

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen
in der Veterinärmedizin
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Universitätsklinik für Wiederkäuer
Abteilung Bestandsbetreuung für Wiederkäuer
(Leiter: Prof. Dr. Marc Drillich)

**Detektion der Aktivität und Wiederkautätigkeit von Milchkühen in unterschiedlicher
Stoffwechsellage mit Hilfe eines elektronischen Überwachungssystems**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Michael Mitterer

Wien, im Februar 2021

Betreuer: Dr. Harald Pothmann
Universitätsklinik für Wiederkäuer
Abteilung Bestandsbetreuung für Wiederkäuer

Gutachter: Priv. Doz. Dr. Johannes Lorenz Khol

Abkürzungsverzeichnis

<i>a. p.</i>	<i>ante partum</i>
BHB	Beta-Hydroxybutyrat
FAF	Futteraufnahme­frequenz
KON	Kontrollgruppe
MJ	Megajoule
NEB	Negative Energiebilanz
NEFA	Freie Fettsäuren (Non-Esterified-Fatty-Acids)
NEL	Netto-Energie-Laktation
nonKET	Gruppe gesund (keine subklinische Ketose)
nXP	Nutzbares Rohprotein
PLF	Precision Livestock Farming
<i>p. p.</i>	<i>post partum</i>
SK	subklinische Ketose
sKET	Gruppe subklinische Ketose
TM	Trockenmasse
TMA	Trockenmasseaufnahme
VER	Versuchsgruppe

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	- 5 -
2. Material und Methode	- 7 -
2.1. Einteilung der Studientiere in Gruppen.....	- 7 -
2.2. Haltungsbedingungen und Fütterung im Versuch.....	- 8 -
2.3. Aufbau des Versuchs und Datenerfassung.....	- 14 -
2.4. Statistik.....	- 15 -
3. Ergebnisse	- 17 -
4. Diskussion.....	- 23 -
5. Zusammenfassung.....	- 26 -
6. Summary	- 27 -
7. Literaturverzeichnis.....	- 28 -
8. Abbildungsverzeichnis	- 33 -
9. Tabellenverzeichnis.....	- 34 -
10. Danksagung.....	- 35 -

1. Einleitung

Die Anzahl an Milchviehbetrieben sank in den letzten drei Jahrzehnten, die Milcherträge und die Qualitätsanforderungen stiegen, weniger Arbeitskräfte wurden verfügbar und automatische Melksysteme und andere landwirtschaftliche Aufgaben gewannen an Priorität (Mottram 2015). Während in der Vergangenheit die Sicherung der Ernährung oberstes Ziel war, bestimmten ab der 2. Hälfte des vergangenen Jahrhunderts die Rationalisierung, der Strukturwandel und die internationale Wettbewerbsfähigkeit die Agrarpolitik. Derzeit prägen Umweltaforderungen, Tierschutz und Nahrungssicherheit die öffentliche Diskussion um die Tierhaltung (Schön et al. 2003). In Zukunft wird es erforderlich sein, hohe Leistungen zur Sicherung der Welternährung, internationale Wettbewerbsfähigkeit und letztlich auch die weitere Nutzung des biologisch-technischen Fortschritts in die Verfahren der Tierhaltung zu integrieren, ohne die Ziele des Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutzes zu vernachlässigen (Schön et al. 2003). Der Einsatz von elektronischen Stallbüchern, Melkrobotern, Fütterungsrobotern, sowie die Intensivierung der Milchproduktion werden künftig in vielen Regionen zunehmen müssen, da es in vielen Betrieben an Arbeitskräften mangelt (Gasteiner et al. 2017). Die in der Folge mitunter mangelhafte Tierbeobachtung auf Grund fehlender Zeit soll durch technische Lösungen im Bereich des Precision Livestock Farming (PLF) kompensiert werden (Gasteiner et al. 2017). All diese Faktoren haben die Notwendigkeit einer automatisierten Überwachung der Gesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen geschaffen (Mottram 2015). Der Hauptzweck des PLF besteht darin, die Effizienz der Produktion zu erhöhen oder zu erhalten und gleichzeitig das Wohlergehen von Tier und Mensch zu verbessern. Hierzu werden fortschrittliche Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt, Ressourcen gezielt genutzt und präzise Kontrollen der Produktionsprozesse durchgeführt (Banhazi et al. 2012).

In der Wissenschaft wurden bereits sensorbasierte Technologien zur Überwachung der Abkalbungen (Titler et al. 2015, Krieger et al. 2019), Brunstbeobachtung (Jónsson et al. 2011, Schweinzer et al. 2019) oder Tierlokalisierung (Wolfger et al. 2017) evaluiert, um deren Praktikabilität in der Milchwirtschaft zu testen. Durch die sensorgestützte Tierbeobachtung ist es möglich, klinische Erkrankungen früher als mit konventioneller Tierbeobachtung zu erkennen und dadurch schneller zu behandeln, und damit das Tierwohl zu steigern und finanzielle Einbußen so gering wie möglich zu halten (Gusterer et al. 2020). Vielversprechend

