+ -Konzentration

Betrieb A und B

$$\text{Na}^+ = f(LF) \quad \hat{y} = a + b_1 x_1 \quad (5)$$

\hat{y} = Na^+ -Konzentration

x_1 = elektrische Leitfähigkeit

Die Regressionskonstante a ist der mittlere Anfangswert der geschätzten Funktion. Der Schätzwert a ist nicht interpretierbar, da keine Messwerte der Einflussgrößen mit dem Wert Null vorliegen. Die Regressionskoeffizienten b_i geben an, um wie viel die Zielgröße im Durchschnitt zunimmt, wenn die Einflussgröße x_i , um eine Einheit steigt.

Das Bestimmtheitsmaß B beschreibt die erklärable Variabilität (%) der abhängigen Variablen durch die geschätzte Funktion.

Die geschätzten Konfidenzintervalle für die Regressionskoeffizienten (b_i) überdecken mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % den wahren Regressionskoeffizienten β_i . Regressionskoeffizienten unterscheiden sich signifikant, wenn sich ihre Konfidenzintervalle nicht überschneiden. Diese Betrachtungsweise entspricht einem multiplen t-Test mit $\alpha = 5\%$. Bei Betrachtung von nur zwei Regressionskoeffizienten, unterscheiden sich die Regressionskoeffizienten, wenn jeweils ein Regressionskoeffizient außerhalb des Konfidenzintervalls des anderen Koeffizienten liegt. Ein geschätzter Regressionskoeffizient ist nicht signifikant, d.h. er unterscheidet sich nicht von Null, wenn sein Konfidenzintervall den Wert Null einschließt.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Betrieb A

4.1.1 Einfache statistische Datenanalyse der Merkmale Na^+ -, K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk

Für die Merkmale Na^+ -, K^+ -Konzentration und elektrische Leitfähigkeit sind nachfolgend die statistischen Ergebnisse in Box-Whisker-Plots dargestellt. Die Na^+ -Konzentration ist am Beispiel von 4 ausgewählten Kühen dargestellt (Abb. 5 – 8).

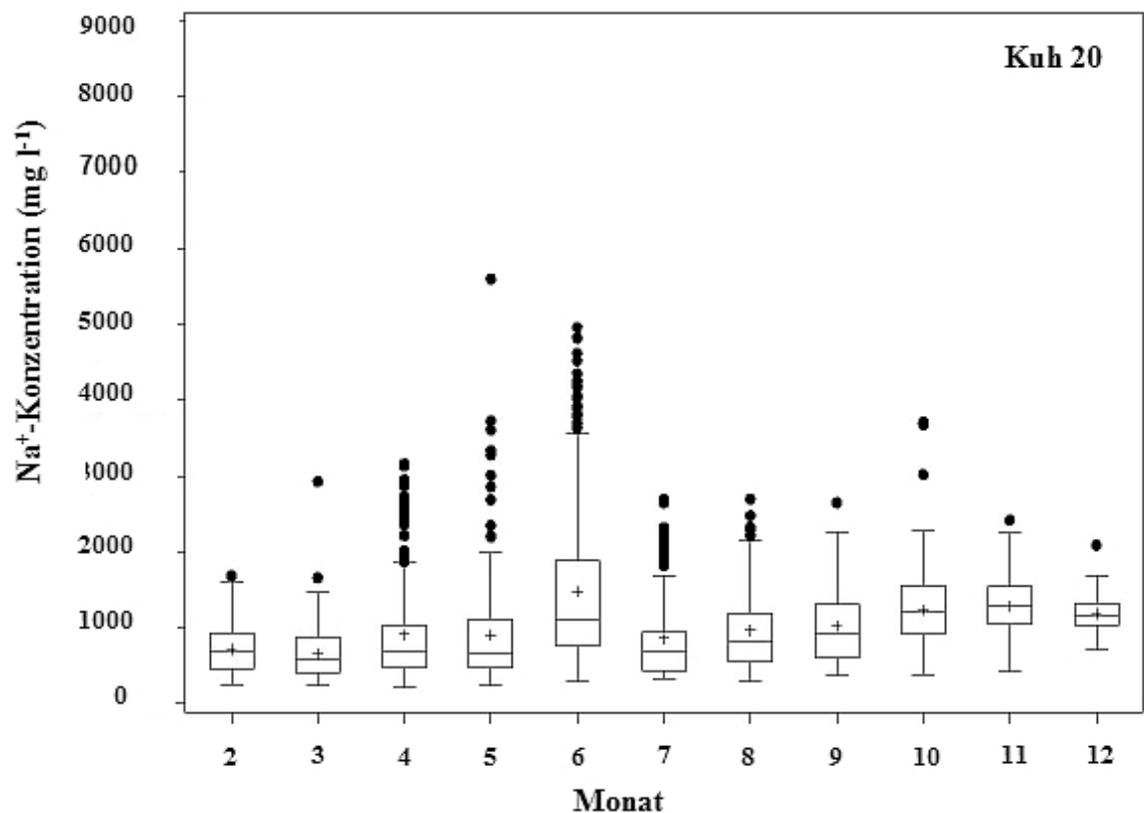


Abb. 5: Verteilung der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 20)

Die Verteilung der Na^+ -Konzentration zeigt Unterschiede zwischen den Kühen auf. Die Kühe 20 und 97 unterscheiden sich im Merkmal Na^+ -Konzentration deutlich von den Kühen 169 und 209. Bei den Kühen 20 und 97 sind deutlich weitere Boxen und längere Whisker zu finden. Die höchsten Na^+ -Messwerte liegen bei Kuh 20 zwischen 5000 und 6000 mg l^{-1} und bei Kuh 97 zwischen 8000 und 9000 mg l^{-1} , während diese bei Kuh 169 und 209 unter 2000 mg l^{-1} liegen.

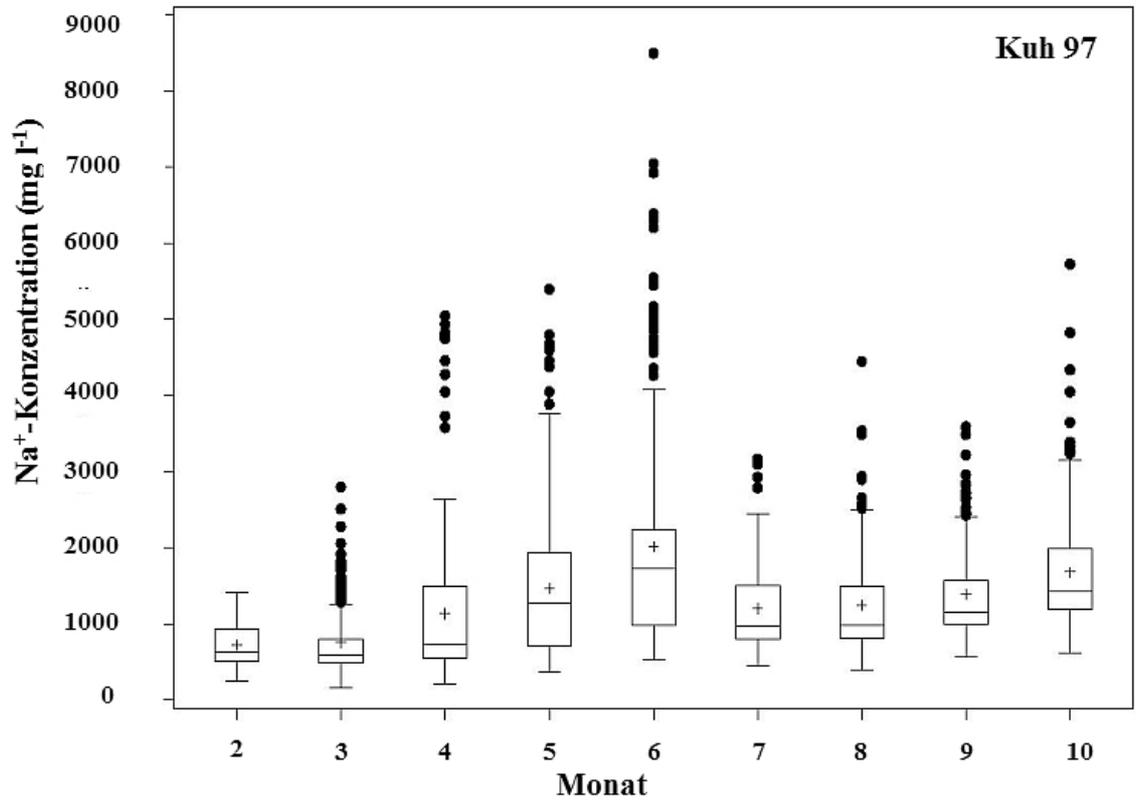


Abb. 6: Verteilung der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 97)

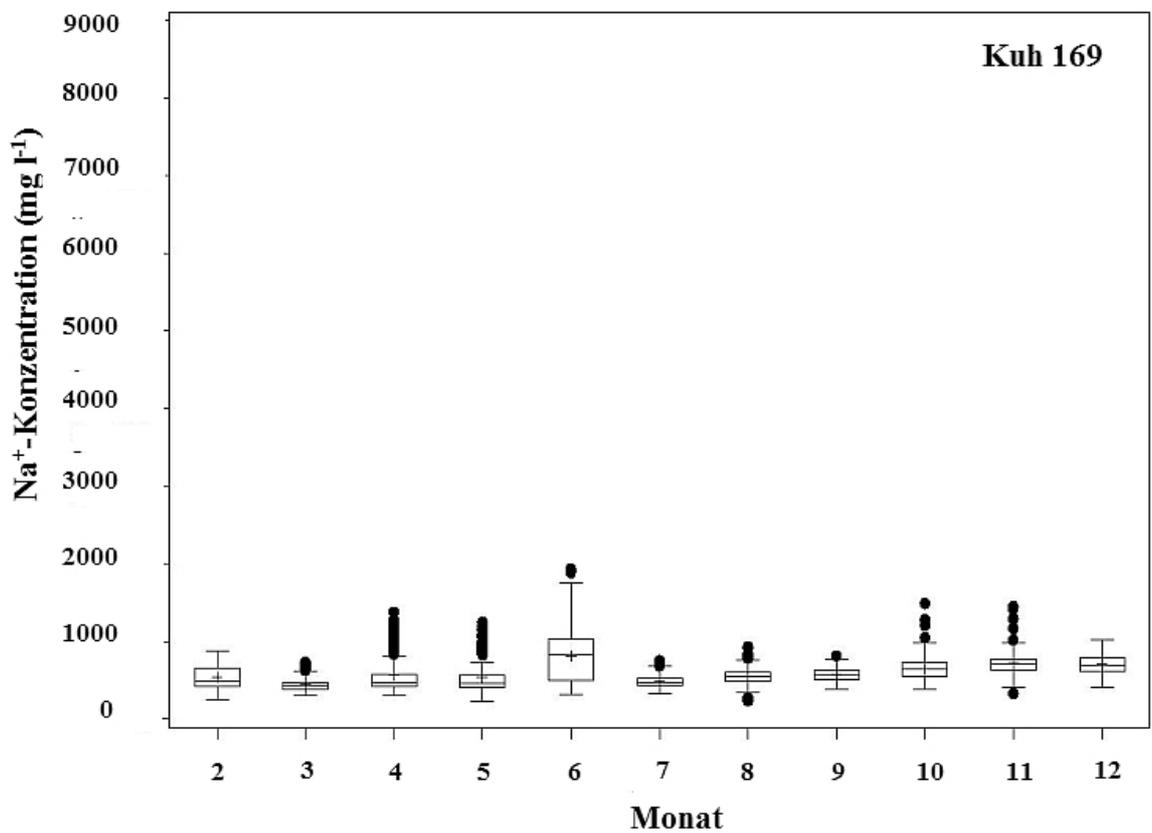


Abb. 7: Verteilung der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 169)

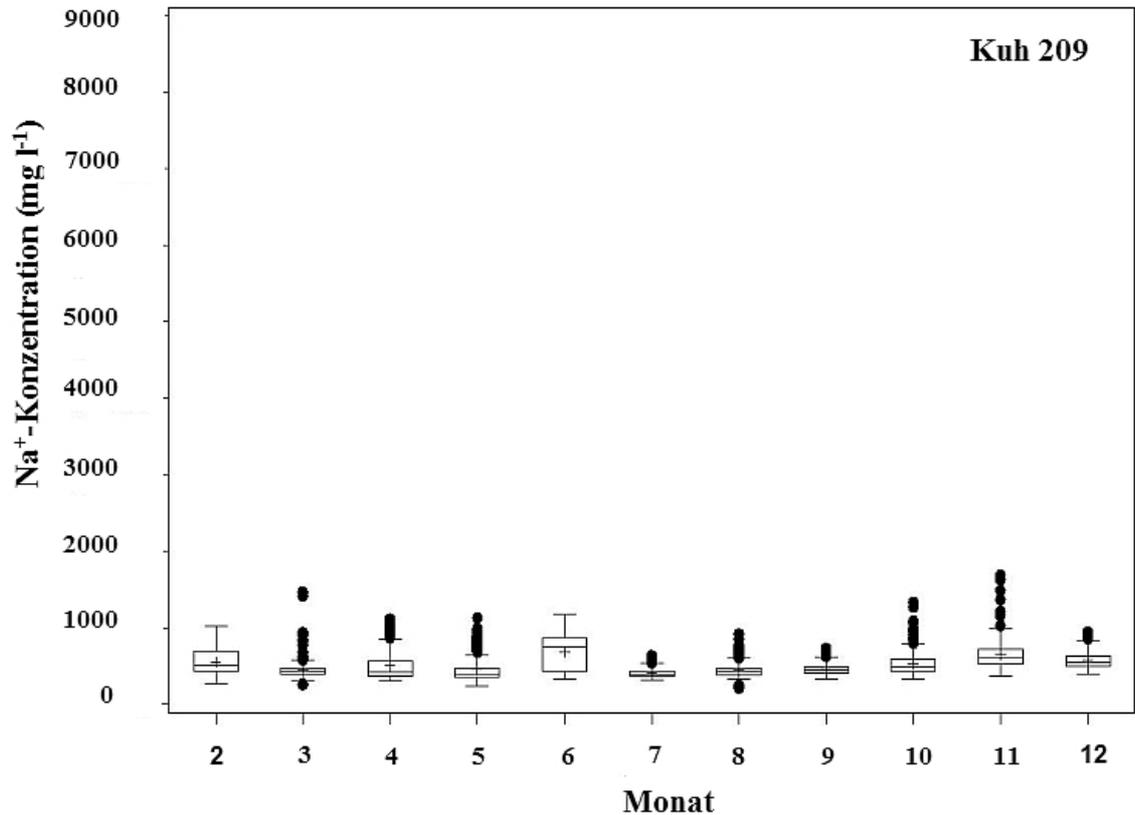


Abb. 8: Verteilung der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk je Monat (Kuh 209)

Für alle untersuchten Tiere liegen die Mediane der Na^+ -Konzentration nicht zentral in der Mitte der Box und die Länge der beiden Whisker unterscheiden sich, was auf eine nicht symmetrische Verteilung der Messdaten hinweist (s. Kap. 3.2.3, S. 45).

Säulendiagramme der Mediane

Die mittleren Niveaus (Median) der Na^+ -, K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Viertelvorgemelk der Kühe 20, 97, 169, 209 (Abb. 9 - 20), 138, 152, 257 und 383 (s. Anhang Abb. A1 - A12, S. 126 - 131) sind je Kuh, Monat und Euterviertel für die Laktationsperiode 2003 dargestellt. Die Na^+ -Konzentration zeigt Unterschiede im Vergleich der Kühe und im Vergleich der Euterviertel. Bei den Kühen 20, 97 (Abb. 9, 12) hebt sich ein Euterviertel im Vergleich zu den übrigen 3 Eutervierteln bezüglich der Na^+ -Konzentration deutlich ab und zeigt im Monat Juni eine besonders hohe Konzentration an Na^+ . Bei Kuh 20 zeigt das Euterviertel hl eine höhere Na^+ -Konzentration und bei Kuh 97 das Euterviertel vr. Im Laktationsmonat Juni sind die höchsten mittleren Na^+ -Konzentration für die Kuh 20 im Euterviertel hl [2350 mg l^{-1}] Kuh 97 im Viertel vr [3900 mg l^{-1}] ermittelt worden.

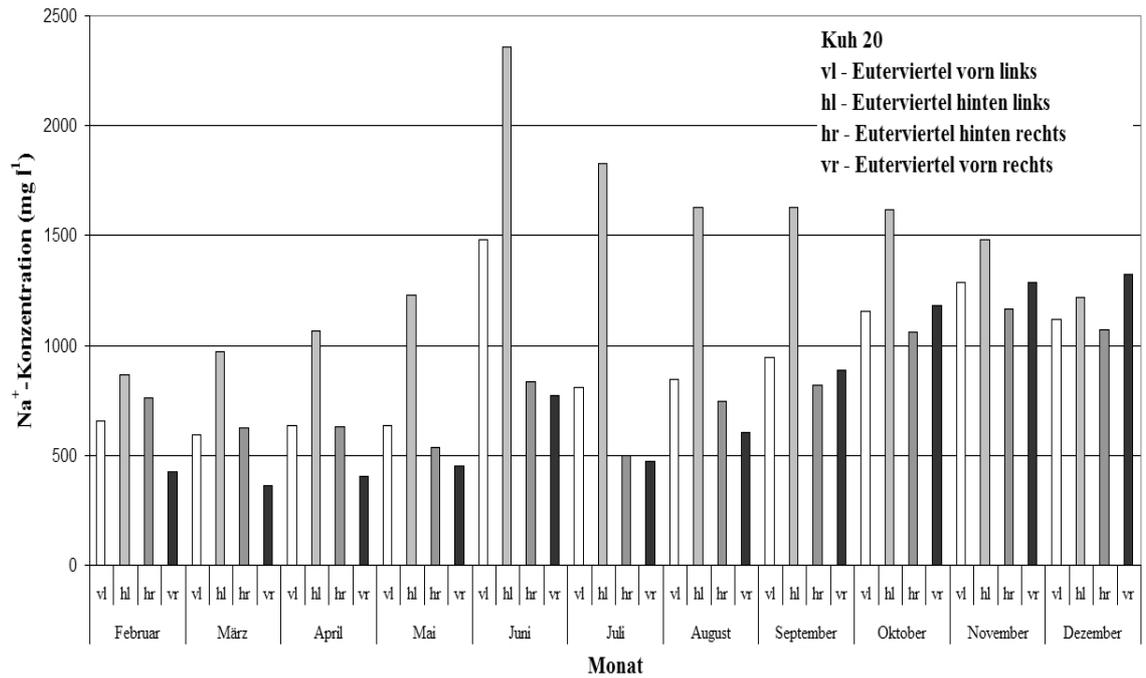


Abb. 9: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)

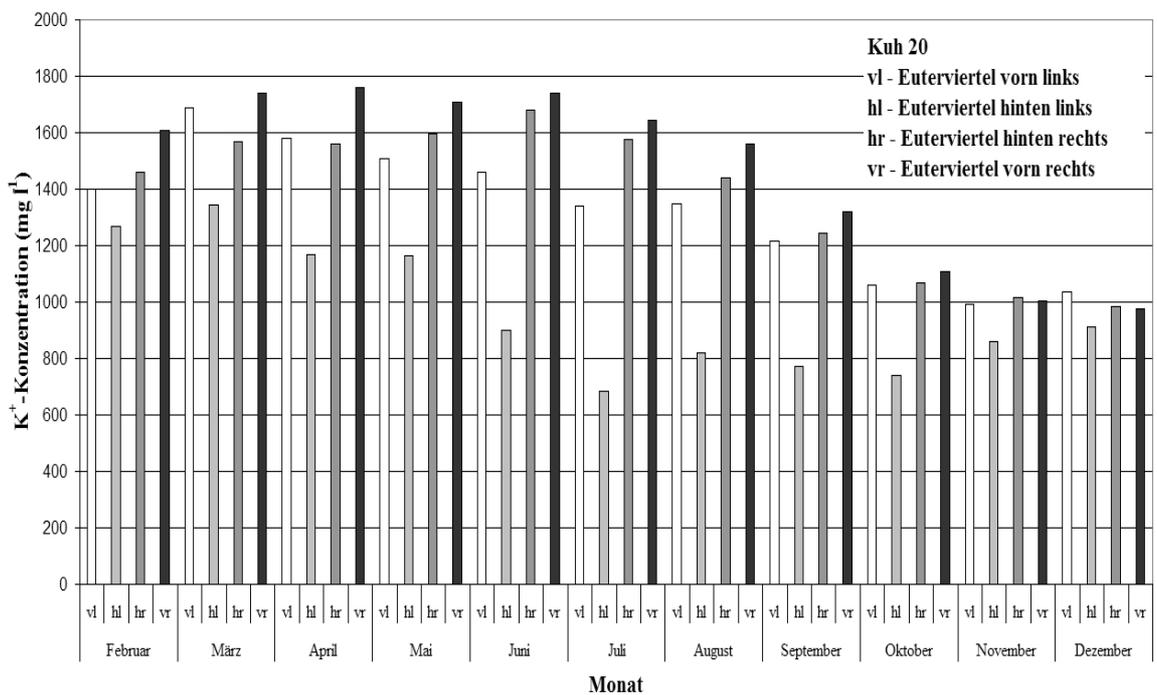


Abb. 10: Verlauf der K⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)

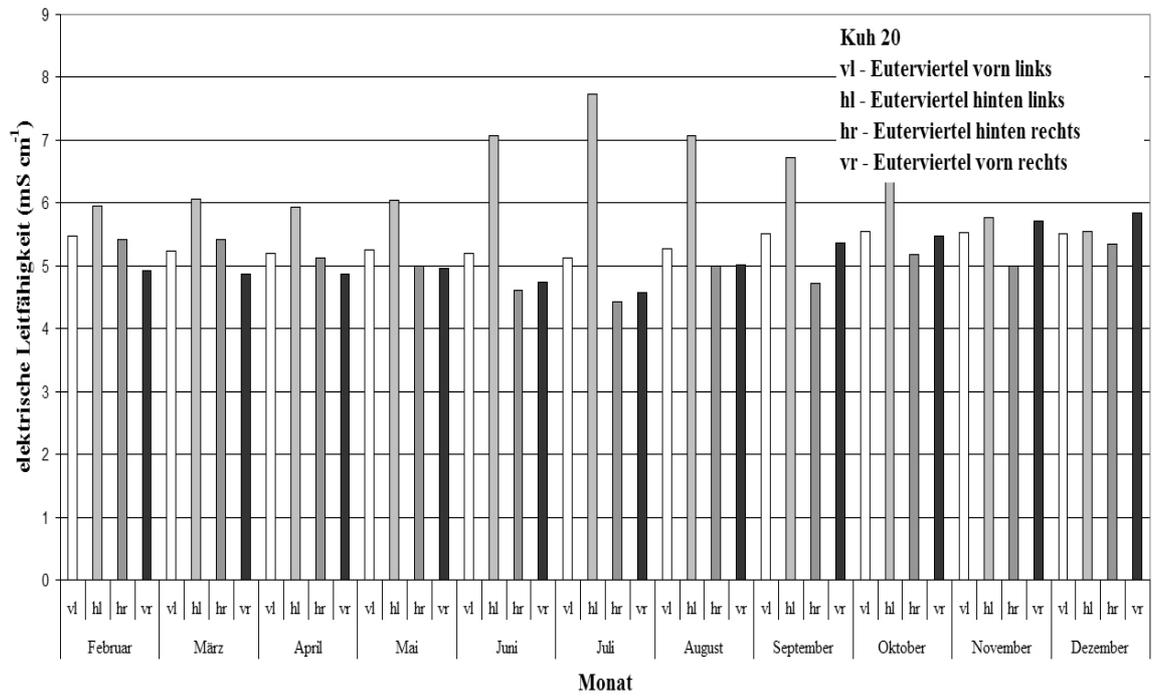


Abb. 11: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 20)

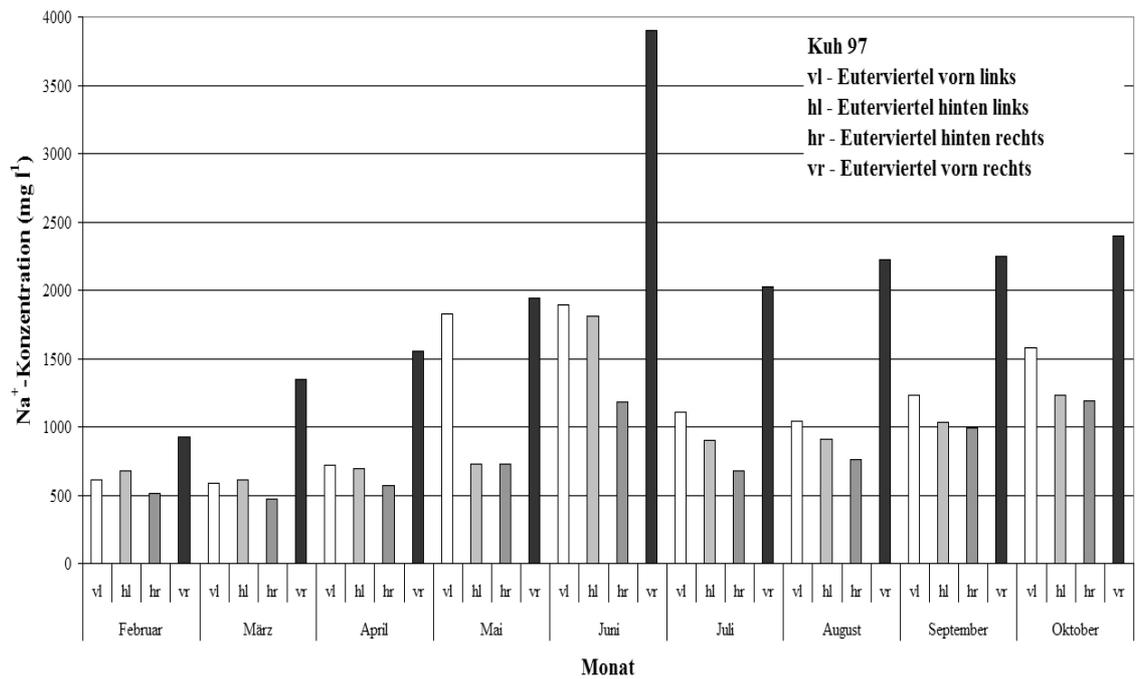


Abb. 12: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 97)

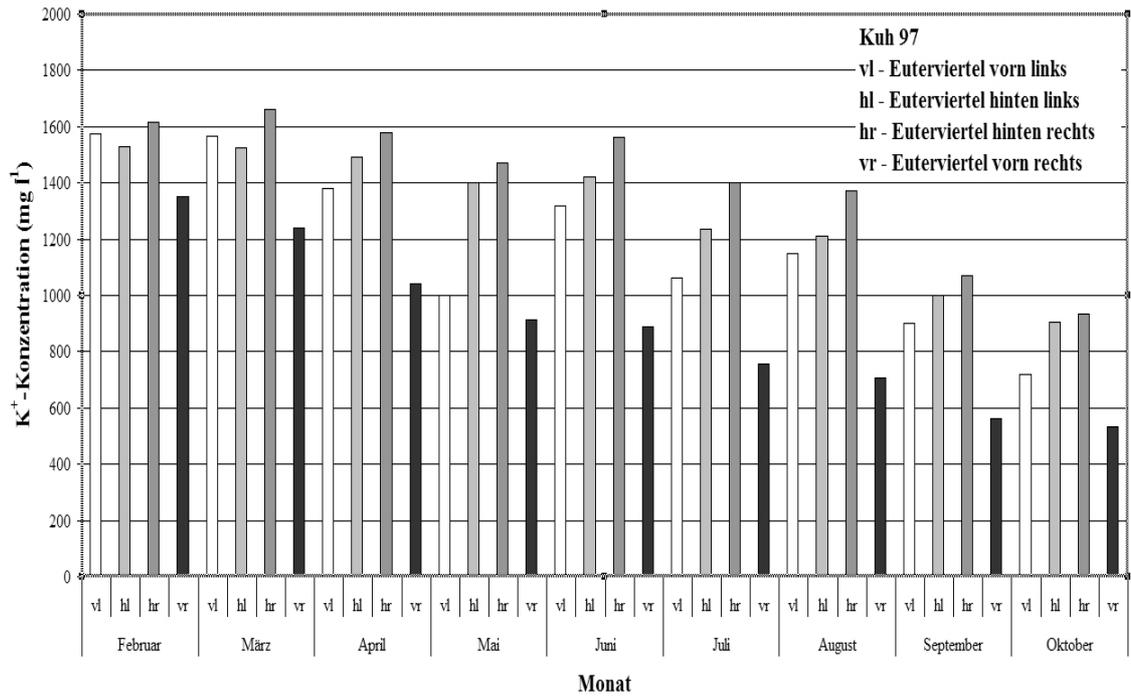


Abb. 13: Verlauf der K^+ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 97)

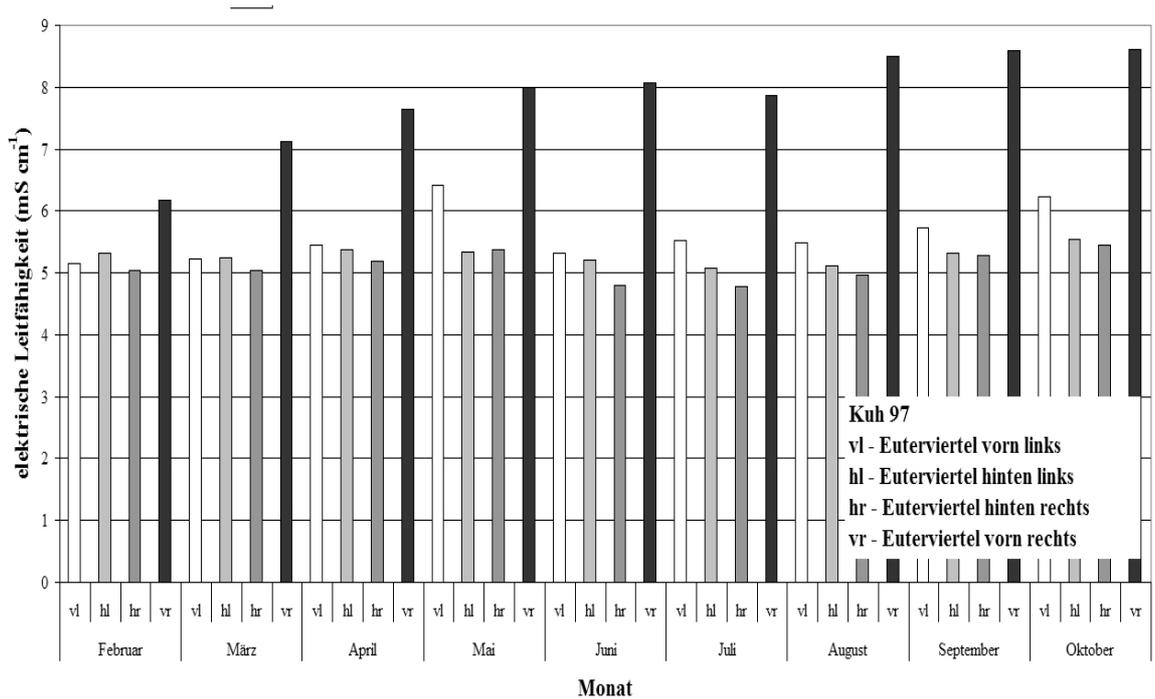


Abb. 14: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 97)

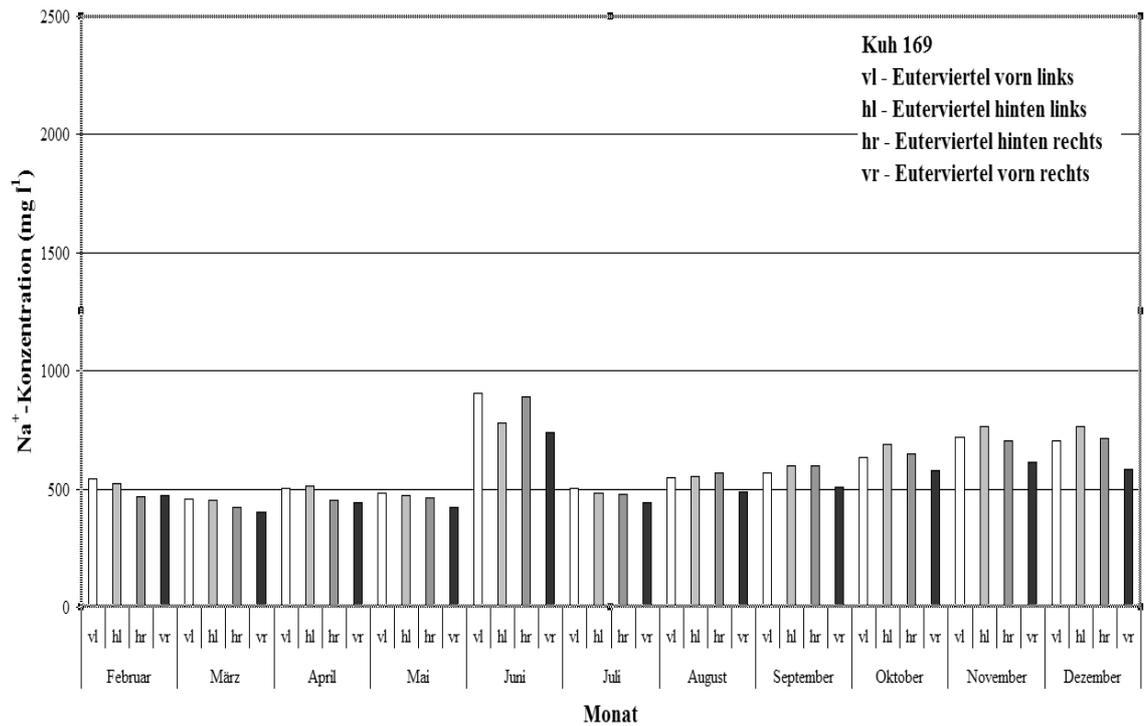


Abb. 15: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)

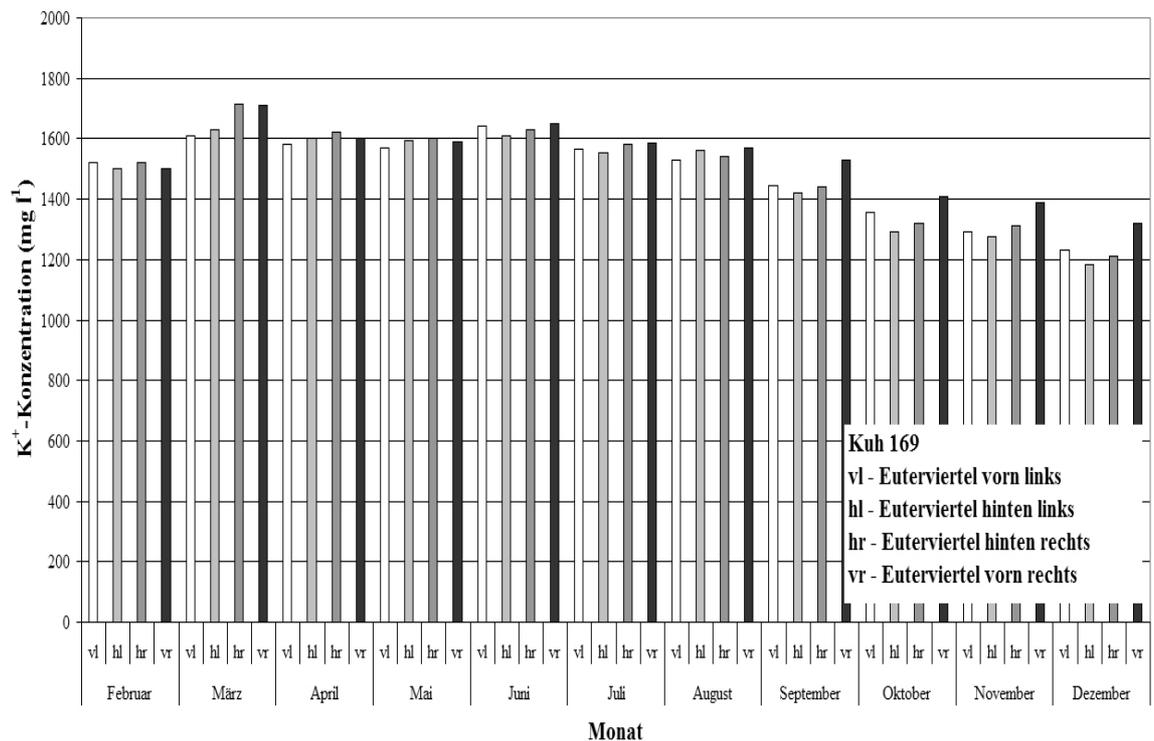


Abb. 16: Verlauf der K⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)

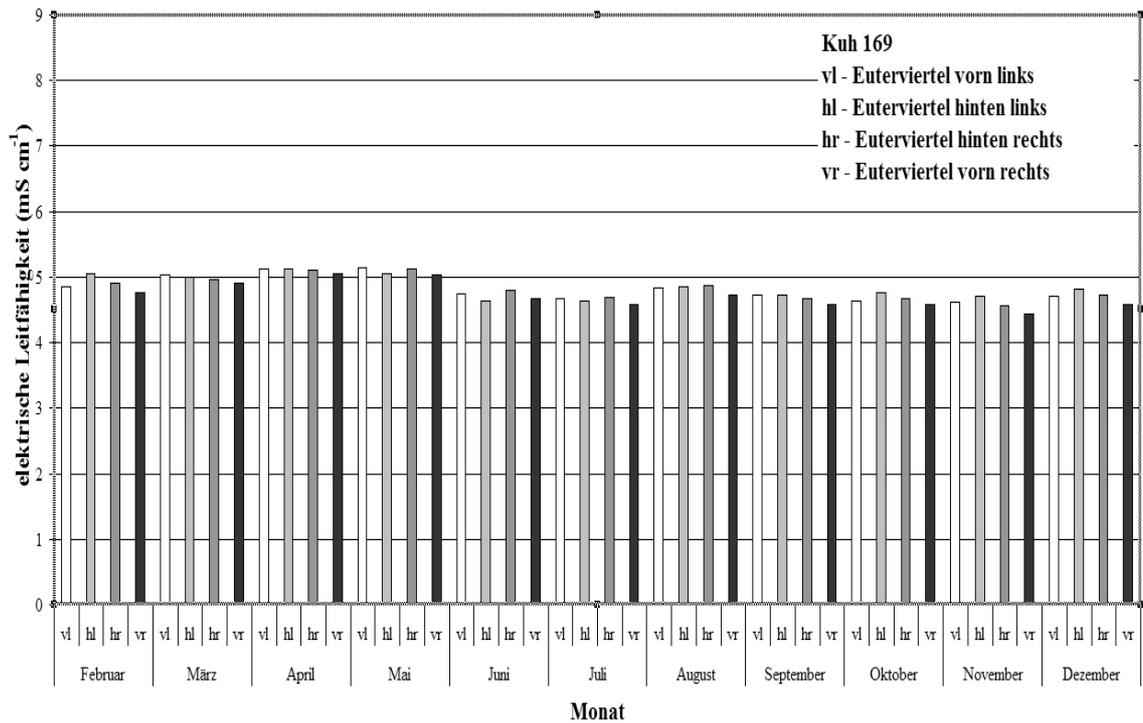


Abb. 17: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 169)

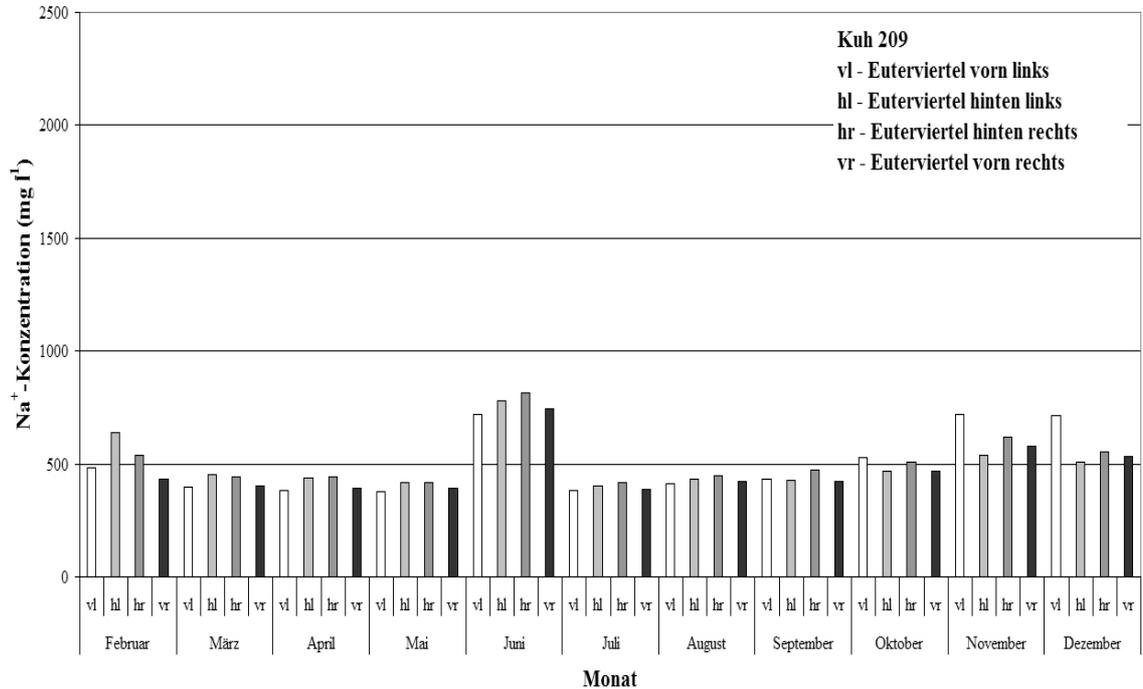


Abb. 18: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)

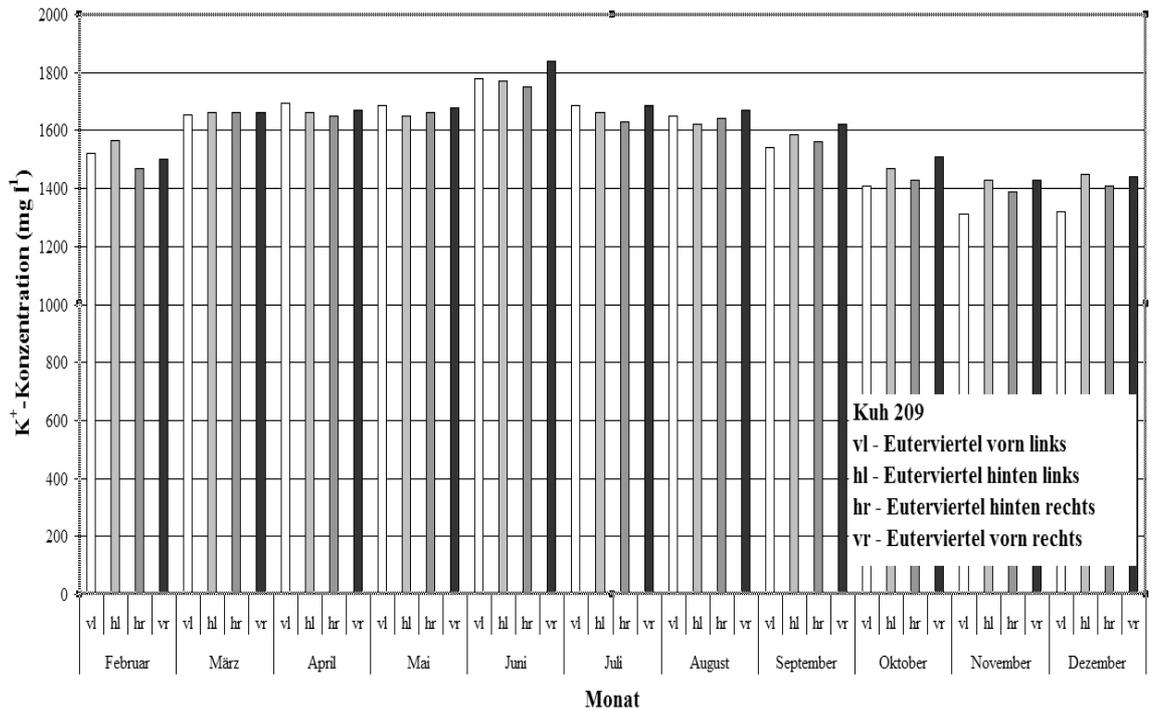


Abb. 19: Verlauf der K⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)

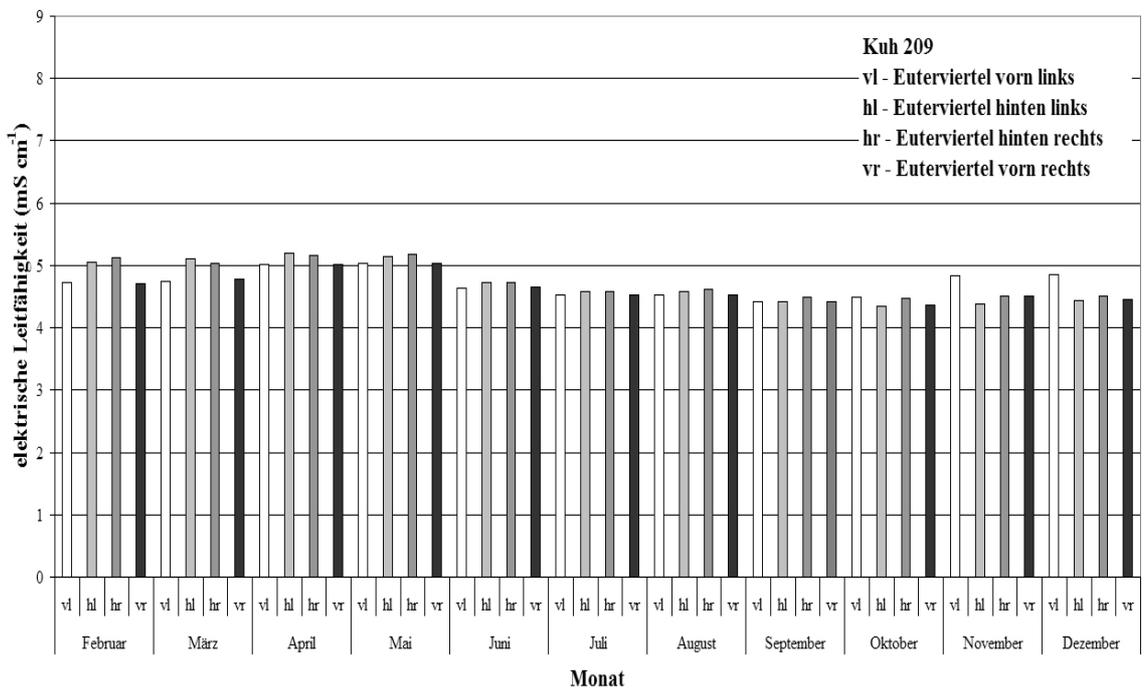


Abb. 20: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 209)

Die Mediane der K⁺-Konzentration im Viertelvorgemelk bei den Kühen 20, 97 (Abb. 10, 13) unterscheiden sich von den übrigen Kühen 169, 209 (Abb. 16, 19) 138, 257, 383 (s. Anhang A2 (S. 125), A8 (S. 128), A11(S. 130)) durch stärkere Unterschiede zwischen den

Eutervierteln in der Untersuchungsperiode. Vor allem das Euterviertel hl der Kuh 20, vr der Kuh 97 liegen deutlich unter dem Median der übrigen 3 Euterviertel.

