

Aus der  
**Tierklinik für Fortpflanzung**  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

**Validation of possible cow-side parameters for early detection of sickness in dairy  
cattle**

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

vorgelegt von  
**Onno Burfeind**  
Tierarzt aus Essel

Berlin 2010

Journal-Nr.: 3399

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg  
Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. W. Heuwieser  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. H. Tönhardt  
Dritter Gutachter: PD Dr. B.-A. Tenhagen

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

dairy cattle, evaluation, diagnostic techniques, body temperature, rumen, ruminants,  
feed intake, cattle diseases, calves, heifers, monitoring

Tag der Promotion: 15.06.2010

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

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

ISBN: 978-3-86664-850-0

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2010**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

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

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

This document is protected by copyright law.

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

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2010

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

[verlag@menschundbuch.de](mailto:verlag@menschundbuch.de) – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

**TABLE OF CONTENTS**

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Measures of rectal temperature in dairy cows	1
1.2 A scoring system for rumen fill in dairy cows	2
1.3 A system for monitoring rumination in heifers and calves	2
<b>2 RESEARCH PAPERS</b>	<b>4</b>
2.1 Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows	4
2.2 Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy cows	14
2.3 Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and calves	26
<b>3 DISCUSSION</b>	<b>37</b>
<b>4 SUMMARY</b>	<b>39</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>43</b>
<b>6 REFERENCES FOR INTRODUCTION AND DISCUSSION</b>	<b>48</b>
<b>7 PUBLICATIONS</b>	<b>50</b>
<b>8 ACKNOWLEDGEMENTS</b>	<b>51</b>
<b>9 DECLARATION OF INDEPENDENCE</b>	<b>52</b>

## **Meiner Familie und den Kühen**

*“Essentially, all models are wrong, but some are useful.”*

*(George E. P. Box)*

## 1. INTRODUCTION

An early detection of signs of sickness and consequently an early start of a therapy is beneficial for a successful treatment of diseases in dairy cattle. Due to an increase in herd size there is less labour potential per cow and calf, respectively. Thus, the systematic evaluation of clinical parameters of animals at risk of disease on a regular basis becomes important to assure herd health and helps to select animals for a clinical examination.

The overall objective of this study was to validate cow-side parameters that might help to detect developing diseases in dairy cows and calves at an early stage. To achieve a high acceptance from producer's high practicability was an important criterion for the parameters chosen for the validation.

During the transition phase defined as the period from 3 wk before to 3 wk after calving dairy cows are highly susceptible to metabolic and infectious diseases (Drackley, 1999). This justifies a daily visual examination which is an important component in fresh cow protocols (Guterbock, 2004; Smith and Risco, 2005). In contrast to dairy cows there is often only a limited time budget available for calves and heifers. In these animals an electronic based system might be ideal for daily monitoring to select individual animals for a clinical examination.

That said, in cows I focused on measures of rectal temperature and a scoring system for rumen fill, whereas in calves and heifers an electronic system for measuring rumination time was validated.

### 1.1 Measures of rectal temperature in dairy cows

Currently, the most commonly used monitoring parameter to identify sick dairy cows in the postpartum period is rectal temperature (Smith and Risco, 2005). Measuring the rectal temperature for 5 to 10 d after calving has received tremendous attention in the past few years because of ease of implementation and low cost (Kristula et al., 2001) and has been incorporated into protocols for fresh cow management and disease intervention. Several studies demonstrating the efficacy of antibiotic treatment of postpartum metritis have also used rectal temperature thresholds as inclusion criteria (Drillich et al., 2001; Drillich et al., 2006; Zhou et al., 2001). Among researchers, veterinarians and producers there is agreement that monitoring rectal temperatures during this critical period has proven to be a successful tool that aids in the management of disease (Smith and Risco, 2005). However, there is a lack of information on the repeatability of body temperature measured by rectal thermometer in cattle.

Therefore, the objective of the first study was to evaluate variability of rectal temperatures in dairy cows considering different factors (intra- and inter-investigator repeatability, different thermometers, penetration depth into the cows' rectum, and defecation).

The results of this study were recently published in the Journal of Dairy Science: O. Burfeind, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2010. Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:624-627.

## **1.2 A scoring system for rumen fill in dairy cows**

A negative association between reproductive (difficult calvings, retained placenta, metritis), metabolic (ketosis, milk fever, left displaced abomasums), and udder-related (edema, teat injury, local and systemic mastitis) problems and dry matter intake has been demonstrated (Bareille et al., 2003; Østergaard and Gröhn, 2000). Furthermore, there is strong evidence that reduced dry matter intake is not only associated with but in many cases precedes clinical manifestation of disease (Zamet et al., 1979) such as mastitis (Bareille et al., 2003), metritis (Huzzey et al., 2007), and subclinical ketosis (Goldhawk et al., 2009). Recently, the systematic use of visually discernable signs (cow signals) has been propagated as valuable monitoring tools to identify cows at risk for periparturient diseases (Aalseth, 2005; Hulsén, 2006). These signals include a 5-point scoring system for rumen fill (Zaaijer and Noordhuizen, 2003). However, neither the repeatability of visually estimated rumen fill scores nor the relationship to dry matter intake has been previously validated.

The objective of the second study was to evaluate the diagnostic performance of a visual estimation of rumen fill (rumen fill scoring) in dairy cows.

The manuscript describing the results of this study has been published in the Journal of Dairy Science:

O. Burfeind, P. Sepúlveda, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2010. Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:3635-3640.

## **1.3 A system for monitoring rumination in heifers and calves**

Another promising approach to detect ruminants at an early stage of sickness is a decrease in total rumination time. In a recently published study calves injected with lipopolysaccharids decreased time spent ruminating from  $24.6 \pm 6.6$  min to  $6.4 \pm 3.7$  min in the 4 h time period in which they also had a fever (Borderas et al., 2008). That said,

---

monitoring rumination in calves may be a useful tool to detect calves at risk of illness. The Hi-Tag rumination monitoring system (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel) provides a reasonable measure of rumination time in dairy cows (Schirmann et al., 2009). However, this technology has not been validated for measuring rumination in young cattle.