scheinen auch die Möglichkeiten zur Früherkennung von bestimmten Erkrankungen, wie z.B. von klinischer Ketose oder Labmagenverlagerung zu sein (Stangaferro et al. 2016). Die subklinischen Erkrankungen, die durch das Fehlen von klinischen Symptomen charakterisiert sind, bleiben oftmals unerkannt. Die subklinische Ketose (SK) beispielsweise, ist durch eine erhöhte Konzentration an Ketonkörper im Blut bei gleichzeitiger Abwesenheit von klinischen Symptomen der Ketose, wie z.B. vermindertem Allgemeinverhalten, reduziertem Appetit und Milchleistungsrückgang, beschrieben (Duffield 2000). Zur Messung der Ketonkörper im Blut eignen sich besonders Tests zur Bestimmung der Beta-Hydroxybutyrat (BHB)-Konzentration. BHB kann im Vollblut mit verschiedenen Schnelltest akkurat und praxistauglich gemessen werden (Iwersen et al. 2013). Die SK spielt eine bedeutende Rolle als Risikofaktor für zahlreiche postpartale Erkrankungen des Milchviehs wie Fettleber, Fruchtbarkeitsstörungen, klinische Ketose, Lahmheiten, Labmagenverlagerungen, Mastitis und Metritis (Martens et al. 2014). Die primäre Risikoperiode für SK sind die ersten zwei Monate der Laktation, wobei die höchste Prävalenz (8,9 – 34,0 %) während des ersten Monats auftritt (Kauppinen 1983). In Milchviehherden wurden durchschnittliche Inzidenzen der SK von bis zu 43 % festgestellt (McArt et al. 2012, Suthar et al. 2013). Eine erfolgreiche Prävention der SK verbessert die Tiergesundheit und ermöglicht hohe Milchleistung bei gleichzeitig guter Reproduktionsleistung (Duffield 2000).

Weitere Möglichkeiten, den Stoffwechsel von Kühen zu überwachen, sind z.B. Sensoren in Form von Pansenboli, die den Pansen-pH-Wert und die Temperatur im Pansen messen oder Mikrofone, die die Kauaktivität durch Aufnahmen des Kaugeräuschs überwachen (Schirrmann et al. 2009). Des Weiteren sind Sensor-Technologien im Einsatz, die z.B. mittels eines in eine Ohrmarke integrierten Beschleunigungssensors, u.a. die Wiederkauaktivität von Milchkühen aufzeichnen können (Reiter et al. 2018).

Die Hypothese dieser Diplomarbeit war, dass mithilfe des elektronischen Überwachungssystems SMARTBOW (Smartbow GmbH, Weibern, Österreich), eine SK von Milchkühen anhand deren Bewegungsprofile und der Wiederkautätigkeit erkennbar ist.

2.Material und Methode

Die Studie wurde von der Ethik- und Tierschutzkommission der Veterinärmedizinischen Universität Wien als Teil einer Gesamtstudie geprüft und befürwortet sowie vom Bundesminister für Bildung, Wissenschaft und Forschung gem. §§ 26ff. Tierversuchsgesetz 2012 genehmigt (BMFWF-68.205/0162-WF/V/3b/2017).

2.1.Einteilung der Studientiere in Gruppen

Als Studienort wurde die VetFarm Kremesberg der Veterinärmedizinischen Universität Wien gewählt, welche über eine Herde von ca. 80 Milchkühen der Rasse Fleckvieh und einer Einzelfutterstrecke mit automatischem Wiegesystem (Hokofarm Group B. V., Niederlande) für 20 Tiere verfügt. Die durchschnittliche Jahresmilchleistung der Studientiere betrug 9247kg und 8555kg in den Jahren 2018 und 2019. Zu Versuchsbeginn wurden die trockenstehenden Studientiere (54 Tiere) alternierend einer Kontrollgruppe (KON: 27 Tiere) und einer Versuchsgruppe (VER: 27 Tiere) zugeteilt. Die Wahl der Stichprobenzahl und die Einteilung der Gruppen erfolgten in Anlehnung an die Studie von Urdl et al. (2015). Auf Basis der Bedarfsangaben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2017) zur Fütterung von Milchkühen, wurde die KON *ante partum* (*a. p.*) bedarfsgerecht (100 %) und die VER über ihren energetischen Bedarf (125 %) versorgt. *Post partum* (*p. p.*) blieben KON bei der 100 %igen Versorgung, während VER restriktiv (75 % des Bedarfs) gefüttert wurden (Tabelle 1). Durch die gelenkte Fütterung wurde eine kontrollierte negative Energiebilanz (NEB) in der VER geschaffen, die bei diesen Kühen zu einer SK *p. p.* führen sollte.

Tiere, die im Laufe der Studie eine klinische Erkrankung erlitten, welche mit Störungen des Allgemeinbefindens und verminderter Fresslust einhergingen, wie z.B. klinische Ketose, akute Metritis, klinische Mastitis oder Lahmheit, wurden sofort tierärztlich versorgt und aus der Studie ausgeschlossen.

