

# Inhaltsverzeichnis

|           |                                                                                                                     |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Einleitung.....</b>                                                                                              | <b>1</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Literaturübersicht.....</b>                                                                                      | <b>2</b>  |
| 2.1       | Die Ketose der Milchkuh .....                                                                                       | 2         |
| 2.1.1     | Definition der Ketose .....                                                                                         | 2         |
| 2.1.2     | Pathogenese der Ketose.....                                                                                         | 2         |
| 2.1.3     | Klinisch-chemische Parameter zur Charakterisierung des Kohlehydrat- und Fettstoffwechsels.....                      | 4         |
| 2.1.3.1   | Serumparameter.....                                                                                                 | 4         |
| 2.1.3.1.1 | Nichtveresterte Fettsäuren (NEFA) .....                                                                             | 4         |
| 2.1.3.1.2 | $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) .....                                                                                 | 4         |
| 2.1.3.1.3 | Aspartataminotransferase (AST).....                                                                                 | 5         |
| 2.1.3.1.4 | Glutamat-Dehydrogenase (GLDH) .....                                                                                 | 5         |
| 2.1.3.1.5 | Bilirubin .....                                                                                                     | 5         |
| 2.1.3.1.6 | Cholesterin .....                                                                                                   | 6         |
| 2.1.3.1.7 | Glucose .....                                                                                                       | 6         |
| 2.1.3.2   | Leberfettgehalt.....                                                                                                | 6         |
| 2.1.3.3   | Milchinhaltsstoffe .....                                                                                            | 6         |
| 2.1.3.4   | Rückenfettdicke und Body-Condition-Score.....                                                                       | 7         |
| 2.1.4     | Einteilung der Ketose .....                                                                                         | 7         |
| 2.1.5     | Bedeutung der Ketose.....                                                                                           | 8         |
| 2.1.6     | Prophylaxe der Ketose .....                                                                                         | 8         |
| 2.1.6.1   | Propylenglykol .....                                                                                                | 10        |
| 2.1.6.1.1 | Chemische Zusammensetzung und Eigenschaften von Propylenglykol .....                                                | 10        |
| 2.1.6.1.2 | Verstoffwechselung von Propylenglykol beim Wiederkäuer .....                                                        | 10        |
| 2.1.6.1.3 | Auswirkungen der Verabreichung von Propylenglykol auf Futteraufnahme, Milchleistung und Stoffwechselparameter ..... | 10        |
| 2.1.6.2   | Glycerin.....                                                                                                       | 14        |
| 2.1.6.2.1 | Chemische Zusammensetzung und Eigenschaften von Glycerin.....                                                       | 14        |
| 2.1.6.2.2 | Verstoffwechselung von Glycerin beim Wiederkäuer.....                                                               | 14        |
| 2.1.6.2.3 | Auswirkungen der Verabreichung von Glycerin auf Futteraufnahme, Milchleistung und Stoffwechselparameter.....        | 14        |
| 2.1.6.3   | L-Carnitin .....                                                                                                    | 16        |
| 2.1.6.3.1 | Chemische Zusammensetzung und Eigenschaften von L-Carnitin .....                                                    | 16        |
| 2.1.6.3.2 | Verstoffwechselung von L-Carnitin beim Wiederkäuer .....                                                            | 16        |
| 2.1.6.3.3 | Auswirkungen der Verabreichung von L-Carnitin auf Milchleistung, Futteraufnahme und Stoffwechselparameter .....     | 17        |
| <b>3</b>  | <b>Tiere, Material und Methoden .....</b>                                                                           | <b>19</b> |
| 3.1       | Allgemeines .....                                                                                                   | 19        |
| 3.2       | Tiere, Haltung und Fütterung .....                                                                                  | 19        |