Thus the objective of the third study was to validate the data of the Hi-Tag rumination monitoring system in dairy heifers and calves.

The paper summarizing the results from this validation study has been accepted by the Journal of Dairy Science:

O. Burfeind, K. Schirmann, M. A. G. Keyserlingk, D. M. Veira, D. M. Weary, and W. Heuwieser. Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and calves. *J. Dairy Sci.* (In Press)

The three papers are presented in the format outlined in the guide for authors of the respective journal.

## 2 RESEARCH PAPERS

### 2.1 Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows

O. Burfeind, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2010. J. Dairy Sci. 93:624-627.

Please find the original article via the following digital object identifier:

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2689>



## **2.2 Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy cows**

O. Burfeind, P. Sepúlveda, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2010. *J. Dairy Sci.* 93:3635-3640.

Please find the original article via the following digital object identifier:

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-3044>

### **2.3 Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and calves**

O. Burfeind, K. Schirmann, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. *J. Dairy Sci.* (In Press)

Please find the original article via the following digital object identifier:

<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3239>

### 3 DISCUSSION

The objective of this study was to validate possible parameters for early disease detection in dairy cattle. Specifically the objectives were 1) to evaluate variability of rectal temperatures in dairy cows considering different factors (intra- and inter-investigator repeatability, different thermometers, penetration depth into the cows' rectum, and defecation), 2) to evaluate the diagnostic performance of a visual estimation of rumen fill (rumen fill scoring) in dairy cows, and 3) to validate the data of an electronic rumination monitoring system in dairy heifers and calves.

The results of the first study indicate that rectal temperature can be measured repeatably in dairy cows. However, in few instances the procedure itself can influence the result (up to 0.5°C). More importantly the type of thermometer (up to 0.3°C) and the penetration depth into the rectum (up to 0.4°C) can bias the results. These factors may help explain why: 1) a significant percentage of healthy cows are occasionally reported to have temperatures greater than 39.5 (26%), or 39.7°C (9%) in the first days postpartum (Benzaquen et al., 2007; Smith and Risco, 2005; Wagner et al., 2007) and, 2) not all cows diagnosed with metritis have an instance of an elevated temperature when measured once per day (Benzaquen et al., 2007). Alternatively, endotoxins can be absorbed by the postpartum uterus in dairy cows (Peter et al., 1990). *Escherichia coli*, a common cause of metritis (Sheldon et al., 2008), might be a possible cause for endotoxemia which can cause elevated rectal temperatures in dairy cows. However, elevated rectal temperatures are not always observed in endotoxic cows (Andersen, 2003) thus providing a possible explanation as to why cows diagnosed with metritis may fail to exhibit an elevated temperature when measured only once per day (Benzaquen et al., 2007). In order to develop individual standard fresh cow monitoring programs, treatment protocols at the herd level, and experimental protocols requiring body temperatures veterinarians and dairy scientists should recommend measuring rectal temperature with the same thermometer and at the same penetration depth as part of the standard operating procedures. Furthermore, the results of this study confirm the necessity of additional, reliable indicators of illness besides a single temperature value above a certain threshold as has been suggested earlier (Kristula et al., 2001; Sheldon et al., 2004). Further research should elucidate which combination of clinical signs, temperature threshold, and frequency of measurements per day can increase the diagnostic performance to identify sick cows postpartum.

The data of the second study illustrate that rumen fill scores show moderate intra- and inter-observer repeatability. Moreover, these scores are moderately correlated with an objective measure of the depth of the left paralumbar fossa. This measure changes considerably over a 70 min period. This variability likely confounded the accuracy of rumen

---

fill scoring between and within investigator(s) because the visual assessment of the depth of the paralumbar fossa is an integral component when scoring rumen fill (Zaaijer and Noordhuizen, 2003). That said, I did observe a reasonable relationship between changes in DMI and rumen fill scores within cow suggesting that future use of this measure on farms should be done across time within cow. Further research is needed to identify more accurate cow-side estimates of DMI, and to determine if changes in rumen fill scores can be used to identify cows at risk for disease.

The results of the third study support evidence that the Hi-Tag rumination monitoring system does provide a reasonable measure of rumination in Holstein Friesian heifers older than 9 months. Coefficients of correlation and determination and variation were slightly lower than reported recently for cows (Schirrmann et al., 2009). However, the accuracy of rumination data generated by the Hi-Tag system decreased in younger animals.

The reasons for the low accuracy of the Hi-Tag system in heifers and calves younger than 9 months remain unclear. However, I speculate that amplitude and frequency of the sounds generated by the rumination process might be different in calves compared to cows and thus reduce accuracy of the Hi-Tag rumination monitoring system which has been developed for use in adult cows. Methodological issues such as an incorrectly positioned collar and errors associated with the visual observation method such as accurately detecting the start and finish of each rumination bout or in discriminating jaw movements as either eating or ruminating may also contribute to the variance (Schirrmann et al., 2009). Presumably, these methodological issues are enhanced in smaller animals. Based on the highly correlated relationship between rumination data determined by 2 independent investigators individually as a gold standard, it seems unlikely that direct visual observation generates rumination data that differ from the actual rumination time that much.

Furthermore, there is evidence that the sound of suckling during a milk meal consumed through a nipple by pre-weaned calves is not recorded by the Hi-Tag system and does not confound rumination time. Further research is encouraged to optimize the sound based detection system for rumination in calves because measuring the rumination time might be a promising approach for early disease detection in cattle.

## 4 SUMMARY

### **Onno Burfeind: Validation of possible cow-side parameters for early detection of sickness in dairy cattle**

An early detection of signs of sickness and consequently an early start of a therapy is beneficial for a successful treatment of diseases in dairy cattle. Due to a continuous increase in herd size there is less labour potential per cow and calf, respectively. Thus, the systematic evaluation of clinical parameters of animals at risk of disease on a regular basis might help to select animals for a clinical examination.