Die nach der Kalbung von Milchkühen eintretende NEB wurde durch regelmäßige Messungen der BHB-Konzentrationen im Blut kontrolliert. Details sind in Kapitel 2.3. beschrieben. Kühe, unabhängig ob KON oder VER, mit einer zweimaligen Überschreitung

des BHB-Grenzwerts von $\geq 1,2$ mmol/l (Duffield et al. 2009) wurden als subklinische Ketose (sKET) klassifiziert, während Kühe mit BHB-Konzentrationen von $< 1,2$ mmol/l den gesunden Tieren (nonKET) zugeordnet wurden.

Tab. 1: Versorgung der Kontroll-(KON) und Versuchsgruppe (VER) mit Energie (MJ NEL) und Rohprotein (g) *ante partum* und *post partum* anhand der Empfehlungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2017)

	Energie (MJ NEL) <i>a.p.</i>	Nutzbares Rohprotein (g) <i>a.p.</i>	Energie (MJ NEL) <i>p.p.</i>	Nutzbares Rohprotein (g) <i>p.p.</i>
KON	72,0 (100 %*)	1600 (100 %*)	122,4 (100 %*)	2695 (100 %*)
VER	90,0 (125 %)	2000 (125 %)	91,8 (75 %)	2021 (75 %)

KON: Kontrollgruppe; VER: Versuchsgruppe; MJ NEL: Megajoule Nettoenergielaktation; *Empfehlungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2017)

Es wurde eine annähernd gleiche Anzahl an Studientieren in sKET und nonKET angestrebt. Kühe, welche die berechneten Futtermengen in der Trockenstehphase für eine 125 %ige Bedarfsdeckung (VER) nicht aufnehmen konnten, wurden auf eine Versorgung von 100 % umgestellt und in die Gruppe KON eingeteilt.

2.2. Haltungsbedingungen und Fütterung im Versuch

Etwa 42 Tage vor dem errechneten Abkalbetermin wurden die Tiere in einen von der Herde abgetrennten Laufstallbereich gebracht. Dieser hatte die Maße von 15,5 m Länge und 7,0 m Breite und dementsprechend einen Tiefstreuliegebereich von 108,5 m² Fläche (Abbildung 1). Es wurden maximal 20 Tiere zum selben Zeitpunkt im Versuchsstall gehalten. Außerdem standen den Studientieren 15 Einzelliegeboxen mit Stroh-Mist-Matratzen, mit den Maßen 2,25 m Länge und 1,2 m Breite, zur Verfügung. Die Fütterung erfolgte über eine Einzeltrogfütterung mit 20 Trögen, welche einmal am Tag um 13 Uhr durchgeführt wurde. Die Fressplatzbreite bei den Trögen betrug 70 cm. Wenn eine Kuh zum fressen ging wurde die Dauer und die Futterraufnahmemenge erfasst. Zusätzlich standen drei Nirosta-Tränkebecken (insgesamt 4,5 m Länge) und ein Kraftfutterautomat zur Verfügung. Der Fresslaufgang war planbefestigt und hatte eine Breite von 3,6 m von Trog zur Wand bzw. 3,0 m

von Trog zum Tränkebecken. Die Entmistung der Laufgänge erfolgte mehrmals täglich automatisch durch einen Schrapper. Die Tiefstreubox wurde einmal monatlich entmistet. Die Abkalbungen erfolgten im Tiefstreuliegebereich (Abbildung 2). Unmittelbar nach der Geburt wurden die Kälber von der Mutter getrennt und in ein Kälberiglu außerhalb des Stalls verbracht.



Abb.1: Versuchsstall. Links im Bild die Wiegetröge (blaue Tröge); rechts die Liegeboxen; hinten die Tiefstreubox (Bild: Michael Mitterer). Das Foto wurde zu einem Zeitpunkt aufgenommen, zu dem bereits andere Tiere eingestallt waren.



Abb. 2: Versuchsstall. Links im Bild die Liegeboxen; rechts im Bild der Laufgang mit Schrapperentmischung, vorne der Tiefstreubereich (Bild: Michael Mitterer).

Die Rationen wurden aus den folgenden Komponenten zusammengestellt: Gras-Luzerne-Silage, Maissilage, Heu, Stroh und Rindastar 39 XP (Firma Schaumann, Brunn am Gebirge, Österreich). Am Anfang des Versuchs und nach Eröffnung der neuen Silos wurden Proben vom Grundfutter gezogen und im Futtermittellabor Rosenau (Petzenkirchen, Österreich) auf Silierqualität und Nährstoffgehalte untersucht (Tabelle 2). Die Trockenmassen der Einzelkomponenten und der Mischrationen für Trockenstehende und für Laktierende wurden wöchentlich im hofeigenen Trockenschrank der VetFarm bestimmt und als Grundlage der Rationsberechnung herangezogen. Die Grundkomponenten blieben sowohl für die Rationen der Trockensteher als auch für die Laktierenden gleich, lediglich die Verhältnisse wurden geändert, um den Energie- und Rohproteinbedarf der jeweiligen Gruppe anzupassen.

