

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) |