Die niedrigste mittlere K^+ -Konzentration (Median) im Vorgemelk ist im Laktationsmonat Juli mit [684 mg l^{-1}] im Euterviertel hl bei der Kuh 20 (Abb. 10), im Laktationsmonat Oktober mit [534 mg l^{-1}] im Euterviertel vr bei der Kuh 97 (Abb. 13) und im Laktationsmonat Dezember [1190 mg l^{-1}] im Euterviertel hl bei Kuh 169 und im Laktationsmonat November im Euterviertel vl [1320 mg l^{-1}] bei Kuh 209 zu beobachten.

Die höchste mittlere K^+ -Konzentration (Median) ist im Laktationsmonat April mit [1760 mg l^{-1}] im Viertel vr für Kuh 20 im Laktationsmonat März mit [1660 mg l^{-1}] hr für Kuh 97 und im Laktationsmonat März mit [1735 mg l^{-1}] im Viertel hl für Kuh 169 und im Laktationsmonat Juni mit [1820 mg l^{-1}] im Viertel vr für Kuh 209 zu beobachten.

Der Verlauf der mittleren elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk der Kühe 20, 97 (Abb. 11, 14) unterscheidet sich von den Kühen 169, 209 (Abb. 17, 20). Bei den Kühen 20 und 97 hebt sich ein Euterviertel von den übrigen drei anderen Vierteln durch eine höhere elektrische Leitfähigkeit ab. Der höchste Medianwert ist für Kuh 20 im Laktationsmonat Juli [7,08 mS cm^{-1}] und für Kuh 97 im Laktationsmonat März [7,13 mS cm^{-1}] zu finden.

Einfache statistische Maßzahlen

Tabelle 11 zeigt je Untersuchungstier einfache statistische Maßzahlen für die Merkmale Na^+ -, K^+ -Konzentration und die elektrische Leitfähigkeit (LF) in der untersuchten Laktationsperiode. Der Stichprobenumfang (n) ergibt sich aus der Anzahl der Monate, der Tage je Monat, der Melkzeiten und der 4 Euterviertel. Im Anhang sind für die Kühe statistische Maßzahlen der untersuchten Merkmale je Kuh, je Monat und je Euterviertel beigefügt (s. Anhang Tab. A1 (S. 144), Tab. A2 (S. 149), Tab. A3 (S. 156)).

Tab. 11: Einfache statistische Maßzahlen der erfassten Merkmale im Vorgemelk je Kuh

Merkmal	n	\bar{x}	s	Median	X_{min}	X_{max}
Kuh 20						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	2325	1033	905	905	213	5600
K ⁺ (mg l ⁻¹)	2325	1325	340	1340	336	3740
LF (mS cm ⁻¹)	2086	5,45	0,866	5,28	3,46	8,90
Kuh 97						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	1950	1335	899	1070	156	8500
K ⁺ (mg l ⁻¹)	1950	1196	398	1730	516	4360
LF (mS cm ⁻¹)	1875	6,54	1,6	5,14	3,90	8,29
Kuh 138						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	2265	573	212	503	183	1890
K ⁺ (mg l ⁻¹)	2265	1747	248	1430	374	3540
LF (mS cm ⁻¹)	1722	4,61	0,40	4,60	3,58	7,64
Kuh 152						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	1883	1101	912	757	239	7610
K ⁺ (mg l ⁻¹)	1883	1238	448	1330	174	3560
LF (mS cm ⁻¹)	1722	5,61	1,40	5,03	3,58	10,64
Kuh 169						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	2351	597	202	550	230	1940
K ⁺ (mg l ⁻¹)	2351	1524	273	1510	109	3570
LF (mS cm ⁻¹)	2217	4,80	0,39	4,79	3,10	8,14
Kuh 209						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	2259	511	174	453	210	1690
K ⁺ (mg l ⁻¹)	2259	1637	282	1610	816	3880
LF (mS cm ⁻¹)	2161	4,71	0,34	4,63	3,66	7,71
Kuh 257						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	1962	673	319	589	211	4150
K ⁺ (mg l ⁻¹)	1962	1472	348	1470	161	3980
LF (mS cm ⁻¹)	1924	5,00	0,42	4,93	2,85	10,23
Kuh 383						
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	2335	516	193	461	128	1950
K ⁺ (mg l ⁻¹)	2335	1552	243	1520	683	3550
LF (mS cm ⁻¹)	2166	4,53	0,33	4,53	3,52	8,93

Im Merkmal Na⁺-Konzentration unterscheidet sich der Median der Kühe 20, 152 deutlich von dem der übrigen Kühe. Der arithmetische Mittelwert der Kühe 20, 97 und 152 ist deutlich höher als der Median. Die Standardabweichung der Na⁺-Konzentration dieser

Kühe ist gegenüber derjenigen anderer Kühe auf Grund hoher Na^+ -Einzelwerte deutlich erhöht. In der K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit sind derartige Unterschiede nicht auffällig.

Nach Feststellung der nichtsymmetrischen Verteilung der Daten wurde der Versuch unternommen, diese zu transformieren. Eine Transformation der Daten führte zu keinem zufriedenstellendem Ergebnis, so dass die weitere statistische Auswertung der Daten auf Basis der Nichtsymmetrie basiert.

Häufigkeitsanalyse

Für die Häufigkeitsanalyse sind für das untersuchte Merkmal Na^+ -Konzentration Klassen (Klassenbreite 200 mg l^{-1}) gebildet worden. Die Häufigkeit ist für die Na^+ -Konzentration je Kuh (Tab. 12) und je Kuh und Monat (s. Anhang Tab. A4,) dargestellt.

Tab. 12: Häufigkeit der Na^+ -Konzentration (mg l^{-1}) je Kuh

Kuh	Klassen									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	6 - 9
	0- 200	>200- 400	>400- 600	>600- 800	>800- 1000	>1000- 1200	>1200- 1400	1400- 1600	> 1600	
20	-	227	413	349	356	278	197	133	372	42 %
97	1	41	258	279	300	246	176	111	537	54 %
138	2	502	965	413	299	61	10	4	9	4 %
152	-	180	541	275	200	107	76	73	431	36 %
169	-	231	1198	609	205	68	29	7	4	4 %
209	-	619	1156	279	172	24	4	3	2	1 %
257	-	237	789	488	197	115	73	40	23	13 %
383	2	622	1224	288	150	14	18	10	7	2 %

Unterschiede der Häufigkeitsverteilung sind zwischen den Tieren zu finden. Während der prozentuale Anteil der Werte in den ersten 5 Klassen (6 - 9) für die Kühe 138 (4 %), 169 (4 %), 209 (1 %), 257 (13 %) und 383 (2 %) beträgt, erhöht sich der prozentuale Anteil der Werte bei den Kühe 20 (42 %), 97 (54 %) und 152 (36 %).

4.1.2 Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Na^+ und K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit

Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von den Merkmalen Na^+ - und K^+ -Konzentration

Die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Na^+ -Konzentration und K^+ -Konzentration wird durch die linearen Funktionen (1) und (2) geschätzt (s. Absch. 3.2.3, S. 46). Die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit wird durch die geschätzten Funktionen (1) und (2) zu ca. 60 % erklärt (Tab. 13). Das Merkmal K^+ -Konzentration führt zu keiner deutlichen Erhöhung der Erklärbarkeit der Variabilität. Das Bestimmtheitsmaß B sinkt auf ca. 5 %, wenn nur Daten von den Kühen 169 und 209 in die Schätzung einbezogen werden. Die Kühe 169 und 209 sind vom Tierarzt als eutergesundheitlich unauffällig eingestuft worden.

Tab. 13: Bestimmtheitsmaße der linearen Funktionen (1) und (2) für die Untersuchungstiere

Untersuchungstiere	B_{Na^+} (1)	$B_{\text{Na}^+, \text{K}^+}$ (2)
Alle Kühe 20, 97, 138, 152 169, 209, 257, 383	0,580	0,599
eutergesundheitlich auffällige Kühe 20, 97, 138, 257, 383	0,591	0,618
eutergesundheitlich unauffällige Kühe 169, 209	0,046	0,048

Die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit wird maßgeblich von der Na^+ -Konzentration bestimmt. Aufgrund der unbedeutenden Zunahme des Bestimmtheitsmaßes durch die K^+ -Konzentration wird die weitere Auswertung nur auf Basis der Na^+ -Konzentration vorgenommen.

Veränderung der Na^+ -Konzentration bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Für die Kühe 20, 97, 169, 209 (Abb. 21 – 24) und 138, 152, 257, 383 (s. Abb. A13 – A16, S. 132 - 133) sind die entsprechenden Punktwolken je Monat dargestellt. Die Kühe 20, 97 (Abb. 21, 22) zeigen in den Monaten Mai bis Oktober einen linearen Zusammenhang

zwischen der Na^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit. Mit Zunahme der Leitfähigkeit steigt die Na^+ -Konzentration. Die Abb. 23 (Kuh 169) und Abb. 24 (Kuh 209) zeigen keinen linearen Zusammenhang zwischen Na^+ -Konzentration und elektrischer Leitfähigkeit.

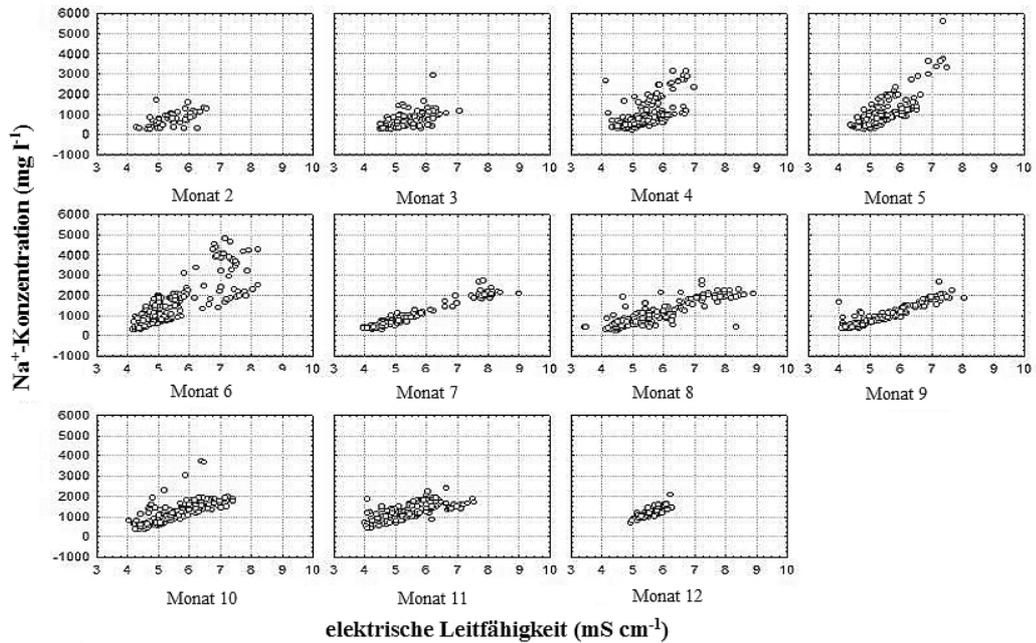


Abb. 21: Beziehung zwischen der Na^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 20

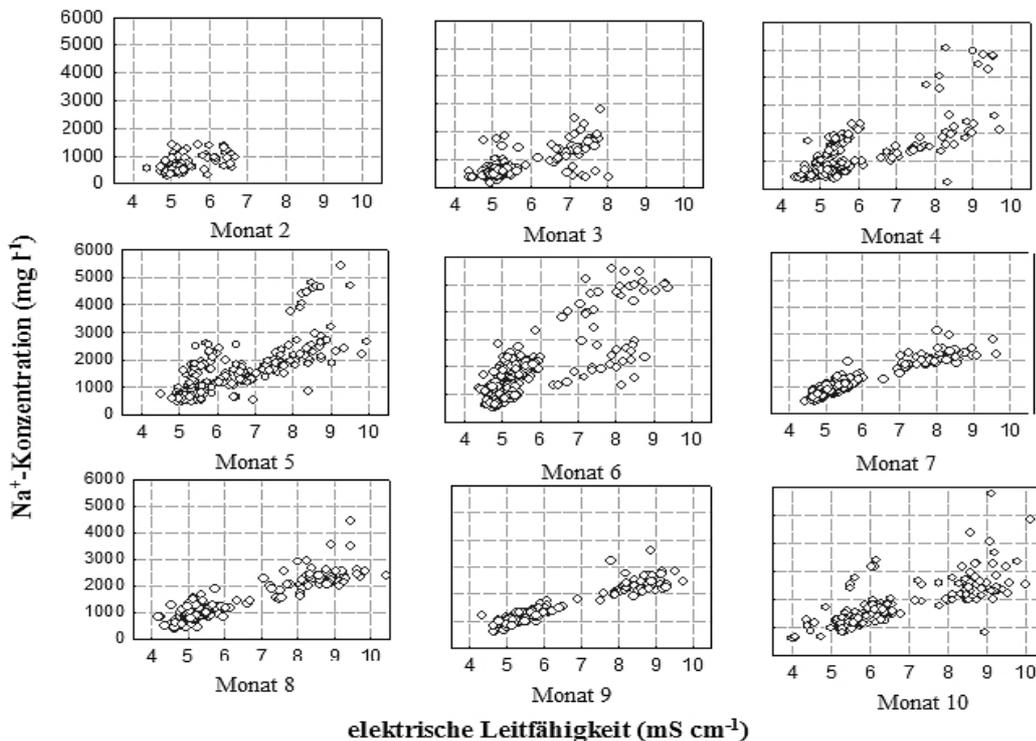


Abb. 22: Beziehung zwischen der Na^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 97

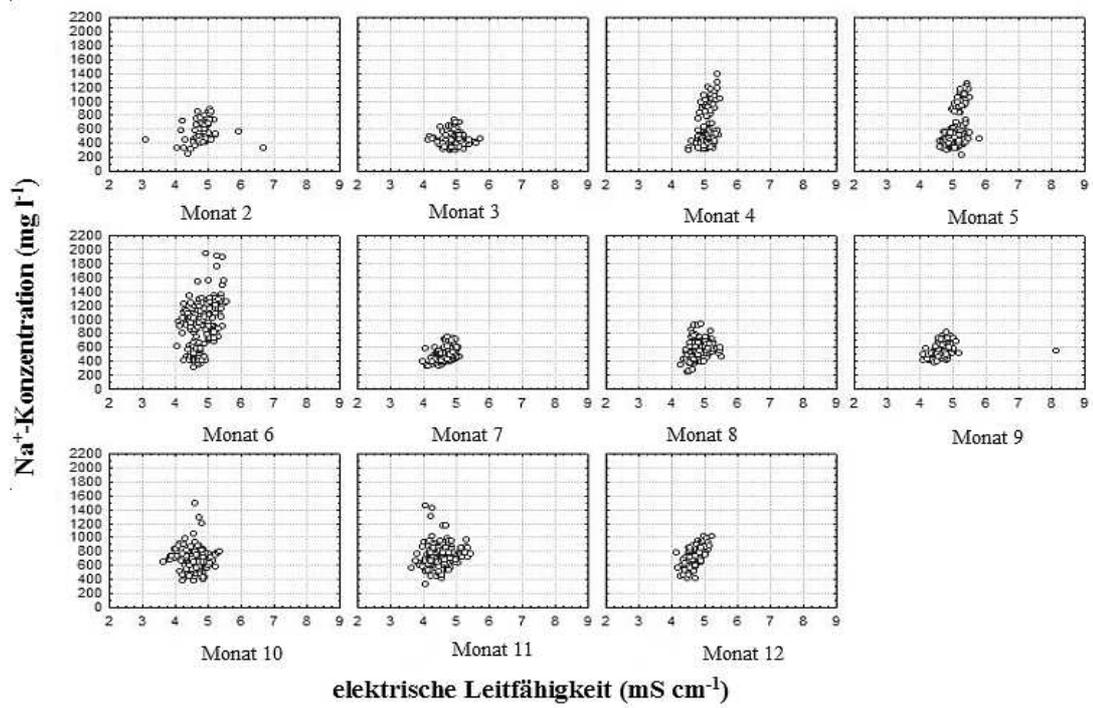


Abb. 23: Beziehung zwischen der Na^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 169

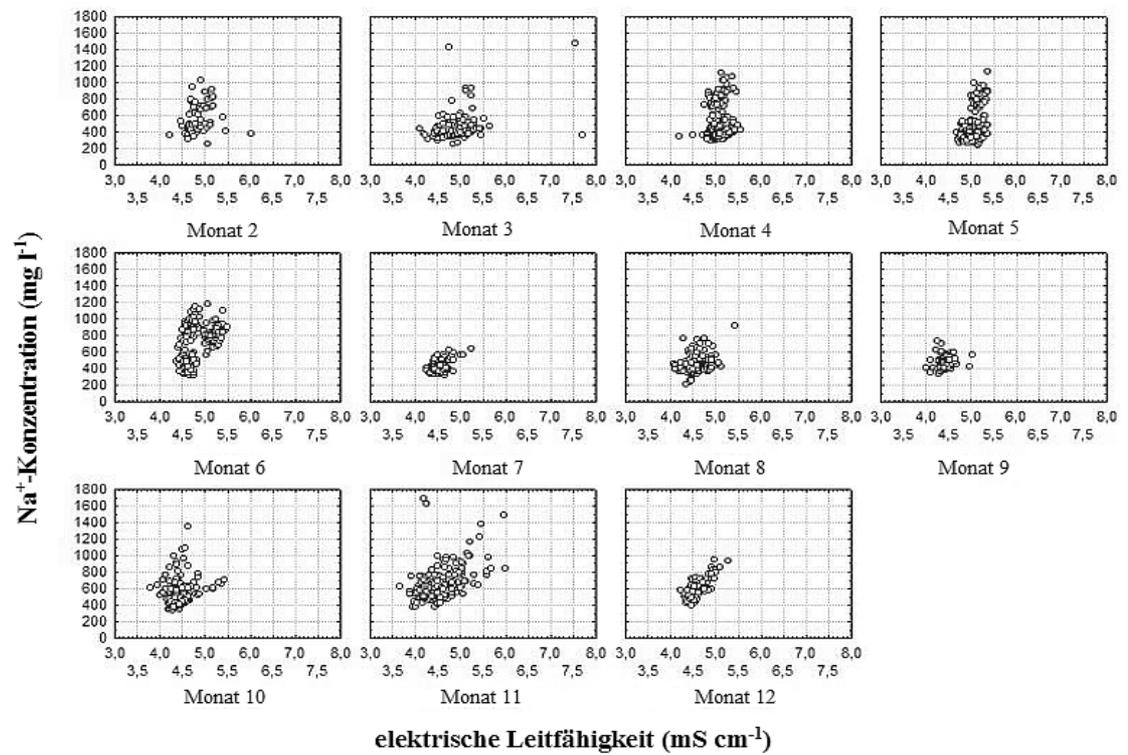


Abb. 24: Beziehung zwischen der Na^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 209

Die durchschnittliche Zunahme der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk bei Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit um 1mS cm^{-1} (Regressionskoeffizient b) wird mit Hilfe der Regressionsanalyse ermittelt (s. Absch. 3.2.3, S. 44).

Im Folgenden wird eine Gruppierung der 8 Kühe des Betriebes A anhand der Regressionskoeffizienten und ihrer Konfidenzintervalle vorgenommen. Die Regressionskoeffizienten wurden durch die Funktion (5) (S. 47) geschätzt. Die Variable y ist die Na^+ -Konzentration und die Variable x_1 die elektrische Leitfähigkeit. Kühe mit einer hohen mittleren Zunahme der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk bei Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit um 1mS cm^{-1} werden in die Tiergruppe III („auffällig“) eingestuft. Kühe mit einer niedrigen mittleren Zunahme der Na^+ -Konzentration bei Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit um 1mS cm^{-1} hingegen in Tiergruppe I („unauffällig“). Liegt die Zunahme der Na^+ -Konzentration zwischen „niedrig“ und „hoch“, werden die Kühe in die Tiergruppe II („verändert“) eingestuft. Die Regressionskoeffizienten und ihre Konfidenzintervalle sind je Kuh und Laktationsmonat grafisch für die Na^+ -Konzentration in den Monaten März, Juli und Oktober (Abb. 25 – 27) und in allen Monaten (s. Anhang Abb. A17 – A27, S. 133 - 142) dargestellt.

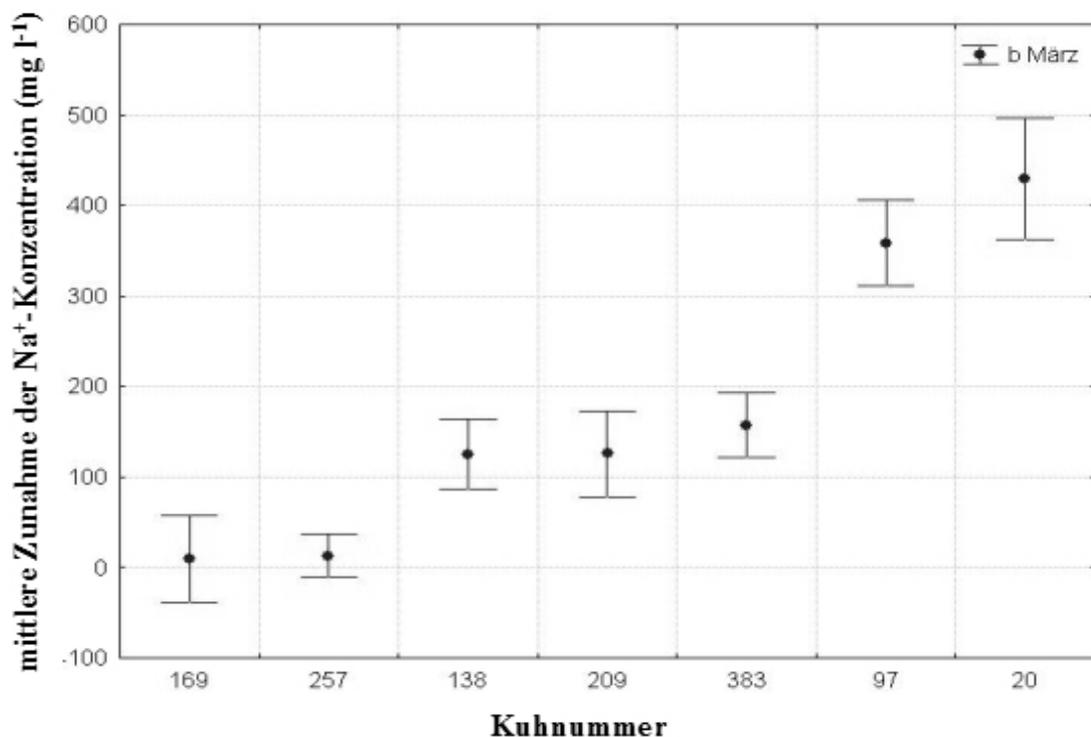


Abb. 25: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Laktationsmonat März bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk sind im Laktationsmonat März (Abb. 25) bei den Kühen 20 mit [360 mg l^{-1} ; 490 mg l^{-1}] und 97 mit [310 mg l^{-1} ; 400 mg l^{-1}] zu beobachten. Die Kühe 20 und 97 sind im Laktationsmonat März der Tiergruppe III zuzuordnen. Die mittleren Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk der Kühe 138 mit [86,7 mg l^{-1} ; 164,0 mg l^{-1}], 209 mit [78,0 mg l^{-1} ; 173,0 mg l^{-1}] und 383 mit [121,8 mg l^{-1} ; 192,7 mg l^{-1}] unterscheiden sich aus statistischer Sicht nicht (Tiergruppe II). Die mittleren Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk der Kühe 169 und 257 sind bei steigender elektrischer Leitfähigkeit statistisch nicht gesichert, da die Konfidenzintervalle den Wert Null einschließen (Tiergruppe I).

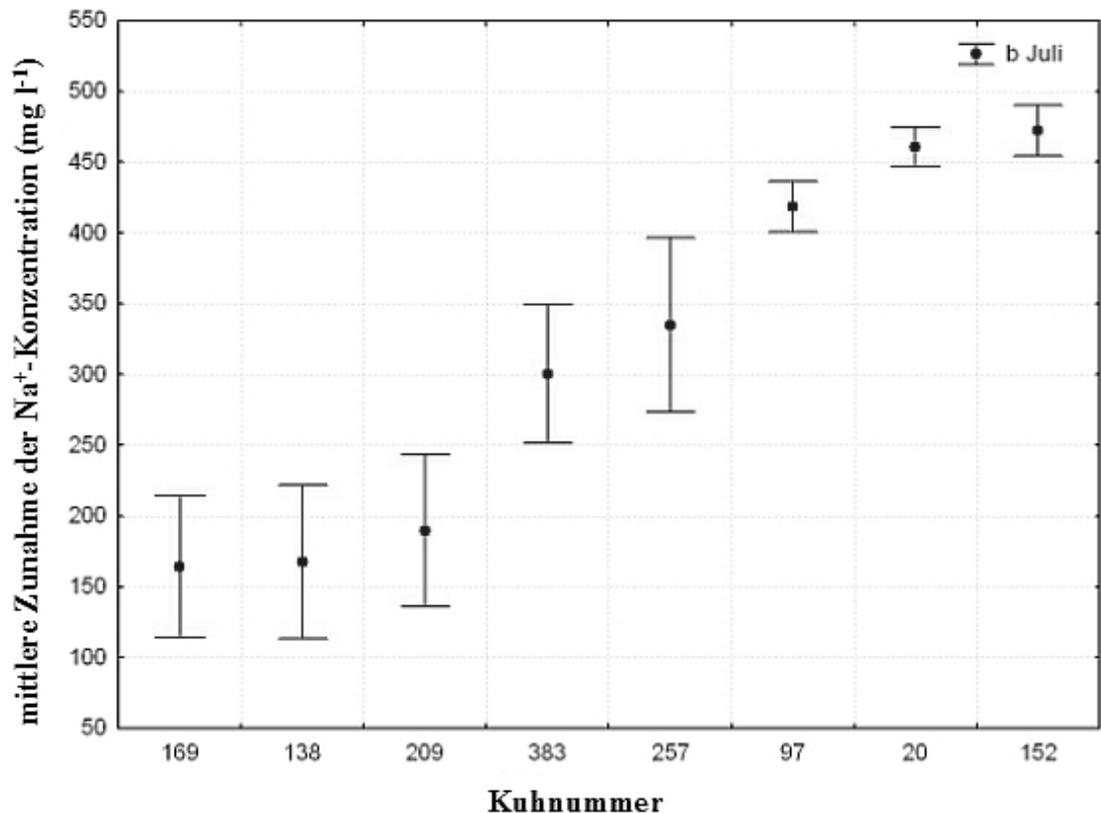


Abb. 26: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Laktationsmonat Juli bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk liegen im Laktationsmonat Juli (Abb. 26) für die Kühe 152 mit [454,2 mg l^{-1} ; 490,0 mg l^{-1}], 20 mit [447,1 mg l^{-1} ; 474,3 mg l^{-1}] und 97 mit [400,8 mg l^{-1} ; 436,4 mg l^{-1}] statistisch gesichert über denen aller anderen Kühe (Tiergruppe III).

Die Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch der Kühe 257 [$273,3\text{mg l}^{-1}$; $396,6\text{ mg l}^{-1}$] und 383 [$251,4\text{ mg l}^{-1}$; $348,9\text{ mg l}^{-1}$] (Tiergruppe II) liegen statistisch gesichert über denen der Kühe 138, 169 und 209 und unterhalb der unteren Konfidenzgrenze der Koeffizienten b_{97} , b_{20} und b_{152} . Die Regressionskoeffizienten b_{97} , b_{20} und b_{152} bezeichnen die linearen Regressionskoeffizienten der Funktion (5) (S. 47) für die Kühe 97, 20 und 152.

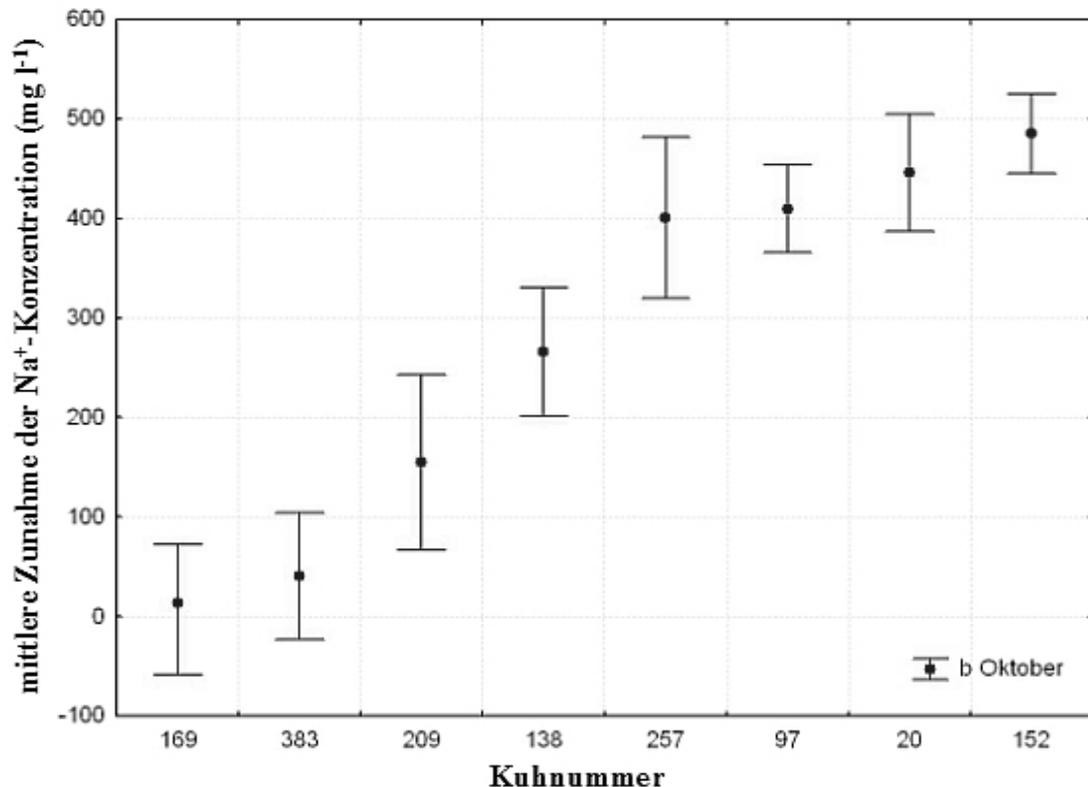


Abb. 27: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Laktationsmonat Oktober bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration sind im Laktationsmonat Oktober (Abb. 27) im Vorgemelk der Kühe 152 mit [$450,0\text{ mg l}^{-1}$; $529,0\text{mg l}^{-1}$], 20 mit [$395,0\text{ mg l}^{-1}$; $505,0\text{ mg l}^{-1}$], 97 mit [$370,0\text{ mg l}^{-1}$; $450,0\text{ mg l}^{-1}$] und 257 mit [$320,0\text{ mg l}^{-1}$; 490 mg l^{-1}], zu finden. Diese Kühe werden der Tiergruppe III zugeordnet. Die Kühe 209 und 138 werden wegen ihrer mittleren Höhe der Zunahme der Na^+ -Konzentration von [$66,7\text{ mg l}^{-1}$; $242,7\text{ mg l}^{-1}$] und [$200,9\text{ mg l}^{-1}$; $330,1\text{ mg l}^{-1}$] der Tiergruppe II zugeordnet. Die Kühe 169 und 383 gehören wegen der nichtsignifikanten Zunahme der Na^+ -Konzentration der Tiergruppe I an.

Gruppierung der Tiere anhand der Regressionskoeffizienten

Die Ergebnisse der Tiergruppierung basieren auf Grundlage der geschätzten Regressionskoeffizienten und deren Konfidenzintervallen in den Monaten Februar – Dezember und sind in Tab. 14 dargestellt.

Tab. 14: Ergebnisse der Tiergruppierung aufgrund des linearen Anstiegs der Na⁺-Konzentration mit steigender elektrischer Leitfähigkeit

Monat	Tiergruppe III (hohe Zunahme)				Tiergruppe II (mittlere Zunahme)				Tiergruppe I (niedrige Zunahme)						
Feb	20				97	138			257	383		169	209		
Mär	20	97				138		209		383		169		257	
Apr	20	97					152	169		257		138		209	383
Mai	20				97		152					138	169	209	257
Jun	20	97		152						383	138	169	209	257	
Jul	20	97		152						257	383	138	169	209	
Aug	20	97		152		138		169	209					257	383
Sep	20	97		152		138				257	383		169	209	
Okt	20	97		152	257	138			209				169		383
Nov	20			152		138			209	257			169		383
Dez	20		138	152				169	209						383

Kuh 20 zeigte über die gesamte Laktationsperiode hohe Zunahmen der Na⁺-Konzentration bei Veränderung der Leitfähigkeit um 1 mS cm⁻¹. Im Untersuchungszeitraum wurden bei der täglichen Prüfung des Vorgemelkes vor dem Melkprozess keine Veränderungen der Vorgemelke bemerkt. Kuh 97 gehört in 7 von 10 Monaten und Kuh 152 in 7 von 9 Monaten der Tiergruppe III an. Die Kühe 169 und 209 sind in 9 von 11 Monaten bzw. in 7 von 11 Monaten zur Tiergruppe I zu zählen. Letztere gehören zu den Tieren mit den geringsten Auffälligkeiten bezüglich des Anstieges der Na⁺-Konzentration. Kuh 383 und 257 wechseln zwischen den Tiergruppen II und III im Verlauf der Laktationsperiode. Die Kuh 138 gehört ab August der Tiergruppe II und ab Dezember der Tiergruppe III an. Die lange als „gesund“ eingestufte Kuh 209 zeigt ab Oktober Auffälligkeiten, die Kuh 169 im Dezember.

Je Tiergruppe und Monat sind zusammenfassend Regressionen geschätzt worden. Nachstehend sind die Regressionskoeffizienten und ihre Konfidenzintervalle für die untersuchten Monate je Tiergruppe (I, II, III) dargestellt (Abb. 28). In der Abbildung sind deutliche Unterschiede in den Tiergruppen zwischen den Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk bei steigender elektrischer Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} abzulesen.

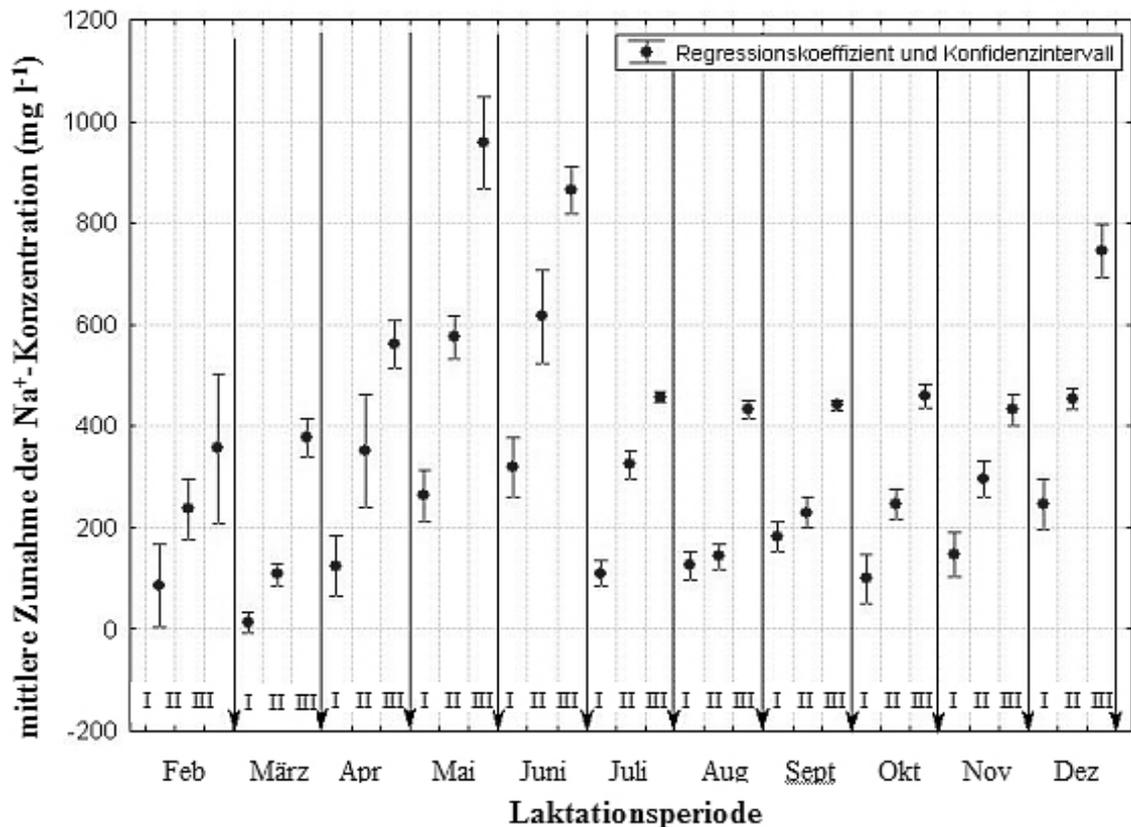


Abb. 28 : Darstellung der Regressionskoeffizienten und Konfidenzintervalle je Monat und Tiergruppe

Im Mai und Juni werden in der Tiergruppe III („erkrankte oder sehr auffällige Kühe“) mit $[867,91 \text{ mg l}^{-1}; 1048,0 \text{ mg l}^{-1}]$ und $[818,37 \text{ mg l}^{-1}; 912,12 \text{ mg l}^{-1}]$ die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration bei steigender elektrischer Leitfähigkeit geschätzt. Die Häufigkeitsanalyse (s. Abschnitt 4.1.1, S. 59) der Na^+ -Konzentration unterstreicht die Gruppenbildung der Tiere.

4.1.3 Differenzen der Na⁺-Konzentration zwischen den Eutervierteln je Kuh und Tag

Aus der Leitfähigkeitsmessung ist bekannt, dass die Eutervierteldifferenzen eine höhere Aussagesicherheit über den Eutergesundheitszustand bietet, als die Bestimmung der Leitfähigkeit jedes einzelnen Euterviertels. Da die elektrische Leitfähigkeit im Wesentlichen durch die Na⁺-Konzentration bestimmt wird, ergab sich die Überlegung die Eutervierteldifferenz für die Na⁺-Konzentration zu überprüfen. Es werden zwischen den Eutervierteln 6 Differenzen der Na⁺-Konzentration (jedes Euterviertel mit jedem anderen Euterviertel) je Kuh, Monat und Tag gebildet. Für die maximale Differenz der Na⁺-Konzentration ist eine Klassifizierung (Tab. 15) vorgenommen worden.

Tab. 15: Klassen (dkl) für das Merkmal „maximale Differenz der Na⁺-Konzentration“

Klasse (dkl)	Maximale Differenz der Na ⁺ -Konzentration (mg l ⁻¹)
1	0 – 250
2	>250 – 500
3	>500 – 1000
4	> 1000

Für die Kühe 20, 97, 169 und 209 sind die Ergebnisse in Abb. 29 – 32 dargestellt. Während die Kühe 20 und 97 einen hohen Anteil (März – Oktober bzw. März – Dezember) der maximalen Differenzen der Na⁺-Konzentration in der Klasse 3 + 4 aufweisen, zeigen die Kühe 169 und 209 keine bzw. nur geringe Anteile in den Klassen 3 + 4 auf.

