

Aus der
Klinik für Klauentiere
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

**Experimentelle Untersuchungen
zum Einfluss verschiedener Fütterungsfaktoren
auf die metabolischen Effekte von Calciumchlorid und Calciumsulfat
auf den Mengenelementhaushalt von Milchkühen**

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

vorgelegt von
Antje Löptien
Tierärztin aus Oldenburg i. O.

Berlin 2004

Journal-Nr. 2858

**Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin**

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg
Erster Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. R. Staufenbiel
Zweiter Gutachter:	Univ.-Prof. Dr. H. Hartmann
Dritter Gutachter:	Prof. Dr. K. Männer

Deskriptoren: dairy cow, acidogenic salts, DCAB, milkfever, macroelements

Tag der Promotion: 27.05.2005

Inhaltsangabe

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Mengenelementhaushalt beim Rind	3
2.1.1. Calciumhaushalt	3
2.1.2. Chloridhaushalt	5
2.1.3. Magnesiumhaushalt	6
2.1.4. Natriumhaushalt	8
2.1.5. Kaliumhaushalt	9
2.1.6. Phosphathaushalt	11
2.2. Gebärparese	13
2.2.1. Ätiologie	13
2.2.2. Pathogenese	13
2.2.3. Veränderungen der Laborparameter	16
2.2.4. Folgen	16
2.2.5. Therapie	17
2.2.6. Allgemeine Prophylaxe	17
2.2.7. Spezielle Prophylaxe	18
2.3. Prophylaxe durch Verabreichung saurer Salze a. p.	18
2.3.1. Grundlagen des DCAB-Konzeptes	18
2.3.2. Berechnung der DCAB	19
2.3.3. Saure Salze und ihre praktische Anwendung	20
2.3.4. Vor- und Nachteile des Einsatzes saurer Salze	23
2.3.5. Wirkungsweise saurer Salze	24
2.3.6. Einfluss der sauren Salze auf den Säure-Basen-Haushalt	24
2.3.7. Einfluss der sauren Salze auf PTH und Vitamin D	26
2.3.8. Einfluss der sauren Salze auf den Calcium-, Magnesium- und Phosphathaushalt	27
2.3.9. Einfluss der sauren Salze auf den Natrium-, Kalium- und Chloridhaushalt	30
2.3.10. Bedeutung der Kalium- und Natriumzufuhr für das DCAB-Konzept	30
2.3.11. Bedeutung der Calciumzufuhr für das DCAB-Konzept	32
2.3.12. Bedeutung der Schwefelzufuhr für das DCAB-Konzept	32
2.3.13. Bedeutung der Energiezufuhr für das DCAB-Konzept	33
3. Material und Methoden	34
3.1. Zeitlicher Ablauf der Versuche	34
3.2. Versuchstiere und Versuchstierhaltung	35

3.3. Fütterung	35
3.4. Durchführung der Salzgabe	37
3.5. Durchführung der Beprobung	38
3.6. Durchführung der Laborarbeiten	39
3.6.1. Atomabsorptionsspektrophotometrie: Calcium-, Magnesium- konzentration im Serum und Urin	39
3.6.2. Flammenphotometrie: Natrium-, Kaliumkonzentration im Urin	40
3.6.3. Ionenselektive Elektrode: Chloridkonzentration im Serum und Urin, Natrium-, Kaliumkonzentration im Serum	40
3.6.4. Molybdat-Reaktion: Phosphatkonzentration im Serum und Urin	40
3.6.5. Pikrinsäure-Reaktion (modifizierte Jaffe-Methode von Bartels et al.): Creatininkonzentration im Serum und Urin	40
3.7. Berechnung der fraktionellen Exkretion	41
3.8. Statistische Auswertung	41
3.9. Darstellung der Graphiken und Tabellen	42
3.10. Referenzwerte	43
4. Ergebnisse	45
4.1. Versuch 1: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 zur Langzeitstudie	45
4.1.1. Calcium	45
4.1.2. Chlorid	46
4.1.3. Magnesium	47
4.1.4. Natrium	47
4.1.5. Kalium	48
4.1.6. Phosphat	48
4.1.7. Fraktionelle Exkretion	48
4.2. Versuch 10: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 zur Langzeitstudie	49
4.2.1. Calcium	49
4.2.2. Chlorid	50
4.2.3. Magnesium	52
4.2.4. Natrium	52
4.2.5. Kalium	52
4.2.6. Phosphat	52
4.2.7. Fraktionelle Exkretion	53
4.3. Versuch 2: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei moderater Energieversorgung	
Versuch 3: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei reduzierter Energieversorgung	54
4.3.1. Calcium	54
4.3.2. Chlorid	56

4.3.3. Magnesium	57
4.3.4. Natrium	57
4.3.5. Kalium	58
4.3.6. Phosphat	58
4.3.7. Fraktionelle Exkretion	58
4.4. Versuch 4: Gleichzeitige Gabe von KHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	
Versuch 5: Gleichzeitige Gabe von NaHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	
Versuch 6: Gleichzeitige Gabe von KHCO_3 und NaHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	60
4.4.1. Calcium	60
4.4.2. Chlorid	60
4.4.3. Magnesium	60
4.4.4. Natrium	61
4.4.5. Kalium	61
4.4.6. Phosphat	62
4.4.7. Fraktionelle Exkretion	62
4.5. Versuch 7: Verabreichung von KHCO_3 bzw. NaHCO_3	65
4.5.1. Calcium	65
4.5.2. Chlorid	66
4.5.3. Magnesium	67
4.5.4. Natrium	67
4.5.5. Kalium	67
4.5.6. Phosphat	67
4.5.7. Fraktionelle Exkretion	67
4.6. Versuch 8: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei einer calciumarmen Fütterung	
Versuch 9: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei einer ausgeglichenen Calciumversorgung	68
4.6.1. Calcium	68
4.6.2. Chlorid	70
4.6.3. Magnesium	72
4.6.4. Natrium	73
4.6.5. Kalium	73
4.6.6. Phosphat	73
4.6.7. Fraktionelle Exkretion	74
4.7. Versuch 11: Einmalige Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 pro Tag	75
4.7.1. Calcium	75
4.7.2. Chlorid	76
4.7.3. Magnesium	77