Aufgrund der durchschnittlichen Einsatzleistung der Herde in der vorangegangenen Laktation, wurde eine Ration energetisch für 25 kg Milch erstellt. Bei höheren Leistungen wurden pro kg Milch 0,5 kg einer hofeigenen Mischung (ca. 6,7 MJ NEL/kg TM) aus gequetschtem Weizen, Gerste und Mais leistungsorientiert über den Kraftfutterautomat zugefüttert. Die maximale Menge dieses Milchleistungsausgleichsfutter betrug 4,5 kg. Die Anpassung an die im Melkstand gemessene Milchleistung wurde einmal wöchentlich durchgeführt.

Die Rationen wurden auf Basis der Fütterungsempfehlung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft errechnet und richten sich nach der Empfehlung der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Grubertabelle, 2017).

Tab. 2: Rationskomponenten, Nährstoff-Zusammensetzung und Trockenmasse der vorgelegten Rationen

Rationskomponenten	Nährstoff-Zusammensetzung		
	TM %	MJ NEL/kg TM	g nXP/kg TM
Maissilage	41,3	6,6	131,0
Grassilage	31,8	5,5	125,0
Heu	86,0	5,5	135,0
Gerstenstroh	88,0	3,7	39,0
Rindastar 39 XP	88,0	6,7	400,0
	TM kg pro Kuh/Tag	MJ NEL pro Kuh/Tag	g nXP pro Kuh/Tag
<i>Ante partum</i> (KON, 100 %) *	11,6	67,3	1517,0
<i>Ante partum</i> (VER, 125 %)	15,5	89,7	2022,5
<i>Post partum</i> (KON, 100 %) **	20,5	125,5	3217,0
<i>Post partum</i> (VER, 75 %)	15,4	94,1	2413,0

TM: Trockenmasse; nXP: Nutzbares Rohprotein; MJ NEL; Mega Joule Netto Energie Laktation; * Erhaltungsbedarf einer Milchkuh, trockenstehend (Vorbereiter, 3 Wochen vor Kalbung) mit 700 kg Lebendgewicht (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2017); ** Erhaltungs- und Leistungsbedarf einer Milchkuh mit 700 kg Lebendgewicht bei einem Milchfettgehalt von 4,0 % und einem Milcheiweißgehalt von 3,6 % (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2017)

Nach händischer Entfernung der Futterreste des Vortages, Reinigung der Einzelfuttertröge, Kontrolle der Waagen und Säuberung der Sensoren wurde einmal täglich um 13 Uhr mit einem automatischen Fütterungssystem (Firma Trioliet, Niederlande) gefüttert. Die Befüllung des Mischwagens erfolgte in der Reihenfolge Stroh, Heu, Grassilage, Maissilage und Rindastar. Die Genauigkeit der Mengen der Einzelkomponenten wurde während des Betriebs über die Waage des Systems kontrolliert. Das Ziel war eine Abweichung von 5 % in der Ration nicht zu überschreiten. Zwischen jeder Komponente mischte der Vertikalmischer etwa zwei Minuten. Nach der Befüllung wurde während der Fahrt zur Einzelfutterstrecke drei

Minuten nachgemischt. Das Befüllen der Tröge wurde manuell durchgeführt. Die Tröge waren individuell den Kühen zugeordnet. Damit dieses System bei jedem Tier funktionierte, wurden zwei Wochen „Anlernphase“ vor Versuchsbeginn, in der die Kuh an ihren Platz gewöhnt wurde, eingerechnet. In der Anlernphase wurden die Kühe *ad libitum* gefüttert.

Den individuellen Zugang zum Trog ermöglichte ein Mikrochip (Compident Tiris AF-Ohrchip, Fa. Schauer, Prambachkirchen, Österreich, Abb. 3), welcher mit der Smartbow Ohrmarke verbunden war.



Abb. 3: Mikrochip (gelb) verbunden mit Smartbow Ohrmarke (schwarz-weiß) (Bild: Michael Mitterer)

Es gab keine Regulierung der Häufigkeit, mit der die Kühe zum Futter gingen, jedoch wurde die maximale Menge pro Fressvorgang auf 10 kg beschränkt. Wenn diese 10 kg erreicht waren, schloss der Trog automatisch und war für 60 Sekunden gesperrt. Die automatisierten Einzeltröge zeichneten die Transpondernummern (Identifikation der Kuh), den Zeitpunkt der Futterentnahme und die Menge der Futterentnahme über 24 h auf und übermittelten diese Daten an den Stallcomputer der VetFarm mit dem Programm Ceres (Ceres Herd Management, Pearson International LLC, Irland).