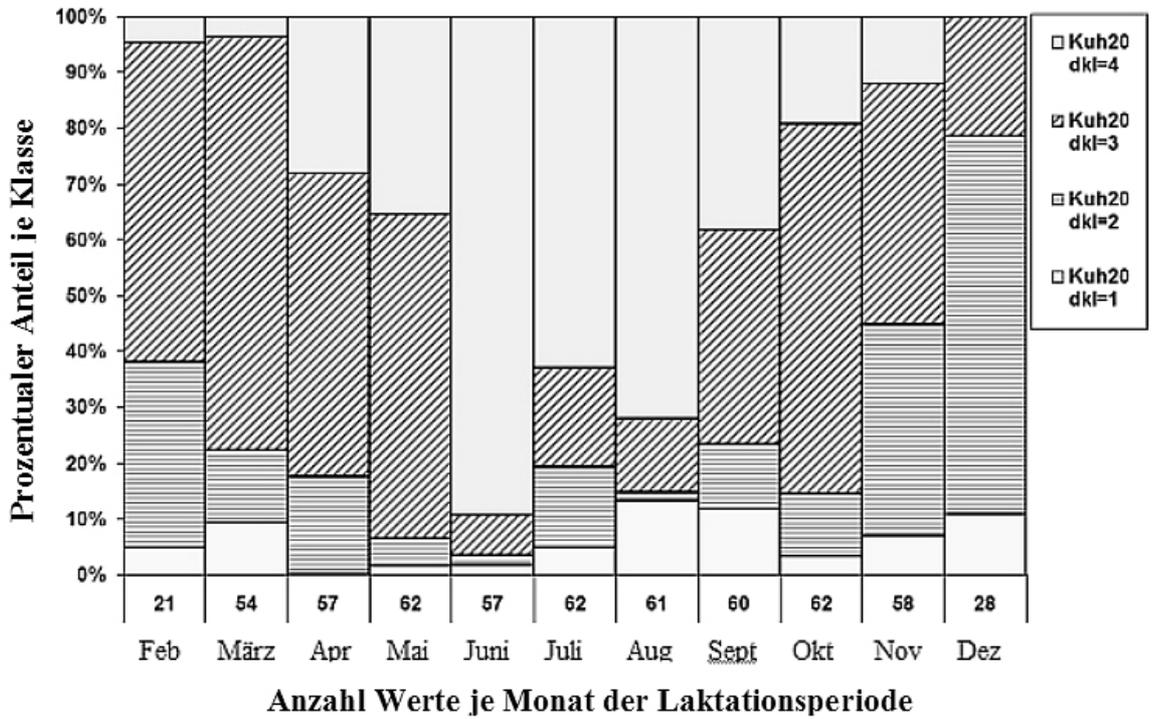


Abb. 29: Prozentualer Anteil maximaler Na⁺-Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 20)

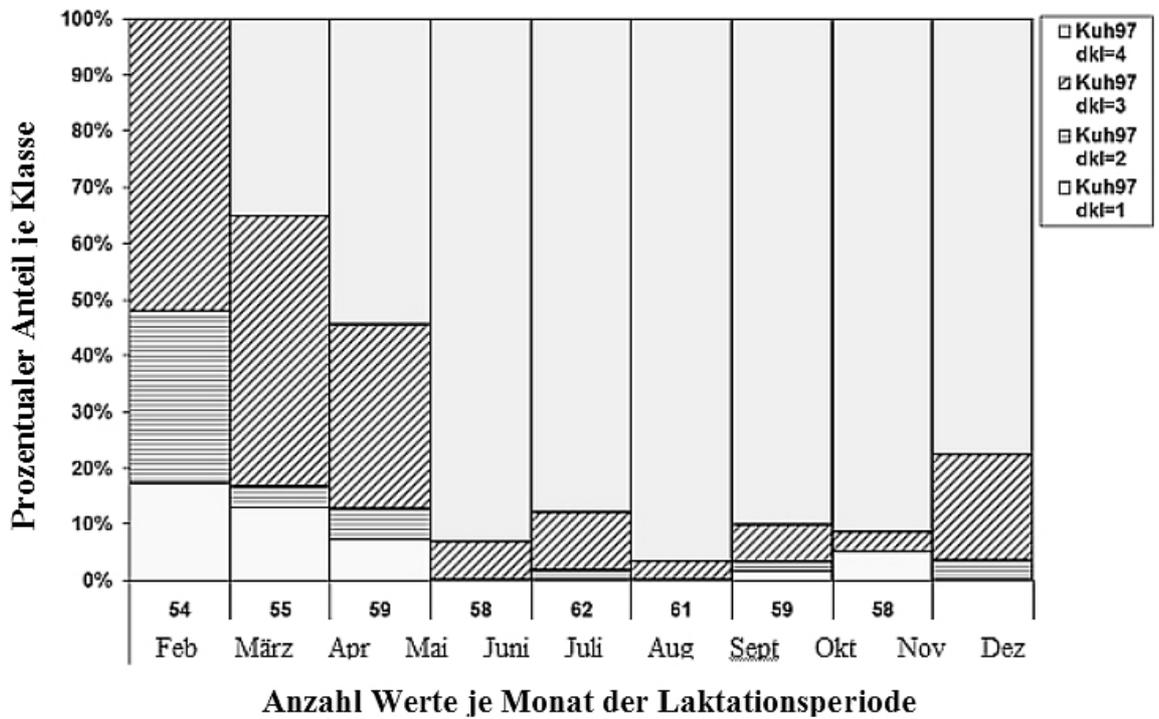


Abb. 30: Prozentualer Anteil maximaler Na⁺-Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 97)

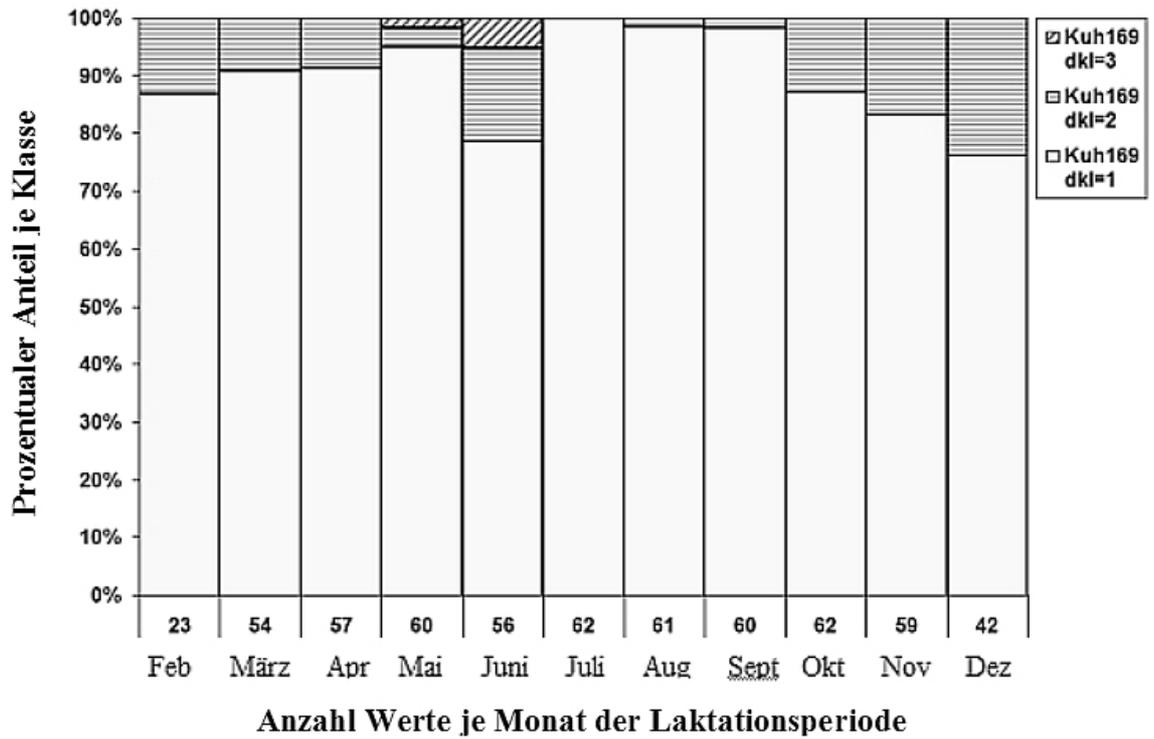


Abb. 31: Prozentualer Anteil maximaler Na⁺-Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 169)

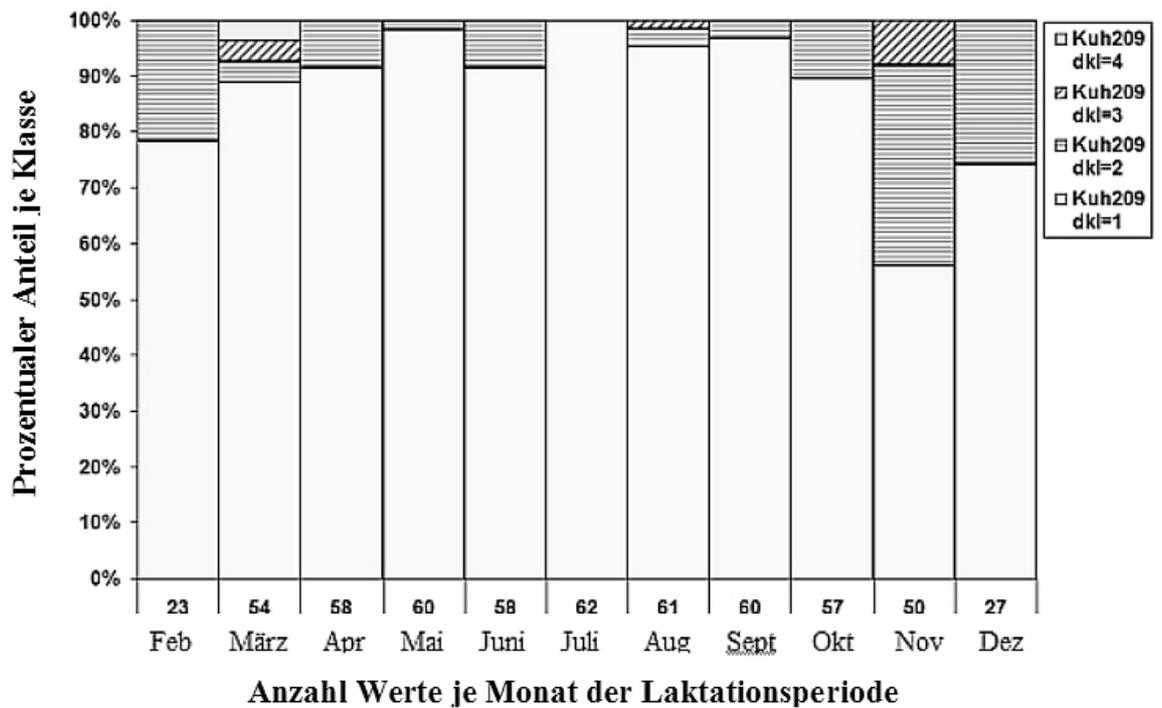


Abb. 32: Prozentualer Anteil maximaler Na⁺-Differenzen zwischen den Eutervierteln (Kuh 209)

4.1.4 Diskussion der Ergebnisse von Betrieb A

Die Verteilungen der Merkmale Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert wurde in Betrieb A untersucht (s. Absch. 4.1.1, S. 48). Aus den eigenen Untersuchungen geht hervor, dass eine nichtsymmetrische Verteilung der Daten vorliegt. Die geschätzten Mediane und ermittelten Ausreißer und Extremwerte sind für das ausgewertete Datenmaterial nachgewiesen worden. In der Literatur wird üblicherweise zur Beschreibung des mittleren Niveaus der Mittelwert angegeben. In die Mittelwerte gehen mit einem hohen Anteil Ausreißer und Extremwerte ein und verschieben damit die Mittelwerte nach oben. In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Beschreibung des Durchschnittsniveaus der Merkmale einerseits mit Box-Whisker-Plots und andererseits mit dem Median, da bei dieser Art der Beschreibung die Wichtung der Ausreißer und Extremwerte weniger gering ausfällt (Abb. 5 – 8, S. 48 – 50; Abb. 9 - 20, S. 51 – 56; Tab. 11, S. 58). Um jedoch eine Beurteilung der Ergebnisse im Bezug zur Literatur vornehmen zu können, wurden die Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse für den Vergleich mit den Mittelwerten der Literatur herangezogen. Vergleichswerte für den Median sind aus der Literatur nicht bekannt.

- Na^+ -, K^+ -Konzentrationen und die elektrische Leitfähigkeit im Vorgemelk

Für die Na^+ -, K^+ -Konzentrationen und die elektrische Leitfähigkeit im Vorgemelk treten Unterschiede zwischen den Eutervierteln jeder Kuh auf. Die Unterschiede verstärken sich, wenn eine Eutergesundheitsstörung auftritt. Die Änderung der Ionenkonzentration bestätigen die Untersuchungen von STREYER (1981), PEAKER (1971, a, b) und POST et al. (1960).

Die Na^+ -, K^+ -Konzentrationen und die elektrische Leitfähigkeit wurden im Untersuchungszeitraum betrachtet. Während der Laktationsperiode 2003 sind in den Monaten Mai bis Juli sehr hohe Luft-Temperaturen gemessen worden, diese hatten Einfluss auf das Wohlbefinden der Tiere. Deutlich gesteigerte Atemfrequenzen gaben Hinweise auf eine thermische Belastung. In den Monaten Mai bis Juli wurden für die untersuchten Merkmale Na^+ - und K^+ -Konzentration stark schwankende Werte im Vorgemelk der Euterviertel ermittelt.

Die Ergebnisse bestätigen sich nicht mit Literaturangaben. GRABOWSKI (2000) und GAUCHERON (2005) stellten für die Na^+ -Konzentration ein Sinken in den ersten Laktationswochen und ein anschließendes Steigen ab der zweiten Hälfte bis zum Ende der

Laktation auf Höhe der Ausgangswerte fest. Die K^+ -Konzentration verhält sich nach GRABOWSKI (2000) während einer Laktationsperiode, bei normaler Sekretion, umgekehrt proportional zur Na^+ -Konzentration. Die K^+ -Konzentration steigt nach der Kalbung bis zum ersten Drittel der Laktation an und fällt anschließend auf etwa Höhe der Anfangswerte. GAUCHERON (2005) ermittelt für die K^+ -Konzentration eine stetig abfallende Konzentration von Beginn bis Ende der Laktation.

- Zusammenhang zwischen Na^+ - und K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit

In der vorliegenden Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen der Na^+ - und K^+ -Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit untersucht (s. Absch. 4.1.2, S. 60). Zum einen wurde die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Na^+ - und K^+ -Konzentration untersucht und zum anderen die Veränderung der Na^+ -Konzentration bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} . Die Ergebnisse zeigen, dass die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit zu ca. 60 % ($B = 0,591$) von der Na^+ -Konzentration bestimmt wird, wenn eutergesundheitlich auffällig eingestufte Kühe in die Schätzung einbezogen werden (s. Tab. 14, S. 61). Werden nur eutergesundheitlich unauffällig eingestufte Kühe in die Untersuchung einbezogen verringert sich die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit auf nur 5 %. Die geringe Erklärbarkeit der Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit bei eutergesundheitlich unauffälligen Kühen lässt den Schluss zu, dass bei diesen Kühen die Schwankungen von Leitfähigkeit, Na^+ - und K^+ -Konzentration (Abb. 23, 24, S. 62) gering sind. Das Merkmal K^+ -Konzentration führt zu keiner weiteren Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes. Von fachlichem Interesse ist das Verhalten der Na^+ -Konzentration bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit. Mit der Zunahme der Leitfähigkeit steigt auch die Na^+ -Konzentration im Vormelk. Dies deckt sich mit Untersuchungen von CHARJAN et al. (2000), FUCHS und SEFFNER (1994) und MIELKE (1973).

- Gruppierung

Für die untersuchten Tiere ist eine Gruppierung vorgenommen worden. Diese Gruppierung basiert auf den geschätzten Regressionskoeffizienten und ihrer Konfidenzintervalle für den linearen Anstieg der Na^+ -Konzentration bei steigender elektrischer Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} (Abb. 28, S. 67). Im Ergebnis wurden 3 Tiergruppen aufgrund der Zunahme der Na^+ -Konzentration gebildet. Der Wechsel der

Tiere in andere Tiergruppen (Erkrankungen) ist im Verlauf der Laktationsperiode erkennbar. Sieht man von den Besonderheiten wie thermische Belastung in den Monaten Mai, Juni ab, kann die Tiergruppierung wie folgt eingeschätzt werden. Kühe die eine Zunahme der Na^+ -Konzentration bis 200 mg l^{-1} aufweisen, sind der Tiergruppe I zuzuordnen. Beträgt die Zunahme der Na^+ -Konzentration mehr als 200 und weniger als 400 mg l^{-1} sind die Kühe der Tiergruppe II zuzuordnen. Eine Zunahme der Na^+ -Konzentration von mehr als 400 mg l^{-1} , bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} , entspricht der Tiergruppe III. Ab dem Monat Juli (Schlauchwechsel) bis November liegen die Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk der Tiergruppe III in ähnlichen Bereichen über 400 mg l^{-1} . Die Zunahme der Na-Konzentration bei steigender elektrischer Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} liegen bei den Tiergruppen I („gesund“) in den Monaten Februar, März, April, Juli, August, Oktober, November unter 200 mg l^{-1} , bei Tiergruppe II („anfällig“) in den Monaten Februar, April, Juli, September – November zwischen 200 und 400 mg l^{-1} in den Monaten März und August unter 200 mg l^{-1} . Die Höhe der Na^+ -Konzentration in einem Bereich unter 1000 mg l^{-1} (Tab. 13, S. 60) und einer absoluten maximalen Differenz der Na^+ -Konzentration kleiner als 250 mg l^{-1} beschreibt eutergesundheitlich unauffällige „gesunde“ Kühe. Aus der Literatur sind keine vergleichbaren Untersuchungsergebnisse bekannt.

4.2 Betrieb B

4.2.1 Einfache statistische Datenanalyse der untersuchten Merkmale je Kategorie (DVG 2002) und Median-Test

Im Rahmen der Untersuchungen wurden an 18 Untersuchungstagen die Euterviertel der 28 Kühe (insgesamt $n = 2016$ Werte) den vier diagnostischen Kategorien der DVG 2002 (Tab. 1, S. 10) zugeordnet. Die statistischen Maßzahlen (Tab. 16) der Merkmale sind je diagnostische Kategorie der Eutergesundheit (DVG-Kategorien) dargestellt.

Tab. 16: Statistische Maßzahlen der untersuchten Merkmale je Kategorie der Eutergesundheit (DVG 2002)

DVG-Kategorie	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹)						
1 (gesund)	1112	466	185,698	427	205	2470
2 (unspezifisch)	461	601	404,689	516	205	6700
3 (latent)	189	423	163,975	406	205	2320
4 (krank)	98	754	561,593	520	249	2670
K⁺-Konzentration (mg l⁻¹)						
1 (gesund)	1176	1588	267,758	1570	371	3740
2 (unspezifisch)	471	1539	293,032	1550	518	2390
3 (latent)	202	1590	258,020	1565	682	2440
4 (krank)	97	1385	335,606	1420	611	2110
Cl⁻-Konzentration (mg l⁻¹)						
1 (gesund)	1218	854	176,296	840	444	1872
2 (unspezifisch)	494	1009	286,360	960	516	2388
3 (latent)	207	849	183,059	840	432	1548
4 (krank)	100	1135	428,233	996	600	2388
elektrischen Leitfähigkeit (mS cm⁻¹)						
1 (gesund)	1207	4,74	0,456	4,72	3,61	9,09
2 (unspezifisch)	492	5,20	0,743	5,12	3,78	9,00
3 (latent)	208	4,67	0,397	4,70	3,87	5,71
4 (krank)	102	5,41	1,273	4,97	4,04	9,26

Fortsetzung Tab. 16

DVG-Kategorie	n	\bar{x}	s	Median	X _{min}	X _{max}
pH-Wert						
1 (gesund)	1208	6,78	0,123	6,79	5,90	7,31
2 (unspezifisch)	493	6,82	0,178	6,81	5,73	7,55
3 (latent)	208	6,76	0,128	6,77	6,40	7,56
4 (krank)	102	6,90	0,272	6,84	6,54	8,04
Zellzahl (Anzahl Zellen ml⁻¹x 1000)						
1 (gesund)	1219	39	176	19	2	1.754
2 (unspezifisch)	498	793	286	298	3	1.0677
3 (latent)	208	28	183	17	2	308
4 (krank)	102	1230	428	438	10	5779

Für die erhobenen Merkmale sind nachstehend in den Abb. 33 – 38 die Mittelwerte und Mediane im Viertelvorgemelk für die diagnostischen Kategorien der Eutergesundheit graphisch dargestellt.

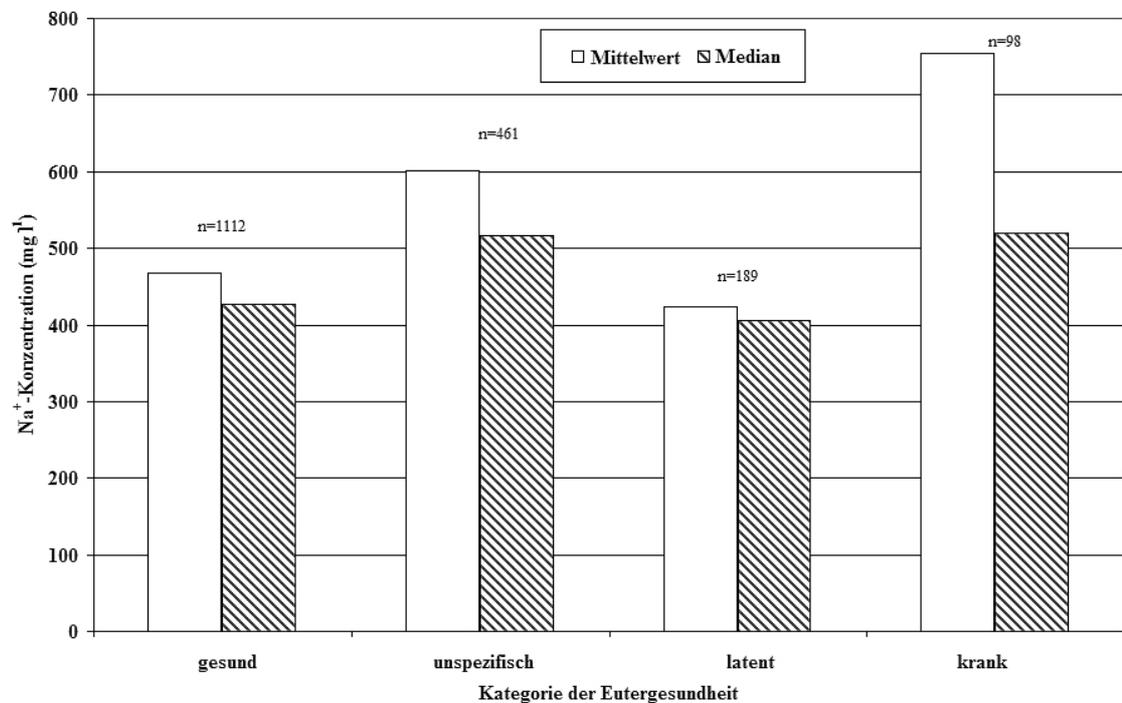


Abb. 33: Mittelwert und Median der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

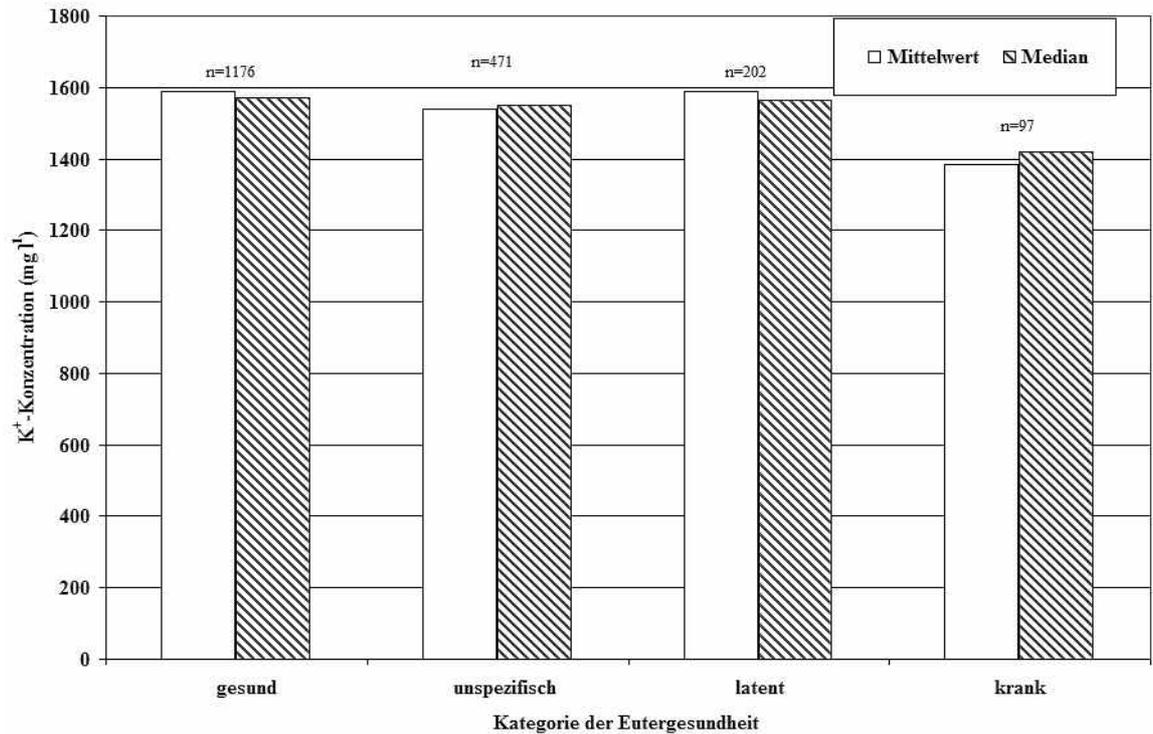


Abb. 34: Mittelwert und Median der K^+ -Konzentration (mg l^{-1}) im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

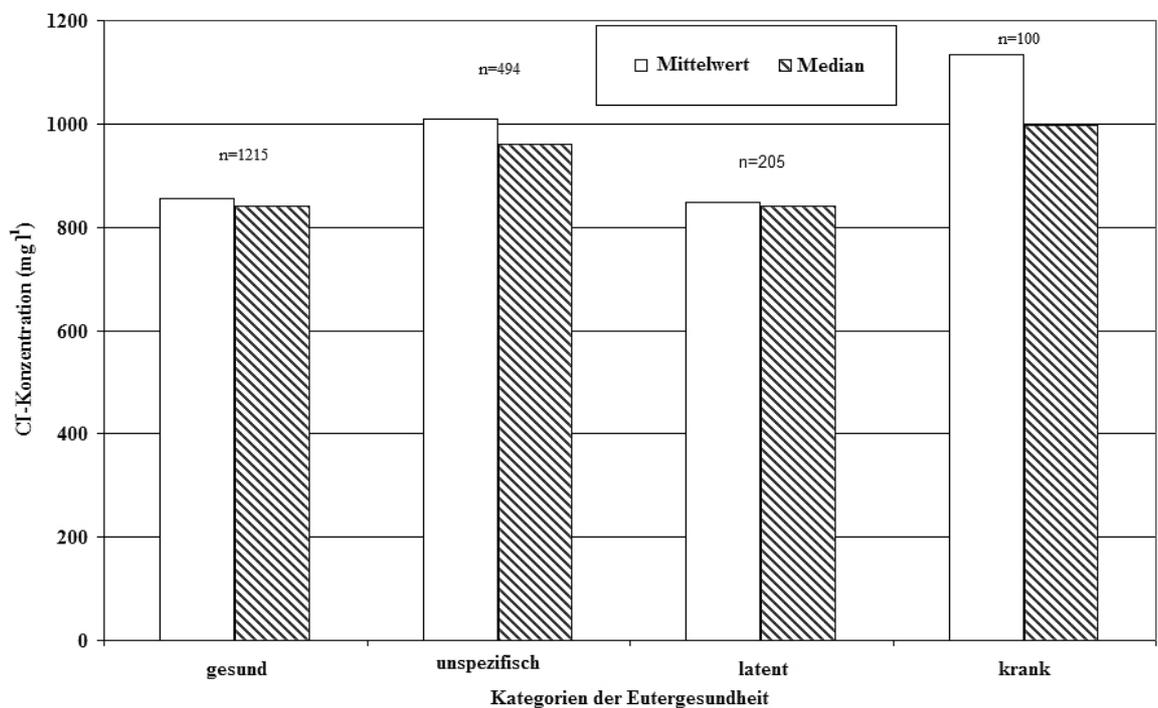


Abb. 35: Mittelwert und Median der Cl^- -Konzentration (mg l^{-1}) im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

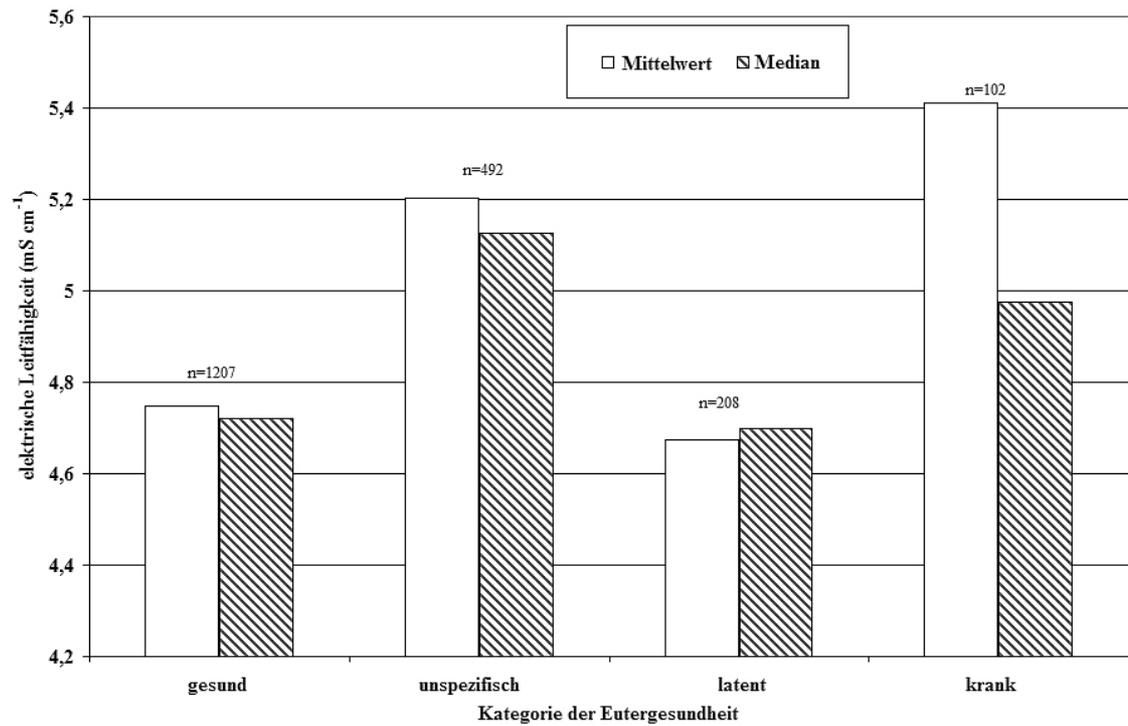


Abb. 36: Mittelwert und Median der elektrischen Leitfähigkeit (mS cm^{-1}) im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

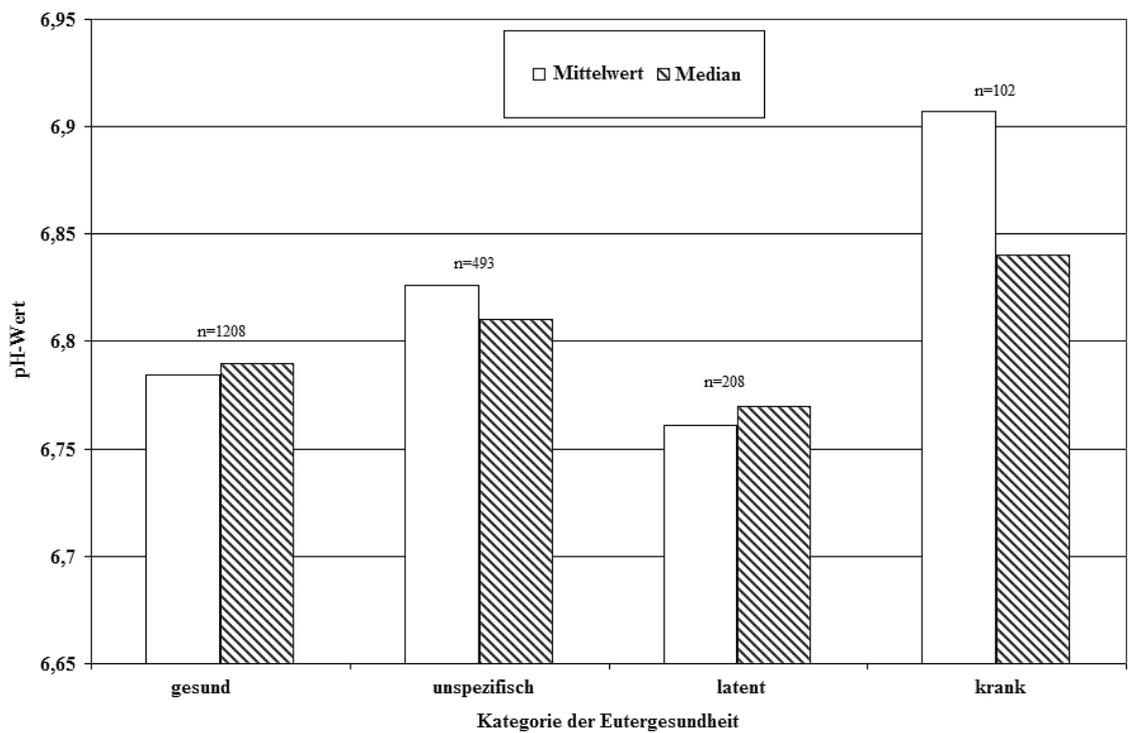


Abb. 37: Mittelwert und Median des pH-Wertes im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

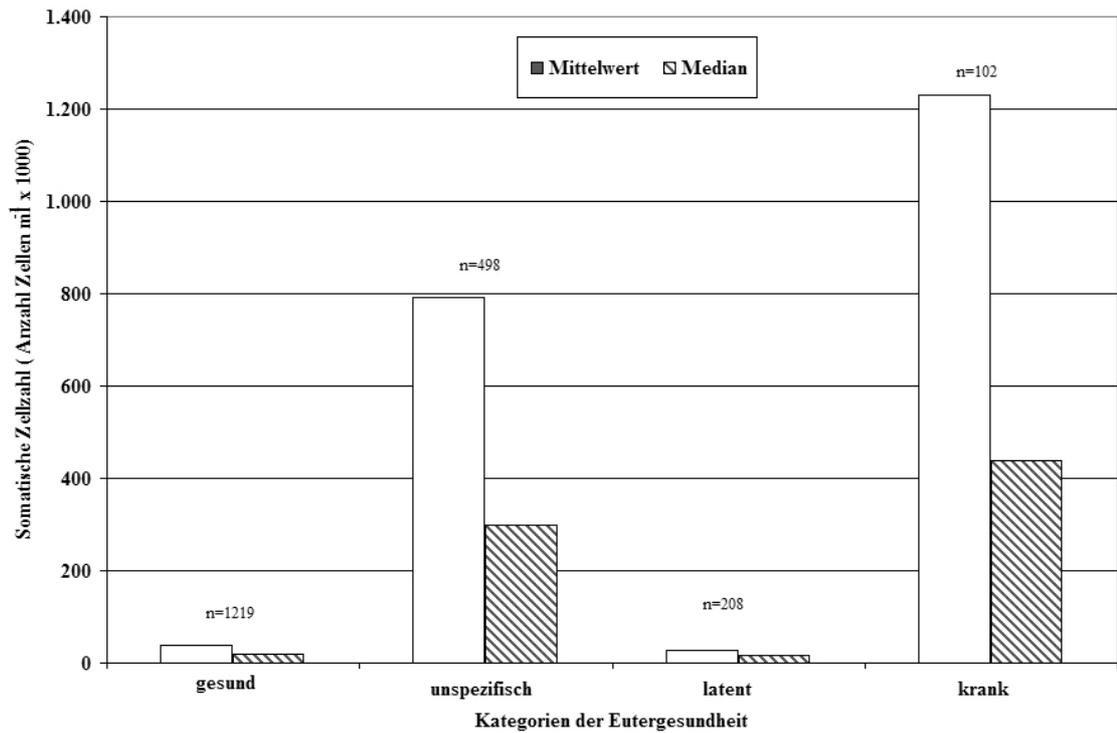


Abb. 38: Mittelwert und Median der Zellzahl im Viertelvorgemelk je Mastitis-Kategorisierung

Die dargestellten Mittelwerte und Mediane zeigen für die Merkmale Na^+ -, Cl^- -Konzentration und Zellzahl höhere Mittelwerte als Mediane in allen vier diagnostischen Kategorien. Am deutlichsten sind die Unterschiede in den Kategorien „unspezifisch“ und „krank“ für die Merkmale Na^+ -Konzentration und Zellzahl zu finden. Die Ergebnisse des paarweisen Vergleichs (einseitig) der DVG Kategorien sind je Merkmal für das Vorgemelk dargestellt (Tab. 17). Die Zeilen sind mit den Spalten verglichen.

Tab. 17: Einseitiger Median-Test der Merkmale zwischen den DVG-Kategorien je Merkmal im Vorgemelk (paarweiser Vergleich)

DVG-Kategorie	Merkmal								
	Na^+ (mg l^{-1})			K^+ (mg l^{-1})			Cl^- (mg l^{-1})		
	unspezi-fisch	latent	krank	unspezi-fisch	latent	krank	unspezi-fisch	latent	krank
gesund	sn	sh	sn	sh	ns	sh	sn	ns	sn
unspezifisch		sh	ns		ns	sh		sh	ns
latent			sn			sh			sn

Fortsetzung Tab. 17

DVG-Kategorie	Merkmal								
	LF (mS cm ⁻¹)			pH-Wert			ZZ (Zellen je ml ⁻¹)		
	unspezi- fisch	latent	krank	unspezi- fisch	latent	krank	unspezi- fisch	latent	krank
gesund	sn	ns	sn	sn	ns	sn	sn	ns	sn
unspezifisch		sh	ns		sh	sn		sh	ns
latent			sn			sn			sn

ns - nicht signifikant;

sn – signifikant niedriger bei $p \leq 5\%$; sh - signifikant höher bei $p \leq 5\%$;

Der Median der Merkmale Na⁺-, Cl⁻-Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Zellzahl in der Kategorie „gesund“ ist signifikant niedriger als der Median von „unspezifisch“ und „krank“ und signifikant höher als der Median der K⁺-Konzentration von „unspezifisch“ und „krank“. Der Median der Kategorie „unspezifisch“ ist signifikant höher als der Median der Kategorie „latent“ für die Merkmale K⁺-, Cl⁻-Konzentration, Leitfähigkeit, pH-Wert und Zellzahl. Der Median der Kategorie „latent“ ist signifikant niedriger als der Median der Kategorie „krank“ für die Merkmale Na⁺-, Cl⁻-Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Zellzahl. Nur im Merkmal Na⁺-Konzentration ist der Median der Kategorie „gesund“ signifikant höher als der Median der Kategorie „latent“. In den anderen Merkmalen ist kein Unterschied der Kategorien „gesund“ und „latent“ nachzuweisen.

4.2.2 Einfache statistische Datenanalyse der untersuchten Merkmale je Zellzahl-Gruppe und Median-Test

Im Rahmen der Untersuchungen wurden die insgesamt 2016 Datensätze (neben den vier diagnostischen Mastitis-Kategorien) in vier Gruppen der Zellzahl eingestuft (Tab. 10, S. 46). Je Merkmal wurden statistische Maßzahlen für die Gruppen der Zellzahlen (ZZ-Gruppen) geschätzt (Tab. 18).

Tab. 18: Statistische Maßzahlen der Merkmale je Gruppe der Zellzahl

Gruppe der Zellzahl	N	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹)						
ZZ-Gr. 1	1362	455	175,73	420	205	2470
ZZ-Gr. 2	129	557	193,81	514	210	1290
ZZ-Gr. 3	88	503	151,79	458	215	1020
ZZ-Gr. 4	278	761	575,29	603	205	6700
K⁺-Konzentration (mg l⁻¹)						
ZZ-Gr. 1	1449	1598	260,25	1580	371	3740
ZZ-Gr. 2	131	1569	276,44	1550	813	2860
ZZ-Gr. 3	88	1465	262,95	1495	518	1970
ZZ-Gr. 4	274	1422	333,61	1420	533	2250
Cl⁻-Konzentration (mg l⁻¹)						
ZZ-Gr. 1	1496	848	171,35	840	432	1680
ZZ-Gr. 2	142	979	218,08	924	528	1584
ZZ-Gr. 3	94	932	190,49	894	600	1440
ZZ-Gr. 4	285	1161	371,16	1092	552	2388
Elektrische Leitfähigkeit (mS cm⁻¹)						
ZZ-Gr. 1	1484	4,74	0,440	4,73	3,61	9,09
ZZ-Gr. 2	140	4,90	0,469	4,86	3,78	6,16
ZZ-Gr. 3	92	4,91	0,479	4,86	4,03	6,03
ZZ-Gr. 4	290	5,58	1,055	5,32	3,97	9,26
pH-Wert						
ZZ-Gr. 1	1485	6,773	0,126	6,79	5,73	7,56
ZZ-Gr. 2	140	6,803	0,145	6,81	6,40	7,26
ZZ-Gr. 3	93	6,799	0,143	6,79	6,52	7,14
ZZ-Gr. 4	290	6,921	0,214	6,88	6,54	8,04
Somatische Zellzahl (Anzahl Zellen je ml⁻¹ x 1000)						
ZZ-Gr. 1	1496	27	22,35	19	2	100
ZZ-Gr. 2	143	137	27,18	132	102	198
ZZ-Gr. 3	94	287	55,11	286	204	399
ZZ-Gr. 4	288	1684	1550	1189	402	10677

Für die erhobenen Merkmale sind nachstehend in den Abb. 39 – 43 die Mittelwerte und Mediane im Viertelvorgemelk für die Gruppen der Zellzahl graphisch dargestellt.

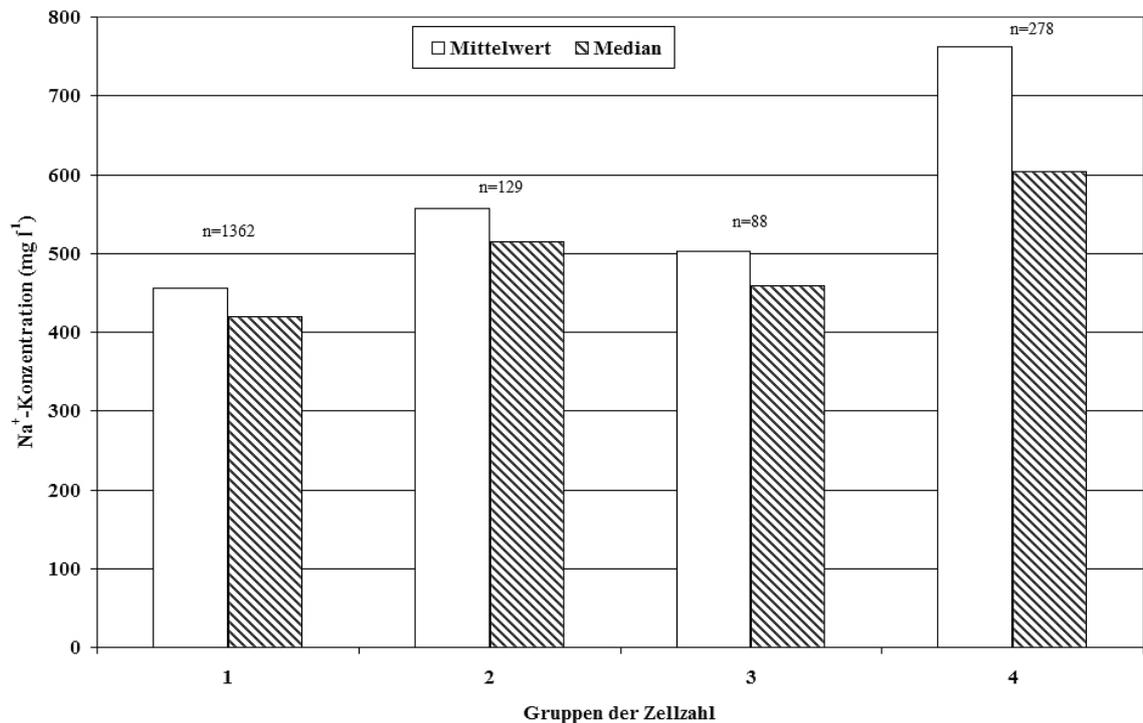


Abb. 39: Mittelwert und Median der Na⁺-Konzentration im Viertelvorgemelk sowie die Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl

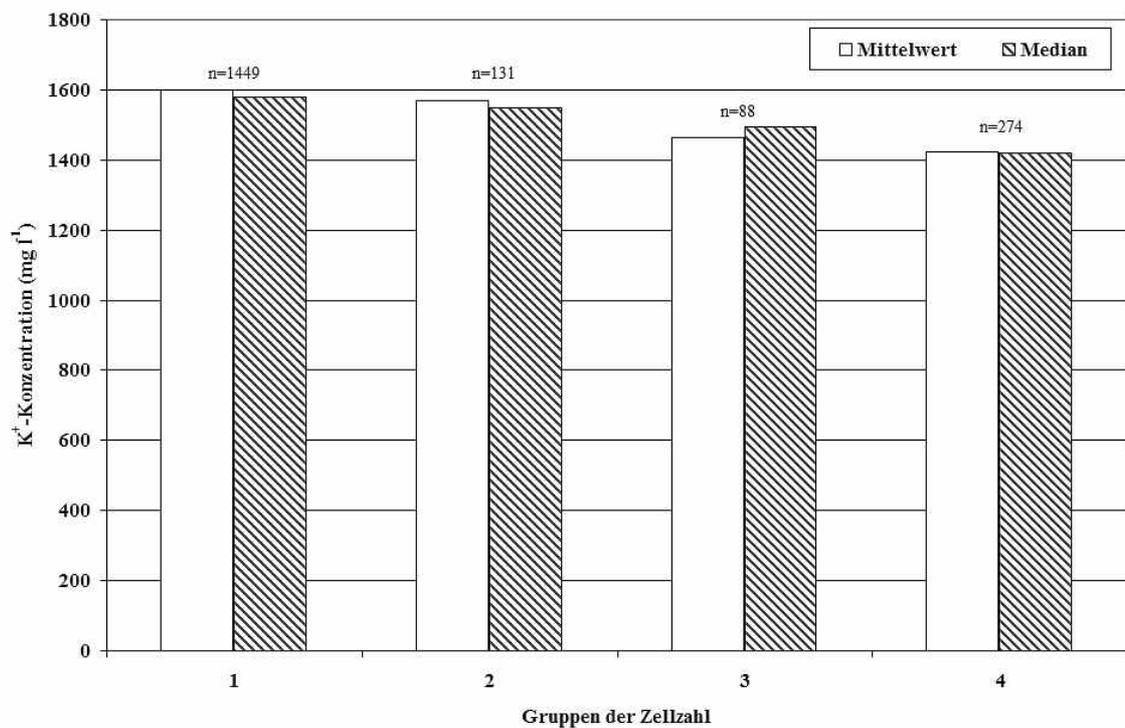


Abb. 40: Mittelwert und Median der K⁺-Konzentration im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl

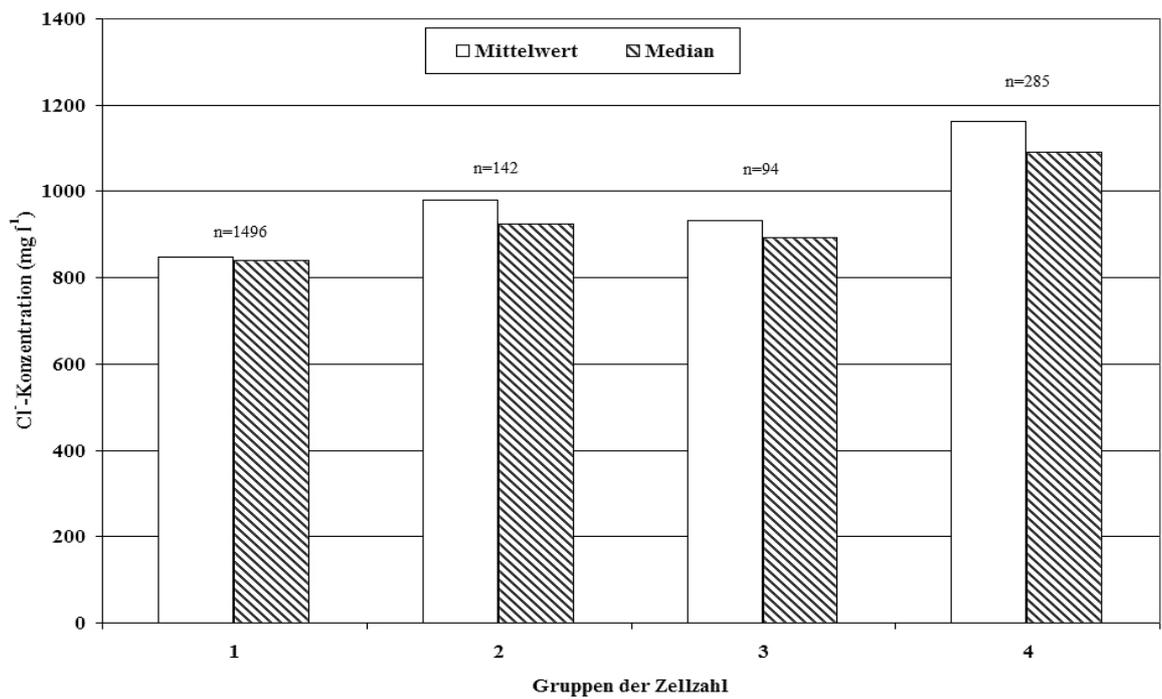


Abb. 41: Mittelwert und Median der Cl⁻-Konzentration im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl

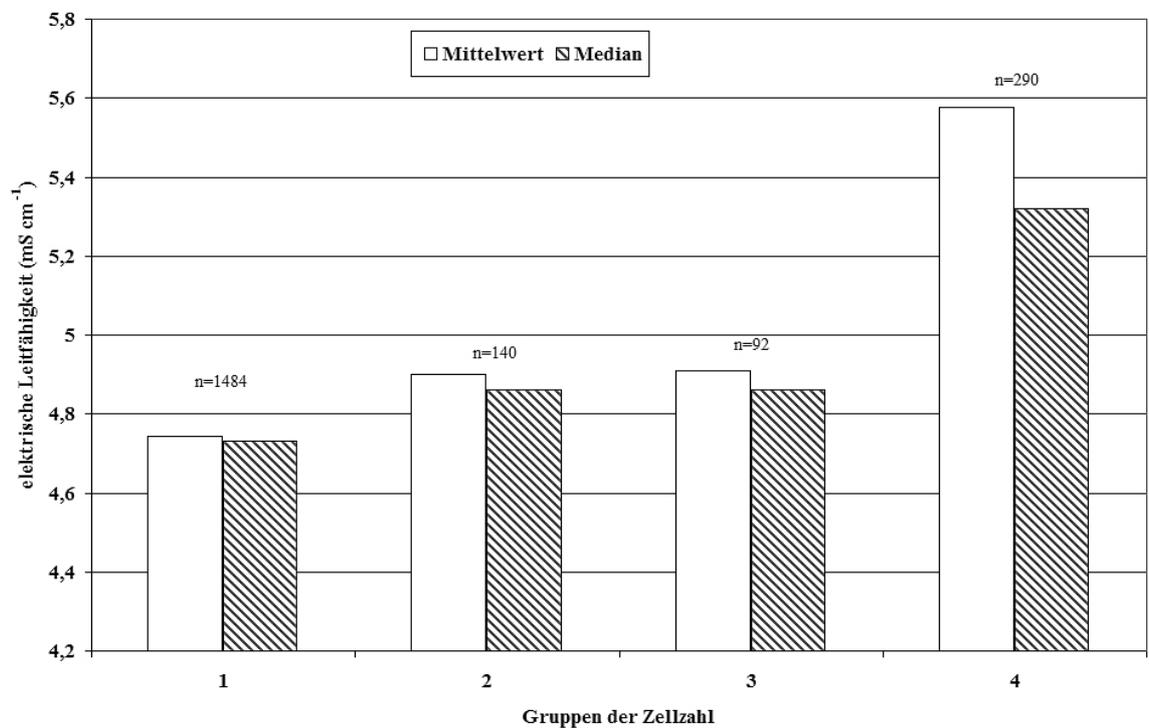


Abb. 42: Mittelwert und Median der elektrischen Leitfähigkeit im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl

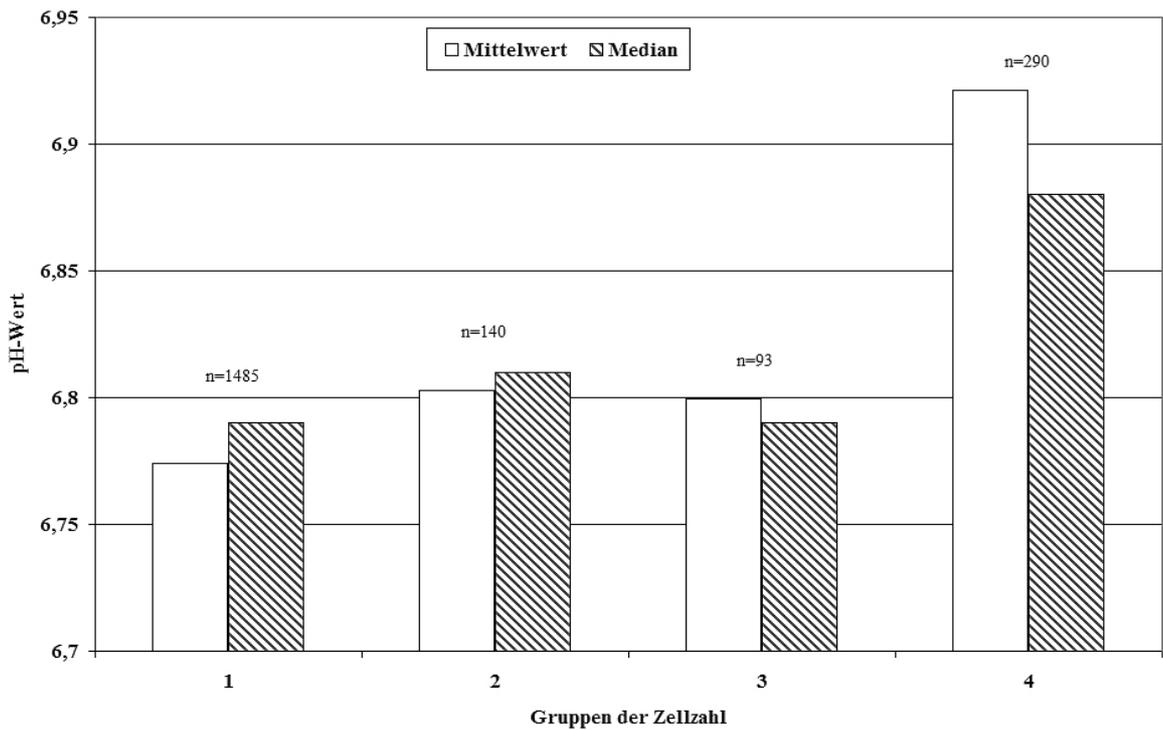


Abb. 43: Mittelwert und Median des pH-Wertes im Viertelvorgemelk und Anzahl untersuchter Proben je Gruppe der Zellzahl

Die dargestellten Mittelwerte für die Merkmale Na^+ , Cl^- -Konzentration und elektrische Leitfähigkeit sind höher wie die Mediane. Am deutlichsten sind die Unterschiede zwischen Median und Mittelwert in der Zellzahlgruppe 4 für die Merkmale Na^+ -Konzentration, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert zu finden.