The overall objective of this study was to validate cow-side parameters that might help to detect diseases in dairy cows and calves at an early stage.

In the first study the variability of rectal temperatures in dairy cows considering different factors (intra- and inter-investigator repeatability, different thermometers, penetration depth into the cows' rectum, and defecation) was validated.

In a first experiment rectal temperature was measured multiple times per cow ( $n = 33$ ) to determine intra-investigator repeatability. Repeated measures by a single investigator were consistent ( $39.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ , coefficient of variance = 0.2%). Within the 10 measurements on the same cow, the maximum difference varied between 0.1 and  $0.5^\circ\text{C}$ . In the second experiment rectal temperature was measured by 2 different observers in 38 cows to determine inter-investigator repeatability. Correlation between measures taken by 2 investigators was high ( $r = 0.98$ ;  $P < 0.001$ ) and mean difference was  $0.1 \pm 0.2^\circ\text{C}$  ( $P < 0.01$ ). Data from these experiments demonstrate a high repeatability of rectal temperature measurements within and between investigator(s). However, for some cows, the difference between lowest and highest temperature was considerable ( $0.5^\circ\text{C}$  in 2 cows and  $0.4^\circ\text{C}$  in 5 cows).

In Experiment 3 the variation among different thermometers was tested in an in vitro and an in vivo phase. During the in vitro phase a water bath was adjusted in  $1.0^\circ\text{C}$  increments from  $35.0$  to  $42.0^\circ\text{C}$  and temperature measured with a validated thermometer and the 4 thermometers to be tested. During the in vitro phase correlation was high between all 4 thermometers and the validated thermometer ( $r = 0.99$ ;  $P < 0.001$ ) and mean differences were minor ( $0.0$  to  $0.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ). During the in vivo phase rectal temperature was measured with all 4 thermometers in 37 cows by a single investigator. The measures from the 4 different thermometers were highly correlated ( $r = 0.94$  to  $0.96$ ;  $P < 0.001$ ). The mean difference between thermometers varied from  $0.1$  to  $0.3^\circ\text{C}$ . Agreement was high when both thermometers compared had either a short or a long probe.

Experiment 4 tested the influence of insertion depth. A single investigator measured rectal temperature in 33 cows, inserting the probe either 11.5 or 6.0 cm. Measures at the 2

penetration depths were highly correlated ( $r = 0.95$ ;  $P < 0.001$ ), but the result was  $0.4 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  higher when the probe was inserted deeper into the rectum ( $P < 0.001$ ).

Experiment 5 tested the effect of defecation on rectal temperature, measuring rectal temperature before and after defecation in 20 cows. Differences in temperature before and after defecation were minor. In 2 cows the measured temperature was  $0.3^{\circ}\text{C}$  or higher before defecation, whereas in 3 cows it was  $0.3^{\circ}\text{C}$  or higher after defecation. In the remaining 15 cows the difference before and after defecation was less than  $0.3^{\circ}\text{C}$ .

Overall, the results of this study indicate that some care is required in generalizing rectal measures of body temperature in dairy cows. To develop individual-standard fresh-cow monitoring programs at the herd level, rectal temperature should be measured with the same thermometer on the same penetration depth.

The objectives of the second study were: 1) to determine repeatability (i.e. inter-observer and intra-observer) of rumen fill scoring, 2) to study variation of rumen fill scores throughout the day in ad libitum fed cows, 3) to evaluate relationships between visual rumen fill scores and DMI and 4) to compare visually estimated rumen fill scores with exact measurements of the depth of the paralumbar fossa.

Experiment 1 was conducted to determine inter-observer repeatability of rumen fill scoring and to study variation of rumen fill scores throughout the day in ad libitum fed cows. Three investigator independently scored rumen fill of 42 cows 3 times a day (0800, 1400, 1900 h). Experiment 2 consisted of 3 replicates (67, 70, 71 cows) employing 3 observers. Cows in each replicate were scored twice by the same observer to determine intra-observer repeatability. The intra-observer reliability for the 2 rumen fill scoring sessions showed moderate agreement ( $\kappa_w = 0.69$ ;  $r_s = 0.66$ ,  $P < 0.001$ ). Similarly, the inter-observer reliability for 2 independent observers showed reasonable agreement in rumen fill scores ( $\kappa_w = 0.68$ ;  $r_s = 0.71$ ,  $P < 0.001$ ). All 3 observers recorded higher rumen fill scores at 1900 h compared to 0800 h and 1400 h (Observer A: 0800 h:  $3.1 \pm 0.7$ , 1400 h:  $3.4 \pm 0.7$ , 1900 h:  $3.6 \pm 0.7$ ; Observer B: 0800 h:  $3.2 \pm 0.8$ , 1400 h:  $3.5 \pm 0.8$ , 1900 h:  $3.7 \pm 0.7$ ; Observer C: 0800 h:  $2.8 \pm 0.7$ , 1400 h:  $3.1 \pm 0.8$ , 1900 h:  $3.2 \pm 0.7$ ;  $n = 210$ ).

Experiment 3 was conducted to evaluate relationships between within-cow changes in visual rumen fill score and changes in DMI in multiparous cows. Within-cow changes in visual rumen fill scores were compared to changes in DMI calculated for a 24-h interval. Additionally, data collected during Experiment 1 was used to assess the relationship between within-cow changes in visual rumen fill score and changes in DMI comparing differences between daylight hours and the night. I did observe a relationship between changes in visual rumen fill scores and DMI within cow on a 24-h basis ( $r_s = 0.1$ ,  $P = 0.09$ ;  $n = 288$ ) and comparing differences between day and night ( $r_s = 0.68$ ,  $P < 0.01$ ;  $n = 257$ ).