2.3. Aufbau des Versuchs und Datenerfassung

Die Versuchstiere wurden nach der klinischen Propädeutik (Baumgartner und Wittek 2018) klinisch untersucht und etwaige Abweichungen der Norm dokumentiert. Der Zeitplan der Probenentnahmen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3: Zeitplan der Probenentnahmen für Beta-Hydroxybutyrat (BHB)-Konzentrationen im Kapillar-Blut und für Vollblut (NEFA-Messung)

Tag	BHB	Vollblut
42 a. p.	X	X
14 a. p.	X	X
0 (Tag der Abkalbung)	X	X
1-6 (täglich)	X	
7	X	X
8, 10, 12	X	
13-15*	X	X
28-34*	X	X
40-46*	X	X

*an einem der Tage innerhalb der Zeitspanne

Die Messungen der BHB-Konzentrationen erfolgten mittels Schnelltest (Freestyle Precision, Fa. Abbott, Illinois, USA). Hierbei wurde Kapillarblut an der Vulva mittels Einweglanzetten gewonnen, wie im Detail von Kanz et al. (2015) beschrieben. Für die Messung der NEFA-Konzentrationen wurde Vollblut mittels Vacutainer-System in ein 10ml VACUETTE Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator (Fa. Greiner bio-one, Kremsmünster, Österreich) von der *Vena caudalis mediana* entnommen, gekühlt und anschließend im Labor zentrifugiert, Serum pipettiert und in 2 ml Röhrchen bei -20° C eingefroren. Die Messungen der NEFA-Konzentrationen erfolgten am Ende des Versuchs im Zentrallabor der Veterinärmedizinischen Universität Wien.

Das System SMARTBOW (Smartbow GmbH, Weibern, Österreich) mit integriertem Beschleunigungssensor wurde in dieser Studie zur Überwachung der Wiederkau- und der Bewegungsaktivität verwendet. Das System umfasst die Ohrmarken mit Sensor (52x36x17 mm mit 34 g Gewicht, Abb. 4), einen Empfänger (Smartbow Wall Point, Smartbow GmbH), welcher im Versuchsstall installiert wurde und einen Server (Smartbow

Farmserver, Smartbow GmbH). Die Daten wurden von den Ohrmarken erfasst, drahtlos in Echtzeit an den Empfänger gesendet und auf dem Server gespeichert und mittels Algorithmen verarbeitet. Die Algorithmen dienen dazu, das Auftreten von bestimmten Mustern (z.B. Krankheiten) zu erkennen.



Abb. 4: Smartbow Ohrmarke (Bild: Michael Mitterer)

Die Smartbow Ohrmarke erfasste im Sekundentakt die Bewegung der Kühe in einem dreidimensionalen Muster. Hieraus wurden die Wiederkautätigkeit und die Ruhephasen (stehen und liegen) sowie die Aktivität (bewegen) und hohe Aktivität (Brunstverhalten) abgeleitet. Die in der Studie verwendeten Algorithmen sind geistiges Eigentum des Unternehmens Smartbow. Die Summe der genannten Parameter ergab die Daten einer Stunde (60 Minuten). Diese wurden auf einen Tag (24 Stunden) hochgerechnet. Die gespeicherten Daten wurden täglich in ein Excel (Microsoft Excel, Microsoft Corporation, USA) Tabellenblatt transferiert.

2.4. Statistik

Die Studientiere wurden aufgrund ihrer BHB-Konzentration an den Tagen 1-7, 8, 10, 12, 14, 28, 42 *p.p.* in nonKET (BHB <1,2 mmol/l) bzw. sKET (BHB an 2 Tagen \geq 1,2 mmol/l) eingeteilt (Duffield et al 2009). Die Daten wurden in das Statistikprogramm Python (Python Software Foundation, Delaware, USA) eingespielt und ausgewertet. Für den Import und die

Aufbereitung wurde das Paket "Pandas" <https://pandas.pydata.org/about/citing.html> (letzter Zugriff 04.02.2021) verwendet. Mit diesem Paket können Daten im csv-Format in Tabellen (sog. Dataframes) geladen und verknüpft werden. Für die Auswertungen wurden sowohl die Bewegungsprofile (in Minuten) als auch die Frequenz der Futteraufnahme (pro Tag) der Studientiere in Dataframes geladen, anhand des Geburtstermins den Tagen zugeordnet und in einer Skala von 42 Tage *a. p.* bis 42 Tage *p. p.* aufgetragen. Kühe, die eine weitere Laktation in der Studie teilnahmen wurden als separater Datensatz angesehen. Die grafischen Visualisierungen wurden mit dem Paket "Seaborn" <https://seaborn.pydata.org/> (letzter Zugriff 04.02.2021) erstellt. Die numerischen Daten der NEFA- und BHB-Konzentrationen, die tägliche Futteraufnahme-Frequenz (FAF) und die Bewegungs- und Wiederkauaktivitäten wurden auf Normalverteilung getestet (Kolmogorov-Smirnov Test). Die deskriptive Statistik beschrieb die Mittelwerte und Standardabweichung bzw. Mediane und Quartile der Parameter für zusammengefasste Zeitabschnitte der trockenstehenden und laktierenden, gesunden Kühe (nonKET) bzw. kranken Kühe (sKET). Die Mittelwerte der Parameter wurden tageweise zwischen nonKET und sKET verglichen (T-Test bzw. Mann-Whitney Test). Ein Signifikanz-Level von $P < 0,05$ wurde angenommen.