| 3.2.1     | Tiere.....                                                                                                          | 19        |
| 3.2.2     | Haltung und Fütterung.....                                                                                          | 20        |
| 3.3       | Probenentnahme und Untersuchungsmethoden .....                                                                      | 28        |
| 3.3.1     | Milchmenge und Milchinhaltsstoffe .....                                                                             | 29        |
| 3.3.1.1   | Messung der Milchmenge .....                                                                                        | 29        |
| 3.3.1.2   | Analyse der Milchinhaltsstoffe .....                                                                                | 29        |
| 3.3.1.2.1 | Probenentnahme.....                                                                                                 | 29        |
| 3.3.1.2.2 | Analyse der Proben.....                                                                                             | 29        |

|           |                                                                                                                                      |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3.2     | Harnproben .....                                                                                                                     | 30        |
| 3.3.2.1   | Probenentnahme .....                                                                                                                 | 30        |
| 3.3.2.2   | Probenaufbereitung .....                                                                                                             | 30        |
| 3.3.2.3   | Analyse der Harnproben .....                                                                                                         | 30        |
| 3.3.2.3.1 | Bestimmung des pH-Wertes .....                                                                                                       | 30        |
| 3.3.2.3.2 | Bestimmung der renalen NSBA, des Basengehaltes, des Säuregehaltes, des Basen-Säuren-Quotienten und des $\text{NH}_4$ -Gehaltes ..... | 30        |
| 3.3.2.3.3 | Na-, K-, Ca- und Mg-Bestimmung im Harn .....                                                                                         | 31        |
| 3.3.3     | Blutproben .....                                                                                                                     | 31        |
| 3.3.3.1   | Probenentnahme .....                                                                                                                 | 31        |
| 3.3.3.2   | Probenaufbereitung .....                                                                                                             | 31        |
| 3.3.3.3   | Analyse der Serumparameter .....                                                                                                     | 32        |
| 3.3.4     | Leberbiopsien .....                                                                                                                  | 33        |
| 3.3.4.1   | Probenentnahme .....                                                                                                                 | 33        |
| 3.3.4.2   | Probenaufbereitung .....                                                                                                             | 34        |
| 3.3.4.3   | Analyse des Lebergewebes .....                                                                                                       | 34        |
| 3.3.4.3.1 | Bestimmung des Leberfettgehalts mit dem Kupfersulfattest nach HERDT (1983) .....                                                     | 34        |
| 3.3.4.3.2 | Gravimetrische Bestimmung des Leberfettgehalts nach AHMED (2004) .....                                                               | 34        |
| 3.3.4.3.3 | Bestimmung des Triglyceridgehaltes im Leberfett .....                                                                                | 35        |
| 3.3.5     | Body-Condition-Score und Rückenfettdicke .....                                                                                       | 35        |
| 3.3.6     | Körpergewicht .....                                                                                                                  | 36        |
| 3.3.7     | Krankheiten und Fruchtbarkeitsdaten .....                                                                                            | 36        |
| 3.3.8     | Statistische Methoden .....                                                                                                          | 36        |
| <b>4</b>  | <b>Ergebnisse .....</b>                                                                                                              | <b>38</b> |
| 4.1       | Futteraufnahme .....                                                                                                                 | 38        |
| 4.1.1     | Futteraufnahme der Gesamtstichprobe .....                                                                                            | 38        |