In Experiment 4, variation in the objectively measured depth of the left paralumbar fossa within cow (intra-cow variation) was evaluated and the relationship between the depth of the left paralumbar fossa and rumen fill score determined. The variation in depth within the 5 classes of rumen fill scores (intra-score variation) was also determined. The average intra-cow variation in the depth of the paralumbar fossa was moderate ( $5.59 \pm 0.9$  cm; CV = 16%). On the same cow the range varied between 1.2 and 4.8 cm, measuring 10 times over a period of  $70 \pm 5$  min. Variation in depth within each of the different rumen fill scores (intra-score variation) was also high. Spearman's rank correlation ( $r_s$ ) between the depth of the paralumbar fossa and the rumen fill score was moderate (Observer A:  $r_s = -0.64$ ,  $P < 0.001$ ; Observer B:  $r_s = -0.60$ ,  $P < 0.001$ ).

These data illustrate that rumen fill scores show moderate intra- and inter-observer repeatability. Moreover, these scores are moderately correlated with an objective measure of the depth of the left paralumbar fossa; a measure that changes considerably over a 70 min period. We did observe a reasonable relationship between changes in DMI and rumen fill scores within cow comparing differences between day and night, two periods with a significant difference in DMI, suggesting that future use of this measure on farms should be done across time within cow. Further research is needed to identify more accurate cow-side estimates of DMI, and to determine if changes in rumen fill scores can be used to identify cows at risk for disease.

The objectives of the third study were: 1) to determine inter-investigator repeatability of rumination data collected via direct human observation in heifers and calves, 2) to determine the accuracy of the Hi-Tag rumination monitoring system in comparison to direct visual observation in heifers and calves considering different ages and, 3) to study whether sound of milk suckling in bottle fed pre-weaned calves interferes with the rumination monitoring system.

In Experiment 1, 2 observers independently recorded rumination behavior from 20 animals via direct human observation for an observation period of 2 h each to determine the inter-investigator reliability. The rumination times were highly correlated ( $r = 0.99$ ,  $P < 0.001$ ,  $n = 20$ ) and differences were minor ( $0 \pm 2$  min,  $P = 0.91$ ).

In Experiment 2, 6 groups consisting of 5 animals (Group 4 = 10 animals) of different ages were used to test the accuracy of the Hi-Tag rumination monitoring system in comparison to direct visual observation (Group 1:  $25 \pm 2$  d,  $64 \pm 3$  kg; Group 2:  $42 \pm 2$  d,  $80 \pm 15$  kg; Group 3:  $62 \pm 1$  d,  $90 \pm 11$  kg; Group 4:  $95 \pm 10$  d,  $118 \pm 7$  kg; Group 5:  $185 \pm 1$  d,  $207 \pm 15$  kg; Group 6:  $282 \pm 7$  d,  $342 \pm 14$  kg). Coefficients of correlation were highest for Group 3 ( $r = 0.89$ ;  $P < 0.001$ ) and Group 6 (Group 6:  $r = 0.88$ ;  $P < 0.001$ ), lower for Group 1 ( $r = 0.65$ ;  $P = 0.009$ ), Group 2 ( $r = 0.70$ ;  $P = 0.004$ ) and Group 5 ( $r = 0.72$ ;  $P = 0.002$ ), and lowest for Group 4 ( $r = 0.47$ ;  $P = 0.009$ ). The differences were lowest in Group 2 ( $0 \pm 12$  min;  $P =$

0.77), Group 3 ( $2 \pm 10$  min;  $P = 0.60$ ), and Group 6 ( $-4 \pm 8$  min;  $P = 0.05$ ), moderate in Group 1 ( $-8 \pm 10$  min;  $P = 0.01$ ) and Group 5 ( $-8 \pm 14$  min;  $P = 0.03$ ) and highest in Group 4 ( $-12 \pm 16$  min;  $P < 0.001$ ). Variation was low in Groups 6 (7.8 %) and 3 (11.8 %), but higher in Groups 1 (14.7 %), 2 (14.4 %), 4 (25.0 %), and 5 (22.8 %), respectively.

In Experiment 3 I determined whether distortion of the Hi-Tag rumination monitoring system occurred when pre weaned calves suckled milk through a nipple. Each of 9 calves was fitted with a rumination logger just before milk feeding in the morning and again in the afternoon and the loggers removed immediately after the calves had finished suckling. They were stored in a quiet room for the rest of the interval and another 2 h to create a negative control interval. The coefficient of correlation between suckling time determined by direct observation and the estimates provided by the Hi-Tag system was low ( $r = -0.1$ ;  $P = 0.70$ ;  $n = 18$ ). Only in 2 of the 18 2-h intervals (11.1%) did the Hi-Tag system record a 2 min observation; whereas, no observations were recorded during the other 16 intervals monitored during suckling or in the 18 intervals that served as negative controls.

The Hi-Tag rumination monitoring system provides an accurate measure of rumination time in Holstein heifers older than 9 months. In animals younger than 9 months the variation of the data is high. However, an automatic detection of rumination time in heifers and calves might be a useful tool for detection of illness or studying rumen development in calves. Considering that suckling does not confound rumination time measures further research is encouraged to optimize the sound based detection system for rumination in calves.

Overall, the three studies clearly evaluated simple and cow-side tests to detect cows at risk for disease. However, the user has to be critical regarding accuracy and repeatability. Measuring body temperature (objective parameter) in dairy cows has proven to provide reliable information. Furthermore, care is required to interpret visually estimated rumen fill scores (subjective parameter) and further research is needed to test, if rumen fill scores can be used to detect cows at risk for disease. Although the Hi-Tag rumination monitoring system does measure rumination time accurate in cows and heifers older than 9 months the variation of the data is high for younger animals.



## 5 ZUSAMMENFASSUNG

### **Onno Burfeind: Validierung möglicher Parameter zur frühzeitigen Krankheitserkennung bei Milchrindern**

Eine frühe Erkennung von Zeichen einer Erkrankung und damit ein früher Therapiebeginn erhöhen die Chance für eine erfolgreiche Therapie von Erkrankungen bei Milchrindern. Wachsende Milchviehbestände sorgen für eine Reduzierung der verfügbaren Arbeitskraft pro Kuh oder Kalb. Eine systematische und regelmäßige Erhebung bestimmter klinischer Parameter könnte helfen Tiere für eine klinische Untersuchung vorzuselektieren.