Die Ergebnisse des einseitigen paarweisen Vergleichs (Median-Test) der Gruppen der Zellzahl je Merkmal ist für das Vorgemelk in Tab. 19 dargestellt.

Tab. 19: Einseitiger Median-Test zwischen den Gruppen der Zellzahl je Merkmal (paarweiser Vergleich)

ZZ- Gruppen	Merkmal								
	Na^+ (mg l^{-1})			K^+ (mg l^{-1})			Cl^- (mg l^{-1})		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	sn	sn	sn	ns	sh	sh	sn	sn	sn
2		ns	sn		sh	sh		ns	sn
3			sn			ns			sn

Fortsetzung Tab. 19

ZZ-Gruppe	Merkmal					
	LF (mS cm ⁻¹)			pH-Wert		
	2	3	4	2	3	4
1	Sn	sn	sn	ns	ns	sn
2		ns	sn		ns	sn
3			sn			sn

ns - nicht signifikant;

sn – signifikant niedriger bei $p \leq 5\%$; sh - signifikant höher bei $p \leq 5\%$;

Beim paarweisen Vergleich (einseitig) der Mediane der ZZ-Gruppen unterscheidet sich die ZZ-Gruppe 1 von der ZZ-Gruppe 2, 3 und 4 durch niedrigere Na⁺-, Cl⁻-Konzentration und Leitfähigkeit. Der Median der ZZ-Gruppe 1 ist für die K⁺-Konzentration signifikant höher als die Mediane der ZZ-Gruppe 3 und 4 und signifikant niedriger als die ZZ-Gruppe 4 im Merkmal pH-Wert. Der Median der ZZ-Gruppe 2 ist signifikant niedriger als der Median der ZZ-Gruppe 4 für die Merkmale Na⁺-, Cl⁻-Konzentration, Leitfähigkeit und pH-Wert und signifikant höher in den ZZ-Gruppen 3 und 4 für die K⁺-Konzentration. Der Median der ZZ-Gruppe 3 ist signifikant niedriger als der Median der ZZ-Gruppe 4 für die Merkmale Na⁺-, Cl⁻-Konzentration, Leitfähigkeit und pH-Wert. Ein Unterschied der Mediane zwischen den ZZ-Gruppen 1 und 2 sowie 3 und 4 sind im Merkmal K⁺-Konzentration nicht nachweisbar. Für die Mediane der ZZ-Gruppe 1 im Merkmal pH-Wert ist kein Unterschied zu den Medianen der ZZ-Gruppe 2 und 3 feststellbar. Unterschiede im Median der ZZ-Gruppe 2 zur ZZ-Gruppe 3 ist für die Merkmale Na⁺-, Cl⁻-Konzentration, Leitfähigkeit und pH-Wert nicht nachweisbar.

4.2.3 Häufigkeitsanalyse der Na⁺-Konzentration und Bildung neuer Tiergruppen

Für die Häufigkeitsanalyse sind für die Na⁺-Konzentration Klassen (Klassenbreiten 200 mg l⁻¹) gebildet worden. Die Häufigkeiten sind für die Na⁺-Konzentration je Kuh (Tab. 20) dargestellt.

Tab. 20: Häufigkeiten (n) und prozentuale Häufigkeit der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) je Kuh

Kuh	Klassen								
	2	3	4	5	6	7	8	9	5 – 9
	>200- 400	>400- 600	>600- 800	>800- 1000	>1000- 1200	>1200- 1400	>1400- 1600	> 1600	(%)
34	28	37	3	-	-	-	-	-	-
35	18	22	15	7	6	1	1	2	23 %
63	25	36	5	1	1	-	-	1	3 %
92	-	39	22	-	-	-	-	3	5 %
120	5	34	21	9	3	-	-	-	17 %
122	23	37	8	-	-	-	-	-	-
149	6	37	16	3	2	1	-	1	10 %
205	28	31	8	1	-	-	-	2	5 %
215	13	29	7	2	1	2	2	13	30 %
228	-	23	39	6	-	-	-	-	-
241	38	30	-	-	-	-	-	-	-
244	34	30	4	-	-	-	-	-	-
249	24	38	6	-	-	-	-	-	-
253	10	43	8	3	-	-	-	-	-
289	36	25	5	2	-	-	-	-	-
336	36	25	2	-	-	-	-	-	-
344	23	28	5	6	3	1	-	2	20 %
363	8	43	13	1	-	1	-	-	3 %
380	39	21	5	4	-	1	-	-	7 %
381	12	36	11	1	-	-	-	-	2 %
396	27	36	6	1	-	-	-	-	2 %
431	42	22	3	1	-	-	-	-	1 %
457	28	26	5	3	3	-	-	-	10 %
475	45	19	4	2	-	-	-	-	3 %
502	24	38	4	-	1	-	-	-	1 %
515	12	34	4	7	7	1	-	2	25 %
584	18	44	7	2	-	-	-	1	4 %
599	21	38	14	3	-	-	-	-	4%

Im Ergebnis der Häufigkeitsanalyse erfolgt die Bildung neuer Tiergruppen mit Hilfe der Na^+ -Konzentration unter Auszählung der Anzahl Messwerte über 800 mg l^{-1} .

Kühe, die im Verlauf der Untersuchungsperiode keinen oder nur einen Na^+ -Konzentrationsmesswert über 800 mg l^{-1} aufwiesen, sind der Tiergruppe I zugeordnet. Kühe mit 2 - 4 Messwerten über 800 mg l^{-1} werden der Tiergruppe II und Kühe mit 5 - 7 Messwerten über 800 mg l^{-1} werden der Tiergruppe III zugeordnet. Liegen mehr als 7 Werte über 800 mg l^{-1} werden die Kühe in die Tiergruppe IV eingestuft (Tab. 21).

Tab. 21: Gruppierung der Kühe nach Na^+ -Konzentration über 800 mg l^{-1}

Tier- gruppe	Anzahl Na^+- Konzentration über 800 mg l^{-1}	Kühe
I	0 - 1	34, 122, 228, 241, 244, 249, 336, 381, 396, 431, 502
II	2 - 4	63, 92, 205, 253, 289, 363, 475, 584, 599
III	5 - 7	149, 380, 457
IV	> 7	35, 120, 215, 344, 515

4.2.4 Präzisierung der Tiergruppenbildung mit Hilfe des Merkmals „maximale Differenz der Na^+ -Konzentration“

Im Folgenden werden die maximalen Differenzen der Na^+ -Konzentration je Tiergruppe I bis IV dargestellt (Abb. 44 – 47). Für das Merkmal „maximale Differenzen“ wurde eine Häufigkeitsanalyse mit 4 Klassen (Tab. 15, S. 68) je Tiergruppe (Tab. 24 – 27) gebildet.

Tiergruppe I

Die ermittelten maximalen Differenzen (Abb. 48) der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk der Tiergruppe I (Tab. 22) zeigen bis auf wenige Ausnahmen Werte unter 250 mg l^{-1} (96 %).

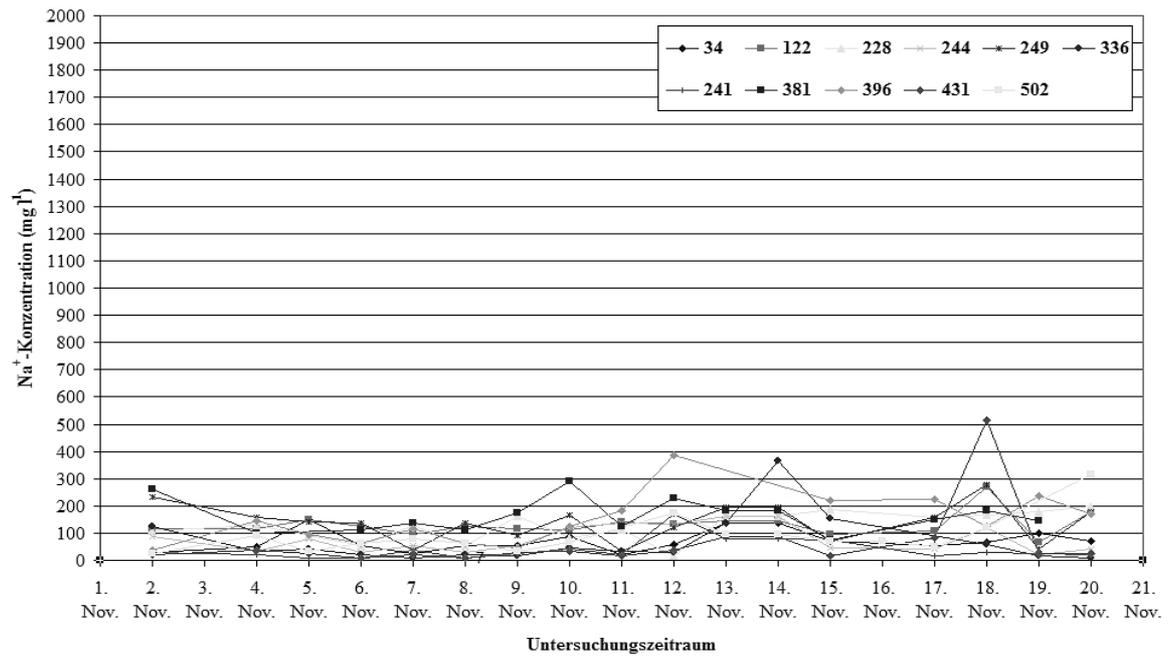


Abb. 44: Maximale Differenzen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe I

Tab. 22: Anzahl maximaler Differenzen der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) für die Tiergruppe I

Kuh	Anzahl maximaler Differenzen				Gesamt
	< 250	>250 - 500	>500 - 1000	> 1000	
34	17	Keine	Keine	Keine	17
122	16	Keine	Keine	Keine	16
228	17	Keine	Keine	Keine	17
241	17	Keine	Keine	Keine	17
244	17	Keine	Keine	Keine	17
249	16	1	Keine	Keine	17
336	15	1	Keine	Keine	16
381	13	2	Keine	Keine	15
396	14	1	Keine	Keine	15
431	16	Keine	1	Keine	17
502	15	1	Keine	Keine	16
	173	6	1	-	180
	96 %	3 %	1 %	-	100 %

Tiergruppe II

Die ermittelten maximalen Differenzen der Na⁺-Konzentration (Abb. 45) im Vorgemelk der Tiergruppe II (Tab. 23) zeigen 61 % unter 250 mg l⁻¹ und 90 % unter 500 mg l⁻¹.

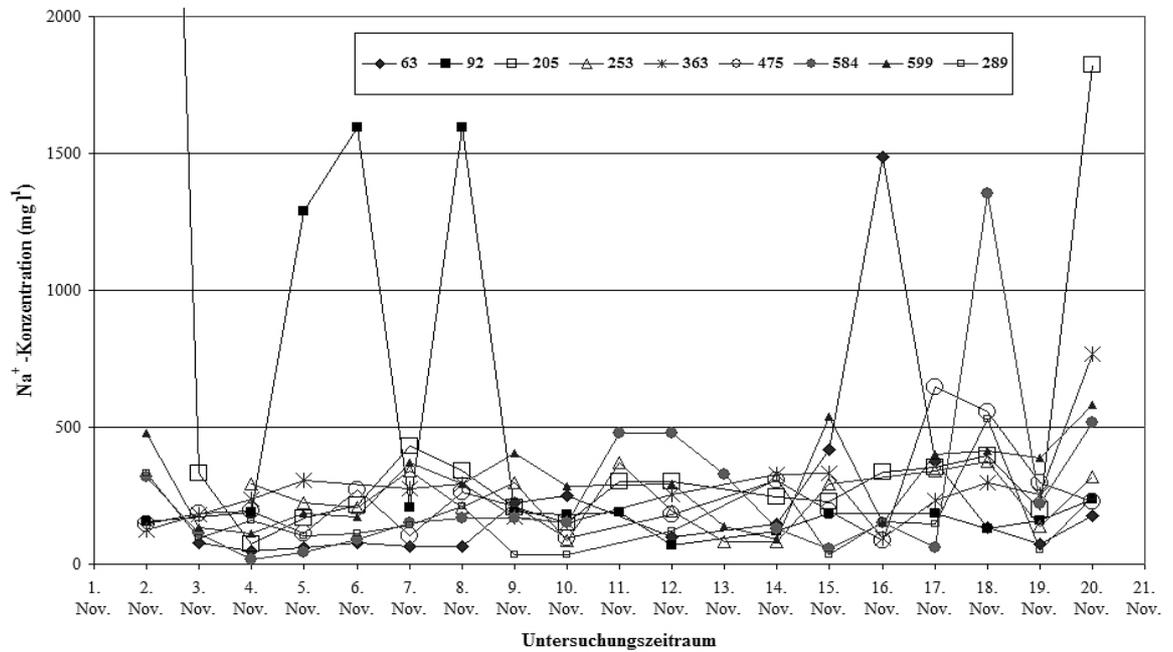


Abb. 45: Maximale Differenzen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe II

Tab. 23: Anzahl maximaler Differenzen der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) für die Tiergruppe II

Kuh	Anzahl maximaler Differenzen				Gesamt
	≤ 250	>250 - 500	> 500 - 1000	> 1000	
63	13	2	Keine	1	16
92	13	Keine	Keine	3	16
205	8	8	Keine	2	18
253	8	8	Keine	Keine	16
289	14	2	1	Keine	17
363	7	8	1	Keine	16
475	11	4	2	Keine	17
584	13	4	1	1	19
599	7	9	2	Keine	18
	94	45	7	7	153
	61 %	29 %	5 %	5 %	100 %

Tiergruppe III

Die maximalen Differenzen der Na⁺-Konzentration (Abb. 50) im Vorgemelk je Euterviertel für die Tiergruppe III (Tab. 24) zeigen bis auf wenige Ausnahmen viele Werte unter 500 mg l⁻¹ (81 %).

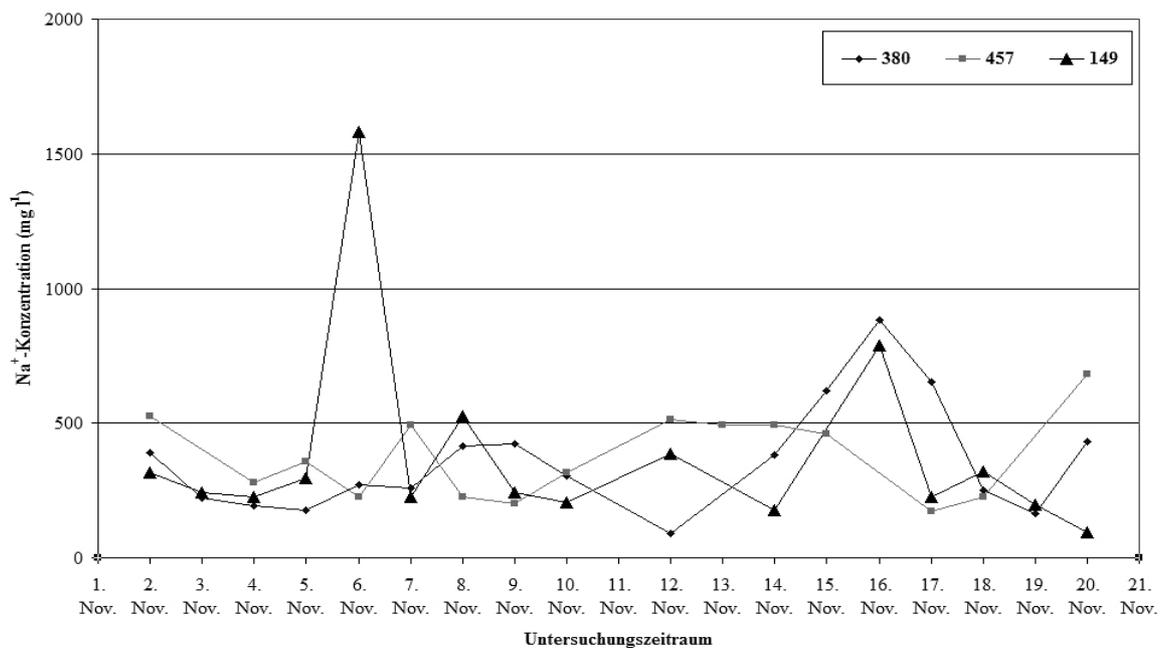


Abb. 46: Maximale Differenzen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk für die Tiergruppe III

Tab. 24: Anzahl maximaler Differenzen der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) für die Tiergruppe III

Kuh	Anzahl maximaler Differenzen				Gesamt
	≤ 250	> 250 - 500	> 500 - 1000	> 1000	
380	5	9	3	Keine	17
457	5	7	3	Keine	15
149	9	4	2	1	16
	19	20	8	1	48
	39,6 %	41,7 %	16,7 %	2 %	100 %

Tiergruppe IV

Die maximalen Differenzen der Na⁺-Konzentration im Vormelk liegen in der Tiergruppe IV (Tab. 25) zu 17 % unter 250 mg l⁻¹ zu 39 % unter 500 mg l⁻¹ und zu 61 % über 500 mg l⁻¹.

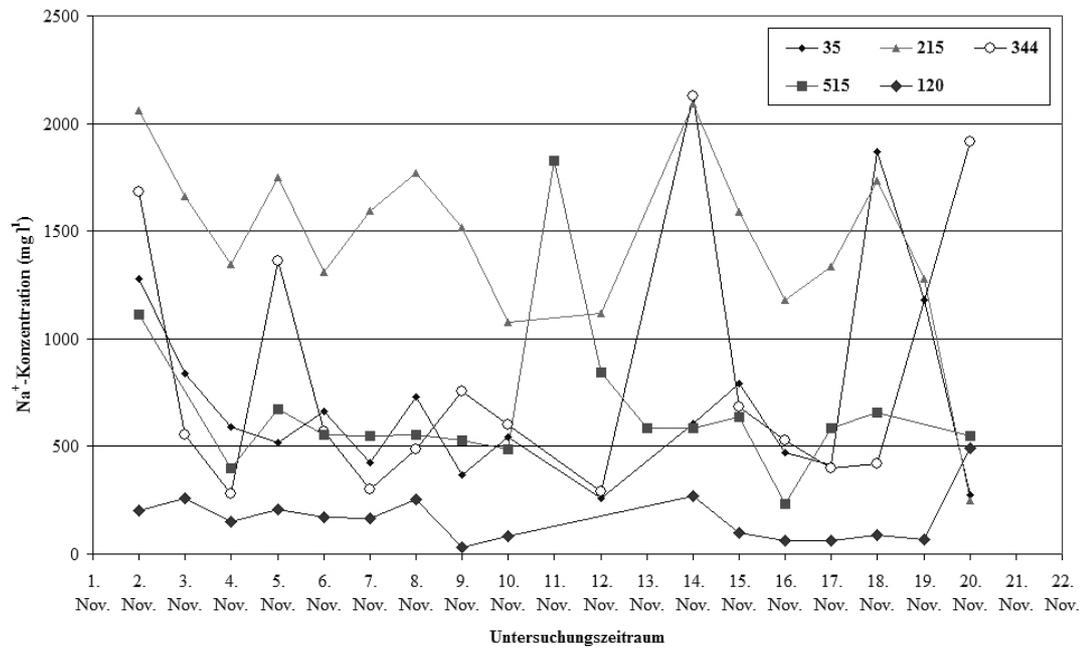


Abb. 47: Maximale Differenzen der Na⁺-Konzentration im Vormelk für die Tiergruppe IV

Tab. 25: Anzahl maximaler Differenzen der Na⁺-Konzentration (mg l⁻¹) für die Tiergruppe IV

Kuh	Anzahl maximaler Differenzen				Gesamt
	≤ 250	> 250 - 500	> 500 - 1000	> 1000	
35	Keine	6	8	3	17
120	12	4	Keine	Keine	16
215	1	Keine	Keine	16	17
344	Keine	6	6	4	16
515	1	2	12	2	17
	14	18	26	25	83
	17 %	22 %	31 %	30 %	100 %

4.2.5 Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration und elektrischer Leitfähigkeit

Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von den Merkmalen Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration

Die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk bei Änderung der Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration wurde mit Hilfe der Regressionsanalyse (s. Absch. 3.2.3, S. 46) untersucht. Es wurden lineare Regressionsfunktionen (1), (3) und (4) geschätzt und das Bestimmtheitsmaß (B) zur Bestimmung der Güte der Anpassung ermittelt. Die Ergebnisse des schrittweisen Aufbaus der Regressionsfunktion sind je Tiergruppe (Tab. 26) dargestellt.

Tab. 26: Schrittweiser Aufbau der Regressionsfunktionen der Tiergruppen I, II, III, IV

Tiergruppe	n	a	b_{Na^+}	b_{Cl^-}	b_{K^+}	B %	Funktion
I	702	4,49	0,0007*			3 %	
II	578	4,13	0,0015*			25 %	(1)
III	188	4,27	0,0011*			18 %	
IV	248	4,17	0,0017*			46 %	
I	702	4,13	0,0006*	0,0005*		7 %	
II	578	3,04	0,0009*	0,0016*		54 %	(3)
III	188	3,23	0,0004*	0,0015*		53 %	
IV	248	2,91	0,0007*	0,0018*		69 %	
I	702	4,20	0,0006*	0,0005*	<0,0000 ^{ns}	7 %	
II	578	2,90	0,0009*	0,0016*	0,0001 ^{ns}	54 %	(4)
III	188	3,59	0,0004*	0,0015*	-0,0002*	54 %	
IV	248	3,04	0,0006*	0,0018*	-0,0001 ^{ns}	69 %	

* der Regressionskoeffizient ist signifikant von Null verschieden ($p \leq 5\%$)

^{ns} – nicht signifikant

Die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit wird durch die geschätzte Funktion (1) zu 25 % für die Tiergruppen II, 18 % für Tiergruppe III und 46 % für Tiergruppe IV erklärt. Mit Hinzunahme des Merkmals Cl^- -Konzentration als Einflussgröße (Funktion (3)) steigt das Bestimmtheitsmaß B der Tiergruppe IV auf 69 %. Wird das Merkmal K^+ -Konzentration als dritte Variable in die Regressionsfunktion einbezogen, wird die

Erklärbarkeit der Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit je Gruppe nicht erhöht. Die Ergebnisse aus Tab. 26 zeigen für die Tiergruppe I („gesund“), dass die elektrische Leitfähigkeit unwesentlich durch die geschätzten Funktionen (1), (3) und (4) erklärt wird.

Die Ergebnisse des schrittweisen Aufbaus der Regressionsfunktion über alle Tiergruppen zeigt für die Funktion (1) ein Bestimmtheitsmaß von 30,8 % und für die Tiergruppe II – IV, ohne die „gesunden“ Kühe ein B von 38,8 % (Tab. 27). Die Bestimmtheit erhöht sich auf 49,3 % (Tiergruppen I – IV) und 63,0 % (Tiergruppen II – IV) wenn die Cl⁻-Konzentration als Einflussgröße in die Schätzung einbezogen wird. Eine weitere Erhöhung der Bestimmtheit wird durch Hinzunahme der K⁺-Konzentration als Einflussgröße nicht erreicht.

Tab. 27: Bestimmtheitsmaße der geschätzten Funktionen (1), (3) und (4)

Tiergruppen	B_{Na^+}	B_{Na^+,Cl^-}	B_{Na^+,Cl^-,K^+}
I – IV	30,8	49,3	49,5
II – IV	38,8	63,0	63,0

Veränderung der Na⁺-Konzentration bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit

Von fachlichem Interesse ist die Veränderung der Na⁺-Konzentration im Vormelk bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit um 1 mS cm⁻¹ die mit Hilfe der Funktion (5) S. 47 ermittelt wird. Die Regressionskoeffizienten und ihre Konfidenzintervalle sind für die Tiergruppen I bis IV dargestellt in Abb. 48.

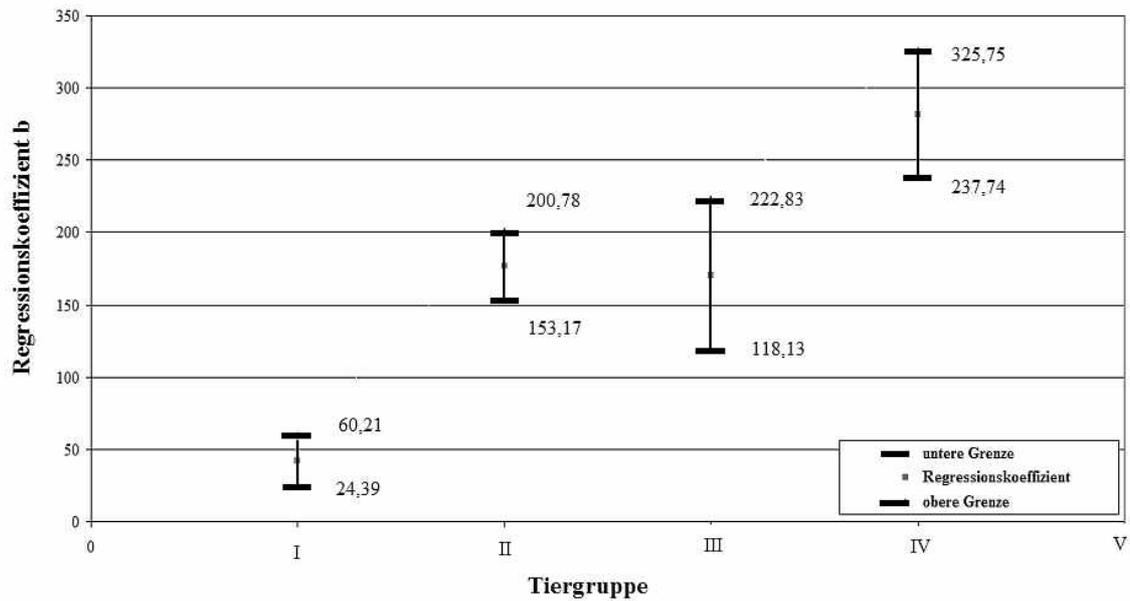


Abb. 48: Regressionskoeffizienten und Konfidenzintervalle der Na^+ -Konzentration bei steigender elektrischer Leitfähigkeit je Tiergruppe I - IV

Die Konfidenzintervalle in Tiergruppe IV überschneiden die Konfidenzintervalle in der Tiergruppe I, II und III nicht. Die Tiergruppen I und IV unterscheiden sich signifikant von den Tiergruppen II und III. Hingegen überschneidet das Konfidenzintervall der Tiergruppe II das in Tiergruppe III, d.h. Unterschiede der Regressionskoeffizienten sind nicht nachzuweisen. Wie in Betrieb A steigt die Na^+ -Konzentration bei Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} nur schwach (unter 60 mg l^{-1}) in der Tiergruppe I („gesund“) und stark (über 240 mg l^{-1}) in der Tiergruppe IV („krank“).

4.2.6 Diskussion der Ergebnisse von Betrieb B

Die Verteilungen der Merkmale Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Anzahl somatischer Zellen wurde in Betrieb B untersucht. Aus den eigenen Untersuchungen geht hervor, dass eine nichtsymmetrische Verteilung der Daten vorliegt. Die geschätzten Mediane und ermittelten Ausreißer und Extremwerte sind für das ausgewertete Datenmaterial nachgewiesen worden. In der Literatur wird üblicherweise zur Beschreibung des mittleren Niveaus der Mittelwert angegeben. In die Mittelwerte gehen mit einem hohen Anteil Ausreißer und Extremwerte ein und verschieben damit die Mittelwerte nach oben. In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Beschreibung des Durchschnittsniveaus der Merkmale mit dem

Median, da bei dieser Art der Beschreibung die Wichtung der Ausreißer und Extremwerte weniger gering ausfällt (Tab. 16, S. 74). Um jedoch eine Beurteilung der Ergebnisse im Bezug zur Literatur vornehmen zu können, wurden die Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse für den Vergleich mit den Mittelwerten der Literatur herangezogen. Vergleichswerte für den Median sind aus der Literatur nicht bekannt.

- Datenanalyse der untersuchten Merkmale je DVG-Kategorie und Median-Test
Die untersuchten Merkmale sind Merkmale zur Quantifizierung der Eutergesundheit, die in vier diagnostische Gesundheitskategorien einsortiert wurden. Die geschätzten Mediane für die Kategorien der Eutergesundheit „gesund“ und „krank“ sind nachfolgend angegeben (Tab. 28).

Tab. 28: Geschätzte Mediane der DVG-Mastitis-Kategorien „gesund“ und „krank“

Merkmal	Geschätzte Mediane	
	„gesund“	„krank“
Na ⁺ (mg l ⁻¹)	427	520
K ⁺ (mg l ⁻¹)	1570	1420
Cl ⁻ (mg l ⁻¹)	840	996
LF (mS cm ⁻¹)	4,72	4,97
pH-Wert	6,79	6,84

FERNANDO et al. (1985) untersuchte an 75 Kühen die Na⁺-, K⁺-, Cl⁻-Konzentration und elektrische Leitfähigkeit im Vorgemelk und ermittelte für gesunde Milchdrüsen im Vorgemelk einen Mittelwert für die Na⁺-Konzentration von 420 ± 120 mg l⁻¹. In den eigenen Ergebnissen wurde ein höherer Mittelwert (466 ± 185 mg l⁻¹) für gesunde Euterviertel ermittelt. MIELKE (1973), der osmotisch-aktive Substanzen fraktioniert gewonnener Milch der Zisterne und Alveolare gesunder und kranker Euterviertel untersuchte, ermittelte in der Zisternenmilch gesunder Euterviertel Mittelwerte von 350 mg l⁻¹ für Na⁺, 1570 mg l⁻¹ für K⁺, 1000 mg l⁻¹ für Cl⁻, 5,9 mS cm⁻¹ für die elektrische Leitfähigkeit und 6,5 für den pH-Wert. Für kranke Euterviertel ermittelt MIELKE (1973) in der Zisternenmilch Mittelwerte von 1260 mg l⁻¹ für Na⁺, 1000 mg l⁻¹ für K⁺, 1770 mg l⁻¹ für Cl⁻, 8,1 mS cm⁻¹ für die elektrische Leitfähigkeit und 6,7 für den pH-Wert. Die Mittelwerte und die Mediane gesunder Euterviertel waren in den

Untersuchungsergebnissen für die Merkmale Na^+ -Konzentration, pH-Wert im Vergleich zu den Mittelwerten von MIELKE (1973) höher. Die Merkmale Cl^- -Konzentration und LF waren niedriger. Für kranke Euterviertel wurden im Vergleich zu den Mittelwerten von MIELKE (1973) in den eigenen Untersuchungen höhere Mittelwerte und Mediane für die Merkmale K^+ und pH-Wert und niedrigere für die Merkmale Na^+ , Cl^- und LF ermittelt. Der für das Vorgemelk ermittelte Median (840 mg l^{-1}) und Mittelwert (854 mg l^{-1}) für die Cl^- -Konzentration fällt in die von GAUCHERON (2005), WIEDEMANN et al. (2003) und RENNER (1982) ermittelten Referenzbereiche für das gesamte Gemelk.

ANACKER und HUBRICH (2006) untersuchten Viertelgemelkproben von Frischkalbern der 1. Laktation und ermittelten signifikant höhere Leitfähigkeitswerte, für die Merkmale Na^+ - und Cl^- -Konzentration bei bakteriologisch positiven Eutervierteln gegenüber bakteriologisch negativen Eutervierteln. Im Vorgemelk gesunder Euterviertel geben ANACKER und HUBRICH (2006) für die elektrische Leitfähigkeit einen Referenzbereich von $4,72 - 5,9 \text{ mS cm}^{-1}$ an. Der Mittelwert ($4,74 \text{ mS cm}^{-1}$) und Median ($4,72 \text{ mS cm}^{-1}$) der Untersuchungsergebnisse für die elektrische Leitfähigkeit wird mit dem Referenzbereich von ANACKER und HUBRICH (2006) hingegen nicht mit dem Referenzbereich von $4,83 - 9,01 \text{ mS cm}^{-1}$ von ISAKKSON et al. (1987) und dem Mittelwert $5,08 \pm 0,17$ von HAMANN und GYODI (1999).

Die ermittelten Mediane von 6,79 („gesund“) und 6,4 („krank“) für das Merkmal pH-Wert fallen in die Referenzwerte die GAUCHERON (2005) mit Mittelwerten in einem Bereich zwischen $6,63 - 6,98$, ZAHMT (1998) in einem Bereich zwischen $6,6 - 6,8$ und SCHALM et al. (1981) in einem Bereich zwischen $6,4 - 6,8$ angeben. Die Angaben von GRABOWSKI (2000) und HASSMANN und SCHULZ (1983) liegen mit den Wertebereich im Mittel zwischen $6,6 - 6,7$ bzw. $6,5 - 6,7$ für gesunde Euterviertel geringfügig unter den eigenen Ergebnissen.

- Gegenüberstellung diagnostische Gesundheitskategorien und ZZ-Gruppen

Eine Gegenüberstellung der diagnostischen Kategorien der Eutergesundheit und der ZZ-Gruppen für das Merkmal Na^+ -Konzentration ist in Tab. 29 dargestellt.

Tab. 29: Gegenüberstellung der Mediane der Na⁺-Konzentration für die Beurteilungskriterien Kategorien der Eutergesundheit und die ZZ-Gruppen

DVG-Kategorien	Na ⁺ (mg l ⁻¹)	ZZ-Gruppe (Anzahl Zellen je ml ⁻¹)	Na ⁺ (mg l ⁻¹)
„gesund“	427	ZZ-Gr. 1 (< 100.000)	420
„latent“	406	ZZ-Gr. 2 (100.000 - 200.000)	514
„unspezifisch“	516	ZZ-Gr. 3 (200.000 - 400.000)	458
„krank“	520	ZZ-Gr. 4 (> 400.000)	603

Die Mediane der DVG-Kategorien „gesund“ und „latent“ entsprechen etwa dem Median der ZZ-Gruppe 1. die Kategorie „unspezifisch“ und „krank“ entsprechen annähernd den Medianen der ZZ-Gruppen 2 und 3. Die ZZ-Gruppe 4 weist einen noch höheren Median in der Na⁺-Konzentration als die DVG Kategorie „krank“ auf.

Ein Anstieg der Na⁺-Konzentration (Tab. 28, S. 94) sowie Cl⁻-Konzentration und elektrische Leitfähigkeit (Tab. 18, S. 80) ist ab einer Zellzahl > 100.000 Zellen in den eigenen Ergebnissen feststellbar. Dies bestätigt sich mit den Ergebnissen von TOLLE (1970). Bereits ab einer Zellzahl von mehr als 100.000 Zellen ml⁻¹ erhöht sich nach TOLLE (1979) die Na⁺- und Cl⁻-Konzentration und verringert sich die K⁺-Konzentration. Untersuchungen hinsichtlich der Na⁺-Konzentration in Abhängigkeit von Zellzahl-Klassen führte WIEDEMANN (2005) in Viertelanfängsgemelken durch. Der Mittelwert der Na⁺-Konzentration lag in der Zellzahl-Klasse I (<100.000 Zellen ml⁻¹) bei 377 mg l⁻¹, in der Zellzahl-Klasse II (100.000 – 200.000 Zellen ml⁻¹) bei 483 mg l⁻¹, in der Zellzahlklasse III (200.000 – 500.000 Zellen ml⁻¹) bei 644 mg l⁻¹ und in der Zellzahlklasse IV (>500.000 Zellen ml) bei 1022 mg l⁻¹. Mit dem Ansteigen der Zellzahl ermittelte WIEDEMANN (2005) ein Ansteigen der Na⁺-Konzentration ab einer Zellzahl von mehr als 100.000 Zellen ml⁻¹.

- Häufigkeitsanalyse und neue Tiergruppen

Für das Merkmal Na⁺-Konzentration wurde eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt, aus der sich je Tier unterschiedliche Anzahl Messwerte über 800 mg l⁻¹ ergaben. Die Anzahl der Messwerte über 800 mg l⁻¹ stellt ein neues Kriterium zur Beurteilung der Eutergesundheit dar (Tab. 20, S. 85). Aus dem Untersuchungsmaterial ergaben sich die Tiergruppen I für „gesund“, II und III für „verändert“ und IV für „krank“.

Eine Häufigkeitsanalyse wurde für die diagnostischen Kategorien (DVG-Kategorien) und die ZZ-Gruppen für die Na⁺-Konzentration über 800 mg l⁻¹ durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 30 dargestellt.

Tab. 30: Häufigkeiten der Na⁺-Konzentration über 800 mg l⁻¹ je DVG-Mastitis-Kategorie und ZZ-Gruppe

DVG-Kategorie	ZZ-Gruppe (Anzahl Zellen x 1000 je ml ⁻¹)				Gesamt
	< 100	> 100 - 200	> 200 - 400	> 400	
„gesund“	34	1	0	4	39
„unspezifisch“	0	13	3	49	65
„latent“	1	0	0	0	1
„krank“	0	0	0	20	20
Gesamt	35	14	3	73	125

Unter der Annahme, dass Na⁺-Konzentrationen über 800 mg l⁻¹ Mastitisanzeichen sind, werden durch Einteilung in DVG-Kategorien von 125 Werten noch 34 als „gesund“ angesehen. Für die Na⁺-Konzentration wurden insgesamt 125 Werte über 800 mg l⁻¹ ermittelt, von denen 69 Werte (55 %) auf die DVG-Kategorien „unspezifisch“ und „krank“ und gleichzeitig in die ZZ-Gruppe >400.000 Zellen ml⁻¹ entfallen. Die Einteilung der Tiere in Tiergruppen mit Na⁺-Konzentrationen über 800 mg l⁻¹ lassen Anfälligkeiten sicherer erkennen als die Einteilung in DVG-Kategorien und ZZ-Gruppen.

- Präzisierung der Tiergruppenbildung mit dem Merkmal „maximale Differenz der Na⁺-Konzentration“

Für die Beurteilung der Eutergesundheit wurde neben dem Kriterium „Anzahl Na⁺-Konzentration über 800 mg l⁻¹“ ein weiteres neues Merkmal die „maximale Differenz“ der Na⁺-Konzentration gebildet. Beide Merkmale stufen die Kühe in Tiergruppen unterschiedlichen Gesundheitszustandes ein und sind zusammenfassend in Tab. 30, S. 97 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass für die neu gebildete Tiergruppe I 96 % der maximalen Differenz unter 250 mg l⁻¹ in der Tiergruppe II, 90 % der Werte unter 500 mg l⁻¹ der Tiergruppe III 98 % der „maximalen Differenz der Na⁺-Konzentration“ unter 1000 mg l⁻¹ liegen. Für die Tiergruppe IV ergeben sich keine Grenzen im Merkmal „maximale Differenz der Na⁺-Konzentration“ (Tab. 24 –27, S. 89 – 92). Eine „maximale Differenz

der Na^+ -Konzentration“ über 250 mg l^{-1} gibt Anzeichen auf eine Störung der Gesundheit.

- Zusammenhang zwischen Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration und elektrischer Leitfähigkeit

Die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von den Merkmalen Na^+ -, K^+ - Cl^- -Konzentration wurde untersucht. Die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit wurde durch die geschätzte Funktion (1) (S. 91) für die Tiergruppe I nur zu 3 % und zu 46 % für die Tiergruppe IV erklärt. Durch Hinzunahme des Merkmals Cl^- -Konzentration in die zu schätzende Funktion (3) (Tab. 26, S. 91), erhöht sich die Erklärbarkeit der Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit für die Tiergruppen II und III auf 54 %. In der Tiergruppe IV wird durch die lineare Funktion (3) die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit zu 69 % erklärt. Bei Hinzunahme der K^+ -Konzentration in die zu schätzende Funktion (4) (Tab. 26, S. 91) bleibt das Bestimmtheitsmaß unverändert. Wie in Betrieb A hat das Merkmal K^+ -Konzentration keinen wesentlichen Einfluss auf die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit.

Da sich die elektrische Leitfähigkeit in einem engen Bereich bewegt, ist von fachlichen Interesse, neben der Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von den untersuchten Merkmalen, die Veränderung der Na^+ -Konzentration bei Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit um 1 mS cm^{-1} zu untersuchen. Die dafür durchgeführte Regressionsanalyse der Na^+ -Konzentration zeigt für die Tiergruppen I („gesund“) und IV („krank“), dass sich beide Tiergruppen deutlich im Anstieg der Na^+ -Konzentration bei zunehmender elektrischer Leitfähigkeit unterscheiden. Die gewonnenen Aussagen sind den Ergebnissen von Betrieb A ähnlich. In Abhängigkeit der Schätzung der Regressionskoeffizienten und deren Konfidenzintervalle können folgende Grenzwerte angegeben werden:

Tab. 31: Gegenüberstellung der Grenzwerte der Betriebe A und B für das Merkmal Na^+ -Konzentration

Betrieb	Na^+ -Konzentration (mg l^{-1})	
	„gesund“	„krank“
A	< 200	> 400
B	< 60	> 240

5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die erhobenen Merkmale Na^+ -, K^- -, Cl^- -Konzentration, elektrische Leitfähigkeit pH-Wert und Anzahl somatische Zellen in den Betrieben A und B nicht normalverteilt mit große Schwankungen sind. Aus diesem Grund erfolgte die Beschreibung des Datenmaterials mit dem Median als mittleres Niveau. Box-Whisker-Plots veranschaulichen die Verteilung der Merkmale. In zukünftigen Untersuchungen sollten Box-Whisker-Plots benutzt und Mediane als Maß für das mittlere Niveau verwendet werden.

Die Ergebnisse zeigen weiter, dass bei gesunden Eutervierteln im Vorgemelk keine Abhängigkeiten der Na^+ -Konzentration von der elektrischen Leitfähigkeit zu erkennen sind. Dies ändert sich mit Eintritt einer Eutererkrankung. Dann erhöht die lineare Abhängigkeit der Na^+ -Konzentration von der elektrischen Leitfähigkeit.