| 4.1.2     | Futteraufnahme der Mehrkalbskühe .....                                                                                               | 39        |
| 4.1.3     | Futteraufnahme der Erstkalbskühe .....                                                                                               | 40        |
| 4.2       | Rückenfettdicke (RFD) .....                                                                                                          | 42        |
| 4.2.1     | Rückenfettdicke der Gesamtstichprobe .....                                                                                           | 42        |
| 4.2.2     | Rückenfettdicke der Mehrkalbskühe .....                                                                                              | 43        |
| 4.2.3     | Rückenfettdicke der Erstkalbskühe .....                                                                                              | 43        |
| 4.3       | Body-Condition-Score (BCS) .....                                                                                                     | 43        |
| 4.3.1     | Body-Condition-Score der Gesamtstichprobe .....                                                                                      | 43        |
| 4.3.2     | Body-Condition-Score der Mehrkalbskühe .....                                                                                         | 44        |
| 4.3.3     | Body-Condition-Score der Erstkalbskühe .....                                                                                         | 44        |
| 4.4       | Körpergewicht .....                                                                                                                  | 45        |
| 4.4.1     | Körpergewicht der Gesamtstichprobe .....                                                                                             | 45        |
| 4.4.2     | Körpergewicht der Mehrkalbskühe .....                                                                                                | 46        |
| 4.4.3     | Körpergewicht der Erstkalbskühe .....                                                                                                | 48        |
| 4.5       | Milchmenge und Milchinhaltsstoffe .....                                                                                              | 49        |
| 4.5.1     | Milchmenge .....                                                                                                                     | 49        |
| 4.5.1.1   | Milchmenge der Gesamtstichprobe .....                                                                                                | 49        |
| 4.5.1.2   | Milchmenge der Mehrkalbskühe .....                                                                                                   | 51        |
| 4.5.1.3   | Milchmenge der Erstkalbskühe .....                                                                                                   | 52        |
| 4.5.2     | Milchinhaltsstoffe .....                                                                                                             | 54        |
| 4.5.2.1   | Milchfettgehalt .....                                                                                                                | 54        |

|           |                                                                           |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.2.1.1 | Milchfettgehalt der Gesamtstichprobe .....                                | 54 |
| 4.5.2.1.2 | Milchfettgehalt der Mehrkalbskühe .....                                   | 55 |
| 4.5.2.1.3 | Milchfettgehalt der Erstkalbskühe .....                                   | 57 |
| 4.5.2.2   | Milcheiweißgehalt .....                                                   | 59 |
| 4.5.2.2.1 | Milcheiweißgehalt der Gesamtstichprobe .....                              | 59 |
| 4.5.2.2.2 | Milcheiweißgehalt der Mehrkalbskühe .....                                 | 60 |
| 4.5.2.2.3 | Milcheiweißgehalt der Erstkalbskühe .....                                 | 61 |
| 4.5.2.3   | Fett/Eiweiß-Quotient .....                                                | 62 |
| 4.5.2.3.1 | Fett/Eiweiß-Quotient der Gesamtstichprobe .....                           | 62 |
| 4.5.2.3.2 | Fett/Eiweiß-Quotient der Mehrkalbskühe .....                              | 63 |
| 4.5.2.3.3 | Fett/Eiweiß-Quotient der Erstkalbskühe .....                              | 64 |
| 4.5.2.4   | Milchlaktosegehalt .....                                                  | 66 |
| 4.5.2.4.1 | Milchlaktosegehalt der Gesamtstichprobe .....                             | 66 |
| 4.5.2.4.2 | Milchlaktosegehalt der Mehrkalbskühe .....                                | 66 |
| 4.5.2.4.3 | Milchlaktosegehalt der Erstkalbskühe .....                                | 66 |
| 4.5.2.5   | Milchharnstoffgehalt .....                                                | 67 |
| 4.5.2.5.1 | Milchharnstoffgehalt der Gesamtstichprobe .....                           | 67 |
| 4.5.2.5.2 | Milchharnstoffgehalt der Mehrkalbskühe .....                              | 67 |
| 4.5.2.5.3 | Milchharnstoffgehalt der Erstkalbskühe .....                              | 68 |
| 4.5.2.6   | Energiekorrigierte Milchleistung .....                                    | 68 |
