

# Precision Livestock Farming als neues Instrument des Herdenmanagements am Beispiel der Kalbe- und Brunsterkennung

## *Precision Livestock Farming: Diagnostic validity of real time measurement of reticular temperature for the prediction of parturition and estrus in dairy cows*

Johann Gasteiner<sup>1\*</sup>, Josef Wolfthaler<sup>2</sup>, Christian Fasching<sup>1</sup>, Wolfgang Zollitsch<sup>2</sup>,  
Marco Horn<sup>2</sup> und Andreas Steinwider<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur (VT) dazu eingesetzt werden kann, eine Brunst bzw. Abkalbung frühzeitig zu erkennen. Das Ergebnis zur Beurteilung der Brunsterkennung zeigte eine area under curve (AUC) von durchschnittlich 0,81, bei einer Sensitivität von 79 % und einer Spezifität von 73 % (bei  $\Delta$  0,35 °C). Bei der Vorhersage einer nahenden Abkalbung innerhalb von 24 und 48 Stunden wurde eine AUC von 0,99 festgestellt. Bis zu einem Temperaturgrenzwert von  $\geq 0,40$  °C wurden jeweils 100 % der Abkalbungen vorhergesagt, bei einer gleichzeitigen hohen Spezifität (89 - 93 %). Die vorliegenden Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Methode der VT-Messung zur Erkennung von Brunsten gut und von bevorstehenden Abkalbungen sehr gut geeignet ist.

*Schlagwörter:* Milchrind, Vormagentemperatur, Brunsterkennung, Abkalbung, diagnostische Sicherheit

### Summary

The suitability of the reticular temperature (RT) as an indicator for expected parturition and estrus of dairy cows was investigated. The mean RT on the day of estrus was 0.15°C higher than it was the day before. The results for heat detection showed an area under curve (AUC) of 0.81 and a sensitivity and specificity of 79% and 73%, when  $\Delta$  0,35°C. A significant effect of parturition on the RT was also found. Up to a temperature threshold of  $\geq 0.40$ °C, 100% of the parturitions were detected by RT within 24 up to 48 hours, with a specificity of up to 93%.

*Keywords:* dairy cattle, reticular temperature, heat detection, parturition, test validity

## 1. Einleitung, Literatur und Fragestellung

Bei steigenden Tierzahlen pro Betrieb wird auch der Trend zur verstärkten Nutzung von Technik und Elektronik zur Bewältigung des Herdenmanagements und zur Erhaltung/Überwachung der Tiergesundheit („Precision Livestock Farming“) immer stärker. Der Einsatz von elektronischen Stallbüchern, Melkrobotern, Fütterungsrobotern sowie die Intensivierung der Milchproduktion werden künftig in vielen Regionen noch zunehmen, denn es fehlt auf den Betrieben zumeist auch an „man power“. Dieser Arbeitskräftemangel, der oftmals auch als Mangel an Zeit zur Tierbeobachtung zum Ausdruck kommt, soll durch technische Lösungen im Bereich des Precision Livestock Farming kompensiert werden. Dies gilt teilweise bereits auch für Nebenerwerbsbetriebe, die sich aufgrund Zeitmangels ebenfalls vermehrt technische Lösungen, z.B. zur Brunsterkennung, zu Nutze machen. Neben der elektronischen Brunsterkennung können auch die Tiergesundheit, über die kontinuierliche Messung der inneren Körpertemperatur und des Pansen-pH-Wertes, oder etwa das Wiederkäuerverhalten

und das Bewegungs-Steh- und Liegeverhalten von Rindern überwacht werden. Auch Lahmheiten, Stoffwechselerkrankungen oder etwa die herannahende bzw. stattgefunden Abkalbung können über spezialisierte Systeme detektiert werden. Die Entwicklungen im Bereich Precision Livestock Farming verlaufen, nicht zuletzt aufgrund der sich enorm entwickelnden technischen Innovationen, rasant. Für die Landwirte, Berater aber auch für Betreuungstierärzte gilt es, sich mit diesen Systemen auseinander zu setzen und entsprechende Kompetenzen auch auf diesem Gebiet zu entwickeln. Im Sinne der Herdenbetreuung ist es von steigender Bedeutung, mit diesen Systemen zu arbeiten bzw. deren Vor- und Nachteile zu kennen und die Ergebnisse interpretieren zu können. Am Beispiel der kontinuierlichen Messung der Pansentemperatur soll im folgenden Beitrag dargestellt werden, wie die diagnostische Sicherheit dieser Messmethode im Hinblick auf die Vorhersage des Abkalbezeitpunktes und der Brunst ermittelt wird.