Von den erhobenen Merkmalen sind Na^+ und Cl^- -Konzentration die wichtigsten Merkmale zur Beurteilung der Eutergesundheit. Beide Ionen interpretieren am stärksten die elektrische Leitfähigkeit und liefern Informationen über den Eutergesundheitszustand. Die Merkmale Na^+ - und Cl^- -Konzentration sollten zukünftig neben der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk erfasst werden.

Eine Einstufung der Kühe mit Hilfe der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk zeigt Möglichkeiten einer Tiergruppierung nach Mastitiserkrankungen auf (Tab. 32). Dies erfolgt auf Basis der Na^+ -Konzentration bei der die Messwerte über 800 mg l^{-1} erfasst und die maximalen Differenzen zwischen den Eutervierteln bestimmt werden. Anstieg der Na^+ -Konzentration mit der elektrischen Leitfähigkeit ist ein weiteres Kriterium für die Eutergesundheit.

Tab. 32: Verbesserte Tiergruppen

Tiergruppen (Eutergesundheits- zustand)	Na^+ -Konzentration (mg l^{-1})		
	Anzahl Messwerte > 800 mg l^{-1}	Maximale Differenz (mg l^{-1})	Werte*
I (gesund)	0 - 1	< 250	96 % (Tab. 22)
II (verändert)	2 - 4	< 500	90 % (Tab. 23)
III (stärker verändert)	5 - 7	< 1000	98 % (Tab. 24)
IV (krank)	> 7	unbegrenzt	100 % (Tab. 25)

* prozentualer Anteil der Messwerte zur Gesamtanzahl

Empfehlenswert ist eine tägliche Beobachtung der Na^+ -Konzentrationen im Vorgemelk über einen längeren Zeitraum (mind. 3 Wochen) an einer kleinen Tieranzahl, um die neuen Kriterium zu prüfen.

Für die Umsetzung der Untersuchungsergebnisse ergeben sich folgende technische Empfehlungen:

Um eine direkte Beurteilung des Gesundheitszustandes der Tiere beim Melkvorgang vornehmen zu können, bietet eine zusätzliche Analysetechnik (Messtechnik und Analysesoftware) in der automatischen Melktechnik die besten Voraussetzungen. Separat abführende Milchschräuche am Melkzeug nehmen das Vorgemelk auf und leiten es euterviertelgetrennt ab. Das euterviertelgetrennte Vorgemelk ist in einer ruhig stehenden Milch hinsichtlich seiner Na^+ - und Cl^- Konzentrationen, Leitfähigkeit und Zellzahl durch eine zwischengeschaltete Messtechnik zu untersuchen. Für die Messung im Stall bietet sich die Elektroden-Messtechnik an, die getrennt vom Melkbereich steht. Messungen mit ionenselektiven Elektroden (ISE) besitzen den Vorteil, dass schnelle und direkte Messungen in der Milch mit anschließendem Ablesen der Konzentrationen der Ionen (Melkbereich) möglich sind. Die Daten werden mit Hilfe spezieller Software gespeichert und bearbeitet. Die Speicherung erfolgt automatisch. Für die Euterviertel wird der Anstieg der Na^+ -Konzentration mit der elektrischen Leitfähigkeit erfasst. Die beschriebene absolute Differenz für die Na^+ -Konzentration wird über einen längeren Zeitraum gebildet und die maximale Differenz je Tag bestimmt. Die Kühe werden dann in die verschiedenen Gesundheitsstufen eingeteilt. Für die elektrische Leitfähigkeit ergibt sich die Empfehlung, die derzeitige Messtechnik der automatischen Melksysteme zu nutzen und um die Na^+ -Konzentration $> 800 \text{ mg l}^{-1}$ zu erweitern.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sind Merkmale der Eutergesundheit (Na^+ -, K^+ -, Cl^- -Konzentration, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Anzahl somatische Zellen) hinsichtlich ihrer Eignung zur sensorgestützten Überwachung der Eutergesundheit bei Milchkühen untersucht. Besonderes Augenmerk lag dabei auf den Ionenkonzentrationen Na^+ , K^+ und Cl^- und deren Beziehung zur elektrischen Leitfähigkeit.

Die Untersuchungen sind in 2 milcherzeugenden Betrieben durchgeführt. In Betrieb (A) sind die Ionenkonzentrationen Na^+ und K^+ und deren Beziehung zur elektrischen Leitfähigkeit einer Laktationsperiode im Viertelvorgemelk von 8 Kühen erfasst. In Betrieb (B) ist ein Vergleich der Na^+ -, K^+ - und Cl^- -Konzentration sowie der elektrischen Leitfähigkeit und der somatischen Zellzahl im Vorgemelk eutergesunder und kranker Euterviertel von 28 Kühe durchgeführt. Die Einteilung der Kühe in Gesundheitsstufen bildet die Basis der Untersuchung.

Aufgrund der nichtsymmetrischen Verteilung der Daten in beiden Betrieben erfolgte die Beschreibung des Datenmaterials mit dem Median als mittleres Niveau.

Eine Gegenüberstellung der Eutergesundheitsmerkmale Na^+ -Konzentration in die vier diagnostische Gesundheitskategorien der DVG und der vier ZZ-Gruppen, ergibt annähernd gleiche Na^+ -Konzentration mit 427 mg l^{-1} für Kategorie „gesund“ und 406 mg l^{-1} für „latent“ sowie der ZZ-Gruppe 1 ($< 100.000 \text{ Zellen ml}^{-1}$) mit 420 mg l^{-1} . Der Median der Kategorie „unspezifisch“ mit 516 mg l^{-1} und „krank“ mit 520 mg l^{-1} stimmen mit den Medianen der ZZ-Gruppe 2 mit 514 mg l^{-1} und der ZZ-Gruppe 3 mit 458 mg l^{-1} überein. Die ZZ-Gruppe 4 ($> 400.000 \text{ Zellen ml}^{-1}$) weist mit 603 mg l^{-1} einen noch höheren Median in der Na^+ -Konzentration auf.

Für das Merkmal Na^+ -Konzentration der Viertelvorgemelke wurde eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt aus der sich für die untersuchten Tiere unterschiedliche Messwertanzahl über 1000 mg l^{-1} (Betrieb A) und über 800 mg l^{-1} (Betrieb B) ergaben. Die Auszählung der Messwerte über 800 mg l^{-1} stellt ein neues Kriterium zur Beurteilung der Eutergesundheit dar. Aus dem Untersuchungsmaterial wurden vier neue Tiergruppen (I für *gesund*, II und III für *verändert* und IV für *krank*) abgeleitet. Neben dem Kriterium „Anzahl Na^+ -Konzentration über 800 mg l^{-1} “ wurde ein weiteres Kriterium „die maximale Differenz“ der Na^+ -Konzentration gebildet. Beide Merkmale stufen die Kühe in Tiergruppen unterschiedlichen Gesundheitszustandes ein

Diese Tiergruppenbildung wurde mit Hilfe eines weitere Merkmals der „maximalen Differenz“ präzisiert. Mit beiden Merkmalen scheint eine Tiergruppierung nach Mastitiserkrankungen mit Hilfe der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk möglich (Tab. 32, Seite 100).

Die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von den Merkmalen Na^+ -, K^+ -, Cl^- -Konzentration zeigt für gesunde Euterviertel keine Abhängigkeit (7 %). Erst bei einer Eutererkrankung kann eine Abhängigkeit ermittelt werden. Das Merkmal Na^+ -Konzentration übt mit 46 % den größten Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit aus. In den Tiergruppen I - IV bewegt sich die Na^+ -Konzentration auf unterschiedlich hohem Niveau und grenzt diese voneinander ab. Bei Hinzunahme der Cl^- -Konzentration in die zu schätzende Funktion erhöht sich die Abhängigkeit von Na^+ und Cl^- zur Leitfähigkeit auf 69 %. Für die K^+ -Konzentration ist keine Abhängigkeit zu finden und führt bei Hinzunahme zu Na^+ und Cl^- zu keiner weiteren Erhöhung der Variabilität. Eine Abgrenzung kranker und gesunder Euterviertel ist für die K^+ -Konzentration in den Tiergruppen nicht zu finden. Demnach kann das Merkmal K^+ -Konzentration als Eutergesundheitsmerkmal unberücksichtigt bleiben.

6 Summary

In this study, several criteria of udder health (Na^+ , K^+ , and Cl^- concentration, electrical conductivity, pH-value, somatic cell counts) were evaluated with respect to their potential application in sensor supported monitoring of udder health in dairy cows. Both the ion concentration (Na^+ , K^+ , Cl^-) and its relation to electrical conductivity were of particular interest.

Analyses were performed in two milk plants. In milk plant (A), Na^+ and K^+ concentrations as well as their relation to electrical conductivity were assessed in quarter first milk samples of eight dairy cows during one lactation period. In milk plant (B), healthy and diseased udder quarters of 28 dairy cows were compared regarding Na^+ , K^+ , and Cl^- concentration, electrical conductivity, and somatic cell counts in first milk samples. This study bases on the classification of dairy cows according to health status.

Because of the unbalanced distribution of data obtained from both sources, data were evaluated by the calculation of the median as average measure.

The Na^+ concentration as a criterion for udder health status was compared among the four health status categories of the DVG and four ZZ-groups. This comparison reveals nearly equal Na^+ concentrations in the categories “healthy” and “latent” (427 mg l^{-1} and 406 mg l^{-1} , respectively) as well as in ZZ-group 1 (420 mg l^{-1}), which is characterized by cell counts below 100.000 cells ml^{-1} . The medians of the categories “non-specific” and “diseased”, at 516 mg l^{-1} and 520 mg l^{-1} , respectively, correspond with the medians of ZZ-group 2 and 3, at 514 mg l^{-1} and 458 mg l^{-1} , respectively. The median of Na^+ concentration values measured in ZZ-group 4 (> 400.000 cells ml^{-1}) is even higher than in the other groups (603 mg l^{-1}).

Regarding Na^+ concentrations in quarter first milk samples, a frequency analysis of data from all animals tested resulted in different numbers of values above 1000 mg l^{-1} (milk plant A) and above 800 mg l^{-1} (milk plant B). The counting of values that are above 800 mg l^{-1} represents a novel criterion for the assessment of udder health. Therefore, this study has clustered animal subjects into four new groups (I – *healthy*; II, III – *changed*; IV – *diseased*). In addition to the criterion “count of Na^+ concentration values above 800 mg l^{-1} ”, a further criterion was defined as maximal difference between Na^+ concentrations. Both criteria categorize dairy cows according to their health status.

The clustering of animal subjects was specified by applying the maximal difference between Na^+ concentrations as an additional criterion. Apparently, the combination of both criteria enables the categorization of animals suffering from mastitis by analyzing the concentration of Na^+ ions in first milk samples (Table 32, Page 100).

If healthy udder quarters are analyzed, electrical conductivity shows no dependence on the variables of Na^+ , K^+ , and Cl^- concentrations (7 %). In contrast, this dependence can be detected in the case of udder diseases: The Na^+ concentration has the strongest influence on electrical conductivity, with a dependence of 46 %. The range of Na^+ concentrations differs between group I–IV and, therefore, delineates these groups. If the Cl^- concentration is additionally incorporated into the function estimate, Na^+ and Cl^- dependence on conductivity increases to 69 %. No K^+ dependence can be observed, and, moreover, no increase in variability occurs if K^+ concentration is considered in addition to Na^+ and Cl^- concentrations. Healthy and diseased udder quarters cannot be distinguished by the comparison of K^+ concentration among groups of animal subjects, and, therefore, K^+ concentration needs not to be considered as a criterion for udder health status.

8 Literaturverzeichnis

- AARESTRUP, F. M.; Jensen, N. E. (1997): Prevalence and duration of intramammary infection in Danish heifers during the peripartum period. *J. Dairy Sci.* 80, 307-312.
- ANACKER, G.; Huber, K.: Beurteilung der Eutergesundheit von Milchkühen anhand der Leitfähigkeitsmessungen mit dem Mastitron Gerät, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena, 2006
- ANDERSON, R. (1998): Mastitis, S. 66 – 85, In: STIETZEL A. (Hersg.) (1998): Leitfaden zur Tiergesundheit in ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Bioland-Verband für organisch-biologischen Landbau e. V. Göttingen.
- ANDREWS, R. J.; Kitchen, B. J.; Kwee, W. S.; Duncalfe, F. (1983): Relationship between individual cows somatic cell counts and the udder, *Austr. J. Dairy Technol.* 38, 71-74.
- ASHWORTH, U. S.; Forster, T. L.; Lüdecke, L. O. (1983): Relationship between California Mastitis Test reacting and composition of milk from opposite quarters, *Journal Dairy Science*, 50, pp. 1078 - 1082.
- BARRY, J. M.; Rowland, S. L. (1953): Variation in the ions and lactose concentration of milk, *Biochem. Journal* 54, 575-578.
- BARLETT, P. C.; Miller, G. Y.; Lance, S. E.; Heider, L. E. (1992): Environmental and managerial determinants of somatic cell counts and clinical mastitis incidence in Ohio dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 14, 195-207.
- BARTH, K.; Graupner M. (1994): Bei erhöhter Leitfähigkeit der Milch ist das Viertel krank, *Bauernzeitung (Brandenburg)*, S. 38 - 39

- BARTH, K.; Graupner M. (1999): Experimentelle Untersuchungen zur Eutergesundheits- und Milchqualitätskontrolle auf Basis der Leitfähigkeitsmessung während des Melkens, *Milchwissenschaft* 54, S. 66 - 69
- BARTH, K.; Worsdorff (2000): Influence of different milking intervals on electrical conductivity before alveolar milk ejection in cows, *Milchwissenschaft* 55, 363 – 365.
- BASSALIK-CHABIELSKA, L. (1989) : Chlorid in milk, metabolic disorders and susceptibility to mastitis, In: *Modern microbiological methods in dairy production.*, nt. Sympos. Santander, 1989. Ber. S. 130-137.
- BATRA, T. R.; McAllister, A. J.; (1984): A comparison of mastitis detection methods in dairy cattle, *Canadian Journal of Animal Science* 64, 305-312.
- BAUER, R. (1990): Ermittlung geeigneter Parameter für eine rechnergestützte Früherkennung von Eutererkrankungen und Stoffwechselstörungen bei Milchkühen, *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft* 112.
- BRAMLEY, A. J. (1992): Mastitis and machine milking. In: *Machine Milking and Lactation*, Insight Books, Berkshire Vermont, USA.
- BRAMLEY, A. J.; Dood, F. H. (1984): Reviews of the progress of dairy science: Mastitis control – progress and prospects. *J. Dairy Res.* 51, 481 – 512.
- BRENTROP, H.; Lüttel, H.; Bunge, J. (1994): Einsatz eines Zink-Methionin-Komplexes (Loprothin) in der Milchviehfütterung unter besonderer Berücksichtigung der Beeinflussung der Anzahl somatischer Zellen in Milch – Praxisbericht, *Tierärztl. Umsch.* 51, 559-566.
- BROOKS, B. W.; Barnum, D. A.; Meek, A. H. (1982): A survey of mastitis in selected Ontario dairy herds, *Can. Vet. J.* 23 156-159.

- BRUCKMAIER, R. (2007): Physiologie der Milchabgabe, ART-Schriftenreihe 3, 1. Täglicher Melktechniktagung, Melktechnologie der Zukunft: Zusammenwirken von Industrie, Beratung und Forschung, S. 10 – 15.
- CHAMINGS, R. J.; Murray G.; Booth, J.M.; (1984): Use of a conductivity meter for the detection of subclinical mastitis Veterinary Record 114, 243 – 245.
- CHARJAN, Ku.; Prajakta, Y.; Mangle, N.S.; Kalorey, D.R.; Kuralkar, S.V. (2000): Changes in milk pH and the Levels of Na and K in wey associated with udder health status of cow, Indian Vet. J., December, 2000, 77, 1066-1068.
- COPPOCK, C. E. (1986): Mineral Utilization by the Lactating Cow-Chlorine, J. Dairy Sci. 69, 595-603.
- DE HAAS, Y. (2003) : Improvements of udder health by genetics and management, Animal Breeding and Genetics, University Wageningen and Division of Animal Resources Development, Animal Sciences Group, Lelystad.
- DOGGWEILER, R.; Hess, E. (1983): Zellgehalt in der Milch ungeschädigter Euter. Milchwiss. 38, 5-8.
- DVG, (2002): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. Hannover, 4. Auflage.
- DVG (2000): Leitlinie zur Entnahme von Milchproben unter antiseptischen Bedingungen und Leitlinie zur Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern genutzt, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft, Fachgruppe, Milchhygiene, Gießen
- DVG (1994): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem. Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft.

- ED-DEEB, S. A.; Hassan, H. N.; Ed-Deeb, S. A. (1987): Changes in the cows milk composition as affected with mastitis infection. Alexandria J. Agric. Res. 32, 163-174.
- EL AMROUSE, S.; Hoffman, W.: Investigation the content of sodium, potassium, calcium and anorganic phosphorus in the milk and paretic cattle, Deutsch tierärztliche Wochenschrift 77, 403-407.
- FARMANARA, F. (1974): Beziehungen zwischen bestimmten Blutserumwerten und dem Zellgehalt der Milch bei Kühen, ein Beitrag zur Methaphylase der Mastitis, Diss. Agr. Stuttgart-Hohenheim.
- FEHLING, K. (2001): Praktische Erfahrungen zur Eutergesundheitsüberwachung und Herdenmanagement. In: 9. AFEMA Tagung, „Eutergesundheit und Milchhygiene – Konzept für den praktischen Tierarzt, Beratungsdienst und Bioverbände“ Wolfpassing, 04.05.2001, Kongr.-ber. S, 10-22.
- FEHLING, K.; Deneke, J. (2001): Praktische Erfahrungen zu Eutergesundheitsstörungen und Herdenmanagement, Milchpraxis 39, 195-201.
- FERNANDO, R. S.; Rindsig, G.B.; Spahr, S.L. (1981): Effekt of lenght of milking interval and fat content in milk conductivity and its use for detecting mastitis, Journal Dairy Science 64, 678-687.
- FERNANDO, R. S.; Rindsig, G. B.; Jaster E.H (1982): Electrical conductivity of milk for detection of mastitis, Journal of Dairy Science 65, 659-664 .
- FERNANDO, R.; Spahr, S.; Jaster, E. H. (1985): Comparison of Electrical Conductivity of milk ith other indirect method for cows of subclinical mastitis, Journal of Dairy Science 68, pp. 449-456.
- FUCHS, H.-W.; Seffner, W. (1994): In: Wendt K., Bostedt H., Mielke H., Fuchs H.W., Euter und Gesäugekrankheiten, Gustav Fischer Verlag.

- GAUCHERON, F.(2005), The minerals of milk, *Reprod. Nutr. Dev.* 45, pp. 473 – 483.
- GEBRE-EGZIABHER, A.; Wood, H.C.; Robar, J. D.; Blankenangel, G. (1979):
Evaluation of automatic mastitis detection equipment, *Journal of Dairy Science*
62, 1108-1114.
- GRABOWSKI, N. T. (2000): Körpergewichtsentwicklung, Milchinhaltsstoffe und
Milchmengenleistung als Kriterien zur laktationsbegleitenden Beurteilung des
Gesundheitszustandes hochleistender DSB-Kühe in Laufstallhaltung. Hannover,
tierärztliche Hochschule, Dissertation.
- GRAUPNER, M. (1996): Kontinuierliche Auswertung von Eutergesundheitsdaten –
eine sinnvolle Ergänzung für Ihre Herdenführung! Melktechnische und
Eutergesundheitsberatung landwirtschaftlicher Betriebe, Leipzig
(Beratungsmaterial).
- GRAUPNER, M.; Barth, K. (1994): Leitfähigkeitsmessung – eine Möglichkeit zur
Gesundheits- und Milchqualitätskontrolle?
- GRAUPNER, M., Wehowsky, G.; Rudovsky, H.-J. (1990): Verlaufsuntersuchungen
von Viertelmilchmengen und elektrischer Milchleitfähigkeit bei gesunden und
kranken Eutervierteln In: Beitrag zum internationalen Kolloquium Aktuelle
Fragen des maschinellen Melkens Teil II, 8-10 Mai Eisenach, 204 – 213.
- GRAUPNER, M.; Wehowsky, G.; Rudovsky, H.-J.; Horn, R. (1989): Über den Einfluss
von Alveolarmilchejektion auf die elektrische Leitfähigkeit der
Viertelanfängsmilch bei gesunden und an Mastitis erkrankten Eutervierteln von
Kühen, *Mh. Vet.-Med.* 44, 783-786.
- GRAVERT, H.-O. (1983): Die Milch Erzeugung, Gewinnung, Qualität, Ulmer Verlag.
- GRUNERT, E.; Heodemaker, M.; Weight, U. (1996): Euterkrankheiten. In: E. Grunert
(Hrsg): Buiatrik, 5. Aufl. , B. 1 Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie,
Andrologie und Besamung. Verlag M. & H. Schaper, Alfeld.

- GYODI, (1995): Zum Einfluss von sekretorischen und nichtsekretorischen Faktoren auf die Anzahl somatische Zellen und die elektrische Leitfähigkeit in Milch. Kiel, Univ. Agr. Fak. Dissertation.
- HAASMANN, S.; Schulz, J (1994): In: WENDT, K.; Bostedt, H.; Mielke, H.; Fuchs, H.-W. (1994): Euter und Gesäugekrankheiten, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart
- HABERMEHL, K. H. (1996): Haut und Hautorgane In: Nickel, R.; Schummer A.; Seiferle, E. (Hrsg). Lehrbuch der Anatomie der Haustiere 3. Auflage, Band III, Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane, Parey Verlag, Berlin, S. 443 – 576.
- HAMANN, J. (1992): Zum Einfluss von Stresssituationen auf die Anzahl somatischer Zellen in der Milch, Prakt. Tierarzt, Sonderheft, colleg. Vet., S. 33 – 41.
- HAMANN, J. (1996): Somatic Cells: Factors of influence and practical measurements to keep a physiology level, IDF Mastitis News, 21, 9-11.
- HAMANN, J. (1999a): Zum Einfluss von Stresssituation auf die Anzahl somatischer Zellen in der Milch. Prakt. Tierarzt, Sonderheft, colleg. Vet, 38-41.
- HAMANN, J. (1999b): Elektrische Leitfähigkeit als Mastitisindikator. In: Tagung des Arbeitskreises „Eutergesundheit“ d. Dtsch. Veterinärmedizinischen Gesellschaft Hannover, Ber., 67-75.
- HAMANN, J. (2001): Interaction between somatic cell count and milk composition, In: IDF World Dairy Summit, Auckland, NZ.
- HAMANN, J.; Gyodi, P.; (1999): Electrical conductivity in fraction-collected quarter milk samples with low somatic cell counts, Milchwissenschaft 54 (9), 487 – 491.
- HAMANN J., Gyodi, P.;(2000): Somatic cells and electrical conductivity in relation to milking frequency. Milchwissensch. 55, 303-307.

- HAMANN, J.; Gedek, W. (1992): Zur Bekämpfung der Rindermastitis, Milchpraxis 30, 108 –113.
- HAMANN, J.; Krömker, V. (1997): Potential of specific milk composition variables for cow health management. Livest. Prod. Sci. 201-208.
- HAMANN, J.; Nipp, B.; Gyodi, P.: (1995): Vergleichende Prüfung von Handgeräten zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit in der Milch, Milchwissenschaft, 50 (10), 543 - 646
- HAMANN, J.; Reichmuth J. (1990a): Exogene Einflüsse auf den Zellgehalt der Milch unter Berücksichtigung des Gesundheitszustandes der Milchdrüse, Milchwissenschaft. 45, 286-290.
- HAMANN, J.; Zecconi, A. (1998): Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. IDF-BULLETIN No. 334, 4-26.
- HAMANN, J.; Krömker, V.; Schüttel, M.; (1999): Zur Aussagefähigkeit von NaGase-Befunden in Milchproben mit Zellgehalten von unter 100.000 Zellen/ml. In: 40. Arbeitstagung des Arbeitskreises „Lebensmittelhygiene“ d. Deutsch. Veterinärmedizin Ges. Garmisch-Patenkirchen, Ber. S. 209 – 214.
- HANUS, O.; Zvackova, I.; Gencorova, V, Gariel, B. (1992): Beziehung zwischen Laktosegehalt in Milch und Indikatoren der Eutergesundheit in ersten Drittel der Laktation (tschech.) Vet Med. Praha 37, 595-604.
- HARMON, R. J. (1994): Symposium: Mastitis and genetic Evaluation for somatic Cell Count, Physiology of Mastitis and Factors Affecting Somatic Cell Counts, Journal Dairy Science 77, 2103 – 2112.
- HARTMANN, H.; Meyer, H. (1994): Klinische Pathologie der Haustiere, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- HEIDRICH, H.-D.; Gruner, J. (1974): Rinderkrankheiten, Gustav Fischer Verlag Jena.

- HILLERTON, J. E.; Walton, A.W. (1968): The antibacterial activity of teat canal cationic proteins, *Biochemical Journal* 106, 39 - 42.
- HILLERTON, J.E.; Walton, A.W. (1991): Identifikation of subclinical mastitis with a hand-hold electrical conductivity meter, *Vet Rec.* 128, 513 – 515.
- HOLDAWAY, R.J.; Holmes, C.W.; Seffert, I. J. (1996): A comparison of indirect methods for diagnosis of subclinical intramammary infection in lactating dairy cows, *The Australian Journal of Dairy Technology*, Vol 51- Okt.
- HOLMBERG, O.; CONCHA, C. (1985): The function of leucocytes in mammary section, *Milchwissenschaftlicher Forschungsbericht*, 37, S. 458 – 461.
- HURLEY, W. L. (1989): Mammary gland function during involution, *J. Dairy Sci.* 72, 1637-1646.
- HUTH, F.W. (1995): *Die Laktation des Rindes, Analyse, Einfluss, Korrektur*, Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co.
- IDF (1967): International Dairy Federation. *Ann. Bull.*, part 3.
- IDF (1971): A monograph on bovine mastitis – Part I International Federation, *Ann. Bull.*
- ISAKSSON, A.; Philips, A. C.; Görsansson, E.; Bjorkenfeldt, H. (1987): The electrical Conductivity of bovine milk in mastitis diagnosis, *Acta Veterinaria Scandinavica* 28, 455-457.
- JANOWSI, T.; Zdunczyk, S. (1995): The influence of ovarian cysts on the oestrogenen contents of cow milk, *Acta Agri. Tech.*
- JENNES, J. M.; Patton, S. (1959) : *Grundzüge der Milchchemie*, Bayr. Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien.

- JONES, J. M.; Person, R. E.; Clabaugh, G. A.; Heald, C.W. (1984): Relationship between somatic cell counts and milk production, *J. Dairy Sci.* 67 1823-1831.
- JÜNGER, C.; Fürll, M. (1998 b): K-Versorgung sowie deren Beziehung zur Gesundheit- und Leistungskriterien bei Milchkühen, 3. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, 08-10.10.1998, Berlin.
- KIELWEIN, G. (1994): Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene; Pareys Studentexte 11, 3. Auflage.
- KIRCHGESSER, M. (1987): Tierernährung, 7. Aufl. DLG-Verlag, Frankfurt.
- KITCHEN, B. J.; Middleton, G. (1980): Mastitis Diagnostic Test to Estimate Mammary Gland Epithel Cell Damage *Dairy Science*, 63, 978-983.
- KITCHEN, B. J.; Middleton, G.; Durwald, I. G.; Andrews, A. J.; Salmon, M. C. (1980): Mastitis diagnostic tests to estimate mammary gland epithelial cell damage, *Journal Dairy Sci.* 63, pp. 978 – 983.
- KISZA, J.; Batura, K. (1969): Zusammensetzung und Eigenschaften des Fettes normaler und abnormaler Milch (Mastitis), *Milchwiss.*, 24, S. 465 – 468.
- KISZA, J.; KAROWICZ, E.; SOBINA, A. (1964): Über Veränderung im Mineralgehalt normaler und anormaler Milch, *Journal*, Heft 8, S. 437 – 441.
- KLINKON, M.; Klopčic, M.; Nemeč, M. (2003): Daily Oscillations of biochemical parameters as indicators of mastitis in highly productive dairy cows, *Proceedings of the IV Central European Buiatric Congress, Zagreb, Croatia, 23 – 27 April 2003.*
- KLAAS (2002): Untersuchungen zum Auftreten von Mastitiden und zur Tiergesundheit in 15 Milchviehbetrieben Schleswig-Holstein, Dissertation Freie Universität Berlin.

- KLOPPERT, B.; Labohm, R.; Postupka, S.; Wolter, W. (1999) : Elektrische Leitfähigkeit als Mastitisparameter- Einsatzmöglichkeiten, eigene Erfahrungen und Vergleich mit anderen Mastitisparametern. In: Tagung des Arbeitskreises „Eutergesundheit“ d. Dtsch. Veterinärmed. Gesellschaft Hannover, S. 76 - 84.
- KONRAD, H. (1969): Nahrung 13, 6, s. 537 – 544.
- KÖSTER, G. (2004): Einflüsse auf die Eutergesundheit und Verbreitung von Mastitiserregern sowie deren Resistenzlage in brandenburgischen Milchviehherden, Dissertation.
- KRÖMKER, V.; Hamann, J.; Grabowski, N. T.; Reinecke, F.; (2001): Comparison of different diagnostic measures to identify bovine mastitis quarters at milking time. In: Int. Conference “Physiological and Technical aspects of machine Milking”, Nitra, Slowakei, 26 - 27.06.2001, Kongr.ber. S. 63 - 68.
- LABOHM, R.; Götz, E.; Luofer, G.; Hess, R. G.; Bostedt, H. (1998): Factors influencing the somatic milk-cell-count in dairy cows. 1. Influence of bacteriological finding, stage and number of lactation. *Milchwiss.* 53, S. 63 - 66.
- LERCHE, M. (1966): Lehrbuch der tierärztlichen Milchüberwachung, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- LIEBE, A. (1996): Zusammenhänge zwischen Zellzahl und Wachstumsfaktorengesamt der Milch sowie Mastitis beim Rind unter besonderer Berücksichtigung von Haltungseinflüssen, Herbert Utz Verlag Wissenschaft, Dissertation.
- LINZELL, J.L.; Peaker, M. (1971a): Mechanism of milk secretion *Physiological Reviews* 51, pp. 564 – 597.
- LINZELL, J.L.; Peaker, M. (1971b): Intracellular concentration of sodium, potassium and chloride in the lactation mammary gland and there relation to the secretory mechanism, *J. of Physiology*, 216, pp. 683 - 700.

- LINZELL, J. L.; Peaker, M. (1975): Efficiency of the measurement of the electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows: detection of infected cows at a single visit, *British Veterinary Journal* 131, pp. 447 - 461.
- LOTTHAMMER, K.-H. (1998): Bedeutung der Eutergesundheit In *Handbuch Mastitis* Wendt, K.; Lotthammer, K.H.; Fehlings, K.; Spohr, M., Osnabrück, Kamlage Verlag GmbH & Co,
- MAATJE, K.; Rossing, W.; Garssen, G. J.; Plygers, H. G. (1983): Automation of Electrical Conductivity Measurements during Milking, *Proceedings of the Symp. "Automation in Dairying"* 20.-22.04.1983 in Wageningen, 89-100.
- MAATJE, K.; Hogewerf, P. H.; Rossing, W.; van Zonneveld, R. T. (1992): Measuring quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for detection of mastitis, *HRSG.: Ipema, A. H., Lippus, A. C.; Metz, J. H. M.; and Rossing, W., Prospects for Automatic Milking, Pudoc Scientific Publisher, Wageningen, 119-125.*
- McDONALD, J. S.; Anderson, A. J. (1981): Total and differential somatic cell counts in secretion from noninfected bovine mammary gland: The early nonlactating period. *A. J. Vet. Res.* 42, 1360-1365.
- McDOWELL, L.R. (1992): *Minerals in animal and human nutrition*, Academia Press, New York.
- McPHERSON, A.; Kitchen, B.J. (1983): Reviews of the progress of dairy science: The bovine milk fat globule membrane formation, composition, structure and behaviour in milk and in dairy products. *J. of Dairy Res.* 50, S. 107 – 133.
- MICHEL, G. (1986): Gesichtspunkte der funktionellen Morphologie der Rinderzitze. *Monatsh. Veterinärmedizin* 41, 77 – 80.
- MICHEL, G. (1994): Anatomie der Milchdrüse in: *Wendt, Bostedt, H.; Mielke, Fuchs, F. H.: Euter und Gesäugekrankheiten*, Fischer Verlag, Jena Stuttgart, S. 17 – 50.

- MICHELL, A. R. (1985): Sodium in health and disease: A comparative review with emphasis on herbivores, *Veterinary Record* 116, 653-657.
- MIELKE, H. (1965): Die Milchspeicherung in der Rindermilchdrüse, *Habil-Schrift* Leipzig.
- MIELKE, H. (1973): Fortschritte, Probleme und Entwicklungstendenzen bei der industriemäßigen Milchproduktion. Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin der Karl-Marx-Univ. Leipzig, Vortragstagung, S. 244 - 254
- MIELKE, H. (1994): Physiologie der Laktation, In: Wendt H., Bostedt H., Mielke, Fuchs F.H., *Euter und Gesäugekrankheiten*, Fischer Verlag, S. 72 – 78.
- MIELKE, H.; Koblenz, C. (1980): Zur Einteilung und Differenzierung der Milchzellen eutergesunder und euterkranker Kühe, *Monath. Vet. Med.* 35, 367-370.
- MIELKE, H.; Schulz, J. (1983): Verhalten und korrelative Beziehungen der elektrischen Leitfähigkeit und anderer diagnostischer Kriterien der subklinischen Mastitis in Abhängigkeit vom Laktationsstadium der Kühe, *Arch. Exp. Veterinärmed.* Leipzig 37.
- MIELKE, H.; Schulz, J.; Beuche, W. (1974) : Vergleichstestung mit dem Leipziger LF-Mastitiskontrollsystem in verschiedenen Milchviehgroßanlagen, - Forschungsabschlussbericht, Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion u. Vet. Med.
- MIELKE, H.; Studinsky, T.; Braband, W. (1968): Untersuchungen über die dosisabhängige Wirkung von Oxytocin auf die Milchsekretion und die Milchzusammensetzung des Rindes: I die Beeinflussung der Milchsekretionsrate, *Arch. Exper. Vet.med.* 23, 535-545.

- MIELKE, H.; Stundinsky, T.; Braband, W. (1968): Untersuchungen über die dosisabhängige Wirkung von Oxytocin auf die Milchsekretion und die Milchezusammensetzung des Rindes: II die Beeinflussung der Na, K-, Cl-, Mg- und Laktosekonzentration und des pH-Wertes der Milch, Arch. Exper. Vet.med. 23, 547-561.
- MILLER, R. H.; Paape, M. J.; Fulton, L. A.; Schultz M. M. (1993): The relationship of somatic cell count to milk yields for Holstein heifers after first calving, J. Dairy Sci. 76, 728-733.
- MILNER, P.; Page, K. L.; Walton, A. W.; Hillerton, J. E.; (1996): Detection of mastitis by changes in electrical conductivity of foremilk before visible changes in milk, Journal of Dairy Science 79, 1, 83 – 86.
- MOISMANN, W.; Kohler, A. (1990): Milchdrüse In: Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie der Haussäugetiere 3. Auflage. Parey Verlag, Berlin, Hamburg; S. 288 – 294.
- MV BGB (MILCHGÜTE-VERORDNUNG) vom 09.07.1980 letzte Änderung 2003
Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch § 3 Absatz 3 und § 4 Absatz 3.
- NATIONAL MASTITIS COUNCIL (1999): www.nmconline.org/dipfacts.htm.
- NAYLOR, J. M. (1991): The major minerals (Macrominerals) In: Naylor, J. M.; Ralston L. S (Hrsg.): Large Animal Clinical Nutrition. Mosby Year Book, London, S. 35-54.
- NELSON PHILOT, W.; Nickerson, S. C. (2004): Die Mastitis besiegen, WestfaliaSurge (Hrsg.)1880 Country Farm Drive, Naperville, USA.
- NGUYEN, D.-A.; Neville, M. C. (1988): Tight junction regulation in the mammary gland, Journal of mammary Gland Biology and neoplasia, Vol 3, No. 3; pp. 233 – 273.

- NICKEL, R.; Schummer, A.; Seiferle, E. (1996a): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 3. Auflage Band III Kreislaufsystem, Haut und Hautorgane. Parey Verlag, Berlin Hamburg.
- NICKERSON, S. C.; Owens, W. E.; Boddie, R. L. (1995): Mastitis in Dairy heifers: Initial studies on prevalence and control. *J. Dairy Sci.* 78, 1607-1618.
- NICPON, J.; Hejlasz, Z. (1991): The influence of metabolic alkalosis of cows on the quality of the milk and colostrums and the health of newborn calves. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 98, 207-209.
- NIELEN, H.; Delyker, H.; Schukken, Y. H., and Brand, A. (1992): Electrical Conductivity of Milk: Measurement, Modifiers and Meta Analysis of Mastitis Detection Performance. *Journal of Dairy Sciences*, 75 (2), pp. 606 – 614
- ONTSOUNKA, C. E.; Bruckmaier, R.; Blum, J. W.; (2003): Fractionised milk composition during removal of colostrum and nature milk, In: *Journal of Dairy Sci.* 86, pp. 2005 - 2011
- OSHIMA, M. (1978): Empirical formula for correcting electrical conductivity values of milk in relation to temperature. *Japanese Journal of Zootechnology* 49, 180 – 188.
- ÖSTENSSON, K.; Hagetorn, M.; Aström, G. (1988): Differential cell counting in fraction-collected milk from dairy cows, *Acta vet. Scand.*, 29, pp. 493 – 500.
- PAAPE, M. J.; Wergin, W. P. (1977): The leucocyte as a defense mechanism. *JAVMA* 170, 1214-1223.
- PROMILK (1998): www.promilk.com FAQ zur Leitfähigkeit.
- PEAKER, M. (1983): Secretion of Ions and Water, *Biochemistry of lactation*, Elevation Science Publisher, 285 – 305.

- PEAKER, M.(1977 b):The aqueous phase of milk: Ion and water transport, In: Peaker M. Ed. Comparative Aspects of Lactation Academic Press New York, 113 - 134.
- PHILPOT, W. N.; Nickerson, S. C. (2004): Die Mastitis besiegen, WestfaliaSurge, Inc, 1880 Country Fram Drive naperville, IL 60563, USA
- PHILIPSSON, J. (1995): Züchtung auf Gesundheit am Beispiel Skandinavien – erfolgreiche Kooperation zwischen Landwirten, Tierarzt, MLP und Zuchtorganisation, Züchtungskunde 67, 454 – 460.
- PIATKOWSKI, P.; Gürtler, H.; Voigt, J. (1990): Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena, S. 91-111.
- POST, H. (1960) In: Metzner, K.: Die Zelle, wissenschaftliche Verlagsgemeinschaft mbH, Stuttgart.
- PRENTICE, J. H (1962): The conductivity of milk – the effect of the volume and degree of dispersion of the fat, Journal of Dairy Research 29, 131 – 139.
- PRENTICE, J. H. (1972): The temperature coefficient of electrolytic conductivity of milk, Journal of Dairy Research 275-278.
- PULS, R. (1994): Mineral Levels in Animal Health: diagnostic data 2nd Edition Diagnostic Data, Published by Sherpa international, Canada
- PYÖRÄLÄ, S.; Pyörälä, E. (1997):Accuracy of methods using somatic cell counts and N-Acetyl-β-D Glucosamidase activity in milk to assess the bacteriological cure of bovine clinical mastitis, J. Dairy Sci. 80, 2820-2825.
- RADOSITS, O.M.; Gay, C. C.; Blood, D. C.; Hinceliff, K. W. (2000): Mastitis Control in Dairy Herds: Veterinary Medicine, A Textbook of the Disease of Cattle, Sheeps, Pigs, Goats and Horses, Verlag W. B. Saunders, 9th edition 250.

- REICHMUTH, J. (1975): Somatic cell counting – interpretation of results. IDF Doc. 85 93-124.
- RENNER, E. (1982): Milch und Milchprodukte in der Ernährung des Menschen. Volkswirtschaftlicher Verlag, München In: Wendt K., Mielke H., Fuchs H.-W.: Euterkrankheiten, Zusammensetzung der Milch (1986),137-157.
- ROCK, J.; Wood, M. (1959): Potassium and Lactose in milk relation in the physiology of milk secretion, Nature 184, (Suppl), 647-648.
- RÖHRMOSER, G.; Seidel, E.; Eibelmeier, J. (1994): Ein elektronisches Mastitiskontrollgerät im Eignungstest, INFO 4, In: Informationen und Hinweise der Bayrischen Landesanstalt für Tierzucht.
- ROTHENBÜHLER, E. (1973): Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung der Milch dreier Rinderrassen (Simmentaler Fleckvieh, Schweizer Braunvieh, Holstein Frisian) während zweier Laktationsperioden (Kontrolljahr) und unter gleichen Fütterungs- und Haltungsbedingungen, Dissertation.
- ROTTSCHEIDT, M. (1994): Untersuchungen zur Aussagekraft der elektrischen Leitfähigkeit bei subklinisch erkrankten Kühen, Prakt. Tierarzt 11, S. 987 – 990.
- RUEGG, P. L. (2003): Investigation of mastitis problems on farms. Vet. Clin. Food Anim. 19, 47-73.
- SAKS, M. G.; Natotschin, J. W.; Sokolowa, M. M.; Tanasitschuk, O. F.; Twerskoi, G. B.:(1965): Über den Transport von Natrium und Kalium bei der Milchbildung, Fisiol. J. SSSR 51, 513 – 519 (russ.).
- SCHAEREN, W. (2007): Eutergesundheit: Bedeutung von Euterentzündungen für die Land- und Milchwirtschaft, Tänniker Melktechniktagung, Melktechnologie der Zukunft: Zusammenwirken von Industrie, Beratung und Forschung, S. 16 – 21.

- SCHALLENBERGER, E. (2004): Eutergesundheit und Milchflusskurven, Praxisstudie zur Milchqualität und zum Milchentzug in Schleswig-Holstein, [www. wgmev.de](http://www.wgmev.de)
- SCHALM, O. W.; Carrol, E. J.; Jain, N. C.; (1971): Bovine, Mastitis, Les & Fibiger, Philadelphia.
- SCHÄLIBAUM, M. (2001): Mastitis Control Switzerland, International Dairy Ferderation, Mastitis Newsletter 24, 36-39.
- SCHLIMME, E.; Buchheim, W. (1999): Milch und Ihre Inhaltsstoffe, Chemische und physikalische Eigenschaften, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- SCHLÜNSEN, D.; Bauer, R. (1992): Investigation on the suitability of different milk parameters for the early detection of mastitis, and implications for automated monitoring, Hrsg. Ipema, A. H., A. C. Lippus, J. H. M. Metz and W. Rossing:, Prospects for Automatic Milking, Pudoc Scientific Publisher, Wageningen, 141-147.
- SCHNEIDER, E. (1970): Die Kochsalmangel-Krankheit der Milchkuh, Schweiz. Arch. Tierheilk. 112, 1-17.
- SCHULTZE, W. D. (1985): Developments in the idendifikation of diseased udder quarters in cows, Kieler Milchwissenschaftl. Forschungsbericht, 37, 319 – 328.
- SCHULZ, J. (1994): Erkrankungen der Milchdrüse des Rindes In: Wendt, K, Bohstedt, H. Mielke und H.W. Fuchs: Euter und Gesäugekrankheiten, Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart.
- SCHULZ, E.; Sydow, G. (1957): Die „chloridfreie“ Leitfähigkeit von Milch und Milchprodukten, Milchwissenschaft 12, 174 – 184.
- SCHULZ, J.; Elmardi, A.; Richter, A.; Beck, K. (1984): Verhalten der Soxlet-Henkel-Zahl der Kuhmilch in unterschiedlichen Gemelksfraktionen gesunder und kranker Euterviertel, Arch. Exper. Vet.-Med., 387, H, 2, 157 – 168.

- SCHOMAKER, T. (2001): Ansätze zur Entwicklung einer Leistungsprüfung für funktionale Merkmale beim Milchrind, Dissertation, Christian-Albrecht-Universität, Kiel,
- SCHÖNE, A.; Göft, H. (1990): Untersuchungen zum Leitfähigkeitsverlauf beim Melken unter besonderer Berücksichtigung der Vorstimulation mit dem Vibrationsverfahren, In: Beitrag zum internationalen Kolloquium Aktuelle Fragen des maschinellen Melkens Teil II, Eisenach: 238 – 246.
- SCHÖNE, A. (1993): Experimentelle Untersuchungen zur Schaumentwicklung und zum Leitfähigkeitsverlauf der Milch beim maschinellen Melken, Dissertation, Weihenstephan, 1993.
- SCHULZ, J. (1977): Somatic Cells in milk-physiological aspects and relationship to amount and composition of milk, J. Food Protect 40, 125-131.
- SCHULZ, J. In: Wendt K., Mielke K., Fuchs H.-W. (1986): Euterkrankheiten, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- SCHULZ, J.; Seffner, W. (1982): Pathophysiologische und pathomorphologische Gesichtspunkte zu Pathogenese der Mastitis des Rindes als Grundlage für eine wirksame Behandlung, Wiss. Z der KMU Leipzig Math.-Naturwiss. R. 31, 391-398.
- SHELDRAKE, R. F.; MCGREGOR, G. D.; Hoare, R. J. T. (1983a): Somatic Cell Count, Electrical Conductivity and Serum.
- SHELDRAKE, R. F.; Hoare, R.J.T.; MCGREGOR, G. D. (1983b): Lactating stage, parity, and infection affecting somatic cells, electrical conductivity and serum albumin in milk, J. Dairy Sci. 66 542-547.
- SPAHR, S. L.; PUCKETT, H. B.; FERNANDO, R. S.; RODDA, E. D. (1983): Analysis of in-line milk conductivity data, Proceedings of the Symposium "Automation in – Dairying" 20.-22.04.1983 in Wageningen, Hrsg. IMAG 79-88.