| 4.5.2.6.1 | Energiekorrigierte Milchleistung der Gesamtstichprobe .....               | 68 |
| 4.5.2.6.2 | Energiekorrigierte Milchleistung der Mehrkalbskühe .....                  | 69 |
| 4.5.2.6.3 | Energiekorrigierte Milchleistung der Erstkalbskühe .....                  | 70 |
| 4.6       | Analyse der Serumparameter .....                                          | 72 |
| 4.6.1     | Glucosekonzentration .....                                                | 72 |
| 4.6.1.1   | Glucosekonzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....                  | 72 |
| 4.6.1.2   | Glucosekonzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                     | 72 |
| 4.6.1.3   | Glucosekonzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                     | 73 |
| 4.6.2     | Insulinkonzentration .....                                                | 73 |
| 4.6.2.1   | Insulinkonzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....                  | 73 |
| 4.6.2.2   | Insulinkonzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                     | 73 |
| 4.6.2.3   | Insulinkonzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                     | 74 |
| 4.6.3     | $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration .....                               | 74 |
| 4.6.3.1   | $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe ..... | 74 |
| 4.6.3.2   | $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....    | 76 |
| 4.6.3.3   | $\beta$ -Hydroxybutyrat-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....    | 77 |
| 4.6.4     | Konzentration der freien Fettsäuren .....                                 | 78 |
| 4.6.4.1   | Konzentration der freien Fettsäuren im Serum der Gesamtstichprobe .....   | 78 |
| 4.6.4.2   | Konzentration der freien Fettsäuren im Serum der Mehrkalbskühe .....      | 80 |
| 4.6.4.3   | Konzentration der freien Fettsäuren im Serum der Erstkalbskühe .....      | 81 |
| 4.6.5     | Bilirubin-Konzentration .....                                             | 82 |
| 4.6.5.1   | Bilirubin-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....               | 82 |
| 4.6.5.2   | Bilirubin-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                  | 83 |
| 4.6.5.3   | Bilirubin-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                  | 83 |
| 4.6.6     | Cholesterin-Konzentration .....                                           | 84 |
| 4.6.6.1   | Cholesterin-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....             | 84 |
| 4.6.6.2   | Cholesterin-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                | 84 |
| 4.6.6.3   | Cholesterin-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                | 84 |
| 4.6.7     | Harnstoff-Konzentration .....                                             | 85 |
| 4.6.7.1   | Harnstoff-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....               | 85 |

|          |                                                                                      |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.6.7.2  | Harnstoff-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                             | 85         |
| 4.6.7.3  | Harnstoff-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                             | 86         |
| 4.6.8    | Glutamatdehydrogenase-Aktivität .....                                                | 86         |
| 4.6.8.1  | Glutamatdehydrogenase-Aktivität im Serum der Gesamtstichprobe .....                  | 86         |
| 4.6.8.2  | Glutamatdehydrogenase-Aktivität im Serum der Mehrkalbskühe .....                     | 87         |
| 4.6.8.3  | Glutamatdehydrogenase-Aktivität im Serum der Erstkalbskühe .....                     | 87         |
| 4.6.9    | Aspartat-Amino-Transferase-Aktivität .....                                           | 88         |
| 4.6.9.1  | Aspartat-Amino-Transferase-Aktivität im Serum der Gesamtstichprobe .....             | 88         |
| 4.6.9.2  | Aspartat-Amino-Transferase-Aktivität im Serum der Mehrkalbskühe .....                | 89         |
| 4.6.9.3  | Aspartat-Amino-Transferase-Aktivität im Serum der Erstkalbskühe .....                | 90         |
| 4.6.10   | Creatinkinase-Aktivität .....                                                        | 90         |
| 4.6.10.1 | Creatinkinase-Aktivität im Serum der Gesamtstichprobe .....                          | 90         |
| 4.6.10.2 | Creatinkinase-Aktivität im Serum der Mehrkalbskühe .....                             | 90         |
| 4.6.10.3 | Creatinkinase-Aktivität im Serum der Erstkalbskühe .....                             | 91         |
| 4.6.11   | Phosphat-Konzentration .....                                                         | 91         |
| 4.6.11.1 | Phosphat-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....                           | 91         |
| 4.6.11.2 | Phosphat-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                              | 92         |
| 4.6.11.3 | Phosphat-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                              | 92         |
| 4.6.12   | Calcium-Konzentration .....                                                          | 92         |