Ziel dieser Arbeit war die Validierung verschiedener Parameter, die bei einer frühzeitigen Krankheitserkennung bei Milchkühen und Kälbern relevant sind.

In der ersten Studie wurde die Variabilität der rektal gemessenen Körpertemperatur bei Milchkühen unter Berücksichtigung folgender Faktoren bestimmt: 1) die Wiederholbarkeit der Messwerte sowohl innerhalb eines Untersuchers, als auch zwischen unterschiedlichen Untersuchern, 2) mögliche Unterschiede im Ergebnis bei der Verwendung unterschiedlicher digitaler Thermometer und 3) den Einfluss von Eindringtiefe und Kotabsatz auf das Ergebnis.

Im ersten Experiment wurde bei 33 Kühen die rektale Temperatur mehrmals hintereinander gemessen, um die Wiederholbarkeit der Messwerte innerhalb eines Untersuchers zu bestimmen. Die Messwerte zeigten eine hohe Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers ( $39.5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , Variationskoeffizient = 0,2%). Innerhalb der zehn Messungen schwankte die maximale Differenz zwischen 0,1 und  $0,5^{\circ}\text{C}$  bei derselben Kuh. Im zweiten Experiment wurde die rektale Temperatur von 38 Kühen durch zwei unabhängige Untersucher gemessen, um die Wiederholbarkeit der Messung zwischen unterschiedlichen Untersuchern zu testen. Die Korrelation zwischen den Untersuchern war hoch ( $r = 0,98$ ;  $P < 0,001$ ) und die mittlere Abweichung lag bei  $0,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  ( $P < 0,01$ ). Die Ergebnisse dieser Experimente zeigen deutlich, dass die rektale Temperatur mit einer hohen Wiederholbarkeit gemessen werden kann. Trotzdem konnte bei einigen Kühen eine beträchtliche Abweichung zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Messwert festgestellt werden ( $0,5^{\circ}\text{C}$  bei 2 Kühen und  $0,4^{\circ}\text{C}$  bei 5 Kühen).

Im dritten Experiment wurde die Abweichung der Messwerte bei der Verwendung unterschiedlicher Thermometer in vitro und in vivo getestet. Ein Wasserbad wurde im Bereich von 35 bis  $42^{\circ}\text{C}$  auf jedes volle Grad justiert. Bei jeder Stufe wurde die Temperatur mit einem validierten und mit den vier zu testenden Thermometern gemessen. Die Korrelation zwischen den vier Thermometern und dem validierten Thermometer war in allen Fällen hoch ( $r = 0,99$ ;  $P < 0,001$ ). Gleichzeitig war nur eine geringe mittlere Abweichung zwischen den Thermometern zu verzeichnen ( $0,0$  bis  $0,1 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ). Zur Testung der Unterschiede zwischen den Thermometern in vivo wurde bei 37 Kühen mit allen vier

Thermometern die rektale Temperatur gemessen. Die Ergebnisse der vier Thermometer zeigten eine hohe Korrelation ( $r = 0,94$  bis  $0,96$ ;  $P < 0,001$ ). Die mittlere Abweichung zwischen den Thermometern variierte zwischen  $0,1$  und  $0,3^{\circ}\text{C}$ , wobei die Übereinstimmung bei vergleichbarer Sondenlänge höher war.

Im vierten Experiment wurde der Einfluss der Eindringtiefe getestet. Ein einziger Untersucher hat die rektale Temperatur von 33 Kühen gemessen, indem die Sonde im ersten Fall  $11,5$  cm und im zweiten Fall  $6,0$  cm ins Rektum eingeführt wurde. Die Ergebnisse zwischen den Eindringtiefen zeigten eine hohe Korrelation ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,001$ ). Das Ergebnis der Messungen war bei  $11,5$  cm Eindringtiefe um  $0,4 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  höher als bei  $6,0$  cm ( $P < 0,001$ ).

Im fünften Experiment wurde die rektale Temperatur vor und nach Kotabsatz bei 20 Kühen gemessen, um dessen Einfluss auf das Ergebnis zu testen. Der Unterschied vor und nach Kotabsatz war zu vernachlässigen. Während die gemessene Temperatur bei zwei Kühen vor dem Kotabsatz höher war, war sie bei 3 Kühen danach höher. Bei den verbleibenden 15 Kühen war der Unterschied kleiner als  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass bei der Bewertung der rektalen Temperatur ein wenig Vorsicht geboten ist. Bei der Entwicklung von Standardprotokollen zur Überwachung von abgekalbten Kühen sollte die rektale Temperatur in einer Herde immer mit demselben Thermometer bei derselben Eindringtiefe gemessen werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

Ziel der zweiten Studie war es 1) die Wiederholbarkeit eines Punktesystems zur Bewertung der Pansenfüllung von Milchkühen sowohl innerhalb eines Untersuchers als auch zwischen unterschiedlichen Untersuchern zu testen, 2) die Variation von Pansenfüllungsnoten bei ad libitum gefütterten Kühen im Verlaufe eines Tages zu bestimmen, 3) den Zusammenhang zwischen Unterschieden der Pansenfüllungsnoten innerhalb einer Kuh und Unterschieden in der Trockenmasseaufnahme zu ermitteln und 4) Pansenfüllungsnoten mit einer exakten Messung der Tiefe der Hungergrube zu vergleichen.

Im ersten Experiment wurde die Wiederholbarkeit eines Punktesystems zur Bewertung der Pansenfüllung von Milchkühen zwischen unterschiedlichen Untersuchern und die Variation von Pansenfüllungsnoten bei ad libitum gefütterten Kühen im Verlaufe eines Tages bestimmt. Dazu vergaben drei Untersucher dreimal täglich Pansenfüllungsnoten bei 42 Kühen (0800, 1400, 1900 h). Das zweite Experiment bestand aus drei Wiederholungen (67, 70, 71 Kühe) ebenfalls mit drei unterschiedlichen Untersuchern. In jeder Wiederholung wurden die Kühe von demselben Untersucher zweimal bewertet um die Wiederholbarkeit innerhalb eines Untersuchers zu testen. Innerhalb eines Untersuchers war die Wiederholbarkeit mittelmäßig ( $\kappa_w = 0,69$ ;  $r_s = 0,66$ ,  $P < 0,001$ ). Zwischen unterschiedlichen Untersuchern war die Wiederholbarkeit ebenfalls mäßig ( $\kappa_w = 0,68$ ;  $r_s = 0,71$ ,  $P < 0,001$ ).