Die Vormagentemperatur (VT) oder auch Retikulo- ruminale Temperatur ist die im Retikulum der Wiederkäuer gemes-

<sup>1</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Institut für Bio-Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

\* Ansprechpartner: Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner, email: [johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at](mailto:johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at)



sene Temperatur. Seit einigen Jahren besteht die technische Möglichkeit, diese Temperatur mittels Sensoren kontinuierlich zu erheben und zeitgleich aus dem Tierkörper heraus zu funkeln sowie über eine Software darzustellen bzw. zu interpretieren (GASTEINER et al. 2012). Dies bietet die Chance, Veränderungen im zeitlichen Verlauf sichtbar zu machen und in weiterer Folge diese Informationen als Tool im Herdenmanagement einzusetzen. Die durchschnittliche VT reicht von 38,52 °C bis 40,14 °C (AOKI et al. 2005, COOPER-PRADO et al. 2011, GASTEINER et al. 2012). Die VT weist eine höhere Standardabweichung auf als die rektal und vaginale gemessene innere Körpertemperatur. Dieser Umstand ist hauptsächlich durch den Einfluss der Futter- und Wasseraufnahme bedingt. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Wasseraufnahme einen signifikanten Einfluss auf die VT nimmt (BOEHMER et al. 2009, GASTEINER et al. 2009). Das Absinken der Temperatur fällt umso stärker aus, je niedriger die Temperatur des Wassers ist und je mehr Wasser aufgenommen wird. Die Angaben zur VT müssen sich jedoch auf die VT ohne Trinken beziehen. Durch Trinken verursachte Temperaturveränderungen müssen deshalb vor der Interpretation ausgeschlossen werden (Messwerte unter einem bestimmten Temperaturgrenzwert werden dem Trinken zugeschrieben und eliminiert). GASTEINER et al. (2009) beschrieben den Einfluss der Fütterung auf die VT. Stiere mit einer höheren Kraftfutterzuteilung wiesen eine signifikant höhere VT auf als Stiere mit Weidehaltung und zusätzlicher Heufütterung. Die genannten Untersuchungen bestätigen somit eine höhere VT bei einer höheren Energiekonzentration der Ration. Darüber hinaus finden sich weitere äußere (Umgebungstemperatur, Hitzestress, Tageszeit) und innere Einflüsse (Rasse, Körpergröße, Alter, Geschlecht, Fellfarbe, Laktationszahl, Brunst, Fieber, Stoffwechselerkrankungen etc.) auf die innere Körpertemperatur (IKT) (BURFEIND et al. 2013) und damit auch auf die VT. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll ermittelt werden, ob und wie stark ( $\Delta$ ) die VT bei Milchkühen durch Brunst bzw. Abkalbung beeinflusst wird. Davon abgeleitet soll die diagnostische Sicherheit dieser Aussagen erhoben werden, d.h. wie viel Prozent der Brunstvorkommen bzw. Abkalbungen aufgrund von Veränderungen der VT bei einem bestimmten Temperaturgrenzwert tatsächlich erkannt werden (Sensitivität) und an wie viel Prozent der Tage ohne Brunst bzw. ohne Abkalbung tatsächlich keine Temperaturveränderung auftritt (Spezifität). Aufgrund dieser Ergebnisse sollen Einschätzungen getroffen werden, ob die kontinuierliche Messung der VT als Methode für die Brunsterkennung bzw. zur Vorhersage von Abkalbungen geeignet ist.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Tiere