- STELWAGEN, K.; Farr, V. C.; McFadden H. A. ; Prosser, C. G.; Davis, S. R. (1997):
Time course of milk accumulation-induced opening of mammary tight junction
and blood clearance of milk components. American Physiological Society
(273), R379 – 386.
- STEYER, T. (1960) In: Metzner: Die Zelle, wissenschaftliche Verlagsgemeinschaft
MbH, Stuttgart.
- TALLAMY, P. T.; Randolph E.H. (1970): Influence of mastitis on properties of milk.
V. Total and free concentration of major minerals in skim milk, J. Dairy sci. 53,
1386-1388.
- TEUTE, H. W. (1961): Prädisponierende Faktoren für das Auftreten von Mastitis und
Untersuchungen über die Zusammensetzung der Mastitismilch, Berli. U. Münch.
Tierärztl. Wschr. 74, 185-189.
- THIEME, D.; Haasmann, S. (1978): Der Zellgehalt als Kriterium bei der
Eutergesundheitsüberwachung, Monatsh. Vet. Med. 6. 226-232.
- TOLLE, A. (1970): Zur zytologischen, biochemischen und bakteriologischen
Beurteilung der Milch, Schweiz. Arch. Tierheilkunde 112, 512-553.
- TOLLE, A.; Heeschen, W.; Reichmuth, J.; Zeidler, H.; (1971): Counting of somatic cells
in milk and possibilities of automation, Journal Dairy Sci., 33, pp. 875 – 879.
- TÖPEL, A. (1987): Chemie der Milch – eine Einführung in die milchwirtschaftliche
Chemie und die Milchwirtschaftlich-chemischen Laborpraxis, 2. Aufl., VEB
Fachbuchverlag Leipzig.
- TRAUTMANN, A. (1976): Veterinär-Physiologie, Paul Prey Verlag, Berlin Hamburg.
- TRINIDAD, P. S.; Nickerson, C.; Adkinson, R. W. (1990): Histopathology of
staphylococcal mastitis in unbreed dairy heifers. J. Dairy Sci. 73, 639-647.

- UNDERWOOD, E.J.; Suttle, N. F. (1999): *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3. Auflg., CABI Publishing, Oxon, New York.
- VAN DER IEST, R.; Hillerton, E (1989): Short-term effects of frequent milking of dairy cows, *J. Dairy Res.* 56, 587-592.
- VANSHOUBROEK, F. H. (1959): The effect of high and low milk yield upon the composition of cows milk, *Nederland melken Zuiverlijdschr.* 13, 113-121.
- VEAUTHIER, G. (2008): Was uns die Zellzahlen sagen, *Magazin für Milcherzeuger ELITE* 6/2008, S. 50-53.
- WEGNER, T. N.; Stull, J. W. (1978): Relation between mastitis test score, mineral composition of milk and blood profiles in Holstein cows, *Journal Dairy Sci.* 61 (12), pp. 1755 – 1759.
- WENDT, K.; Lotthammer, K.H.; Fehlings, K.; Spohr, M. (1998): *Handbuch Mastitis*, Osnabrück, Kamlage Verlag GmbH & Co.
- WENDT, K.; Bostedt, H.; Mielke, H.; Fuchs, H.-W. (1994): *Euter und Gesäugekrankheiten*, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- WENDT, K.; Mielke, H.; Fuchs, H.-W. (1986): *Euterkrankheiten*, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WESSELS, U. (2001): Charakterisierung des Milchabgabeverhaltens von Kühen in Schleswig Holsteinischen Praxisbetrieben, *Dissertation*, Christian-Albrecht-Universität. Kiel.
- WIEDEMANN, M (2005) : Überwachung der Eutergesundheit bei Milchkühen durch Kombination verschiedener chemisch-physikalischer Messwerte, *Dissertation*.

- WIEDEMANN, M.; Weiss, D.; Wendl, G.; Bruckmaier, R. M. (2003): The importance of sampling time for online mastitis detection by using the electrical conductivity or measuring the Na⁺ and Cl⁻ content in milk. In: Proceedings of the "1st European Conference on Precision Livestock Farming", Berlin, 173 – 178.
- WIESNER, E. (1970): Ernährungsschäden der landwirtschaftlichen Nutztiere, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WOOLFORD, M. W.; Williamson, J. H.; Henderson, H. V. (1998): Changes in electrical conductivity and somatic cell count between milk fractions from quarters subclinically infected with particular mastitis pathogens, Journal of Dairy Research 65, 187-198.
- WORSTRORFF, H.; Träger, F.; Model, I.; Harsch, M. (2000): Ziele, Möglichkeiten und Grenzen der Beratung, Hrsg.: Bayrische Landesanstalt für Tierzucht, Melkberatung mit Milchflusskurven, Poing.
- ZAHMT, M. (1998): Zentrumsabteilung Hygiene und Technologie der Milch Kompendium der Milchhygiene, Tierärztliche Hochschule Hannover/D.

8 Anhang

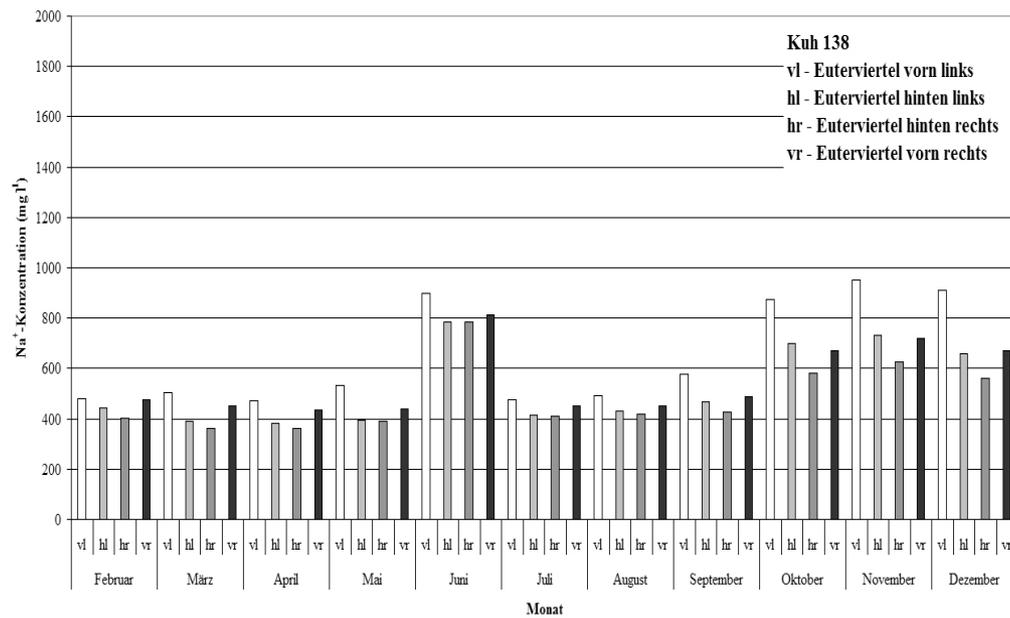


Abb. A1: Verlauf der Na^+ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 138)

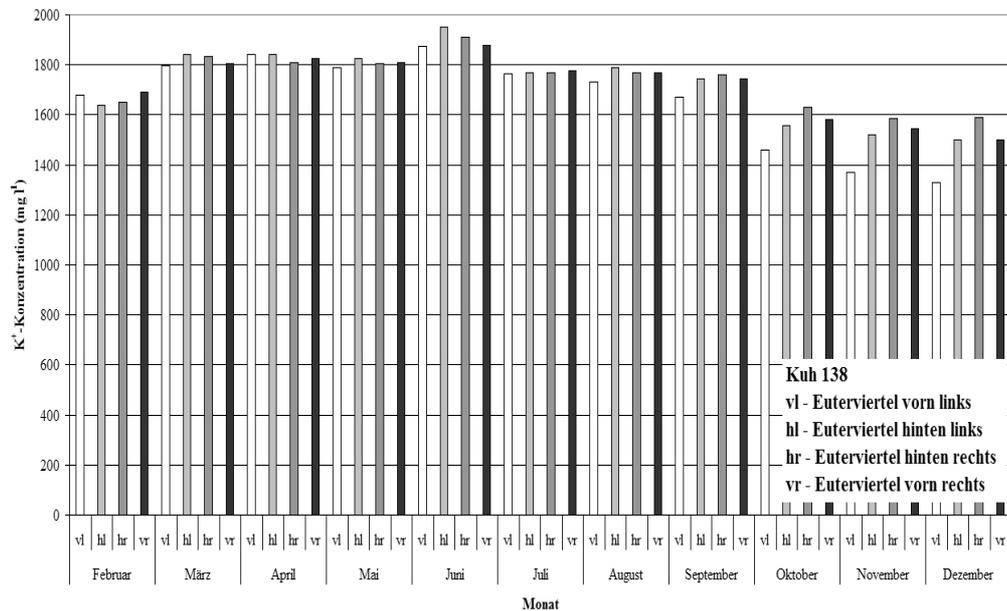


Abb. A2: Verlauf der K^+ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 138)

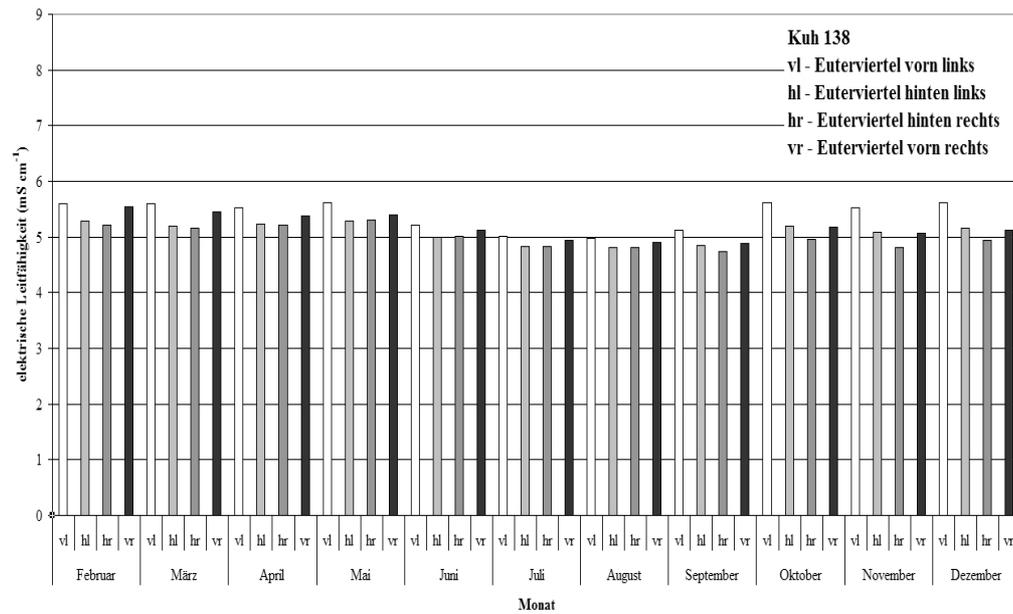


Abb. A3: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 138)

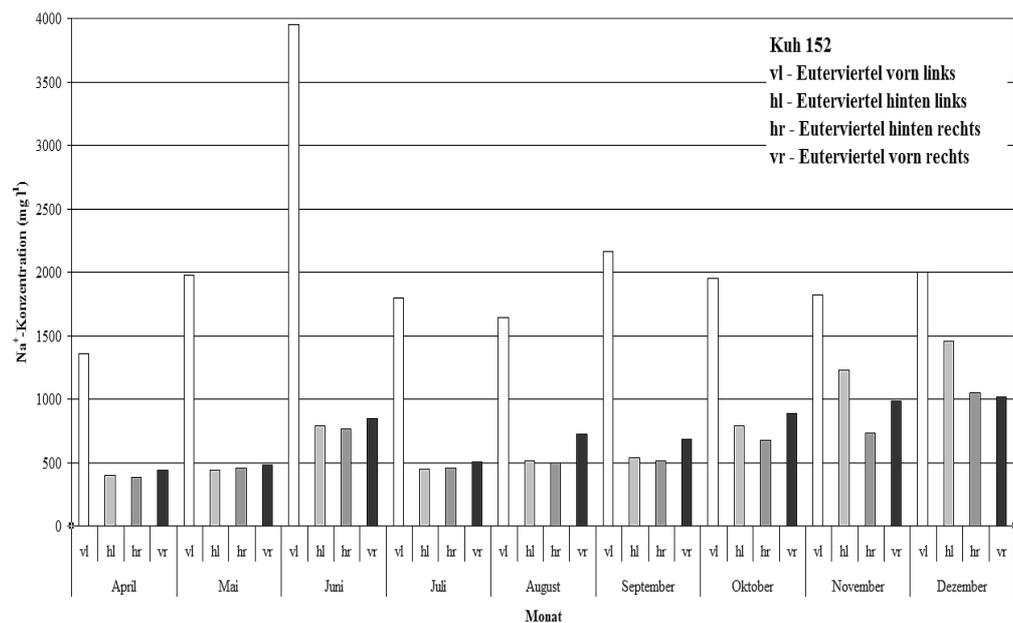


Abb. A4: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 152)

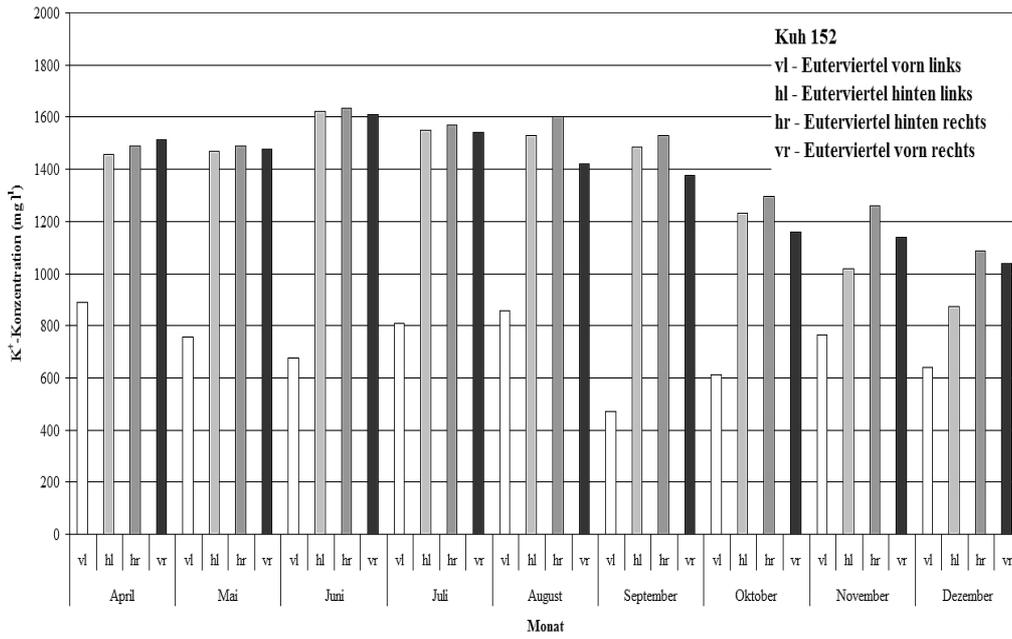


Abb. A5: Verlauf der K⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 152)

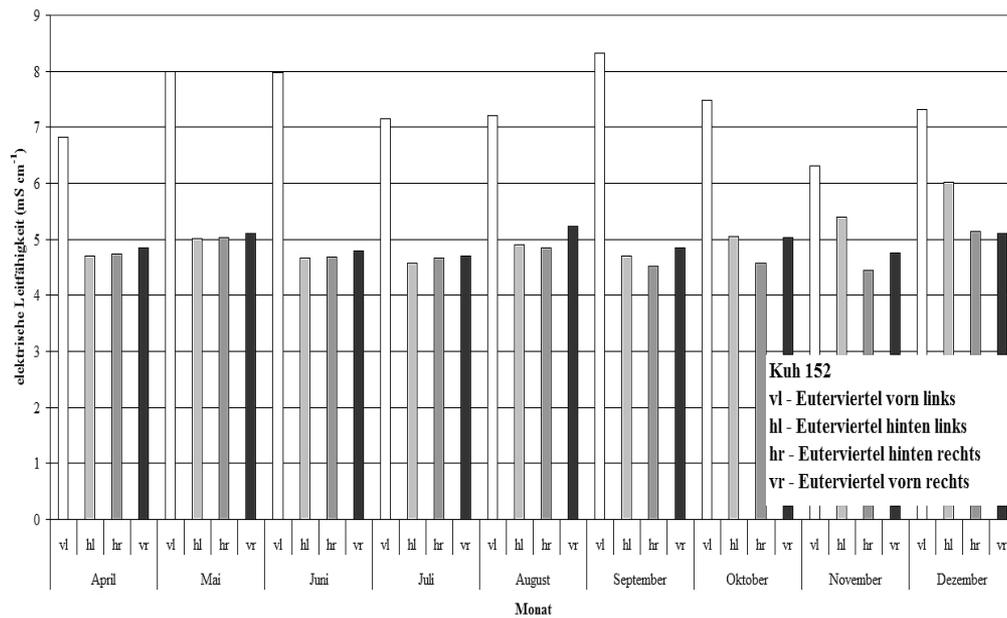


Abb. A6: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 152)

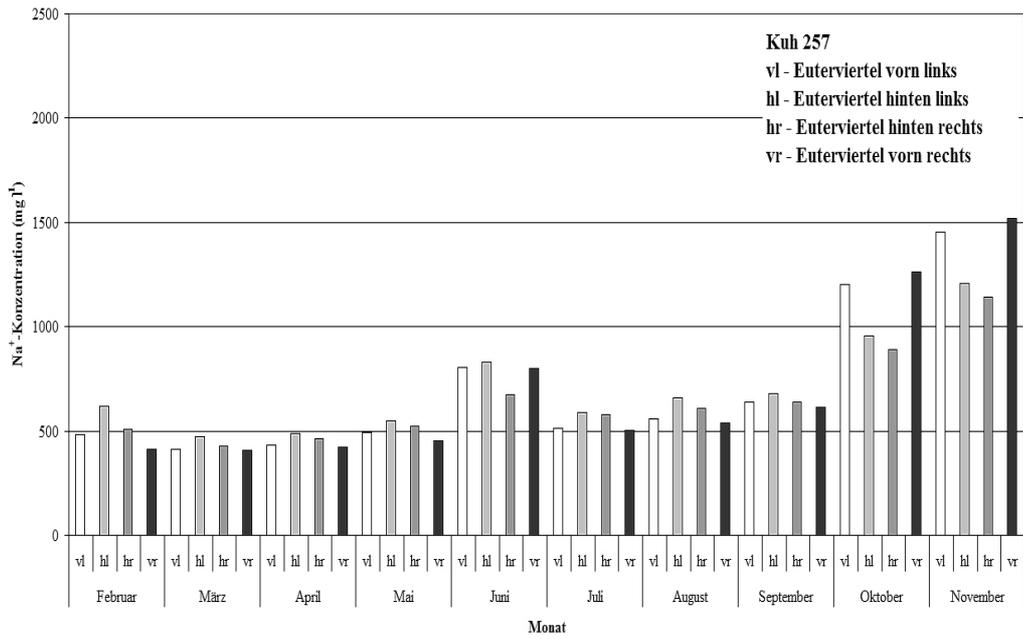


Abb. A7: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 257)

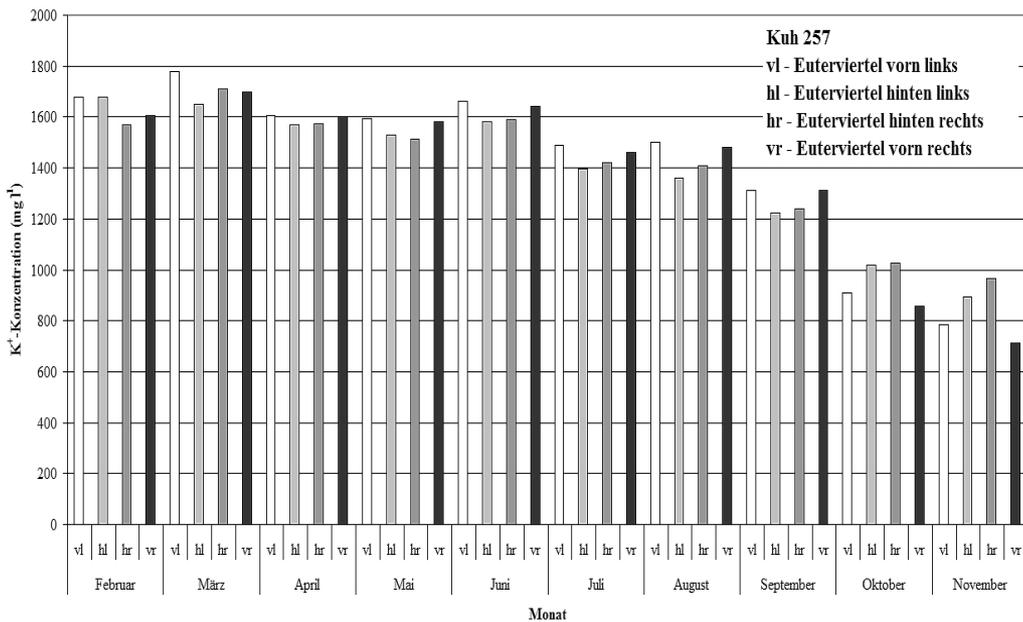


Abb. A8: Verlauf der K⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 257)

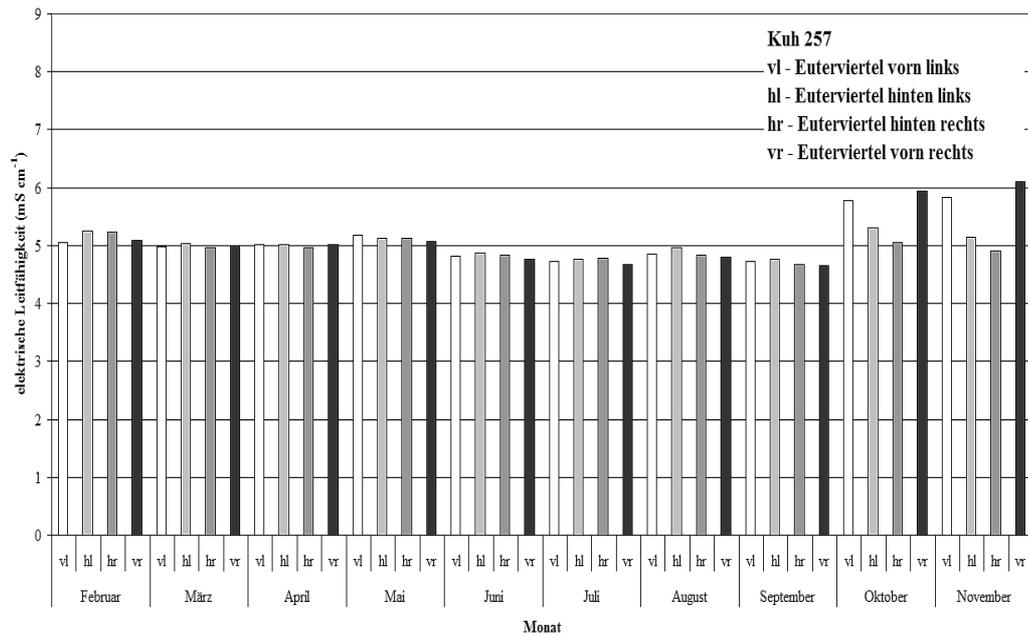


Abb. A9: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 257)

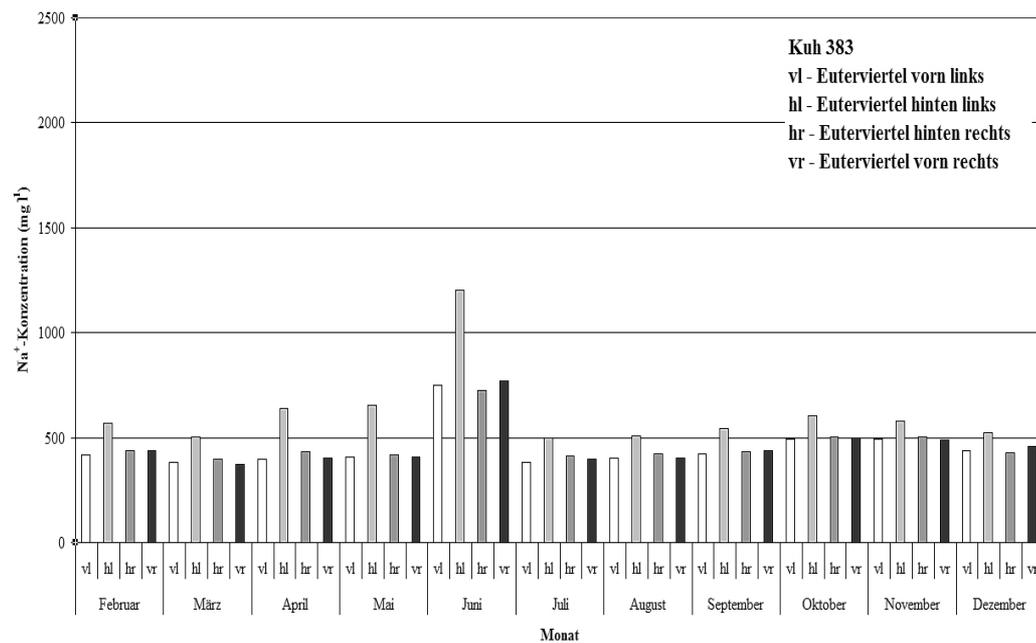


Abb. A10: Verlauf der Na⁺-Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 383)

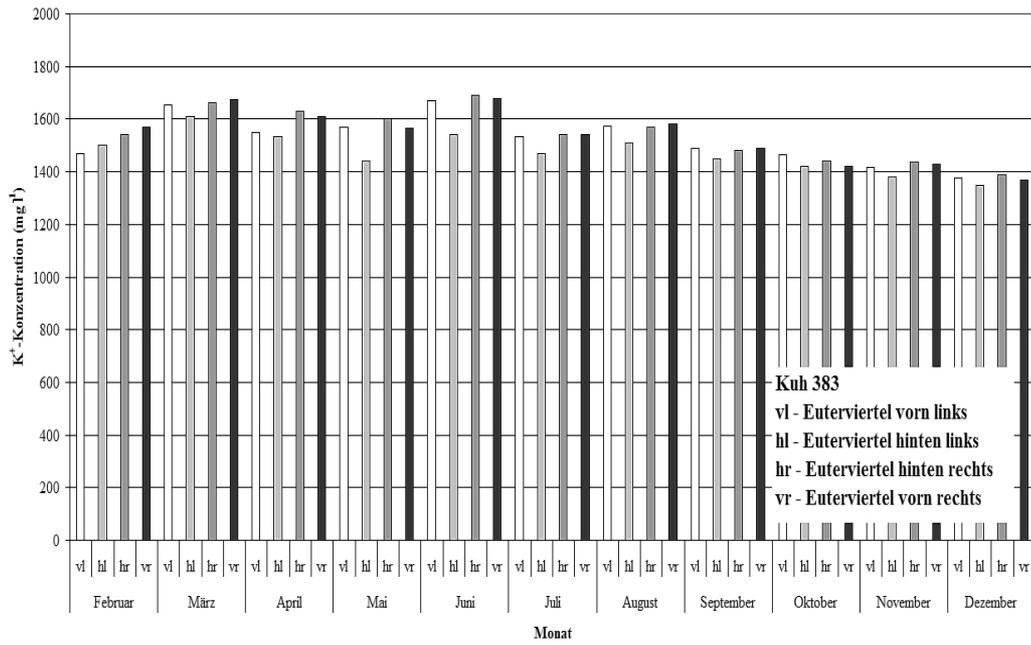


Abb. A11: Verlauf der K^+ -Konzentration (Median) im Viertelvorgemelk für (Kuh 383)

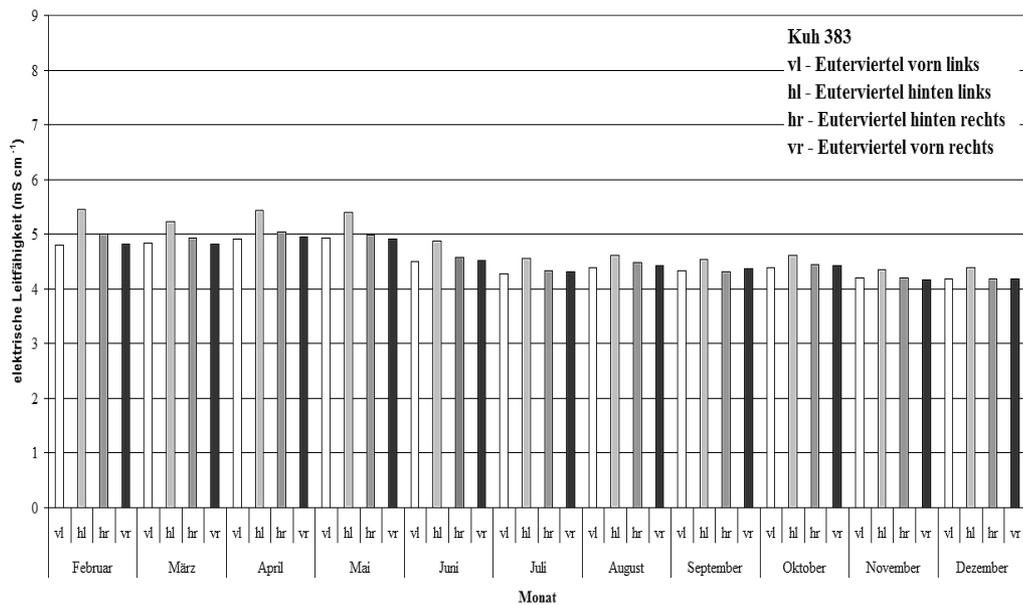


Abb. A12: Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit (Median) im Viertelvorgemelk (Kuh 383)

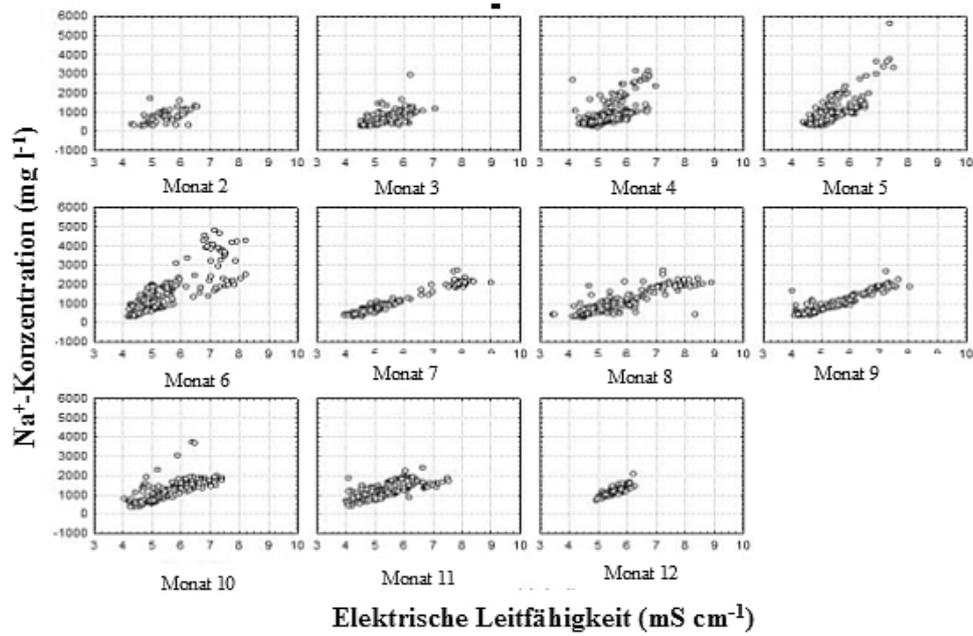


Abb. A13: Beziehung zwischen der Na⁺-Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 138

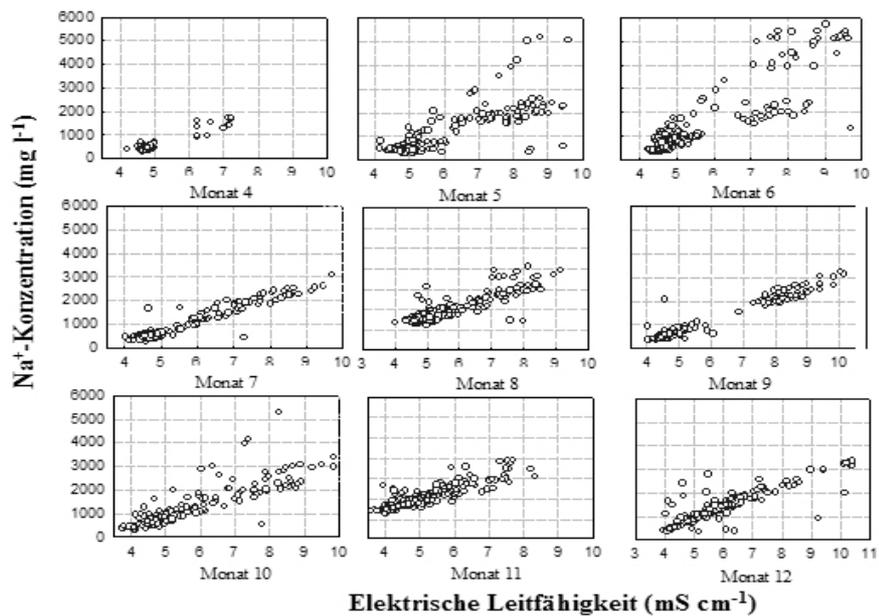


Abb. A14: Beziehung zwischen der Na⁺-Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 152

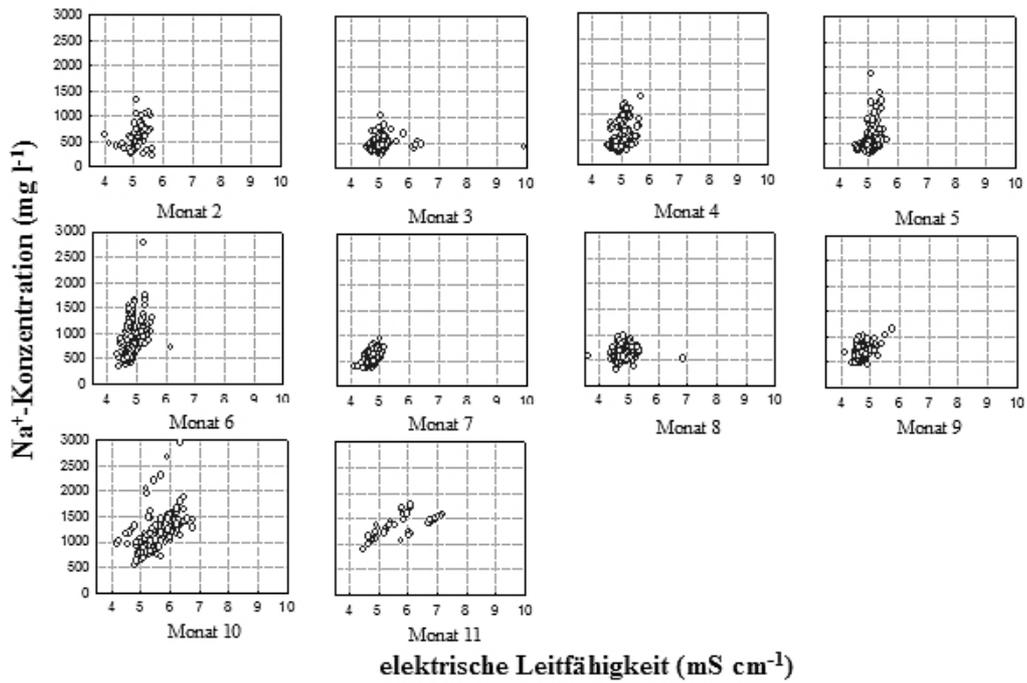


Abb. A15: Beziehung zwischen der Na⁺-Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 257

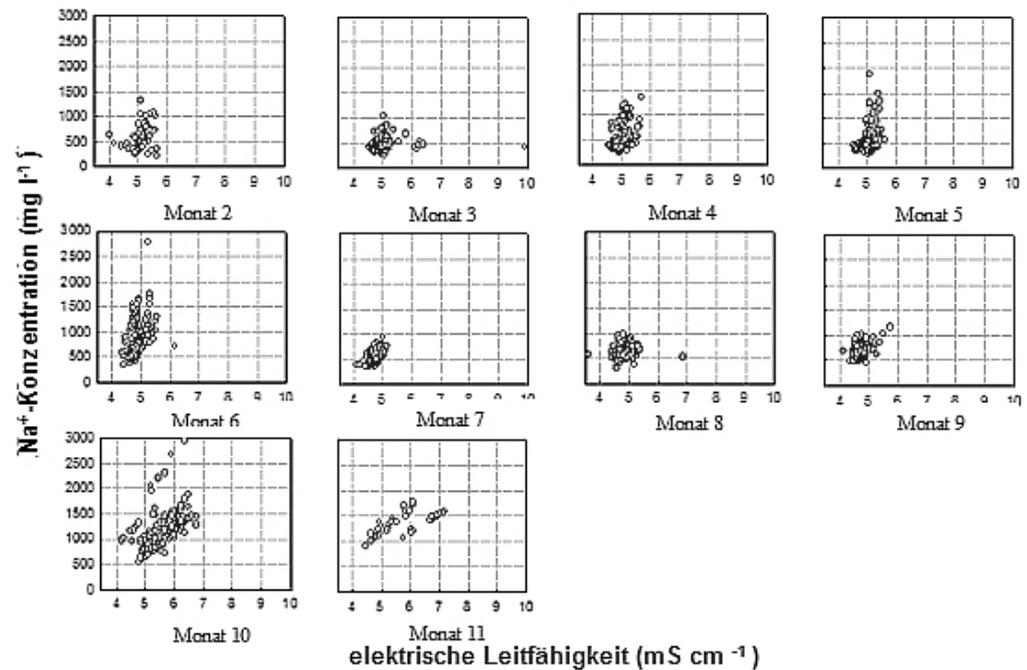


Abb. A16: Beziehung zwischen der Na⁺-Konzentration und der elektrischen Leitfähigkeit im Vorgemelk für Kuh 383

Laktationsmonat Februar

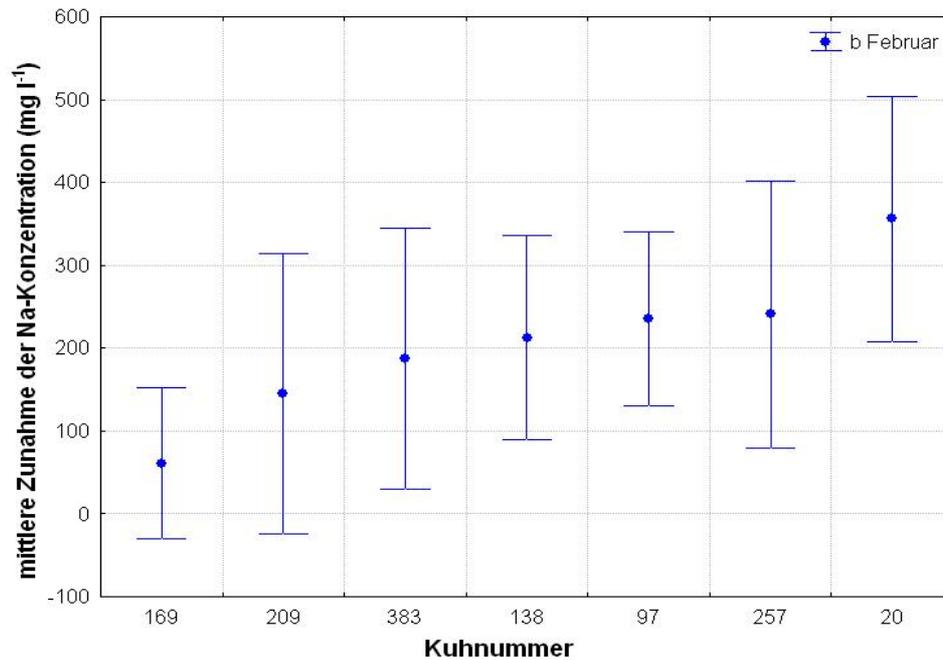


Abb. A17: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat Februar bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die größte Veränderung der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat Februar (Abb. A17) ist mit [207,7 mg l⁻¹ ;504,3 mg l⁻¹]¹ bei der Kuh 20 zu beobachten (Tiergruppe III). Die Zunahmen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk der Kühe 169 und 209 sind im Laktationsmonat Februar statistisch nicht gesichert. Der höhere Regressionskoeffizient b_{20} unterscheidet sich statistisch gesichert von b_{169} , liegt aber auch außerhalb der Konfidenzintervalle von b_{209} , b_{383} , b_{138} und b_{97} . Die Kühe 169 und 209 werden der Tiergruppe I, alle übrigen Kühe außer Kuh 20 werden der Tiergruppe II zugeordnet. Die Messwerte der elektrischen Leitfähigkeit bleiben im Februar bis auf wenige Ausnahmen unterhalb des Schwellenwertes von 6,5 mS cm⁻¹.

Laktationsmonat März

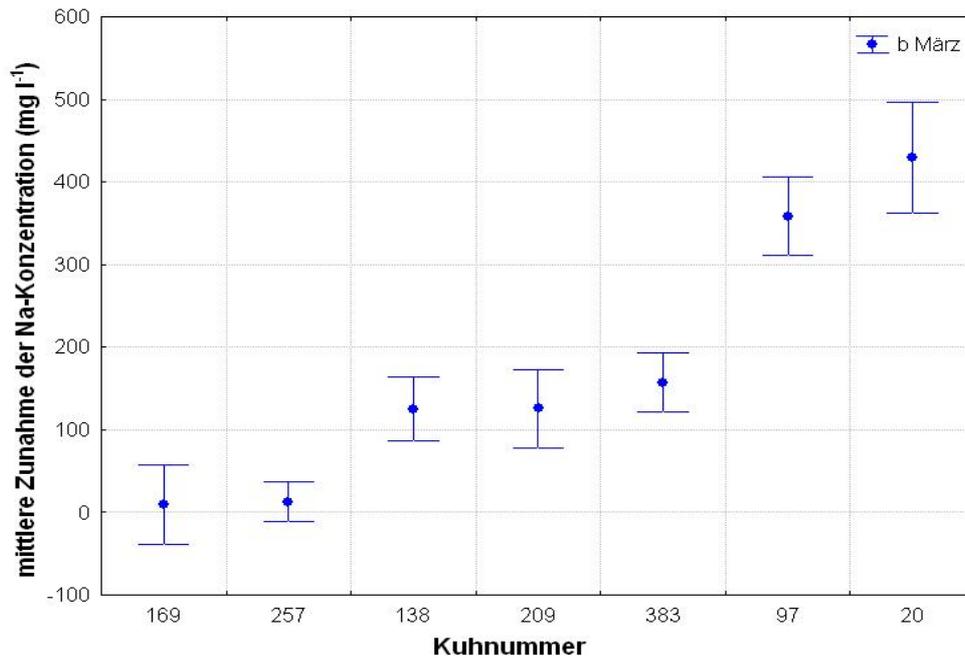


Abb. A18: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat März bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk sind im Laktationsmonat März (Abb. A18) bei den Kühen 20 mit [360 mg l⁻¹; 490 mg l⁻¹] und 97 mit [310 mg l⁻¹; 400 mg l⁻¹] zu beobachten. Die Kühe 20 und 97 sind im Laktationsmonat März der Tiergruppe III zuzuordnen. Die mittleren Zunahmen der Na⁺-Konzentration in der Milch der Kühe 138 mit [86,7 mg l⁻¹; 164,0 mg l⁻¹], 209 mit [78,0 mg l⁻¹; 173,0 mg l⁻¹] und 383 mit [121,8 mg l⁻¹; 192,7 mg l⁻¹] unterscheiden sich aus statistischer Sicht nicht (Tiergruppe II). Die mittleren Zunahmen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk der Kühe 169 und 257 sind bei steigender elektrischer Leitfähigkeit statistisch nicht gesichert, da die Konfidenzintervalle den Wert Null einschließen (Tiergruppe I).

Laktationsmonat April

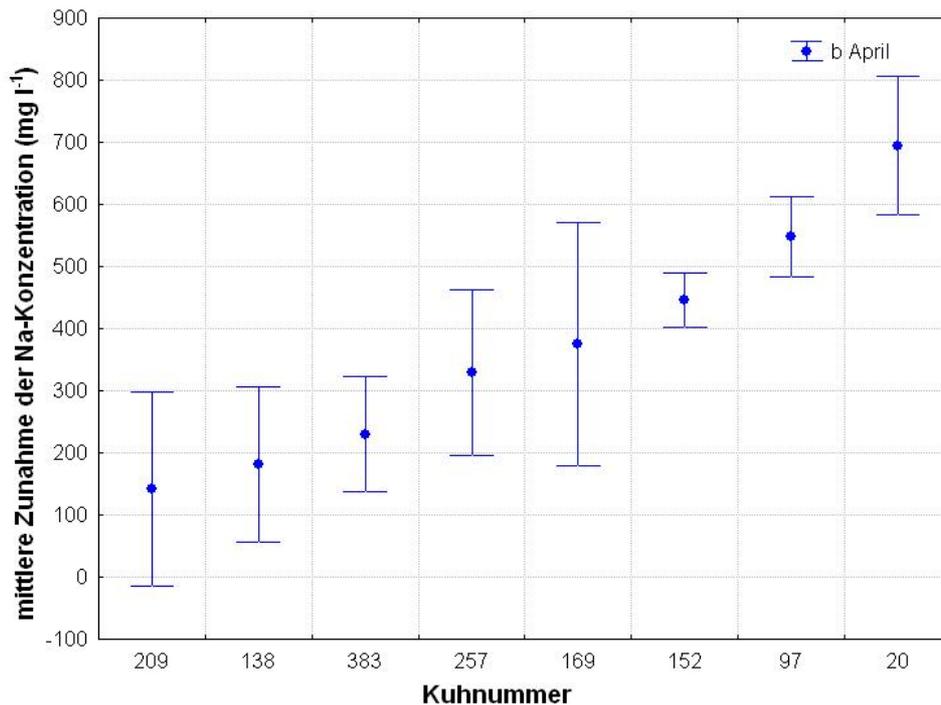


Abb. A19: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat April bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk der Kühe im Laktationsmonat April (Abb. A19) zeigt die höchsten mittleren Zunahmen der Na⁺-Konzentration für die Kühe 20 mit [583 mg l⁻¹; 805,3 mg l⁻¹], 97 mit [484,3 mg l⁻¹; 611,7 mg l⁻¹] und 152 mit [401,1 mg l⁻¹; 489,1 mg l⁻¹] (Tiergruppe III) auf. Sie liegen statistisch über denen der Kühe 209, 138, 383. Der Regressionskoeffizient b_{209} ist statistisch nicht gesichert. Die Kühe 209, 138 und 383 sind in die Gruppe I mit den niedrigsten mittleren Zunahmen einzustufen. Die Na⁺-Konzentration im Vorgemelk der Kühe 257, 169, 152 weist einen mittleren Anstieg auf (Tiergruppe II), die Regressionskoeffizienten b_{257} , b_{169} und b_{152} liegen oberhalb der oberen Konfidenzgrenzen der Regressionskoeffizienten b_{209} , b_{138} , b_{383} .