Weiterhin wurden von allen Untersuchern im Mittel höhere Noten um 1900 h vergeben, als um 0800 und 1400 h (Untersucher A: 0800 h:  $3.1 \pm 0.7$ , 1400 h:  $3.4 \pm 0.7$ , 1900 h:  $3.6 \pm 0.7$ ; Untersucher B: 0800 h:  $3.2 \pm 0.8$ , 1400 h:  $3.5 \pm 0.8$ , 1900 h:  $3.7 \pm 0.7$ ; Untersucher C: 0800 h:  $2.8 \pm 0.7$ , 1400 h:  $3.1 \pm 0.8$ , 1900 h:  $3.2 \pm 0.7$ ;  $n = 210$ ).

Im dritten Experiment sollte die Beziehung zwischen Änderungen der Pansenfüllungsnoten innerhalb einer Kuh und Änderungen der Trockenmasseaufnahme untersucht werden. Dafür wurden Änderungen der Pansenfüllungsnoten innerhalb einer Kuh mit Änderungen der Trockenmasseaufnahme für ein 24-h Intervall verglichen. Weiterhin wurden Daten aus Experiment 1 benutzt, um diese Beziehung bei Vergleich von Tag und Nacht zu bestimmen. Es konnte sowohl eine Beziehung zwischen Änderungen der Pansenfüllungsnote und Änderungen der Trockenmasseaufnahme innerhalb einer Kuh beim 24-h Vergleich ( $r_s = 0.1$ ,  $P = 0.09$ ) als auch beim Vergleich zwischen Tag und Nacht ( $r_s = 0.68$ ,  $P < 0.01$ ;  $n = 257$ ) nachgewiesen werden

Das vierte Experiment untersuchte zum einen die Variation der objektiv ermittelten Tiefe der linken Hungergrube und zum anderen den Zusammenhang der Tiefe der Hungergrube und der vergebenen Pansenfüllungsnote. Weiterhin wurde die Variation der Tiefe der Hungergrube innerhalb der einzelnen Pansenfüllungsnoten untersucht. Die mittlere Variation der Tiefe innerhalb einer Kuh war moderat ( $5,59 \pm 0,9$  cm; Variationskoeffizient = 16%), wobei die maximale Abweichung über  $70 \pm 5$  min von 1,2 bis 4,8 cm schwankte. Innerhalb der verschiedenen Pansenfüllungsnoten war die Abweichung ebenfalls hoch. Spearman's Rangkorrelation ( $r_s$ ) zwischen der Tiefe der Hungergrube und der vergebenen Pansenfüllungsnote war mäßig (Untersucher A:  $r_s = -0.64$ ,  $P < 0.001$ ; Untersucher B:  $r_s = -0.60$ ,  $P < 0.001$ ).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Bewertung der Pansenfüllung sowohl innerhalb eines Untersuchers als auch zwischen unterschiedlichen Untersuchern moderat wiederholbar ist. Weiterhin besteht eine Beziehung zwischen den Pansenfüllungsnoten und einer exakten Messung der Tiefe der linken Hungergrube. Diese variiert nicht unerheblich über einen Zeitraum von 70 min innerhalb einer Kuh. Nichts desto trotz konnte eine annehmbare Beziehung zwischen Unterschieden in der Trockenmasseaufnahme und Unterschieden der Pansennote innerhalb einer Kuh bei Vergleich von Tag und Nacht, zweier Intervalle mit bedeutsamen Unterschieden in der Trockenmasseaufnahme, nachgewiesen werden. Unter diesem Aspekt sollte eine Bewertung der Pansennote nur zum zeitlichen Vergleich innerhalb eines Tieres genutzt werden.

Fragestellungen der dritten Studie war 1) festzustellen, ob die Wiederkauzeit von Färsen und Kälbern visuell von zwei unterschiedlichen Untersuchern wiederholbar zu ermitteln ist, 2) die Genauigkeit eines elektronischen Systems zur Erfassung der Wiederkauzeit (Hi-Tag System) im Vergleich zur direkten visuellen Bestimmung bei Färsen

und Kälbern unterschiedlichen Alters zu ermitteln und 3) zu prüfen, ob das Saugen an einem Nuckel die Daten des Hi-Tag Systems beeinflusst.

In einem ersten Experiment wurde bei 20 Tieren die Dauer der Wiederkauaktivität durch direkte visuelle Beobachtung von zwei unabhängigen Untersuchern erfasst, um die Wiederholbarkeit zu ermitteln. Jedes Tier wurde über 2 Stunden beobachtet. Die von beiden Untersuchern erfassten Wiederkauzeiten korrelierten sehr gut miteinander ( $r = 0,99$ ,  $P < 0,001$ ). Die mittlere Abweichung war gering ( $0 \pm 2$  min,  $P = 0,91$ ).