3. Ergebnisse

Von 67 Versuchstieren, die für die Studie selektiert wurden, mussten 13 Kühe auf Grund der zuvor genannten Kriterien ausgeschlossen werden, sodass 54 Tiere an der Studie teilnahmen. Von den 13 erkrankten Tieren wurden acht wegen einer akuten Metritis und drei wegen einer klinischen Ketose behandelt. Zwei Kühe wurden aufgrund von Verhaltensauffälligkeiten (Probleme mit der Fütterungstechnik) aus der Studie ausgeschieden.

Anhand der BHB-Konzentrationen *p. p.* wurden 27 Studientiere in die Gruppe sKET (2x $\geq 1,2$ mmol/l) und 27 Tiere in die Gruppe nonKET (BHB $< 1,2$ mmol/l) eingeteilt. Die Milchleistung im Tagesdurchschnitt der ersten 7 Laktationstage betrug bei der Gruppe sKET 27,3 kg und bei nonKET 29,2 kg. Die mittlere Laktationszahl war 3,6 bzw. 2,7 in den Gruppen sKET bzw. nonKET.

Tab. 4: Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der nicht veresterten freien Fettsäuren- (NEFA) und Beta-Hydroxybutyrat-(BHB)-Konzentrationen an den Probentagen der Gruppen nonKET und sKET.

NEFA		
Probentag	nonKET (n=27)	sKET (n=27)
42 <i>a. p.</i>	0,12 (0,09; 0,19)	0,17 (0,12; 0,21)
14 <i>a. p.</i> *	0,13 (0,07; 0,16)	0,19 (0,13; 0,28)
0* (Kalbung)	0,42 (0,33; 0,77)	0,81 (0,53; 0,96)
BHB		
Probentag	nonKET (n=27)	sKET (n=27)
0 (Kalbung)	0,70 (0,65; 0,80)	0,90 (0,70; 1,10)
7 <i>p. p.</i> *	0,65 (0,60; 0,73)	1,10 (0,90; 2,20)
14 <i>p. p.</i> *	0,65 (0,50; 0,80)	1,20 (0,90; 1,70)
28 <i>p. p.</i> *	0,70 (0,60; 0,90)	1,40 (0,90; 2,30)
42 <i>p. p.</i>	0,60 (0,45; 0,85)	0,70 (0,60; 1,00)

nonKET: Gesund; sKET: subklinische Ketose; *a. p.*: *ante partum*; *p. p.*: *post partum*

* Median der NEFA- bzw. BHB-Werte unterschieden sich am Probentag signifikant zwischen nonKET und sKET (Mann-Whitney Test, $P < 0,05$)

Die NEFA-Konzentrationen waren an den Tagen 14 *a. p.* und 0 zwischen nonKET und sKET unterschiedlich ($P = 0,04$ bzw. $0,01$). Unterschiede in den BHB-Konzentrationen waren

zwischen nonKET und sKET an den Tagen 7, 14 und 28 *p. p.* ersichtlich (Tab. 4; P=0,001). An den Tagen 42 *a.p.* (NEFA) bzw. 0, 1 und 42 *p. p.* (BHB) zeigten sich keine Unterschiede in den Konzentrationen (Tab. 4, P>0,05).

Tab. 5: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der Trockenmasseaufnahmen (TMA, kg) an den Proben Tagen der Gruppen nonKET und sKET

Trockenmasseaufnahmen				
Proben Tag	nonKET		sKET	
	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)
42 <i>a. p.</i>	13,7 ± 2,9	13,9 (11,7/16,3)	12,9 ± 2,8	13,9 (11,4/15,0)
14 <i>a. p.</i>	14,0 ± 2,5	14,0 (11,8/16,6)	12,8 ± 2,4	13,6 (11,8/14,2)
0 (Kalbung)	10,7 ± 4,4	11,1 (8,0/13,0)	8,4 ± 4,1	8,3 (5,5/10,8)
7 <i>p. p.</i>	18,0 ± 4,1	19,3 (15,8/20,7)	16,6 ± 4,9	16,2 (14,3/20,1)
14 <i>p. p.</i> *	19,9 ± 4,3	19,5 (17,6/21,4)	17,1 ± 3,7	16,3 (14,7/19,9)
28 <i>p. p.</i>	17,5 ± 3,4	17,8 (15,0/20,7)	17,2 ± 3,2	17,2 (14,9/19,9)
42 <i>p. p.</i>	14,7 ± 7,5	13,1 (7,4/21,5)	18,2 ± 8,8	18,0 (13,7/21,9)

nonKET: Gesund; sKET: subklinische Ketose; *a. p.*: *ante partum*; *p. p.*: *post partum*

*Mittelwerte der TMA unterschieden sich am Proben Tag signifikant zwischen nonKET und sKET (T-Test: P<0,05)

Des Weiteren wurden an den Tagen 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10 und 13 *p. p.* signifikant höhere TMA der nonKET verglichen zu sKET gemessen (T-Test: P<0,05; Daten nicht ausgewiesen) (Tabelle 5).