Die verwendeten Daten wurden von Oktober 2012 bis Juli 2013 am Tierbestand der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erhoben. Die Betriebe befinden sich im mittleren steirischen Ennstal und liegen auf ca. 680 m Seehöhe. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7 °C und die Jahresniederschlagsmenge liegt bei 1.014 mm. Es wurden 25 Abkalbungen und 43 Brunstvorkommen von Milchkühen (Braunvieh und Holstein Friesian) dokumentiert. Die klinisch gesunden Tiere wurden ganzjährig im Aussenklimastall mit Cuccetten

gehalten. Alle Abkalbungen erfolgten grundsätzlich unter Aufsicht, womit der Zeitpunkt der Abkalbung bekannt war. Eine Brunst wurde visuell und durch Milchprogesteronbestimmung ermittelt und nur bestätigt, wenn eine Trächtigkeit resultierend aus der Belegung zu eben jener Brunst festgestellt wurde und 275 bis 290 Tage nach dieser Belegung auch tatsächlich eine Abkalbung folgte (retrospektive Bestätigung). Der Tag der erfolgreichen Belegung wurde als Tag der Brunst festgelegt.

### 2.2 Datenerfassung

Von allen Tieren wurde während der Laktation zweimal täglich die Milchleistung elektronisch erfasst. Für die Analyse von Milchprogesteron wurde dreimal wöchentlich eine kuhindividuelle Milchprobe gezogen. Diese Werte wurden für die Brunstbestimmung herangezogen. Die Messung der VT wurde mit Temperatur-Messsensoren (smaXtec®) durchgeführt. Diese Sensoren in Bolus-Form wurden den Kühen per os eingegeben. Der Zeitpunkt der Eingabe fand zwischen 35 Tage vor bis 30 Tage nach der Abkalbung statt. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Temperatur kontinuierlich alle zehn Minuten gemessen und diese Daten wurden im Sensor gespeichert. Die Daten wurden anschließend kabellos per Funk über eine Antenne zu einer Empfangseinheit übertragen. Die Empfangseinheit war über das Internet mit einem Server verbunden. Von diesem Server konnten die Daten mithilfe eines eigens entwickelten EDV-Programms abgerufen und ausgewertet werden. Zusätzlich zur VT wurde auch die Umgebungstemperatur erhoben. Dies erfolgte an der Wetterstation Gumpenstein (710 m Seehöhe, Länge 14° 16' - Breite 47° 30'). Für die Auswertungen wurden sowohl bei der VT als auch bei der Umgebungstemperatur Tages- und 4-Stunden-Mittelwerte gebildet.

### 2.3 Statistische Auswertung

Für die VT-Auswertung wurden die durch Trinkvorgänge ausgelösten Temperaturabsenkungen aus dem Temperaturdatenmaterial entfernt, wobei ein Trinkvorgang wie folgt definiert wurde: Zeitraum, ab dem eine Temperaturreduktion von über 0,75 °C eintrat, bis zu jenem Zeitpunkt, bei dem der Ausgangswert abzüglich 0,75 °C wieder überschritten wurde, jedoch maximal für die Dauer von 15 Temperaturmessungen = 150 Minuten. Diese Vorgangsweise wurde aus Verhaltensaufzeichnungen und entsprechenden, vorangegangenen VT-Messungen abgeleitet und entspricht auch der Literatur (COOPER-PRADO et al. 2011), weshalb alle Angaben zur VT tatsächlich „VT-Mittelwert ohne Trinken“ darstellen.

#### 2.3.1 Statistische Modelle

Die statistische Auswertung der VT wurde an den Datensätzen durchgeführt und es wurden 4-Stunden-Mittelwerte sowie mehrere Modelle (Identifizierung signifikanter Einflussfaktoren auf die VT rund um Brunst bzw. Abkalbung während Stallhaltung bzw. während Weidehaltung) verwendet. Sämtliche statistischen Modelle wurden mit Hilfe der SAS-Prozedur „mixed“ (proc mixed) und der Option „Least Square Means“ gerechnet. Die Signifikanz-Schwelle wurde mit 0,05 angenommen. Alle Haupteffekte wurden in den Modellen belassen, ungeachtet des Signifikanzniveaus. Wechselwirkungen wurden in das Modell genommen, sofern das Signifikanzniveau bei  $p < 0,05$  lag.

### 2.3.2 Auswertung Brunsterkennung

Da die Möglichkeit bestand, dass die Temperaturerhöhung zur Brunst auch vor oder nach dem Belegungstag stattfand, wurde eine Brunst mit einem Zeitraum von zwei Tagen vor bis einem Tag nach der erfolgten Belegung angenommen. Nicht-Brunst-Zeiträume wurden ebenfalls mit jeweils vier Tagen angenommen, um die Vergleichbarkeit von Brunst und Nicht-Brunst zu gewährleisten. So konnten 942 Nicht-Brunstereignisse mit jeweils vier Tagen ermittelt werden.