| 4.6.12.1 | Calcium-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....                            | 92         |
| 4.6.12.2 | Calcium-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                               | 94         |
| 4.6.12.3 | Calcium-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                               | 95         |
| 4.6.13   | Magnesium-Konzentration .....                                                        | 96         |
| 4.6.13.1 | Magnesium-Konzentration im Serum der Gesamtstichprobe .....                          | 96         |
| 4.6.13.2 | Magnesium-Konzentration im Serum der Mehrkalbskühe .....                             | 96         |
| 4.6.13.3 | Magnesium-Konzentration im Serum der Erstkalbskühe .....                             | 96         |
| 4.7      | Analyse des Lebergewebes .....                                                       | 97         |
| 4.7.1    | Leberfettgehalt .....                                                                | 97         |
| 4.7.1.1  | Leberfettgehalt der Gesamtstichprobe .....                                           | 97         |
| 4.7.1.2  | Leberfettgehalt der Mehrkalbskühe .....                                              | 99         |
| 4.7.1.3  | Leberfettgehalt der Erstkalbskühe .....                                              | 101        |
| 4.7.2    | Lebertriglyceridgehalt .....                                                         | 102        |
| 4.7.2.1  | Lebertriglyceridgehalt der Gesamtstichprobe .....                                    | 102        |
| 4.7.2.2  | Lebertriglyceridgehalt der Mehrkalbskühe .....                                       | 102        |
| 4.7.2.3  | Lebertriglyceridgehalt der Erstkalbskühe .....                                       | 105        |
| 4.8      | Analyse der Harnproben .....                                                         | 105        |
| 4.8.1    | pH-Wert und NSBA .....                                                               | 105        |
| 4.8.1.1  | pH-Wert und NSBA der Gesamtstichprobe .....                                          | 105        |
| 4.8.1.2  | pH-Wert und NSBA der Mehrkalbskühe .....                                             | 106        |
| 4.8.1.3  | pH-Wert und NSBA der Erstkalbskühe .....                                             | 107        |
| 4.8.2    | Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesium-Gehalte im Harn .....                      | 108        |
| 4.8.2.1  | Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesium-Gehalte im Harn der Gesamtstichprobe ..... | 108        |
| 4.8.2.2  | Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesium-Gehalte im Harn der Mehrkalbskühe .....    | 109        |
| 4.8.2.3  | Natrium-, Kalium-, Calcium- und Magnesium-Gehalte im Harn der Erstkalbskühe .....    | 110        |
| 4.9      | Krankheiten .....                                                                    | 111        |
| 5        | <b>Diskussion .....</b>                                                              | <b>113</b> |
| 5.1      | Futtermittelaufnahme .....                                                           | 113        |
| 5.2      | Rückenfettdicke, Body-Condition-Score und Körpergewicht .....                        | 114        |

|       |                                                                           |            |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3   | Milchmenge und Milchinhaltsstoffe.....                                    | 115        |
| 5.4   | Analyse der Serumparameter .....                                          | 118        |
| 5.4.1 | Glucose und Insulin.....                                                  | 118        |
| 5.4.2 | $\beta$ -Hydroxybutyrat und freie Fettsäuren .....                        | 118        |
| 5.4.3 | Bilirubin .....                                                           | 121        |
| 5.4.4 | Cholesterin.....                                                          | 122        |
| 5.4.5 | Harnstoff .....                                                           | 122        |
| 5.4.6 | Glutamatdehydrogenase, Aspartat-Amino-Transferase und Creatinkinase ..... | 122        |
| 5.4.7 | Calcium, Phosphat und Magnesium .....                                     | 123        |
| 5.5   | Leberanalytik .....                                                       | 124        |
| 5.6   | Harnanalytik .....                                                        | 127        |
| 5.7   | Krankheiten.....                                                          | 127        |
| 6     | <b>Abschließende Diskussion .....</b>                                     | <b>129</b> |
| 7     | <b>Zusammenfassung.....</b>                                               | <b>131</b> |
| 8     | <b>Summary .....</b>                                                      | <b>133</b> |
| 9     | <b>Literaturangaben .....</b>                                             | <b>134</b> |
| 10    | <b>Anhang .....</b>                                                       | <b>150</b> |
| 11    | <b>Danksagung .....</b>                                                   | <b>152</b> |
| 12    | <b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>                                  | <b>153</b> |