Tab. 6: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der Futteraufnahmefrequenz (FAF) an den Probetagen der Gruppen nonKET und sKET

Probetag	Futteraufnahmefrequenz			
	nonKET (n=27)		sKET (n=27)	
	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)
42 <i>a. p.</i>	21,5 ± 10,1	21,5 (15,0/27,8)	21,0 ± 9,2	20,0 (11,75/23,0)
14 <i>a. p.</i>	15,9 ± 10,2	13,5 (7,8/19,8)	19,9 ± 13,8	17,5 (9,5/24,8)
0 (Kalbung)	14,5 ± 7,5	15,0 (8,0/18,0)	13,6 ± 7,7	13,0 (7,5/17,0)
7 <i>p. p.</i>	21,7 ± 10,5	20,0 (15,0/26,0)	17,5 ± 8,6	16,0 (10,0/25,0)
14 <i>p. p.</i>	23,8 ± 12,6	21,0 (14,0/30,0)	23,8 ± 12,6	21,0 (14,0/30,0)
28 <i>p. p.</i>	23,8 ± 13,3	19,0 (14,0/30,0)	18,5 ± 8,6	16,5 (11,0/24,8)
42 <i>p. p.</i>	12,1 ± 8,0	10,0 (5,0/21,0)	14,8 ± 10,3	14,0 (9,0/19,0)

nonKET: Gesund; sKET: subklinische Ketose; *a. p.*: *ante partum*; *p. p.*: *post partum*

An den Probetagen konnten keine signifikanten Unterschiede in der FAF zwischen nonKET und sKET festgestellt werden (Tabelle 6).

Tab. 7: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, 1.Quartil und 3.Quartil (in Klammern) der Aktivität und Wiederkautätigkeit in Minuten/Tag an den Probetagen der Gruppen nonKET und sKET

Aktivität				
Probetag	nonKET		sKET	
	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)
42 <i>a. p.</i>	846,2 ± 158,6	880 (829/897,5)	758,1 ± 266,1	838,5 (648/927)
14 <i>a. p.</i>	831,3 ± 196,3	899 (773,5/945)	846,5 ± 107,1	845 (775/915)
0 (Kalbung)	833,3 ± 121,9	836,5 (752/947)	754,5 ± 241	775 (699/903)
7 <i>p. p.</i>	942,3 ± 100,8	964,5 (889/999)	925,6 ± 86,2	929,5 (884/974)
14 <i>p. p.</i>	892,8 ± 145,6	915,5 (839/992)	825,5 ± 276,1	931 (813/972)
28 <i>p. p.</i>	927,3 ± 95,2	939 (879/981)	922,3 ± 89,3	911 (862/986)
42 <i>p. p.</i>	938,3 ± 206,2	975 (890/1057)	974,9 ± 135	1009 (919/1061)

Wiederkautätigkeit				
Probetag	nonKet		sKET	
	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)	Mittelwert ± SD	Median (1./3.Quartil)
42 <i>a. p.</i>	539 ± 102,7	539 (494/611,5)	479,1 ± 152,3	527,5 (401/583)
14 <i>a. p.</i>	516,4 ± 129,7	517 (490,5/588)	555 ± 105,3	535 (499/596)
0 (Kalbung)	377 ± 82,3	382,5 (312/444)	325 ± 157,8	343 (226/402)
7 <i>p. p.</i>	606,1 ± 86,4	597,5 (546/692)	644,6 ± 89	632,5 (586/715)
14 <i>p. p.</i>	593,2 ± 108,2	623 (531/667)	554,1 ± 177,3	606 (571/662)
28 <i>p. p.</i>	621,7 ± 94,5	618,5 (551/652)	649,6 ± 75,3	654,5 (596/706)
42 <i>p. p.</i>	558,2 ± 133	594 (506/630,5)	593 ± 90,7	596,5 (546/643)

nonKET: Gesund; sKET: subklinische Ketose; *a. p.*: *ante partum*; *p. p.*: *post partum*;

Sowohl die Werte der Bewegungsaktivität als auch jene der Wiederkäuzeit unterlagen an den verschiedenen Probetagen starken Schwankungen. Zwischen den Gruppen nonKET und sKET zeigte sich an keinem der Untersuchungstage ein signifikanter Unterschied in der

Bewegungsaktivität und in der Wiederkauaktivität ($P > 0,05$) (Tab. 7). Die Abbildung 5 bietet eine grafische Übersicht über die Aktivitäts- und Wiederkauprofile der beiden Gruppen.