**Tabelle 1: Vier-Felder-Tafel**

	Brunst	Zwischenbrunst
Diagnose +	RP	FP
Diagnose -	FN	RN

RP = Richtig Positiv; FP = Falsch Positiv; FN = Falsch Negativ; RN = Richtig Negativ

Die Brunsterkennung erfolgte im Programm „Excel“ mit der Funktion „WENN“. Der Test fiel positiv aus, wenn die VT im 12-Stunden-Zeitraum, um einen bestimmten Temperaturgrenzwert höher war als im Vergleichszeitraum. Je nachdem, ob eine Brunst stattfand, war das Ergebnis „Richtig Positiv“ (RP) oder „Falsch Positiv“ (FP) (siehe *Tabelle 1*). Aufgrund dieser Ergebnisse wurden Sensitivität und Spezifität errechnet (siehe *Tabelle 2*).

**Tabelle 2: Kennzahlen eines diagnostischen Tests nach FIRK et al. (2002)**

Kriterium	Formel
Sensitivität	$RP/(RP+FN)$
Spezifität	$RN/(RN+FP)$
Predicting value positive	$RP/(RP+FP)$
Predicting value negative	$RN/(RN+FN)$

RP = Richtig Positiv; FP = Falsch Positiv; FN = Falsch Negativ; RN = Richtig Negativ

Ausgehend von Sensitivität und Spezifität wurde eine ROC-Analyse (receiver-operating characteristics analysis) durchgeführt.

### 2.3.3 Auswertung Erkennung einer nahenden Abkalbung

Bei der Auswertung wurde unterschieden zwischen „Abkalbung innerhalb von 24 Stunden“ und „Abkalbung innerhalb von 48 Stunden“. Als Nicht-Abkalbe-Tage wurden die restlichen 5.600 Untersuchungstage bestimmt. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden wiederum Sensitivität und Spezifität errechnet und eine ROC-Analyse zur Bewertung der Aussage „Erkennung einer nahenden Abkalbung“ durchgeführt.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere VT aller untersuchten Tage betrug 39,23 °C ( $\pm 0,33$ ). Während der Stall- bzw. Weideperiode betrug die mittlere VT 39,20 °C ( $\pm 0,28$ ) bzw. 39,13 °C ( $\pm 0,29$ ). Die durchschnittliche Umgebungstemperatur im gesamten Untersuchungszeitraum betrug 4,43 °C ( $\pm 7,86$ ). Während der Stall- bzw. Weideperiode lagen diese Temperaturen bei -0,39 °C ( $\pm 4,28$ ) bzw. 12,96 °C ( $\pm 5,69$ ).

### 3.1 Erkennen einer bevorstehenden Brunst

Die Brunst beeinflusste die VT signifikant ( $p < 0,001$ ). Die mittlere VT am Tag der Brunst war um 0,15 °C höher als