Laktationsmonat Mai

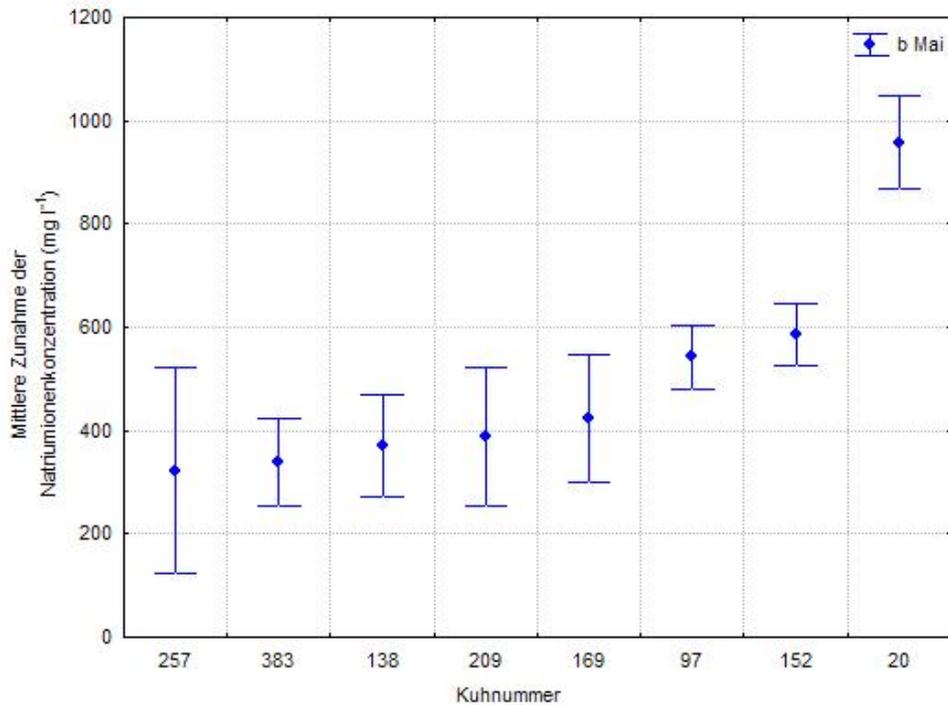


Abb. A20: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat Mai bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchste mittlere Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Mai (Abb. A20) wies Kuh 20 mit [850,0 mg l⁻¹; 1050,0 mg l⁻¹] auf. Der Regressionskoeffizient b_{20} liegt statistisch gesichert über denen aller anderer Kühe. Die Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk der Kühe 152 [455,0 mg l⁻¹; 625,0 mg l⁻¹] und 97 [450,0 mg l⁻¹; 600 mg l⁻¹] unterscheiden sich statistisch gesichert von denen der Kuh 383 [280 mg l⁻¹; 1410 mg l⁻¹], da sich die Konfidenzintervalle nicht überschneiden. Die Zuordnung der Kühe 97 und 152 zur Tiergruppe II wird vorgenommen, da die Regressionskoeffizienten b_{97} und b_{152} außerhalb der Konfidenzintervall der Regressionskoeffizienten b_{257} , b_{383} , b_{138} , b_{209} , b_{169} liegen. Unterschiede im mittleren Anstieg der Na⁺-Konzentration b_{257} , b_{383} , b_{138} , b_{209} und b_{169} sind aus statistischer Sicht nicht nachzuweisen. Alle Messwerte der elektrischen Leitfähigkeit liegen unterhalb des Schwellwertes 6,5 mS cm⁻¹. Die höchsten Zunahmen der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk liegen im Laktationsmonat Juni (Abb. A21) für die Kühe 20 [737,8 mg l⁻¹; 892,1 mg l⁻¹] und 97 [722,8 mg l⁻¹; 922,7 mg l⁻¹] und 152 [834,2 mg l⁻¹; 967,1 mg l⁻¹] statistisch gesichert über denen aller anderen Kühe. Die Kühe 20, 97 und 152 werden im Juni der Tiergruppe III zugeordnet.

Die Zunahme der Na^+ -Konzentration in der Milch der Kuh 383 (Tiergruppe II) mit $[524,81 \text{ mg l}^{-1}; 706,82 \text{ mg l}^{-1}]$ liegt statistisch gesichert über denen der Kühe 138, 169 und 209. Da der Regressionskoeffizient b_{257} außerhalb der unteren Konfidenzgrenze des Koeffizienten b_{383} liegt, wird die Kuh 257 der Tiergruppe I zugeordnet.

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch liegen im Laktationsmonat Juli (Abb. A22) für die Kühe 20 mit $[447,1 \text{ mg l}^{-1}; 474,3 \text{ mg l}^{-1}]$ und 97 mit $[400,8 \text{ mg l}^{-1}; 436,4 \text{ mg l}^{-1}]$ und 152 mit $[454,2 \text{ mg l}^{-1}; 490,0 \text{ mg l}^{-1}]$ statistisch gesichert über denen aller anderen Kühe (Tiergruppe III).

Die Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch der Kühe 257 $[273,3 \text{ mg l}^{-1}; 396,6 \text{ mg l}^{-1}]$ und 383 $[251,4 \text{ mg l}^{-1}; 348,9 \text{ mg l}^{-1}]$ (Tiergruppe II) liegen statistisch gesichert über denen der Kühe 138, 169 und 209 und unterhalb der Regressionsfunktion b_{97} , b_{20} und b_{152} .

Laktationsmonat Juni

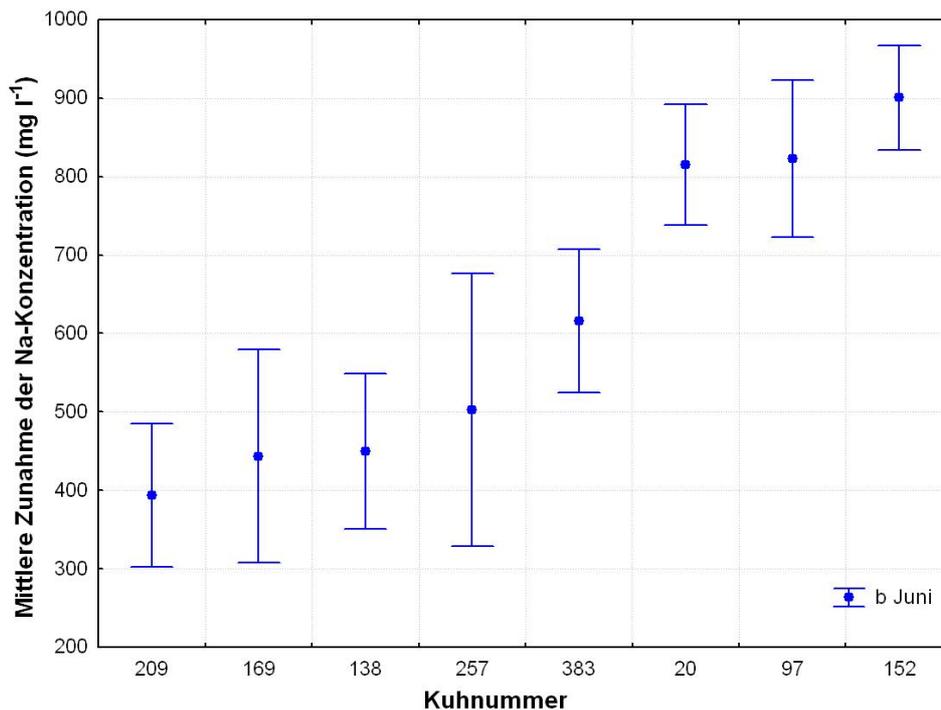


Abb. A21: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat Juni bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

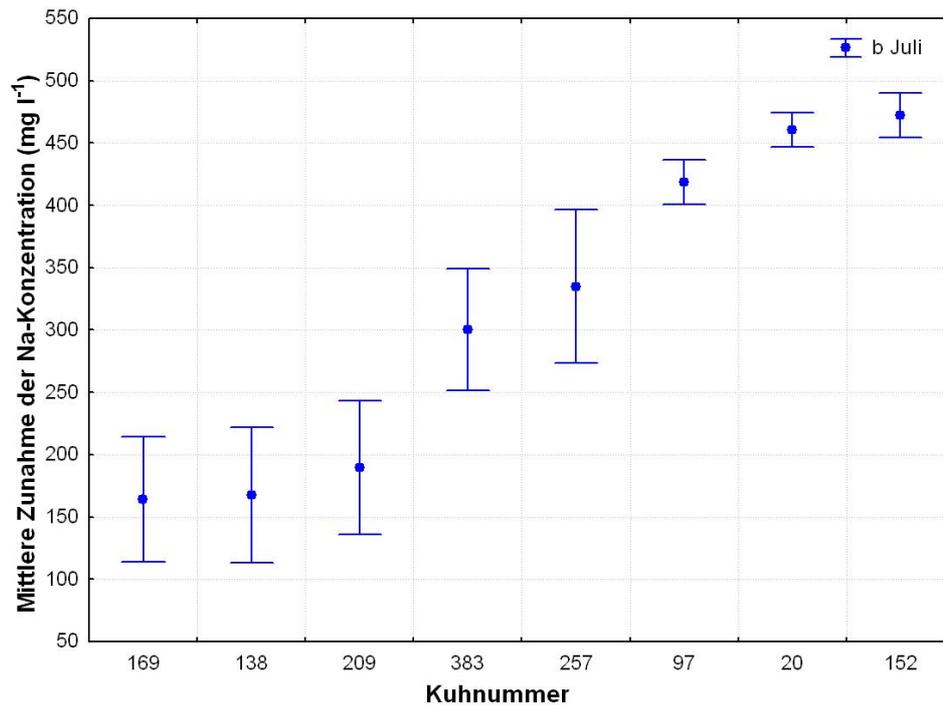
Laktationsmonat Juli

Abb. A22: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat Juli bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

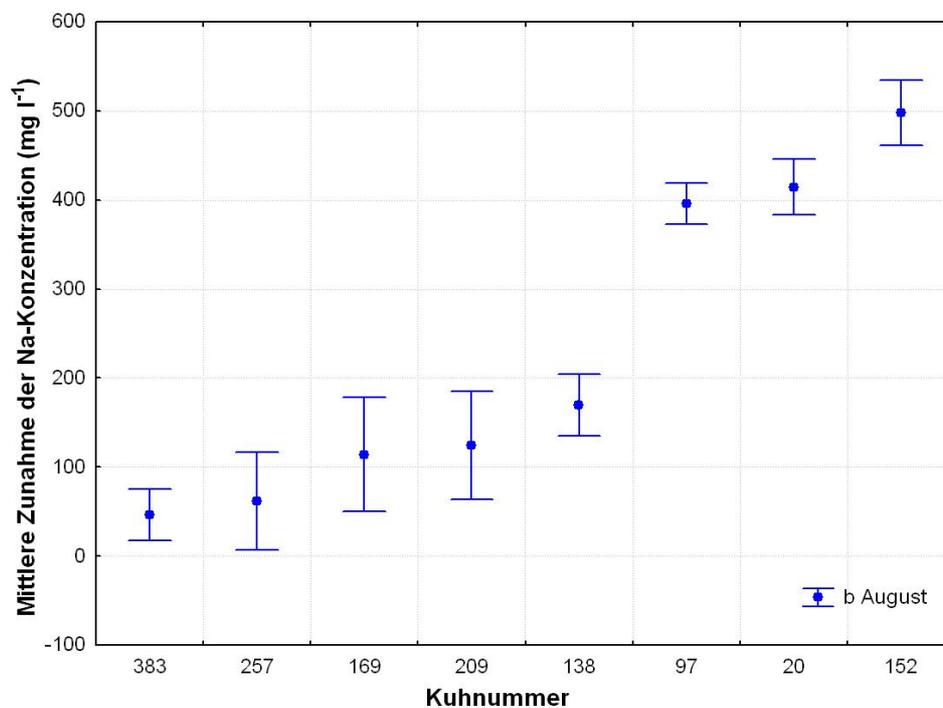
Laktationsmonat August

Abb. A23: Zunahme der Na⁺-Konzentration für alle Kühe im Laktationsmonat August bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten mittleren Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch im Monat August (Abb. A23) ist mit $[380,0 \text{ mg l}^{-1}; 420,0 \text{ mg l}^{-1}]$ bei der Kuh 152 zu beobachten (Tiergruppe III). Der Regressionskoeffizient b_{152} unterscheidet sich statistisch gesichert von b_{97} und b_{20} . Die Regressionskoeffizienten b_{97} , b_{20} und b_{152} liegen statistisch gesichert über den Regressionskoeffizienten über b_{383} , b_{257} , b_{169} , b_{209} und b_{138} . Der Regressionskoeffizient b_{138} unterscheidet sich statistisch gesichert von den Koeffizienten b_{383} und b_{257} , liegt aber innerhalb der Konfidenzgrenzen der Regressionskoeffizienten b_{169} und b_{209} . Die Kühe 257 und 383 werden wegen des niedrigen mittleren Anstieges der Na^+ -Konzentration der Tiergruppe I und die Kühe 169, 209 und 138 der Tiergruppe II zugeordnet.

Laktationsmonat September

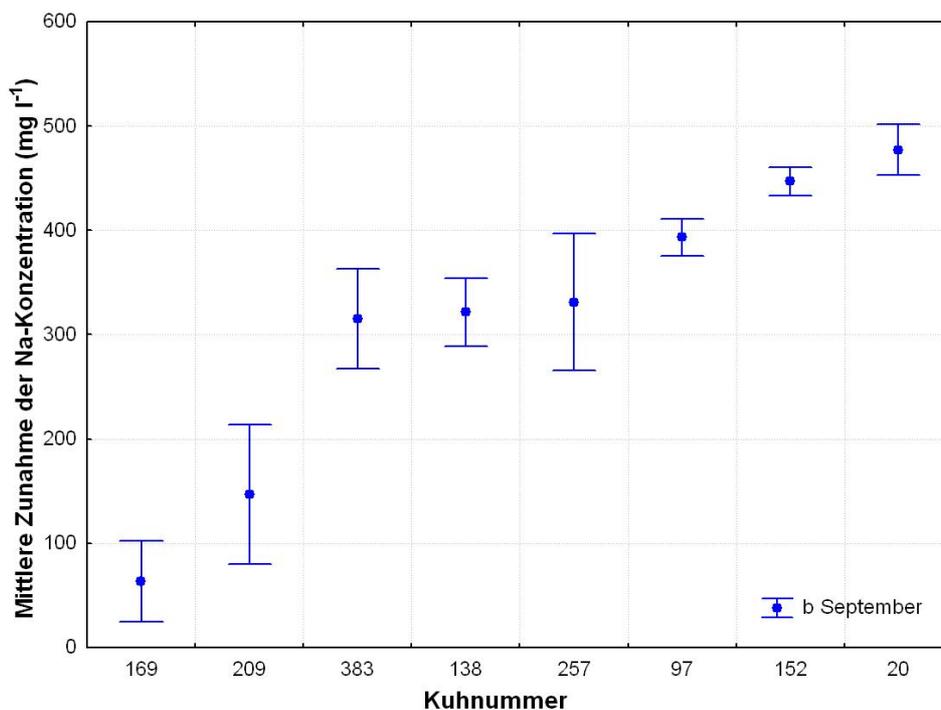


Abb. A24: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Laktationsmonat September bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk der Kühe 20 mit $[455,0 \text{ mg l}^{-1}; 500,0 \text{ mg l}^{-1}]$ und 152 mit $[445,0 \text{ mg l}^{-1}; 460,0 \text{ mg l}^{-1}]$, liegen statistisch gesichert über den Regressionskoeffizienten b_{97} , b_{138} , b_{169} , b_{209} , b_{257} und b_{383} (Abb. A24). Der Regressionskoeffizient b_{97} unterscheidet sich statistisch gesichert von den

Koeffizienten b_{138} und b_{383} . Die Kühe 97, 152 und 20 werden der Tiergruppe III zugeordnet.

Unterschiede zwischen den Regressionkoeffizienten b_{383} , b_{138} und b_{257} sind nicht nachzuweisen. Die Kühe 383, 138 und 257 werden der Tiergruppe II zugeordnet. Die Kühe 169 und 209 werden wegen des geringen Anstiegs der Na^+ -Konzentration in der Milch bei steigender elektrischer Leitfähigkeit der Tiergruppe I zugeordnet. Der Regressionskoeffizient b_{169} und b_{209} unterscheiden sich von allen anderen Koeffizienten.

Laktationsmonat Oktober

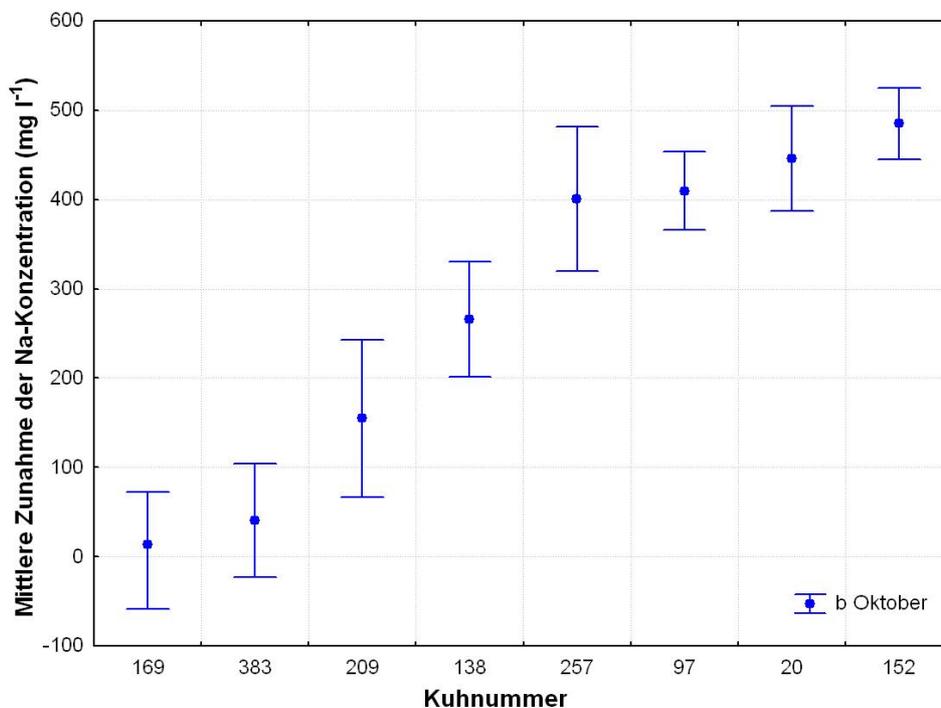


Abb. A25: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk Laktationsmonat Oktober bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration sind im Laktationsmonat Oktober (Abb. A25) im Vorgemelk der Kühe 257 mit [320,0 mg l⁻¹; 490 mg l⁻¹], 97 mit [370,0 mg l⁻¹; 450,0 mg l⁻¹], 20 mit [395,0 mg l⁻¹; 505,0 mg l⁻¹] und 152 mit [450,0 mg l⁻¹; 529,0 mg l⁻¹] zu finden. Diese Kühe werden der Tiergruppe III zugeordnet. Die Kühe 209 und 138 werden wegen ihrer mittleren Höhe der Zunahme der Na^+ -Konzentration von [66,7 mg l⁻¹; 242,7 mg l⁻¹] und [200,9 mg l⁻¹; 330,1 mg l⁻¹] der Tiergruppe II

zugeordnet. Die Kühe 169 und 383 gehören wegen der nichtsignifikanten Zunahme der Na^+ -Konzentration der Tiergruppe I an.

Laktationsmonat November

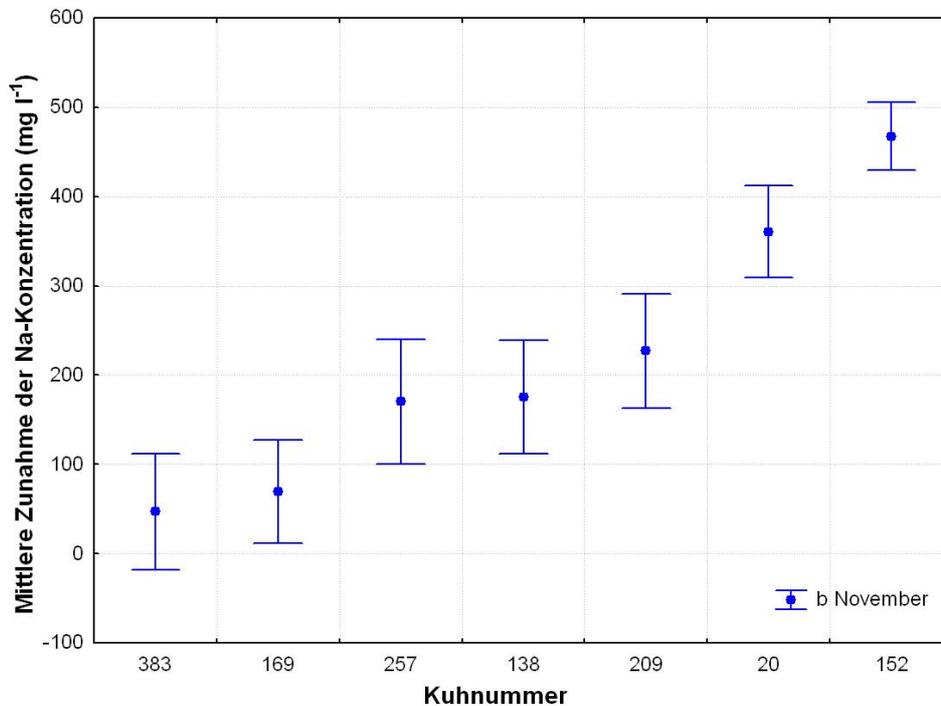


Abb. A26: Zunahme der Na^+ -Konzentration im Vorgemelk im Laktationsmonat November bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die höchsten Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch sind im Laktationsmonat November (Abb. A26) bei den Kühen 20 mit [305 mg l^{-1} ; 410 mg l^{-1}] und 152 mit [410 mg l^{-1} ; 505 mg l^{-1}] zu finden. Beide Kühe werden zur Tiergruppe III gezählt. Die mittleren Zunahmen der Na^+ -Konzentration der Kühe 257 mit [100 mg l^{-1} ; $250,0 \text{ mg l}^{-1}$], 138 mit [$110,0 \text{ mg l}^{-1}$; $250,0 \text{ mg l}^{-1}$] und 209 mit [$160,0 \text{ mg l}^{-1}$; $295,0 \text{ mg l}^{-1}$] unterscheiden sich aus statistischer Sicht nicht (Tiergruppe II). Die niedrigste mittlere Zunahmen der Na^+ -Konzentration in der Milch weisen die Kühe 383 und 169 auf wobei der Regressionskoeffizient b_{383} statistisch nicht gesichert ist, da das Konfidenzintervall den Wert Null einschließt.

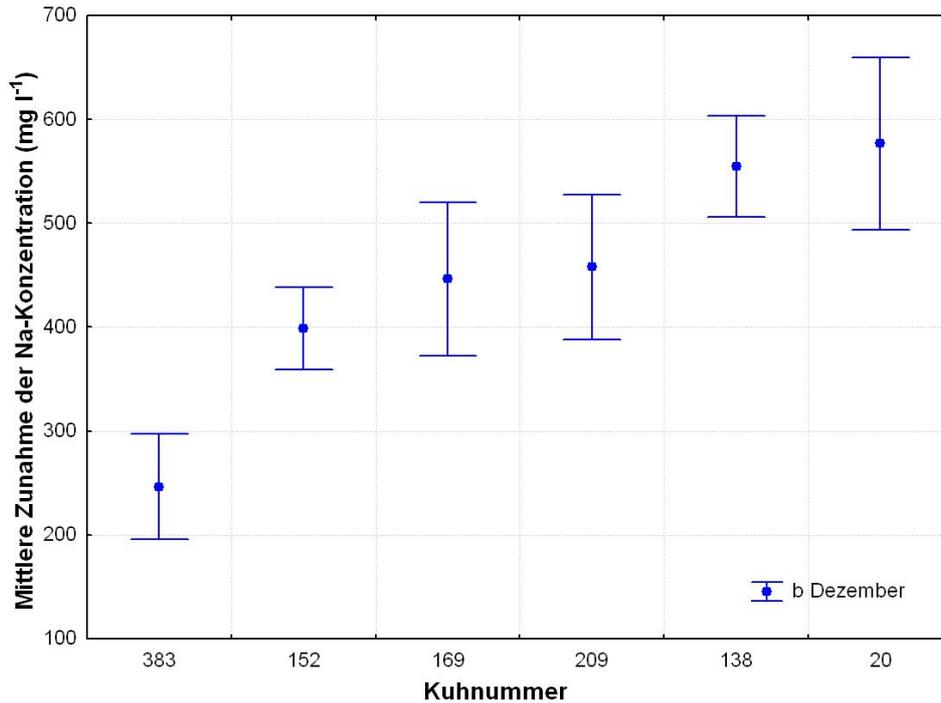
Laktationsmonat Dezember

Abb. A27: Zunahme der Na⁺-Konzentration im Laktationsmonat Dezember bei steigender elektrischer Leitfähigkeit

Die Kühe 138 mit [500,5 mg l⁻¹, 600,0 mg l⁻¹] und 20 mit [496,0 mg l⁻¹, 660,0 mg l⁻¹] weisen im Laktationsmonat Dezember (Abb. A27) die höchste Zunahme der Na⁺-Konzentration in der Milch auf. Die Regressionskoeffizienten b_{138} und b_{20} liegen aus statistischer Sicht über denen der Kühe 383, 152, 169 und 209. Die Kühe 138 und 20 werden der Tiergruppe III zugeordnet. Obwohl die Na⁺-Konzentration in der Milch der Kuh 152 signifikant schwächer ansteigt, muss die Kuh wegen des großen Aussagebereiches der linearen Funktion (elektrische Leitfähigkeit im Bereich von 4 - 10,5 mS cm⁻¹) in die Tiergruppe III eingeordnet werden.

Die niedrigste Zunahme der Na⁺-Konzentration in der Milch ist bei der Kuh 383 (Tiergruppe I) zu finden. Dieser Regressionskoeffizient unterscheidet sich statistisch gesichert von allen anderen Regressionskoeffizienten. Die Kühe 169 und 209 werden der Tiergruppe II zugerechnet.

Tab. A1: Statistische Maßzahlen der Na⁺-Konzentration je Kuh, je Monat und je Euterviertel

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	X _{min}	X _{max}
Kuh 20							
Feb	1	21	725	293,54	656	326	1690
	2	21	932	344,03	866	298	1610
	3	21	733	286,924	761	263	1160
	4	20	472	176,984	427	248	828
Mär	1	54	641	244,701	594	266	1420
	2	54	976	395,636	972	380	2930
	3	54	616	209,288	627	324	1010
	4	54	388	105,416	364	243	755
Apr	1	57	923	626,225	636	325	2730
	2	56	1343	736,717	1065	476	3160
	3	57	846	564,028	628	303	2700
	4	57	532	357,487	404	213	2430
Mai	1	62	867	530,589	636,5	316	2350
	2	62	1462	904,596	1230	493	5600
	3	62	720	544,249	538	306	3340
	4	62	581	337,169	454	235	1920
Jun	1	57	1395	516,063	1480	376	2240
	2	57	2715	456,780	2360	587	4960
	3	57	941	584,325	833	291	3900
	4	57	883	547,351	770	327	3630
Jul	1	62	759	240,821	807,5	360	1150
	2	62	1511	673,848	1830	343	2700
	3	62	630	391,892	499	344	2200
	4	62	528	170,076	474	332	993
Aug	1	61	821	254,349	847	321	1310
	2	61	1453	589,861	1630	360	2480
	3	61	912	615,034	747	284	2700
	4	61	684	327,546	603	285	2130
Sep	1	60	922	311,555	944	398	1560
	2	60	1358	587,675	1630	391	2650
	3	60	890	446,107	818,5	362	2260
	4	60	917	434,124	885,5	365	2040
Okt	1	62	1182	361,015	1155	386	3020
	2	62	1604	495,318	1620	540	3710
	3	61	1008	331,850	1060	375	1900
	4	62	1139	448,562	1180	448	1890
Nov	1	58	1305	347,161	1285	425	2420
	2	58	1424	295,330	1480	639	1910
	3	58	1129	340,430	1165	427	1870
	4	58	1289	393,720	1285	561	2250
Dez	1	28	1142	155,016	1120	888	1570
	2	28	1206	173,346	1220	888	1590
	3	28	1104	215,947	1070	710	1690
	4	28	1290	282,633	1325	782	2090

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Kuh 97							
Feb	1	24	673	234,780	612,5	249	1280
	2	23	727	224,440	680	376	1230
	3	22	588	243,527	510	326	1390
	4	23	896	312,834	924	320	1410
Mär	1	54	594	125,447	588,5	338	980
	2	54	617	215,760	607,5	271	1830
	3	54	538	239,763	475	332	1710
	4	54	1269	567,087	1345	156	2800
Apr	1	53	956	537,738	722	351	2300
	2	55	876	491,661	697	378	2330
	3	55	736	409,223	573	357	1950
	4	53	1992	502,120	1550	216	5050
Mai	1	60	1817	568,563	1825	430	2950
	2	60	898	442,959	730	377	2490
	3	59	866	367,161	724	367	1840
	4	59	2281	489,128	1940	520	5400
Jun	1	57	1619	598,145	1890	637	2810
	2	58	1587	662,025	1810	520	3310
	3	58	1264	503,689	1185	527	8500
	4	57	3617	367,428	3900	745	7050
Jul	1	62	1138	291,185	1105	449	2170
	2	62	908	188,520	897	506	1740
	3	62	740	325,472	679	479	3100
	4	62	2015	411,700	2025	826	3170
Aug	1	61	1103	354,305	1040	392	2270
	2	61	915	202,325	913	421	1550
	3	60	783	175,231	759,5	428	1330
	4	60	2183	600,279	2225	396	4450
Sep	1	58	1255	260,651	1230	604	2140
	2	59	1053	145,927	1030	678	1380
	3	59	991	134,417	988	567	1310
	4	59	2259	526,335	2250	568	3590
Okt	1	58	1680	482,633	1580	667	3250
	2	58	1299	382,185	1230	658	3390
	3	58	1261	372,747	1190	611	2750
	4	58	2481	859,440		674	5730
Kuh 138							
Feb	1	23	565	179,106	478	304	926
	2	23	490	144,187	443	366	888
	3	23	477	197,957	401	278	979
	4	23	566	213,839	474	266	957
Mär	1	54	519	113,324	505	286	889
	2	55	407	70,743	392	271	702
	3	54	372	56,009	363	294	505
	4	52	471	128,639	452	288	973
Apr	1	56	530	210,798	471,5	259	1180
	2	56	443	174,016	382	250	919
	3	57	436	168,758	363	244	917

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Mai	4	56	497	189,777	435	258	946
	1	59	587	227,866	531	239	1330
	2	60	446	173,716	392,5	246	1160
	3	60	440	153,746	389	183	900
Jun	4	59	498	194,691	437	196	1060
	1	50	830	326,377	900	417	1770
	2	56	701	290,935	784,5	345	1880
	3	52	665	228,588	783	328	1010
Jul	4	51	718	246,973	815	344	1510
	1	62	486	74,776	474,5	313	783
	2	62	425	51,974	414	337	562
	3	61	415	56,421	411	325	640
Aug	4	62	454	73,824	449,5	296	705
	1	61	524	134,415	491	339	935
	2	61	457	99,089	432	309	816
	3	60	434	93,018	417	321	795
Sep	4	61	470	108,699	451	339	957
	1	42	611	137,356	579	433	1150
	2	42	481	90,100	466,5	384	950
	3	42	434	63,583	425,5	359	709
Okt	4	42	497	87,728	489	382	827
	1	60	918	216,926	872,5	598	1890
	2	58	702	130,790	698	437	991
	3	60	583	117,783	582,5	366	964
Nov	4	60	711	204,443	672	454	1790
	1	56	939	185,128	951	539	1510
	2	58	724	137,276	730	517	1130
	3	60	669	227,455	625,5	387	1810
Dez	4	58	787	255,810	720	438	1800
	1	37	953	203,656	909	712	1790
	2	40	666	79,179	660,5	517	845
	3	42	587	112,982	559	443	966
	4	39	681	88,731	669	531	860
Kuh 169							
Feb	1	23	553	154,653	544	249	856
	2	23	578	159,237	524	356	877
	3	23	520	141,069	470	325	821
	4	23	500	149,277	474	314	796
Mär	1	54	462	83,890	460	314	691
	2	54	466	69,175	452	373	736
	3	54	425	74,743	421,5	315	700
	4	52	410	72,221	400,5	297	679
Apr	1	53	580	237,920	505	332	1270
	2	57	612	260,541	513	326	1380
	3	56	538	200,906	455	321	1020
	4	57	531	222,378	442	300	1030
Mai	1	57	557	220,115	482	230	1190
	2	58	553	229,886	470,5	324	1250
	3	59	547	212,420	464	334	1160

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jun	4	57	478	163,078	423	295	999
	1	50	892	370,296	904	350	1750
	2	56	759	275,509	777,5	389	1270
	3	52	874	386,070	890	393	1940
Jul	4	51	736	281,678	739	316	1300
	1	62	504	84,902	502,5	339	754
	2	62	495	84,657	480,5	346	736
	3	62	489	74,453	475,5	330	713
Aug	4	62	452	70,279	440,5	332	705
	1	61	561	110,476	550	262	935
	2	61	565	108,943	554	253	924
	3	61	577	113,761	569	280	918
Sep	4	61	505	89,308	490	238	762
	1	60	583	87,839	568,5	376	742
	2	60	594	85,422	598	416	818
	3	60	587	76,465	600,5	409	727
Okt	4	60	516	68,948	506,5	387	685
	1	60	643	118,899	633	430	926
	2	61	679	121,558	689	398	981
	3	62	669	157,658	647,5	380	1280
Nov	4	62	600	160,423	578,5	385	1490
	1	56	736	96,000	718,5	558	954
	2	60	787	158,345	766	518	1420
	3	59	723	169,398	702	332	1450
Dez	4	58	622	103,889	614	446	1020
	1	42	721	116,340	706,5	475	1020
	2	42	771	129,821	765	407	1010
	3	41	727	110,147	714	500	1020
4	42	600	105,650	584	412	942	
Kuh 209							
Feb	1	23	528	142,251	485	344	786
	2	22	613	161,159	640,5	258	920
	3	23	579	161,877	538	321	1020
	4	23	507	170,470	433	309	947
Mär	1	54	431	157,471	397	266	1420
	2	53	486	118,309	452	325	939
	3	53	480	164,997	445	334	1470
	4	54	412	70,757	400	259	595
Apr	1	56	467	168,302	384,5	297	852
	2	57	542	216,893	439	328	1120
	3	57	537	209,945	442	306	1070
	4	58	482	173,842	393	301	887
Mai	1	62	436	179,032	378,5	236	996
	2	60	475	174,979	415,5	296	965
	3	58	476	183,472	416,5	291	1130
	4	59	438	163,064	394	268	873
Jun	1	55	628	204,807	720	322	928
	2	56	698	232,451	777,5	345	1150
	3	58	726	244,925	813,5	338	1180

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jul	4	57	669	212,940	745	324	990
	1	62	395	53,977	381	326	571
	2	62	416	59,929	404	347	639
	3	62	425	54,141	415	341	591
Aug	4	62	403	53,073	385,5	311	563
	1	61	431	96,385	414	238	924
	2	61	455	111,333	432	247	856
	3	61	463	92,489	449	250	770
Sep	4	60	434	83,583	424,5	210	660
	1	59	444	45,031	432	326	540
	2	60	448	54,915	429	372	596
	3	60	484	64,502	474,5	349	708
Okt	4	60	443	64,375	421,5	369	734
	1	56	571	159,559	529	402	1340
	2	55	488	116,496	469	344	993
	3	57	558	152,920	507	381	1070
Nov	4	57	497	153,350	469	332	1270
	1	49	739	157,847	721	465	1220
	2	49	556	109,062	540	371	944
	3	50	677	244,160	618	416	1630
Dez	4	50	623	213,580	578	378	1690
	1	27	709	120,662	714	459	948
	2	27	505	61,766	507	400	617
	3	27	562	80,162	554	441	738
4	27	538	76,560	531	425	723	
Kuh 257							
Feb	1	23	485	144,267	482	241	772
	2	24	635	221,695	620,5	335	1060
	3	25	556	188,518	506	211	878
	4	24	521	260,288	413	248	1330
Mär	1	53	425	71,076	413	286	616
	2	51	514	134,660	473	366	1040
	3	53	440	87,1658	430	285	737
	4	53	410	68,371	406	248	572
Apr	1	56	520	210,099	433,5	295	1050
	2	57	585	273,337	488	282	1360
	3	50	516	188,376	465	263	1060
	4	52	500	193,659	423	286	979
Mai	1	60	559	218,870	492,5	290	1300
	2	61	677	539,482	549	314	4150
	3	56	567	191,268	521	321	1330
	4	55	484	142,357	454	292	973
Jun	1	53	821	296,289	803	381	1530
	2	57	960	426,829	830	455	2780
	3	41	765	290,492	674	346	1490
	4	51	790	304,580	798	383	1760
Jul	1	62	527	99,405	514,5	353	768
	2	62	586	108,190	588	358	822
	3	62	577	117,180	576	368	951

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Aug	4	62	518	89,074	504,5	360	801
	1	61	577	120,617	560	317	903
	2	61	663	116,082	657	285	962
	3	61	611	88,436	608	405	865
Sep	4	61	557	92,373	539	439	931
	1	60	656	120,225	639,5	488	1150
	2	60	702	113,447	681,5	437	1040
	3	59	657	76,285	639	549	870
Okt	4	59	637	102,555	615	482	943
	1	62	1220	440,926	1200	404	3280
	2	62	989	257,847	954,5	603	2300
	3	58	918	264,773	892,5	542	2200
Nov	4	56	1277	398,499	1265	674	3060
	1	10	1474	137,129	1455	1210	1710
	2	10	1211	125,127	1205	983	1410
	3	9	1120	115,340	1140	893	1290
4	10	1532	153,536	1520	1260	1760	

Kuh 383

Feb	1	21	492	183,767	418	276	845
	2	21	591	134,538	570	409	890
	3	22	503	158,459	436	274	772
	4	21	489	158,908	438	255	810
Mär	1	54	392	63,581	383	274	604
	2	53	517	133,070	502	331	977
	3	53	403	58,092	398	286	551
	4	52	391	69,057	371,5	278	672
Apr	1	57	483	190,507	397	268	892
	2	56	686	266,355	637,5	323	1310
	3	56	518	206,926	434	250	979
	4	56	492	194,912	403,5	189	944
Mai	1	60	472	203,472	409,5	257	984
	2	54	691	216,614	656	378	1380
	3	56	483	190,646	417,5	253	983
	4	60	473	188,537	405,5	291	986
Jun	1	54	664	229,122	751,5	350	985
	2	57	1067	431,659	1200	394	1950
	3	53	669	213,775	722	354	962
	4	55	658	228,205	769	128	992
Jul	1	62	395	39,666	380	319	501
	2	62	532	102,221	499	346	833
	3	62	416	49,935	410	320	559
	4	62	401	44,042	397,5	321	498
Aug	1	60	420	85,422	403,5	305	817
	2	57	522	109,202	507	308	779
	3	60	440	80,498	421	334	715
	4	60	421	80,690	403	273	704
Sep	1	60	443	64,209	425	339	718
	2	60	543	81,357	541,5	370	729
	3	60	451	62,857	431	366	603

Fortsetzung Tab. A1

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Okt	4	60	448	55,255	439	358	618
	1	60	498	107,339	493	285	899
	2	58	587	122,586	601,5	367	885
	3	60	515	114,693	502,5	304	984
Nov	4	61	516	131,721	500	298	958
	1	60	547	217,417	493,5	394	1640
	2	57	611	121,202	578	379	924
	3	58	506	88,202	501,5	366	783
Dez	4	57	510	98,306	488	352	808
	1	42	448	63,147	435,5	353	668
	2	42	525	67,110	521	423	792
	3	42	448	83,849	425,5	311	671
	4	24	460	61,116	456,5	319	599

Tab. A2: Statistische Maßzahlen der Na^+ -Konzentration je Kuh, je Monat und je Euterviertel

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Kuh 20							
Feb	1	21	1434,90	346,9960	1400	603	1990
	2	21	1265,48	282,1650	1270	876	1740
	3	21	1477,57	313,1116	1460	879	2080
	4	20	1683,70	556,6480	1610	614	3550
Mär	1	54	1688,70	343,9123	1690	1060	3030
	2	54	1373,02	362,7347	1345	816	3000
	3	54	1584,63	277,1534	1570	1070	2470
	4	54	1756,67	298,8595	1740	1070	3150
Apr	1	57	1545,25	249,5541	1580	877	2030
	2	56	1228,93	262,6867	1170	642	1920
	3	57	1514,56	247,1558	1560	850	2010
	4	57	1729,82	203,9476	1760	1200	2180
Mai	1	62	1524,84	221,4242	1510	1070	2440
	2	62	1230,92	282,6166	1165	826	2220
	3	62	1584,02	251,8613	1595	889	2300
	4	62	1742,42	281,6386	1710	1190	3100
Jun	1	57	1475,70	281,9471	1460	585	2770
	2	57	984,82	312,5854	902	488	1770
	3	57	1716,07	471,1025	1680	546	3740
	4	57	1749,96	369,8253	1740	908	3340
Jul	1	62	1401,45	220,7353	1340	1050	1850
	2	62	946,15	439,0184	684,5	439	1930
	3	62	1510,42	326,5301	1575	438	2400
	4	62	1622,74	160,4110	1645	1160	2200
Aug	1	61	1442,44	343,1192	1350	812	2460
	2	61	1002,54	447,5637	819	443	2440
	3	61	1361,98	462,5119	1440	534	2570
	4	61	1557,62	323,2376	1560	640	2680

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Sep	1	60	1255,77	279,5499	1215	639	1890
	2	60	977,67	392,6621	773,5	535	1850
	3	60	1242,38	317,4715	1245	336	1860
	4	60	1286,98	306,2653	1320	630	1910
Okt	1	62	1064,66	191,1037	1060	712	1590
	2	62	814,66	202,5881	739	569	1520
	3	61	1139,66	267,8768	1070	641	1770
	4	62	1174,98	331,4755	1110	609	1890
Nov	1	58	1027,84	191,0846	990,5	665	1660
	2	58	874,19	194,9158	859,5	586	1670
	3	58	1073,79	265,9968	1015	641	1790
	4	58	1054,78	263,9740	1002,5	692	1770
Dez	1	28	1011,93	148,6375	1035	616	1310
	2	28	934,75	133,7420	912,5	685	1250
	3	28	1031,43	188,3638	984,5	697	1430
	4	28	1024,57	201,7284	974,5	716	1430
Kuh 97							
Feb	2	24	1476,88	317,1355	1575	580	1870
	3	23	1477,91	278,0083	1530	913	2010
	4	22	1546,77	338,3315	1615	969	2480
	4	23	1363,83	301,3585	1350	732	1880
Mär	1	54	1546,80	235,5489	1565	937	2460
	2	54	1537,94	237,9794	1525	969	2360
	3	54	1733,89	463,9552	1660	1070	3640
	4	54	1282,83	328,9403	1240	819	2750
Apr	1	53	1419,15	275,5525	1380	757	1950
	2	55	1449,35	218,7232	1490	974	1930
	3	55	1566,18	216,3801	1580	940	1980
	4	53	1066,28	289,7136	1040	503	1870
Mai	1	60	1030,73	381,7139	998,5	450	1810
	2	60	1444,02	300,2240	1400	891	2460
	3	59	1502,34	330,1119	1470	836	2580
	4	59	948,61	256,8649	915	531	2000
Jun	1	57	1355,68	198,2627	1320	540	1930
	2	58	1460,09	336,5648	1420	835	2800
	3	58	1635,69	435,3587	1560	650	3800
	4	57	1001,07	332,1980	889	515	2090
Jul	1	62	1095,15	206,4269	1060	473	1720
	2	62	1237,52	182,1847	1235	477	1580
	3	62	1394,55	180,9248	1400	652	1890
	4	62	788,84	186,7953	757	463	1340
Aug	1	61	1166,80	241,8647	1150	470	1820
	2	61	1286,79	258,2965	1210	974	2480
	3	60	1394,80	241,2173	1370	778	2120
	4	60	775,22	244,5048	708,5	460	1850
Sep	1	58	926,43	189,7167	899,5	504	1570
	2	59	1028,51	147,4786	1000	803	1540
	3	59	1101,00	143,0998	1070	888	1570
	4	59	626,68	198,6872	563	335	1600