Sechs unterschiedliche Altersgruppen von je fünf Tieren (Gruppe 4 = 10 Tiere) wurden im zweiten Experiment benutzt, um die Genauigkeit des Hi-Tag Systems zur Überwachung der Wiederkautätigkeit im Vergleich zur direkten visuellen Beobachtung zu bestimmen (Gruppe 1:  $25 \pm 2$  d,  $64 \pm 3$  kg; Gruppe 2:  $42 \pm 2$  d,  $80 \pm 15$  kg; Gruppe 3:  $62 \pm 1$  d,  $90 \pm 11$  kg; Gruppe 4:  $95 \pm 10$  d,  $118 \pm 7$  kg; Gruppe 5:  $185 \pm 1$  d,  $207 \pm 15$  kg; Gruppe 6:  $282 \pm 7$  d,  $342 \pm 14$  kg). Die Korrelation war am höchsten in Gruppe 3 ( $r = 0,89$ ;  $P < 0,001$ ) und Gruppe 6 ( $r = 0,88$ ;  $P < 0,001$ ), niedriger in Gruppe 1 ( $r = 0,65$ ;  $P = 0,009$ ), Gruppe 2 ( $r = 0,70$ ;  $P = 0,004$ ) und Gruppe 5 ( $r = 0,72$ ;  $P = 0,002$ ) und am niedrigsten in Gruppe 4 ( $r = 0,47$ ;  $P = 0,009$ ). Die mittlere Abweichung war am niedrigsten in Gruppe 2 ( $0 \pm 12$  min;  $P = 0,77$ ), Gruppe 3 ( $2 \pm 10$  min;  $P = 0,60$ ) und Gruppe 6 ( $-4 \pm 8$  min;  $P = 0,05$ ), mäßig in Gruppe 1 ( $-8 \pm 10$  min;  $P = 0,01$ ) und Gruppe 5 ( $-8 \pm 14$  min;  $P = 0,03$ ) und am höchsten in Gruppe 4 ( $-12 \pm 16$  min;  $P < 0,001$ ). Die Variation der ermittelten Wiederkauzeiten war niedrig in Gruppe 6 (7,8 %) und Gruppe 3 (11,8 %), dagegen hoch in den Gruppen 1 (14,7 %), 2 (14,4 %), 4 (25,0 %) und 5 (22,8 %).

Das Ziel des dritten Experiments war zu bestimmen, ob das Saugen an einem Nuckel die Daten des Hi-Tag Systems bei nicht abgesetzten Kälbern beeinflusst. Neun Kälber wurden direkt vor dem Tränken am Morgen und am Nachmittag mit einem Logger ausgestattet. Dieser wurde direkt nach Beendigung der Milchmahlzeit wieder abgenommen und für den Rest des 2-h Intervalls in einen ruhigen Raum gelegt. Um ein negatives Kontrollintervall zu bekommen wurden die Logger dort für ein weiteres Intervall belassen. Die Korrelation zwischen der visuell und per Logger bestimmten Saugzeit war niedrig ( $r = -0,1$ ;  $P = 0,70$ ). In zwei der 18 Intervalle (11,1 %) zeichnete das Hi-Tag System 2 min auf. In den anderen 16 Intervallen, sowie in den 18 negativen Kontrollintervallen wurde durch die Logger nichts aufgezeichnet.

Das Hi-Tag System liefert ausreichende Informationen über die Wiederkautätigkeit bei Färsen ab einem Alter von neun Monaten. Bei jüngeren Tieren variieren die Ergebnisse erheblich. Da die automatische Messung der Wiederkautätigkeit bei Färsen und Kälbern möglicherweise nützlich in der frühzeitigen Erkennung von Erkrankungen und der Beobachtung der Pansenentwicklung sein ist, dürfte es sich lohnen den Algorithmus des Systems für Kälber entsprechend anzupassen.

Ziel der drei Studien war die Validierung von einfachen Tests um Rinder mit einem erhöhten Erkrankungsrisiko zu erkennen. Dabei sollte die Genauigkeit und Wiederholbarkeit solcher Tests immer kritisch hinterfragt werden.

Messungen der rektalen Körpertemperatur bei Milchkühen (objektiver Parameter) liefern verlässliche Informationen. Vorsicht ist bei der Interpretation von visuell ermittelten Pansenfüllungsnoten (subjektiver Parameter) geboten. Weitere Studien müssen zeigen, ob Pansenfüllungsnoten bei der Früherkennung von Krankheiten bei Milchkühen Hinweise geben können. Das Hi-Tag System liefert verlässliche Informationen über die aktuelle Wiederkauzeit von Kühen und Färsen ab einem Alter von neun Monaten. Bei jüngeren Tieren ist die Variation der Daten sehr hoch.

---

## 6 REFERENCES FOR INTRODUCTION AND DISCUSSION

- Aalseth, E. 2005. Fresh cow management. What is important, what does it cost, and what does it return? Pages 1-12 in Proc. Poc. 7th Wesern Dairy Management. Kansas State University, Manhattan, KS, Reno, NV.
- Andersen, P. 2003. Bovine Endotoxiosis - Some Aspects of Relevance to Production Diseases. A Review. *Acta vet. scand.* 44:141 - 155.
- Bareille, N., F. Beaudeau, S. Billon, A. Robert, and P. Faverdin. 2003. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83:53-62.
- Benzaquen, M. E., C. A. Risco, L. F. Archbald, P. Melendez, M. J. Thatcher, and W. W. Thatcher. 2007. Rectal Temperature, Calving-Related Factors, and the Incidence of Puerperal Metritis in Postpartum Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:2804-2814.
- Borderas, T. F., A. M. B. de Passille, and J. Rushen. 2008. Behavior of dairy calves following a low dose of bacterial endotoxin. *J. Anim. Sci.* 86:2920-0926.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier. *J. Dairy Sci.* 82:2259-2273.
- Drillich, M., O. Beetz, A. Pfutzner, M. Sabin, H. J. Sabin, P. Kutzer, H. Nattermann, and W. Heuwieser. 2001. Evaluation of a Systemic Antibiotic Treatment of Toxic Puerperal Metritis in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 84:2010-2017.
- Drillich, M., M. Mahlstedt, U. Reichert, B. A. Tenhagen, and W. Heuwieser. 2006. Strategies to Improve the Therapy of Retained Fetal Membranes in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89:627-635.
- Goldhawk, C., N. Chapinal, D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 92:4971-4977.
- Guterbock, W. M. 2004. Diagnosis and treatment programs for fresh cows. *Vet. Clin. N. Am. Food A.* 20:605-626.
- Hulsen, J. 2006. Cow signals: A practical guide to dairy farm management. Page 96. Roodbond Publishers, Zutphen, The Netherlands.
- Huzzey, J. M., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Prepartum Behavior and Dry Matter Intake Identify Dairy Cows at Risk for Metritis. *J. Dairy Sci.* 90:3220-3233.
- Kristula, M., A. M. Smith, and A. Simeone. 2001. The use of daily postpartum rectal temperatures to select dairy cows for treatment with systemic antibiotics. *Bovine Pr.* 35:117-125.