am Tag davor. Der maximale VT-Vierstundenmittelwert zur Brunst (39,71 °C) war ebenfalls signifikant höher als 24 Stunden zuvor (39,25 °C). Bei einer mittleren Temperaturschwelle von 0,35 °C wurde eine Sensitivität von 69 - 77 % und eine Spezifität von 78 - 81 % erreicht. Die AUC der Brunsterkennung mittels VT lag zwischen 0,79 und 0,81. Dies würde bedeuten, dass während eines Brunstzeitraumes in ca. 80 % der Fälle eine Erhöhung der VT stattfindet. Das entspricht einem mäßig genauen Test. Der Vergleich der Brunsterkennung mittels VT und alternativen Methoden der Brunsterkennung gestaltet sich schwierig und ist nur bedingt möglich. Das Problem besteht darin, dass sehr oft unterschiedliche Kennzahlen angegeben sind, die sich untereinander nicht direkt gegenüberstellen lassen (z.B. Spezifität und Predicting-Value-Negativ). Hinzu kommt, dass es, wie auch von ROELOFS et al. (2010) beschrieben, innerhalb von bestimmten Methoden immense Unterschiede gibt. So reichen die Brunst-Erkennungsraten durch Messung der Milchttemperatur von 50 bis 84 %, durch visuelle Beobachtung von 50 bis 90 % und durch Aktivitätsmessung von 80 bis 100 %. Die Sensitivität der Brunsterkennung mittels VT liegt bei einem mittleren Temperaturgrenzwert zwischen 69 - 77 % bei einer Spezifität von 78 - 81 %. Die ermittelte Sensitivität liegt somit im Bereich der visuellen Brunsterkennung und der Brunsterkennung mittels Milchttemperaturmessung. Aktivitätsmessgeräte erzielen zum Teil etwas bessere Ergebnisse hinsichtlich Sensitivität, wobei dies jedoch oftmals zu Lasten der Spezifität geht. Derzeit findet die Brunsterkennung mittel VT-Messung noch keine Verwendung in der Praxis. ROELOFS et al. (2010) beschrieben, dass die Kombination von verschiedenen Methoden zu einer Optimierung der Brunsterkennung führt. Darum könnte die Brunsterkennung via VT-Messung durchaus in Kombination mit anderen Brunsterkennungsmethoden (z.B. visuelle Brunsterkennung, Aktivitätsmessung etc.) eingesetzt werden, um die Ergebnisse einer Brunsterkennung noch weiter zu optimieren.

### 3.2 Erkennung einer nahenden Abkalbung

Es wurde auch ein signifikanter Einfluss des Abkalbezeitraums auf die VT festgestellt. Die VT begann drei Tage vor der Abkalbung zu sinken und erreichte einen Tag nach der Abkalbung das Minimum (39,28 °C). Der stärkste Temperaturrückgang (0,43 °C) war zwischen Tag -2 und Tag -1 zu beobachten. Bis zu einem Temperaturrückgang größer gleich 0,40 °C betrug die Sensitivität bei allen Ereignissen 100 %. Die Spezifität bewegte sich gleichzeitig in einem Bereich von 85 bis 95 %. Mit zunehmendem Temperaturgrenzwert stieg auch die Spezifität in Richtung 100 %. Eine AUC von 0,99 zeigt, dass dieser Test mit sehr hoher Sicherheit eine bevorstehende Abkalbung innerhalb von 24 bzw. 48 Stunden erkennen kann. Die VT kann somit sehr gut zur Vorhersage einer Abkalbung verwendet werden.

## 4. Literatur

- AOKI, A.M., K. KIMURA und O. SUZUKI, 2005: Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. *Anim. Reprod. Sci.* 86, 1-12.
- BOEHMER, B., C.L. BAILEY, E.C. WRIGHT und R.P. WETTEMANN, 2009: Effects of temperature of consumed water on rumen tempe-

- perature of beef cows. <http://www.ansi.okstate.edu/research/research-reports/1/2009/2009%20Boehmer%20Research%20Report.pdf>, besucht am 26.07.2010.
- BURFEIND, O., V. SUTHAR und W. HEUWIESER, 2013: Messung der Körpertemperatur bei Milchkühen – Methoden und Einflussfaktoren. Tierärztl. Prax. G. N. 41, 56-60.
- COOPER-PRADO, M.J., N.M. LONG, E.C. WRIGHT, C.L. GOAD und R.P. WETTEMANN, 2011: Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. J. Anim. Sci. 89, 1020-1027.
- FIRK, R., E. STAMER, W. JUNGE und J. KRIETER, 2002: Automation of estrus detection in dairy cows: a review. Livest. Prod. Sci. 75, 219-232.
- GASTEINER, J., B. BOSWERGER und T. GUGGENBERGER, 2012: Erfahrungen zum praktischen Einsatz des Pansensensors auf Milchviehbetrieben. Prakt. Tierarzt 93, 730-739.
- GASTEINER, J., M. FALLST, S. ROSENKRANZ, J. HÄUSLER, K. SCHNEIDER und T. GUGGENBERGER, 2009: Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Versuchsbedingungen. Wien. Tierärztl. Monat. 96, 188-194.
- ROELOFS, J., F. LOPEZ-GATIUS, R.H. HUNTER, F.J. ERDENBURG und C. VAN HANZEN, 2010: When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. Theriogenology 74, 327-344.