4.7.4. Natrium	77
4.7.5. Kalium	77
4.7.6. Phosphat	77
4.7.7. Fraktionelle Exkretion	78
4.8. Versuch 12: Verabreichung von 2,5 Äquivalenten CaSO_4 pro Tier und Tag	78
4.8.1. Calcium	78
4.8.2. Chlorid	79
4.8.3. Magnesium	79
4.8.4. Natrium	80
4.8.5. Kalium	80
4.8.6. Phosphat	80
4.8.7. Fraktionelle Exkretion	80
4.9. Versuch 12: Wöchentliche Steigerung der CaSO_4 -Gabe	81
4.9.1. Calcium	81
4.9.2. Chlorid	81
4.9.3. Magnesium	82
4.9.4. Natrium	82
4.9.5. Kalium	82
4.9.6. Phosphat	82
4.9.7. Fraktionelle Exkretion	82
4.10. Tagesprofile	91
4.10.1. Calcium	91
4.10.2. Chlorid	91
4.10.3. Magnesium	92
4.10.4. Natrium	92
4.10.5. Kalium	93
4.10.6. Phosphat	93
4.10.7. Fraktionelle Exkretion	93
4.11. Einfluss der DCAB auf die Calciumkonzentration im Serum und Urin	96
5. Diskussion	100
5.1. Versuche 1 und 10: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 zur Langzeitstudie	100
5.1.1. Calcium	100
5.1.2. Chlorid	103
5.1.3. Magnesium	104
5.1.4. Natrium	106
5.1.5. Kalium	106
5.1.6. Phosphat	107

5.2. Versuch 2: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei moderater Energieversorgung	
Versuch 3: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei reduzierter Energieversorgung	108
5.3. Versuch 4: Gleichzeitige Gabe von KHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	
Versuch 5: Gleichzeitige Gabe von NaHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	
Versuch 6: Gleichzeitige Gabe von KHCO_3 und NaHCO_3 und CaCl_2 bzw. CaSO_4	110
5.4. Versuch 7: Verabreichung von KHCO_3 bzw. NaHCO_3	113
5.5. Versuch 8: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei einer calciumarmen Fütterung	
Versuch 9: Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 bei einer ausgeglichenen Calciumversorgung	115
5.6. Versuch 11: Einmalige Verabreichung von CaCl_2 bzw. CaSO_4 pro Tag	117
5.7. Versuch 12: Verabreichung von 2,5 Äquivalenten CaSO_4 pro Tier und Tag	118
5.8. Versuch 12: Wöchentliche Steigerung der CaSO_4 -Gabe	119
5.9. Tagesprofile	121
5.10. Einfluss der DCAB auf die Calciumkonzentration im Serum und Urin	122
6. Schlussfolgerungen	123
7. Zusammenfassung	126
8. Summary	128
9. Literaturverzeichnis	130
10. Anhang	150
11. Danksagung	157
12. Lebenslauf	158
Selbständigkeitserklärung	159

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

a. p.	ante partum
ATPasen	Ionenpumpe
bzw.	beziehungsweise
CaBP	Calbindin (intrazelluläres Transportprotein)
d	Tag
DCAB	dietary cation anion balance
equ/d	Äquivalente pro Tag
equ/d/Kuh	Äquivalente pro Tag und Kuh
EZR	Extrazellulärraum
FE	Fraktionelle Exkretion
g/kg TS	Gramm pro Kilogramm Trockensubstanz
g/Tier/d	Gramm pro Tier und Tag
h	Stunde
H+	Protonen
IZR	Intrazellulärraum
LM	Lebendmasse
meq	Milliäquivalente
meq/d	Milliäquivalente pro Tag
meq/kg TS	Milliäquivalente pro Kilogramm Trockensubstanz
meq/Tier/d	Milliäquivalente pro Tier und Tag
mg/dl	Milligramm pro Deziliter
min.	Minute
MJ	Megajoule
mmol/l	Millimol pro Liter
mval/l	Millivalenzen pro Liter
μmol/l	Mikromol
n	Anzahl der Versuchstiere
NEL	Netto-Energie-Laktation
NH ₃ -(NPN)	Ammoniak-(Nicht-Protein-Stickstoff)
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
NSBA	Netto-Säuren-Basen-Ausscheidung
OH-	Hydrogenion
OS	organische Substanz
P	Phosphat
p	Überschreitungswahrscheinlichkeit (Statistik)
pCO ₂	Druck des Kohlendioxids im Blut
p. p.	post partum

PTH	Parathomon
PTH-RP	Parathormon-Releasing-Protein
SID	Strong-Ion-Difference
TMR	Totale Misch-Ration
TS	Trockensubstanz
U/min	Umdrehung pro Minute
V	Versuch
1,25-(OH) ₂ -D	aktives Vitamin D (Metabolit)
24,25-(OH) ₂ -D	Vitamin D (Metabolit)