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Okt	1	58	742,71	170,7805	717,5	378	1280
	2	58	900,64	154,1932	903	590	1380
	3	58	941,57	174,1302	934,5	479	1370
	4	58	631,41	273,8002	534,5	323	1540
Kuh 138							
Feb	1	23	1635,91	252,3500	1680	906	2010
	2	23	1659,57	190,7992	1640	1300	2120
	3	23	1674,30	271,2727	1650	979	2310
	4	23	1690,00	255,5386	1690	1120	2290
Mär	1	54	1862,22	356,6705	1795	1420	3130
	2	55	1848,73	276,4929	1840	1190	2860
	3	54	1854,07	274,1816	1835	1250	3240
	4	52	1842,12	366,5651	1805	1210	3500
Apr	1	56	1799,32	304,1381	1840	850	2240
	2	56	1822,64	279,9182	1840	864	2300
	3	57	1816,07	246,9216	1810	866	2260
	4	56	1826,61	224,4774	1825	1200	2250
Mai	1	59	1908,31	463,0191	1790	1370	4070
	2	60	1897,00	366,2605	1825	1460	3410
	3	60	1861,83	333,0928	1805	1370	3430
	4	59	1894,07	348,5542	1810	1380	3310
Jun	1	50	1956,00	398,8555	1875	1580	4180
	2	56	2021,43	351,0060	1950	1550	3820
	3	52	1960,00	253,0132	1910	1570	2870
	4	51	1904,41	405,0489	1880	585	3590
Jul	1	62	1782,10	178,0784	1765	1430	2470
	2	62	1793,71	170,6711	1770	1440	2300
	3	61	1793,44	177,4907	1770	1480	2430
	4	62	1783,87	176,7406	1775	1400	2360
Aug	1	61	1797,87	369,1933	1730	1330	3720
	2	61	1861,48	380,1747	1790	1530	4000
	3	60	1836,17	397,0872	1770	1490	4130
	4	61	1838,20	418,6068	1770	1470	4360
Sep	1	42	1702,38	260,4949	1670	1160	2920
	2	42	1742,62	150,8037	1745	1250	2060
	3	42	1780,48	144,2382	1760	1470	2140
	4	42	1750,48	157,6652	1745	1370	2190
Okt	1	60	1420,43	158,4258	1460	876	1700
	2	58	1515,79	164,5232	1555	906	1780
	3	60	1597,90	203,3304	1630	904	2060
	4	60	1551,00	248,6306	1580	516	2230
Nov	1	56	1398,57	199,8948	1370	1090	1980
	2	58	1561,21	221,0507	1520	1120	2300
	3	60	1610,33	205,7559	1585	1070	2020
	4	58	1554,66	206,5779	1545	1140	1990
Dez	1	37	1345,59	184,4745	1330	977	1720
	2	40	1544,25	142,0705	1500	1250	1900
	3	42	1593,57	154,8693	1590	1350	1970
	4	39	1535,64	156,3363	1500	1280	1940

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Kuh 152							
Mai	1	62	811,90	319,9604	755	351	1750
	2	62	1458,74	287,3425	1470	537	2200
	3	62	1529,68	279,0967	1490	1090	2820
	4	62	1467,55	244,5681	1475	606	2110
Jun	1	58	776,62	420,7813	677,5	333	2710
	2	58	1713,97	341,1690	1620	1360	3550
	3	58	1695,95	359,0600	1635	845	3570
	4	58	1694,31	384,8814	1610	1180	3380
Jul	1	60	793,78	318,8485	810	293	1670
	2	61	1551,36	195,2620	1550	743	2120
	3	61	1540,26	206,7972	1570	799	2080
	4	61	1446,00	347,3496	1540	395	1990
Aug	1	61	902,39	341,3932	857	398	1770
	2	61	1533,93	357,2373	1530	641	2720
	3	61	1616,36	335,5832	1600	594	2660
	4	61	1431,70	329,8148	1420	616	2550
Sep	1	60	549,20	294,1982	469	174	1540
	2	60	1492,50	150,7228	1485	1150	2120
	3	60	1527,33	120,4493	1530	1300	1840
	4	60	1350,00	276,0800	1375	261	1870
Okt	1	58	676,57	322,5597	610	211	1500
	2	59	1125,36	343,3857	1230	417	1780
	3	58	1248,79	303,6575	1295	276	1680
	4	58	1136,07	271,3483	1160	451	1810
Nov	1	57	794,05	273,7457	765	213	1510
	2	56	1060,79	235,4381	1020	656	1600
	3	57	1247,40	249,7634	1260	650	1750
	4	57	1132,30	284,8854	1140	556	2130
Dez	1	40	679,73	377,6141	639,5	201	1902
	2	40	974,98	257,6157	873	569	1690
	3	40	1080,68	261,8879	1085	514	1550
	4	40	1013,90	259,3453	1040	457	1630
Kuh 169							
Feb	1	23	1493,70	319,4301	1520	779	2060
	2	23	1401,65	366,0758	1500	109	1770
	3	23	1523,78	265,1946	1520	880	2120
	4	23	1515,65	298,6763	1500	850	2150
Mär	1	54	1646,11	274,7240	1610	1020	2830
	2	54	1716,33	402,4059	1630	982	2960
	3	54	1703,33	336,3175	1715	1020	3090
	4	52	1732,12	422,2040	1710	1030	3560
Apr	1	14	940,79	211,5707	889,5	718	1320
	2	14	1486,07	267,7555	1455	835	2000
	3	14	1473,00	305,3117	1490	552	1810
	4	14	1478,57	163,3711	1515	1070	1700
Mai	1	57	1631,58	242,6402	1570	1310	2420
	2	58	1607,78	242,2936	1595	931	2420
	3	59	1615,69	228,6475	1600	966	2160

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jun	4	57	1626,67	236,2303	1590	1240	2310
	1	54	1690,00	290,9710	1640	1270	3260
	2	50	1674,60	311,7116	1610	1270	3280
	3	57	1688,25	334,3764	1630	1220	3570
Jul	4	53	1695,66	320,6274	1650	1140	3520
	1	62	1581,13	208,3118	1565	1230	2660
	2	62	1573,71	172,5340	1555	1260	2230
	3	62	1576,29	154,2537	1580	1240	2180
Aug	4	62	1605,32	183,9344	1585	1080	2370
	1	61	1570,79	243,0359	1530	988	2410
	2	61	1598,85	227,9188	1560	1260	2320
	3	61	1571,00	245,2461	1540	971	2370
Sep	4	61	1620,82	231,2019	1570	1170	2480
	1	60	1478,33	185,1721	1445	1160	2360
	2	60	1438,67	178,2159	1420	1030	2410
	3	60	1455,33	120,7388	1440	1180	1890
Okt	4	60	1524,83	123,1024	1530	1240	1860
	1	60	1362,17	192,5308	1355	990	2090
	2	61	1296,38	162,6141	1290	899	1720
	3	62	1330,97	142,4690	1320	1040	1660
Nov	4	62	1404,84	142,5154	1410	1060	1730
	1	56	1313,82	201,0247	1290	978	1810
	2	60	1279,23	146,0068	1275	994	1630
	3	59	1321,59	182,5701	1310	934	1760
Dez	4	58	1412,41	175,5823	1390	1060	1870
	1	42	1259,76	168,4722	1230	1000	1690
	2	42	1218,90	174,7015	1185	684	1620
	3	41	1242,71	169,6898	1210	784	1680
4	42	1346,88	198,8744	1320	899	1860	
Kuh 209							
Feb	1	23	1550,43	365,3451	1520	1000	2940
	2	22	1502,82	223,3286	1565	992	1900
	3	23	1435,17	236,2231	1470	898	1810
	4	23	1476,09	175,0257	1500	1090	1760
Mär	1	54	1741,67	374,6734	1655	1310	3550
	2	53	1679,25	248,1768	1660	1120	2640
	3	53	1679,81	312,2529	1660	1070	2860
	4	54	1666,30	216,9453	1660	1170	2260
Apr	1	56	1703,27	282,8476	1695	993	3090
	2	57	1683,51	224,0336	1660	1090	2220
	3	57	1686,67	264,7461	1650	1010	2810
	4	58	1712,33	295,0828	1670	855	2640
Mai	1	62	1743,58	302,3799	1685	852	2670
	2	60	1683,00	233,5670	1650	1010	2430
	3	58	1700,00	220,8675	1660	1290	2570
	4	59	1731,36	257,4909	1680	1190	2720
Jun	1	55	1845,64	329,2965	1780	1430	3490
	2	56	1857,32	361,7105	1770	1440	3880
	3	58	1815,52	313,0897	1750	1300	3040

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jul	4	57	1900,18	321,8001	1840	1480	3350
	1	62	1688,06	200,5062	1685	1080	2730
	2	62	1687,58	170,9250	1660	1380	2490
	3	62	1673,23	170,1569	1630	1410	2490
Aug	4	62	1727,26	173,2161	1685	1460	2350
	1	61	1699,34	249,1443	1650	1120	2460
	2	61	1735,41	377,4413	1620	1210	3120
	3	61	1661,64	242,1720	1640	1260	2500
Sep	4	60	1737,33	322,8363	1670	1250	2840
	1	59	1563,73	131,1737	1540	1180	2040
	2	60	1594,83	179,1836	1585	1370	2790
	3	60	1596,50	200,2357	1560	1350	2590
Okt	4	60	1679,83	305,4948	1620	1440	3410
	1	56	1423,04	120,7690	1410	1180	1680
	2	55	1482,00	115,8607	1470	1260	1780
	3	57	1447,28	160,1452	1430	980	1930
Nov	4	57	1494,56	173,2796	1510	816	1880
	1	49	1337,47	213,1208	1310	926	1890
	2	49	1472,45	273,2332	1430	1060	2580
	3	50	1454,98	247,9788	1390	889	2020
Dez	4	50	1452,70	214,0837	1430	895	1950
	1	27	1320,85	171,8910	1320	993	1830
	2	27	1463,33	157,0889	1450	1100	1820
	3	27	1443,70	174,8878	1410	1090	1870
4	27	1455,19	179,2800	1440	1060	1850	
Kuh 257							
Feb	1	23	1682,57	277,1847	1680	1160	2250
	2	24	1648,33	305,2250	1680	1040	2330
	3	25	1540,96	278,9887	1570	924	2070
	4	24	1614,17	243,2554	1605	1130	1960
Mär	1	53	1813,21	280,2113	1780	1340	2730
	2	51	1706,47	309,0037	1650	1210	2840
	3	53	1713,77	264,1039	1710	1290	2850
	4	53	1730,19	242,5624	1700	1250	2680
Apr	1	56	1625,13	258,2556	1605	877	2810
	2	57	1612,40	267,5397	1570	897	2620
	3	50	1618,60	292,2538	1575	870	2780
	4	52	1666,48	291,6095	1600	908	2530
Mai	1	60	1639,17	259,5256	1595	1260	2750
	2	61	1580,49	334,1478	1530	960	3270
	3	56	1583,39	308,0807	1515	1230	2810
	4	55	1637,09	272,9854	1580	1240	2470
Jun	1	53	1716,98	364,3096	1660	1230	3980
	2	57	1652,81	328,8332	1580	1040	2920
	3	41	1578,78	202,7338	1590	1090	2120
	4	51	1720,00	319,3431	1640	1340	3290
Jul	1	62	1500,00	148,2576	1490	1250	2030
	2	62	1441,61	169,7268	1395	1150	1980
	3	62	1446,77	170,2339	1420	1090	2100

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Aug	4	62	1505,65	185,6987	1460	1210	2140
	1	61	1547,08	288,1448	1500	892	2350
	2	61	1411,46	224,9826	1360	979	2100
	3	61	1454,90	232,2310	1410	979	2200
Sep	4	61	1545,74	299,3908	1480	1000	2910
	1	60	1330,32	200,5822	1310	903	1920
	2	60	1266,85	232,1293	1225	933	2160
	3	59	1291,86	208,1070	1240	1010	2280
Okt	4	59	1313,22	216,6867	1310	924	2290
	1	62	949,82	234,8756	909	161	1950
	2	62	1018,19	126,9702	1020	820	1380
	3	58	1074,52	142,0990	1025	831	1390
Nov	4	56	899,77	173,9692	858	649	1450
	1	10	792,30	166,8260	783	554	1180
	2	10	905,90	184,2459	893,5	635	1310
	3	9	957,44	180,1514	966	693	1330
4	10	735,90	157,7279	713	540	1090	
Kuh 383							
Feb	1	21	1494,29	230,3600	1470	1050	1800
	2	21	1491,33	245,8563	1500	928	1850
	3	22	1613,77	489,7334	1540	933	3520
	4	21	1571,90	235,4701	1570	1130	2040
Mär	1	54	1640,19	230,7207	1655	1060	2370
	2	53	1655,85	316,3155	1610	1140	3160
	3	53	1671,70	223,7163	1660	1090	2400
	4	52	1700,00	315,1408	1675	1090	2780
Apr	1	57	1607,93	231,9356	1550	927	2200
	2	56	1555,48	233,1081	1535	807	2220
	3	56	1656,41	254,5841	1630	939	2450
	4	56	1647,14	264,3738	1610	1170	2570
Mai	1	60	1634,17	302,6734	1570	1260	2830
	2	54	1483,89	261,9550	1440	1080	2270
	3	56	1616,25	220,8789	1600	1060	2300
	4	60	1609,17	236,9602	1565	1080	2340
Jun	1	54	1717,22	221,0132	1670	1320	2550
	2	57	1563,75	197,7080	1540	944	2270
	3	53	1684,04	211,9711	1690	884	2180
	4	55	1692,60	263,5715	1680	683	2360
Jul	1	62	1568,23	128,0180	1535	1380	2070
	2	62	1492,58	130,5466	1470	1240	1910
	3	62	1542,74	126,2338	1540	1330	2050
	4	62	1550,81	121,7670	1540	1320	1970
Aug	1	60	1671,68	385,7858	1575	961	3550
	2	57	1591,23	287,4709	1510	1090	2470
	3	60	1628,83	335,8222	1570	1120	3100
	4	60	1639,17	346,9885	1580	1080	2900
Sep	1	60	1500,33	130,1234	1490	1110	2010
	2	60	1461,67	125,2951	1450	1210	1810
	3	60	1507,67	142,7380	1480	1260	2080

Fortsetzung Tab. A2

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Okt	4	60	1494,50	117,8972	1490	1230	1770
	1	60	1487,83	159,4492	1465	1070	1980
	2	58	1432,76	159,3385	1420	1060	1940
	3	60	1477,33	170,1930	1440	1020	2100
Nov	4	61	1442,79	135,8569	1420	1010	1880
	1	60	1459,67	186,6199	1415	1100	1960
	2	57	1408,60	176,3462	1380	1010	1860
	3	58	1483,62	240,2973	1435	1100	2710
Dez	4	57	1461,40	194,2700	1430	1020	1980
	1	42	1384,29	147,5680	1375	1130	1780
	2	42	1358,10	151,3555	1350	1070	1730
	3	42	1410,95	170,0905	1390	1040	1930
	4	42	1394,52	166,6485	1370	1120	1900

Tab. A3: Statistische Maßzahlen der elektrischen Leitfähigkeit je Kuh, je Monat und je Euterviertel

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Kuh 20							
Feb	1	12	5,42	0,3925	5,47	4,94	6,14
	2	11	5,97	0,3801	5,96	5,24	6,57
	3	13	5,47	0,6041	5,41	4,4	6,34
Mär	4	15	4,86	0,2400	4,93	4,28	5,17
	1	50	5,27	0,3137	5,23	4,64	6,21
	2	50	5,92	0,4587	6,07	4,7	7,07
	3	46	5,39	0,4302	5,42	4,62	6,41
Apr	4	51	4,86	0,1999	4,87	4,5	5,41
	1	56	5,40	0,4352	5,20	4,62	6,61
	2	51	5,92	0,5969	5,94	4,2	7
	3	52	5,24	0,5540	5,13	4,14	6,7
Mai	4	56	4,90	0,2819	4,86	4,36	5,82
	1	60	5,27	0,3072	5,26	4,55	5,94
	2	57	6,03	0,6022	6,04	4,87	7,49
	3	57	5,09	0,5112	5,00	4,43	7,15
Jun	4	61	4,99	0,2585	4,96	4,38	5,82
	1	56	5,25	0,3607	5,19	4,48	5,97
	2	54	6,88	0,8569	7,08	4,78	8,22
	3	50	4,80	0,7024	4,62	4,16	8,22
Jul	4	56	4,80	0,3926	4,74	4,25	5,91
	1	56	5,03	0,4574	5,13	3,96	5,88
	2	54	6,84	1,3712	7,73	4,49	8,98
	3	52	4,70	0,8010	4,43	3,96	8,33
Aug	4	57	4,64	0,3308	4,57	3,99	5,49
	1	60	5,30	0,5437	5,27	4,16	6,34
	2	54	6,67	1,3501	7,08	4,36	8,63
	3	55	5,27	1,1524	5,00	3,46	8,92
	4	61	5,08	0,6791	5,01	3,5	7,96

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Sep	1	57	5,38	0,6528	5,51	4,11	7,18
	2	48	6,13	1,1844	6,73	4,01	7,57
	3	44	5,03	0,9594	4,72	4,07	8,04
	4	57	5,37	0,7870	5,36	4,2	7,12
Okt	1	60	5,57	0,5198	5,54	4,03	6,74
	2	52	6,32	0,5912	6,42	4,76	7,23
	3	45	5,16	0,6260	5,18	4,23	6,56
	4	59	5,64	0,8929	5,48	4,42	7,43
Nov	1	53	5,64	0,5709	5,53	4,08	7,35
	2	48	5,80	0,5745	5,78	4,09	7,1
	3	47	5,14	0,7448	5,00	4,06	7,2
	4	56	5,64	0,7669	5,72	4	7,54
Dez	1	26	5,60	0,2518	5,52	5,2	6,12
	2	26	5,58	0,1985	5,54	5,16	6,1
	3	20	5,41	0,3294	5,35	4,95	6,21
	4	25	5,77	0,3838	5,84	5	6,25

Kuh 97

Feb	1	19	5,20	0,2890	5,16	4,74	6,12
	2	21	5,26	0,1689	5,32	4,84	5,49
	3	18	5,05	0,1193	5,05	4,85	5,28
	4	23	6,04	0,6138	6,18	4,37	6,7
Mär	1	54	5,18	0,2232	5,22	4,37	5,67
	2	51	5,27	0,3397	5,24	4,52	7,1
	3	53	5,05	0,1899	5,03	4,46	5,63
	4	54	6,90	0,8356	7,13	4,48	8,05
Apr	1	53	5,59	0,8351	5,44	4,35	8,52
	2	55	5,30	0,3599	5,38	4,42	6,03
	3	55	5,12	0,2538	5,18	4,42	5,63
	4	53	7,50	1,4380	7,65	4,56	9,71
Mai	1	59	6,84	1,1166	6,42	5,55	9,83
	2	59	5,36	0,2734	5,33	4,5	6,15
	3	55	5,45	0,4562	5,37	4,92	7,27
	4	57	7,87	0,9525	8,00	4,79	9,94
Jun	1	54	5,35	0,2672	5,33	4,83	5,97
	2	55	5,35	0,5159	5,21	4,75	7,89
	3	55	4,89	0,2809	4,80	4,38	5,46
	4	54	7,88	0,8729	8,07	4,61	9,38
Jul	1	60	5,62	0,5490	5,53	4,43	8,54
	2	57	5,08	0,1897	5,08	4,6	5,37
	3	54	4,86	0,4544	4,78	4,56	8,02
	4	58	7,80	0,9156	7,87	4,72	9,62
Aug	1	60	5,63	0,8867	5,48	4,25	9,3
	2	61	5,16	0,3309	5,12	4,19	6,16
	3	60	5,00	0,2185	4,97	4,58	5,57
	4	60	8,32	1,0972	8,49	4,94	10,43
Sep	1	58	5,80	0,6077	5,73	4,69	8,55
	2	56	5,32	0,2525	5,33	4,75	5,8
	3	56	5,26	0,2248	5,29	4,65	5,66
	4	55	8,25	1,1302	8,60	4,35	9,75

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Okt	1	55	6,41	0,8529	6,23	4,46	9,55
	2	57	5,57	0,4393	5,55	4,05	6,77
	3	54	5,58	0,7487	5,45	3,97	9,2
	4	56	8,40	1,1871	8,61	4,08	10,11
Kuh 138							
Feb	1	22	5,54	0,2921	5,59	4,92	6,14
	2	19	5,23	0,3087	5,29	4,04	5,46
	3	21	5,18	0,3250	5,21	4,05	5,8
	4	22	5,48	0,1914	5,54	5,04	5,76
Mär	1	52	5,54	0,2745	5,60	4,58	5,96
		53	5,20	0,3157	5,20	4,49	6,86
	3	52	5,13	0,1734	5,16	4,57	5,47
Apr	4	51	5,49	0,4557	5,46	4,75	8,29
	1	56	5,52	0,1795	5,53	4,98	6,01
	2	56	5,22	0,1211	5,24	4,94	5,49
	3	57	5,20	0,1470	5,21	4,78	5,5
Mai	4	56	5,37	0,1395	5,38	5,02	5,8
	1	59	5,59	0,2245	5,61	5,03	6,11
	2	60	5,26	0,1721	5,29	4,8	5,71
	3	59	5,25	0,1721	5,30	4,87	5,61
Jun	4	59	5,36	0,1724	5,40	4,97	5,74
	1	50	5,33	0,3432	5,21	4,82	6,03
	2	54	5,10	0,3091	4,99	4,67	5,7
	3	50	5,12	0,3275	5,02	4,55	5,68
Jul	4	50	5,21	0,3189	5,12	4,26	5,85
	1	61	5,00	0,1561	5,02	4,3	5,31
	2	60	4,84	0,1305	4,84	4,47	5,12
	3	58	4,83	0,1379	4,83	4,49	5,22
Aug	4	61	4,94	0,1303	4,93	4,6	5,21
	1	61	5,08	0,3651	4,97	4,32	6,08
	2	61	4,89	0,2975	4,82	4,11	5,7
	3	60	4,91	0,4152	4,81	4,19	6,89
Sep	4	61	4,96	0,3132	4,91	4,19	5,78
	1	59	6,91	1,2113	7,21	4,61	9,15
	2	56	5,17	0,7247	4,91	4,36	7,8
	3	56	4,83	0,2228	4,84	4,02	5,25
Okt	4	58	5,40	0,6193	5,24	4,47	7,87
	1	59	5,64	0,3090	5,62	5,06	6,44
	2	55	5,25	0,3085	5,20	4,5	6,02
	3	55	4,97	0,2826	4,96	4,22	5,88
Nov	4	60	5,20	0,2872	5,19	4,61	6,16
	1	56	5,44	0,4385	5,52	4,43	6,54
	2	56	5,04	0,3777	5,09	3,9	5,86
	3	51	4,80	0,3321	4,81	4,3	5,61
Dez	4	55	5,06	0,3598	5,06	4,25	6,03
	1	37	5,63	0,2820	5,62	5,06	6,57
	2	38	5,16	0,1009	5,17	4,87	5,41
	3	40	4,97	0,1308	4,94	4,78	5,4
	4	39	5,14	0,1116	5,13	4,9	5,44

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Kuh 152							
Mai	1	14	6,73	0,4319	6,83	6,22	7,21
	2	12	4,67	0,0934	4,70	4,5	4,79
	3	14	4,70	0,1576	4,73	4,23	4,92
	4	13	4,88	0,0893	4,85	4,73	5,01
Jun	1	62	7,83	1,0806	7,99	4,98	9,75
	2	54	5,00	0,4730	5,01	4,47	7,54
	3	56	5,01	0,3381	5,03	4,18	5,93
	4	60	5,22	0,6439	5,11	4,14	8,17
Jul	1	57	7,95	1,1000	7,97	5,13	9,73
	2	53	4,75	0,2970	4,66	4,23	5,54
	3	54	4,82	0,4606	4,69	4,27	7,28
	4	57	4,91	0,3462	4,79	4,35	6,07
Aug	1	56	7,21	1,3075	7,15	4,4	10,1
	2	48	4,66	0,3680	4,57	4,02	5,98
	3	53	4,66	0,2115	4,66	4,21	5,16
	4	57	5,06	0,9844	4,70	4,11	8,65
Sep	1	58	8,14	1,2995	8,33	4,02	10,64
	2	52	4,71	0,2621	4,70	4,18	5,44
	3	52	4,56	0,2171	4,52	4,07	5,22
	4	59	5,03	0,7824	4,85	4,06	9,14
Okt	1	54	7,02	1,6098	7,48	4,01	9,86
	2	52	5,43	1,1100	5,05	3,96	8,76
	3	45	4,67	0,6241	4,58	3,78	7,88
	4	56	5,22	1,0771	5,03	3,74	8,9
Nov	1	46	6,33	0,9965	6,32	3,88	8,21
	2	48	5,31	0,6730	5,40	3,85	6,97
	3	49	4,76	0,9578	4,45	3,71	8,32
	4	54	5,02	0,8264	4,77	3,58	7,4
Dez	1	39	7,56	1,8245	7,32	4,19	10,41
	2	37	5,72	0,8378	6,02	4,17	7,46
	3	34	5,29	0,8669	5,14	3,93	7,29
	4	38	5,28	0,9118	5,10	4,03	8,02
Kuh 169							
Feb	1	14	4,66	0,5072	4,86	3,1	5,04
	2	15	4,99	0,3603	5,05	4,3	5,93
	3	16	4,98	0,4986	4,92	4,29	6,7
	4	21	4,72	0,2619	4,77	4,08	5,22
Mär	1	49	4,96	0,2811	5,03	4,15	5,75
	2	47	4,98	0,2198	5,00	4,27	5,56
	3	53	4,93	0,1991	4,96	4,43	5,39
	4	48	4,88	0,2252	4,91	4,32	5,62
Apr	1	53	5,15	0,1307	5,12	4,88	5,42
	2	56	5,13	0,1377	5,12	4,81	5,5
	3	56	5,06	0,1714	5,10	4,53	5,44
	4	56	5,03	0,1432	5,05	4,54	5,31
Mai	1	57	5,13	0,1962	5,14	4,78	5,82
	2	56	5,06	0,1899	5,06	4,73	5,54
	3	59	5,13	0,2050	5,12	4,7	5,49

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jun	4	57	5,02	0,1945	5,03	4,6	5,5
	1	54	4,83	0,3329	4,75	4,08	5,52
	2	48	4,71	0,3060	4,64	4,12	5,41
	3	55	4,85	0,3114	4,79	4,27	5,44
Jul	4	53	4,71	0,2776	4,67	4,16	5,57
	1	56	4,65	0,2109	4,67	4	5,02
	2	53	4,65	0,2040	4,64	4,12	5,07
	3	56	4,68	0,1921	4,69	4,13	5,1
Aug	4	57	4,59	0,1864	4,58	4,11	5,02
	1	61	4,85	0,1882	4,84	4,37	5,48
	2	57	4,84	0,1797	4,85	4,46	5,4
	3	61	4,93	0,2379	4,88	4,29	5,52
Sep	4	60	4,78	0,1957	4,74	4,44	5,42
	1	59	4,77	0,4691	4,72	4,22	8,14
	2	55	4,72	0,1695	4,73	4,09	5,02
	3	58	4,69	0,1386	4,68	4,28	5,09
Okt	4	59	4,60	0,1315	4,58	4,18	4,9
	1	55	4,63	0,2346	4,64	3,89	5,25
	2	51	4,71	0,2866	4,77	3,84	5,34
	3	58	4,63	0,2684	4,68	3,83	5,25
Nov	4	58	4,56	0,2596	4,59	3,66	5,22
	1	51	4,62	0,3333	4,62	3,64	5,35
	2	52	4,68	0,2914	4,70	4,14	5,43
	3	58	4,52	0,3535	4,56	3,98	5,33
Dez	4	57	4,39	0,2936	4,43	3,78	5,07
	1	42	4,73	0,1689	4,72	4,39	5,04
	2	40	4,83	0,2055	4,83	4,14	5,23
	3	39	4,76	0,1804	4,73	4,37	5,22
4	41	4,57	0,1639	4,59	4,2	4,89	
Kuh 209							
Feb	1	22	4,72	0,1512	4,74	4,24	5,01
	2	10	5,05	0,1957	5,05	4,69	5,46
	3	13	5,14	0,3102	5,13	4,8	6,02
	4	18	4,76	0,1660	4,71	4,51	5,17
Mär	1	54	4,78	0,2099	4,75	4,24	5,47
	2	50	5,06	0,2619	5,11	4,11	5,65
	3	49	5,06	0,4409	5,03	4,2	7,54
	4	51	4,85	0,4709	4,78	4,29	7,71
Apr	1	55	5,02	0,0932	5,02	4,81	5,3
	2	54	5,18	0,2114	5,20	4,2	5,43
	3	53	5,18	0,1408	5,17	4,85	5,55
	4	58	5,01	0,1195	5,02	4,77	5,34
Mai	1	61	5,00	0,1486	5,04	4,68	5,21
	2	55	5,14	0,1434	5,14	4,79	5,38
	3	56	5,14	0,1655	5,19	4,77	5,38
	4	59	5,03	0,1371	5,04	4,73	5,25
Jun	1	55	4,78	0,2821	4,63	4,37	5,33
	2	54	4,85	0,3012	4,72	4,4	5,5
	3	54	4,87	0,2915	4,73	4,51	5,42

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Jul	4	56	4,78	0,2784	4,66	4,43	5,27
	1	62	4,52	0,1141	4,53	4,33	5,07
	2	58	4,58	0,1407	4,58	4,26	5,25
	3	58	4,58	0,1152	4,58	4,27	4,86
Aug	4	62	4,53	0,1053	4,52	4,32	5
	1	61	4,54	0,2088	4,52	4,11	5,45
	2	55	4,60	0,1603	4,58	4,23	5,01
	3	58	4,63	0,2034	4,62	4,06	5,05
Sep	4	58	4,57	0,1964	4,52	4,22	5,12
	1	59	4,41	0,0828	4,42	4,06	4,65
	2	57	4,43	0,1087	4,41	4,16	5,04
	3	58	4,49	0,1296	4,49	4,09	4,98
Okt	4	60	4,39	0,0887	4,41	4,02	4,52
	1	56	4,52	0,2114	4,49	4,14	5,39
	2	52	4,35	0,1896	4,35	3,8	5,2
	3	50	4,49	0,2142	4,48	4,06	5,45
Nov	4	55	4,36	0,1708	4,36	3,95	5,2
	1	48	4,81	0,3774	4,83	3,89	6
	2	49	4,39	0,2934	4,39	3,9	5,4
	3	50	4,58	0,4334	4,51	3,99	5,96
Dez	4	50	4,50	0,3403	4,51	3,66	5,7
	1	27	4,85	0,1614	4,85	4,57	5,27
	2	27	4,43	0,0725	4,44	4,33	4,6
	3	27	4,51	0,0938	4,51	4,23	4,76
	4	27	4,48	0,1066	4,46	4,31	4,77

Kuh 257

Feb	1	21	5,06	0,2146	5,06	4,53	5,46
	2	20	5,12	0,4275	5,25	4	5,58
	3	22	5,18	0,2513	5,24	4,61	5,63
	4	20	5,05	0,2171	5,08	4,4	5,44
Mär	1	53	5,03	0,2812	4,98	4,57	6,16
	2	51	5,08	0,2999	5,04	4,66	6,28
	3	53	5,15	0,9979	4,97	4,6	10,23
	4	53	5,01	0,2894	4,99	4,63	6,4
Apr	1	56	5,03	0,1944	5,02	4,53	5,5
	2	57	5,02	0,2194	5,02	4,58	5,69
	3	50	5,03	0,2593	4,96	4,56	5,6
	4	52	5,03	0,1725	5,02	4,61	5,35
Mai	1	60	5,14	0,2038	5,18	4,61	5,52
	2	61	5,14	0,2122	5,13	4,56	5,48
	3	55	5,12	0,2188	5,12	4,58	5,62
	4	55	5,06	0,1935	5,07	4,6	5,39
Jun	1	53	4,89	0,3058	4,81	4,41	6,16
	2	57	4,92	0,2606	4,87	4,34	5,54
	3	41	4,81	0,1865	4,83	4,38	5,42
	4	51	4,82	0,2344	4,76	4,46	5,38
Jul	1	62	4,71	0,1637	4,73	4,24	5,08
	2	60	4,76	0,1770	4,76	4,23	5,14
	3	60	4,75	0,1939	4,78	4,18	5,1

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Aug	4	61	4,65	0,1701	4,67	4,09	4,91
	1	61	4,89	0,3339	4,85	4,46	6,87
	2	61	4,95	0,2103	4,96	4,4	5,38
	3	61	4,82	0,2408	4,84	3,64	5,3
Sep	4	61	4,80	0,1964	4,79	4,37	5,26
	1	57	4,77	0,2153	4,72	4,51	5,73
	2	60	4,78	0,1636	4,77	4,38	5,5
	3	59	4,68	0,1498	4,68	4,14	5,25
Okt	4	58	4,70	0,1491	4,66	4,49	5,18
	1	57	5,77	0,5761	5,77	2,85	6,74
	2	58	5,28	0,3133	5,31	4,19	5,98
	3	54	5,10	0,2897	5,06	4,27	6,07
Sep	4	54	5,87	0,4440	5,94	4,55	6,8
	1	10	6,15	0,7364	5,84	5,21	7,16
	2	10	5,46	0,7353	5,15	4,66	6,76
	3	9	5,16	0,6146	4,90	4,5	6,06
	4	10	6,23	0,6575	6,10	5,25	7,03
Kuh 383							
Feb	1	15	4,81	0,1497	4,79	4,5	5,23
	2	10	5,34	0,4379	5,46	4,21	5,88
	3	9	4,99	0,1639	5,01	4,68	5,18
	4	14	4,79	0,1486	4,83	4,48	5,1
Mär	1	50	4,86	0,2801	4,84	4,14	5,8
	2	50	5,29	0,3746	5,23	4,24	6,28
	3	48	4,93	0,2429	4,93	4,42	5,6
	4	49	4,81	0,2543	4,82	4,34	5,83
Apr	1	57	4,91	0,1414	4,92	4,5	5,18
	2	55	5,46	0,3395	5,43	4,78	6,77
	3	54	5,05	0,2229	5,04	4,57	5,84
	4	56	4,93	0,1479	4,95	4,53	5,24
Mai	1	60	4,89	0,1594	4,93	4,37	5,2
	2	48	5,39	0,2981	5,41	4,78	6,06
	3	52	4,95	0,2308	4,99	4,31	5,78
	4	60	4,87	0,1914	4,92	4,21	5,24
Jun	1	54	4,64	0,3392	4,50	4,16	5,88
	2	54	5,04	0,4249	4,87	4,35	5,88
	3	52	4,64	0,2729	4,58	4,03	5,14
	4	53	4,62	0,2579	4,52	4,17	5,09
Jul	1	60	4,29	0,1125	4,28	4,04	4,64
	2	57	4,55	0,1684	4,55	4,04	4,87
	3	57	4,35	0,1619	4,34	3,84	4,74
	4	58	4,30	0,1320	4,31	4	4,62
Aug	1	59	4,41	0,2169	4,38	3,87	4,85
	2	56	4,67	0,3142	4,62	4,05	5,68
	3	58	4,58	0,7249	4,48	4,02	9,77
	4	59	4,44	0,2012	4,42	4,03	4,8
Sep	1	58	4,36	0,1252	4,34	4,05	4,71
	2	54	4,55	0,1553	4,55	4,19	4,93
	3	50	4,35	0,1471	4,32	4,12	4,87

Fortsetzung Tab. A3

Monat	EV	n	\bar{x}	s	Median	x_{\min}	x_{\max}
Okt	4	57	4,37	0,1269	4,37	3,99	4,67
	1	56	4,37	0,2402	4,38	3,53	5
	2	53	4,55	0,2724	4,62	3,52	5,16
	3	50	4,40	0,2662	4,44	3,59	4,97
Nov	4	59	4,39	0,2560	4,43	3,52	4,96
	1	59	4,24	0,2716	4,21	3,81	5,03
	2	48	4,42	0,3469	4,36	3,84	5,26
	3	49	4,22	0,2952	4,20	3,71	5
Dez	4	54	4,19	0,3191	4,17	3,56	5,08
	1	39	4,19	0,1636	4,18	3,8	4,99
	2	37	4,37	0,1842	4,38	4,06	5,16
	3	38	4,20	0,1635	4,18	4,02	4,9
	4	41	4,17	0,1494	4,18	3,68	4,63

Tab. A4: Verteilung der Daten im Viertelvorgemelk je Kuh und je Monat

Monat	Werte Klasse 1 bis 5 (n)	Werte Klasse 6 bis 9 (n)	Gesamt (n)	Werte Klasse 1 bis 5 (%)
Kuh 20				
Feb	69	14	83	83,13
Mär	187	29	216	81,94
Apr	165	62	227	72,69
Mai	174	74	248	70,16
Jun	104	124	228	45,61
Jul	192	56	248	77,42
Aug	167	77	244	68,44
Sep	140	100	240	58,33
Okt	74	173	247	29,90
Nov	50	182	232	21,55
Dez	24	88	112	21,43
Gesamt	1346	979	2325	57,89
Kuh 97				
Feb	77	15	92	83,69
Mär	173	43	216	80,09
Apr	134	82	216	62,04
Mai	94	144	238	39,49
Jun	59	171	230	25,65
Jul	133	115	248	53,62
Aug	127	115	242	52,47
Sep	63	172	235	26,80
Okt	21	211	232	9,05
Gesamt	881	1068	1949	45,20
Kuh 138				
Feb	92	0	92	100
Mär	215	0	215	100
Apr	224	1	225	99,55

Fortsetzung Tab. A4

Monat	Werte Klasse 1 bis 5 (n)	Werte Klasse 6 bis 9 (n)	Gesamt (n)	Werte Klasse 1 bis 5 (%)
Mai	231	7	238	97,06
Jun	184	25	209	88,03
Jul	247	0	247	100
Aug	243	0	243	100
Sep	167	1	168	99,40
Okt	223	15	238	93,70
Nov	205	27	232	88,36
Dez	150	8	158	94,94
Gesamt	2181	84	2265	96,29
Kuh 152				
Apr	46	10	56	82,14
Mai	172	76	248	69,35
Jun	137	95	232	59,05
Jul	180	63	243	74,07
Aug	178	66	244	72,95
Sep	182	58	240	75,83
Okt	141	92	233	60,51
Nov	106	121	227	46,69
Dez	54	106	160	33,75
Gesamt	1196	687	1883	63,51
Kuh 169				
Feb	92	0	92	100
Mär	214	0	214	100
Apr	206	17	223	92,38
Mai	217	14	231	93,94
Jun	151	63	214	70,56
Jul	248	0	248	100
Aug	244	0	244	100
Sep	240	0	240	100
Okt	241	4	245	98,37
Nov	226	7	233	96,99
Dez	164	3	167	98,20
Gesamt	2243	108	2351	95,40
Kuh 209				
Feb	90	1	91	99,55
Mär	212	2	214	99,06
Apr	222	6	228	97,34
Mai	238	1	239	99,55
Jun	214	12	226	94,69
Jul	248	0	248	100
Aug	243	0	243	100
Sep	239	0	239	100
Okt	221	4	225	98,22
Nov	191	7	198	96,46
Dez	108	0	108	100
Gesamt	2226	33	2259	98,54

Fortsetzung Tab. A4

Monat	Werte Klasse 1 bis 5 (n)	Werte Klasse 6 bis 9 (n)	Gesamt (n)	Werte Klasse 1 bis 5 (%)
Kuh 257				
Feb	91	5	96	94,79
Mär	209	1	210	99,55
Apr	202	13	215	93,95
Mai	221	11	232	95,26
Jun	143	59	202	70,79
Jul	248	0	248	100
Aug	244	0	244	100
Sep	235	3	238	98,74
Okt	116	122	238	47,89
Nov	2	37	39	5,12
Gesamt	1713	251	1962	87,21
Kuh 383				
Feb	85	0	85	100
Mär	212	0	212	100
Apr	216	9	225	96,00
Mai	226	4	230	98,26
Jun	185	34	219	84,47
Jul	248	0	248	100
Aug	237	0	237	100
Sep	240	0	240	100
Okt	239	0	239	100
Nov	230	2	232	100
Dez	168	0	168	100
Gesamt	2286	49	2335	97,90

Tab. A5: Regressionskoeffizienten und Konfidenzintervallen der Na⁺-Konzentration je Kuh und Laktationsmonat

Kuh	a	b _{ug}	b	b _{og}	p
Februar					
169	257,8	-30,6	61,1	152,8	0,1879
209	-143,7	-23,4	145,5	314,4	0,0900
383	-392,2	30,4	187,9	345,3	0,0204
138	-603,9	90,0	212,9	335,8	0,0009
97	-532,7	130,3	235,4	340,4	0,0000
257	-663,9	79,9	241,1	402,3	0,0038
20	-1183,0	207,7	356,0	504,3	0,0000
März					
169	395,8	-38,7	9,5	57,8	0,6970
257	380,7	-11,6	13,1	37,8	0,2959
138	-226,1	86,7	125,4	164,1	0,0000
209	-167,9	78,0	125,5	173,0	0,0000
383	-352,6	121,8	157,2	192,7	0,0000

Fortsetzung Tab. A5

Kuh	a	b_{ug}	b	b_{og}	p
97	-1252,7	311,5	358,8	406,0	0,0000
20	-1653,3	362,9	429,9	496,8	0,0000
April					
209	-209,1	-15,5	140,9	297,4	0,0773
138	-491,5	56,4	181,7	307,1	0,0047
383	-623,7	137,3	230,1	323,0	0,0000
257	-1124,1	195,5	329,5	463,5	0,0000
169	-1346,1	180,0	375,7	571,5	0,0002
152	-1668,0	401,1	445,1	489,1	0,0000
97	-2079,6	484,3	548,0	611,7	0,0000
20	-2828,9	583,3	694,3	805,3	0,0000
Mai					
257	-1073,5	123,4	322,4	521,4	0,0016
383	-1179,2	254,4	339,3	424,1	0,0000
138	-1495,9	271,7	370,8	469,8	0,0000
209	-1519,4	255,2	389,5	523,9	0,0000
169	-1621,5	299,0	423,9	548,8	0,0000
97	-1974,2	480,3	542,7	605,0	0,0000
152	-2361,1	524,2	585,6	647,1	0,0000
20	-4216,0	867,9	958,0	1048,0	0,0000
Juni					
209	-1219,6	302,7	393,7	484,7	0,0000
169	-1301,3	307,4	443,7	580,0	0,0000
138	-1604,1	351,3	449,9	548,5	0,0000
257	-1604,4	328,6	502,6	676,5	0,0000
383	-2156,4	524,8	615,8	706,8	0,0000
20	-2958,5	737,8	814,9	892,1	0,0000
97	-2787,6	722,8	822,8	922,7	0,0000
152	-3546,9	834,2	900,7	967,1	0,0000
Juli					
169	-273,2	113,8	164,0	214,1	0,0000
138	-377,2	113,0	167,5	222,0	0,0000
209	-454,9	136,2	189,7	243,2	0,0000
383	-874,7	251,4	300,2	348,9	0,0000
257	-1028,3	273,3	335,0	396,6	0,0000
97	-1247,6	400,8	418,6	436,4	0,0000
20	-1578,3	447,0	460,7	474,3	0,0000
152	-1702,7	454,2	472,1	490,0	0,0000
August					
383	241,1	17,1	46,0	74,8	0,0019
257	300,6	7,3	62,1	116,8	0,0265
169	-3,4	49,9	114,3	178,6	0,0006
209	-123,2	63,7	124,3	184,9	0,0001
138	-370,0	135,1	169,7	204,2	0,0000
97	-1138,3	373,0	396,0	418,9	0,0000
20	-1344,7	383,0	414,4	445,7	0,0000
152	-1876,4	461,8	498,2	534,5	0,0000

Fortsetzung Tab. A5

Kuh	a	b _{ug}	b	b _{og}	p
September					
169	272,4	24,9	63,8	102,7	0,0014
209	-196,9	80,0	146,8	213,6	0,0000
383	-920,5	267,6	315,5	363,5	0,0000
138	-1088,0	288,9	321,7	354,5	0,0000
257	-903,5	265,3	331,2	397,1	0,0000
97	-1041,5	375,9	393,4	411,0	0,0000
152	-1514,7	433,6	447,0	460,3	0,0000
20	-1622,2	452,8	477,3	501,7	0,0000
Oktober					
169	589,7	-58,9	13,3	85,5	0,7172
383	351,0	-22,7	40,6	104,0	0,2076
209	-162,5	66,8	154,7	242,7	0,0006
138	-668,1	200,9	265,5	330,1	0,0000
257	-1100,7	319,8	400,7	481,5	0,0000
97	-972,4	366,0	409,8	453,7	0,0000
20	-1310,0	387,5	446,1	504,7	0,0000
152	-1539,0	445,3	485,2	525,1	0,0000
November					
383	339,2	-17,9	47,1	112,1	0,1549
169	400,3	11,3	69,3	127,3	0,0194
257	358,2	100,7	170,3	239,9	0,0000
138	-114,3	112,2	175,5	238,9	0,0000
209	-389,4	163,3	227,3	291,3	0,0000
20	-720,9	308,8	360,5	412,3	0,0000
152	-1303,9	429,5	467,5	505,4	0,0000
Dezember					
383	-576,0	195,4	246,3	297,2	0,0000
152	-991,1	359,1	398,8	438,4	0,0000
169	-1407,0	372,8	446,4	520,0	0,0000
209	-1513,5	388,1	458,0	527,9	0,0000
138	-2176,7	506,2	554,9	603,5	0,0000
20	-2039,9	493,7	576,7	659,7	0,0000

p ≤ 0,05 bedeutet: β ≠ 0

Tab. A6: Häufigkeiten der Na⁺-Konzentration für die Untersuchungstiere von Betrieb B

Kuh	Klassen				Anzahl
	2	3	4	5 - 7	
34	28	37	3	0	68
35	18	22	15	17	72
63	25	36	5	3	69
92	0	39	22	3	64

Fortsetzung Tab.A6

Kuh	Klassen				Anzahl
	2	3	4	5 - 7	
120	5	34	21	11	72
122	23	37	8	0	68
149	6	37	16	7	66
205	28	31	8	3	70
215	13	29	7	21	70
228	23	39	6	0	68
241	38	30	0	0	68
244	34	30	4	0	68
249	24	38	6	0	68
253	10	43	8	3	64
289	36	25	5	2	68
336	36	25	2	0	63
344	23	28	5	14	70
363	8	43	13	2	66
380	39	21	5	5	70
381	12	36	11	1	60
396	27	30	6	1	64
431	42	22	3	1	68
457	28	26	5	6	65
475	45	19	4	2	70
502	24	38	4	1	67
515	12	34	4	17	67
584	18	44	7	3	72
599	21	38	14	3	76
Anzahl Werte (n)	646	911	217	97	1901
Anteil in Prozent (%)	33,98 %	47,92 %	11,42 %	6,68 %	100 %