- 
- Østergaard, S. and Y. T. Gröhn. 2000. Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 65:107-118.
- Peter, A. T., W. T. K. Bosu, and R. O. Gilbert. 1990. Absorption of endotoxin (lipopolysaccharide) from the uteri of postpartum dairy cows. *Theriogenology* 33:1011-1014.
- Schirmann, K., M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:6052-6055.
- Sheldon, I. M., A. N. Rycroft, and C. Zhou. 2004. Association between postpartum pyrexia and uterine bacterial infection in dairy cattle. *Vet. Rec.* 154:289-293.
- Sheldon, I. M., E. J. Williams, A. N. A. Miller, D. M. Nash, and S. Herath. 2008. Uterine diseases in cattle after parturition. *Vet. J.* 176:115-121.
- Smith, B. I. and C. A. Risco. 2005. Management of Periparturient Disorders in Dairy Cattle. *Vet. Clin. N. Am. Food A.* 21:503-521.
- Wagner, S. A., D. E. Schimeck, and F. C. Chend. 2007. Body temperature and white blood cell count in postpartum dairy cows. *Bovine Pr.* 42:18-26.
- Zaaijer, D. and J. P. Noordhuizen. 2003. A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. *Irish Vet. J.* 56:145-151.
- Zamet, C. N., V. F. Colenbrander, C. J. Callahan, B. P. Chew, R. E. Erb, and N. J. Moeller. 1979. Variables associated with peripartum traits in dairy cows. I. Effect of dietary forages and disorders on voluntary intake of feed, body weight and milk yield. *Theriogenology* 11:229-244.
- Zhou, C., J. F. Boucher, K. J. Dame, M. Moreira, R. Graham, J. Nantel, S. Zuidhof, L. Arfi, R. Flores, G. Neubauer, and J. Olson. 2001. Multilocation trial of ceftiofur for treatment of postpartum cows with fever. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219:805-808.

## 7 PUBLICATIONS

### Research articles

O. Burfeind, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Viera, and W. Heuwieser. (2010):  
Short Communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows.

J. Dairy Sci. 93:634-627.

O. Burfeind, P. Sepúlveda, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, D. M. Veira, and W. Heuwieser. (2010):

Technical note: Evaluation of a scoring system for rumen fill in dairy cows.

J. Dairy Sci. 93:3635-3640.

O. Burfeind, K. Schirmann, M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Veira, D. M. Weary, and W. Heuwieser:

Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and calves.

J. Dairy Sci. (In press)

L. A. Vickers, O. Burfeind, M. A. G. Keyserlingk, D. M. Veira, D. M. Weary, and W. Heuwieser. (2010):

Technical note: Comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows.

J. Dairy Sci. 93:5246-5251.

### Oral presentations

O. Burfeind, W. Heuwieser

Wie genau ist Fiebermessen? Einflussfaktoren auf das Ergebnis einer Messung der rektalen Temperatur bei der Milchkuh.

8. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, 2010, Tagungsband, S. 141-142.

O. Burfeind

Ist durch einen Temperaturabfall eine Vorhersage der Kalbung bei Kühen möglich?

5. Doktorandensymposium und DRS Präsentationsseminar „Biomedical Science“, Berlin, 02.07.2010.

Programm und Abstracts, S. 21.



---

## 8 ACKNOWLEDGEMENTS

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. Heuwieser für die Überlassung der Themen zur Bearbeitung, für die stets zügig erfolgten Korrekturen und für die Ermöglichung meines Aufenthaltes in Kanada. Dem Verein Tiergyn e.V. danke ich für die finanzielle Unterstützung.

Mein gebührender Dank gilt auch Nina von Keyserlingk, Dan Weary und Doug Viera für ihr Einbringen von neuen und kritischen Gedanken, die das Gelingen der Projekte ermöglicht haben.

Ein großes Dankeschön an alle Mitglieder der Tierklinik für Fortpflanzung für ihre Hilfe und den Spaß, den wir gemeinsam hatten. Ich habe die Zeit hier immer sehr genossen und werde mich jederzeit gerne daran zurückerinnern, woran ihr alle euren Anteil habt. Mein besonderer Dank gilt hier Dr. Michael Iwersen, Dr. Tanja Witte und Rainer Voigtsberger für die Unterstützung und viele gute Ratschläge.

All meinen Freunden aus meiner bisherigen Zeit in Berlin sei gesagt: Danke für die tollen Jahre! Insbesondere hervorheben möchte ich die Kollegen Arne Jessen und Stefan Borchardt, die einen ganz besonderen Anteil daran hatten, obwohl auch manchmal in der Yorckstraße nicht mehr ausgeschenkt wurde.

Allen Studenten und Beschäftigten des Dairy Education and Research Centre, Agassiz, B.C., Canada, die ich während meines Aufenthaltes in Agassiz kennengelernt habe danke ich für die tolle und unvergessene Zeit die wir miteinander verbracht haben.

Weiterhin bedanke ich mich bei Jana und Dr. Uwe Wulf und Christoph Majora von denen ich über die vergangenen Jahre so vieles gelernt habe und die immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Als letztes danke ich ganz besonders meinen Eltern Rosi und Hinrich, meinen Geschwistern Johanna, Eike und Tabea und meinen Großeltern Meta und Walter für ihre Unterstützung über die letzten Jahre, die mir dieses Vorhaben überhaupt erst ermöglicht hat.

## **9 DECLARATION OF INDEPENDENCE**

Hiermit erkläre ich, dass ich alle Studien selbständig durchgeführt und die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, 07.05.2010