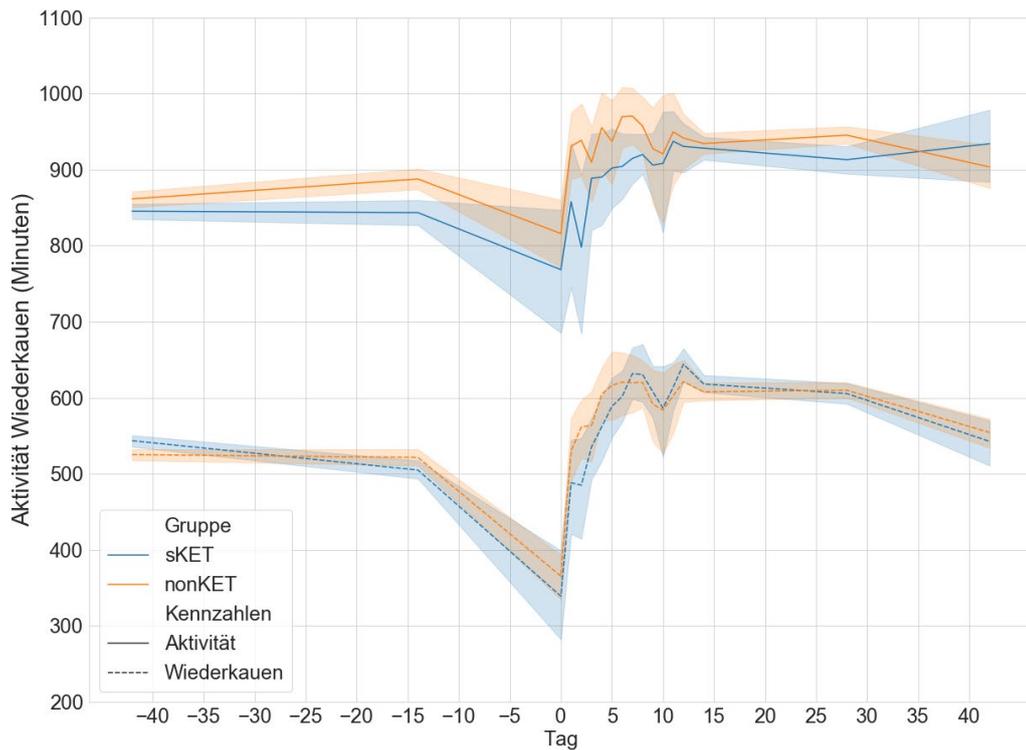


Abb. 5: Bewegungs- (obere Grafik) und Wiederkauprofile (untere Grafik) der gesunden Tiere (Orange, nonKET) und der erkrankten Tiere (Blau, sKET) auf der y-Achse (Minuten pro Tag). Die Versuchstage auf der x-Achse (Tag 0=Kalbung). Linien (durchgezogen: Aktivität; gepunktet: Wiederkauen) Mediane, Flächen begrenzen das 1. und 3. Quartil.

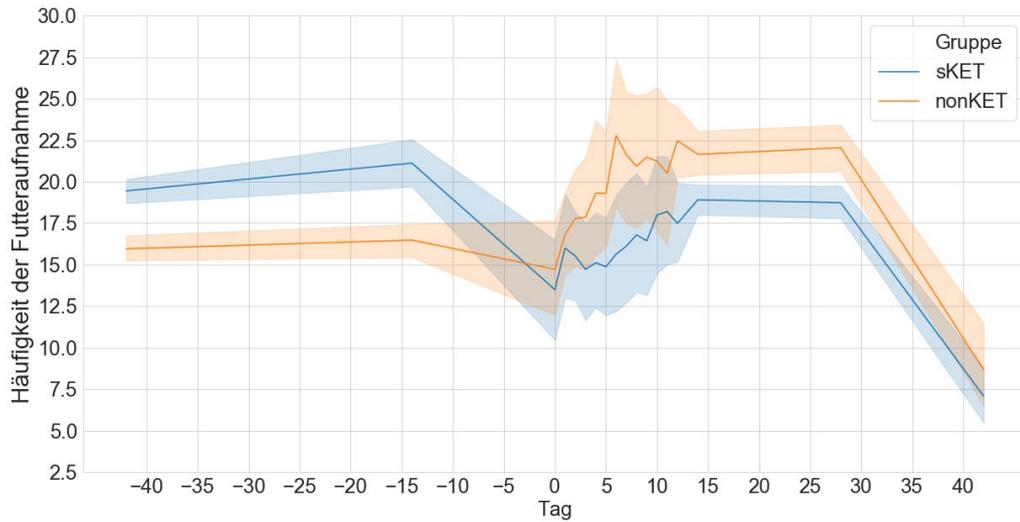


Abb. 6: Frequenz der Futteraufnahme (FAF) pro Tag der Gruppen nonKET und sKET auf der y-Achse. Die Versuchstage auf der x-Achse (Tag 0=Kalbung). Median der FAF von nonKET (Blaue Linie) und Streuung (Blaue Fläche: 1. bis 3. Quartil); Median der FAF von sKET (Orange Linie) und Streuung (Orange Fläche: 1. bis 3. Quartil)

Die FAF der sKET war bis 3 Tage *a. p.* höher als bei nonKET, hingegen danach die Kühe der sKET weniger häufig zur Futteraufnahme als die gesunden Kühe (Abb. 6). Diese Unterschiede waren an den Tagen 38, 35, 26, 25, 23, 21, 18, 17, 16 *a. p.* und 6 *p. p.* signifikant (Mann-Whitney Test: $P < 0,05$; Daten nicht ausgewiesen).

4.Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es zu überprüfen, ob Kühe mit SK anhand einer reduzierten Wiederkautätigkeit und verminderter Bewegungsaktivität mit Hilfe des elektronischen Ohrmarkensystems SMARTBOW frühzeitig erkannt werden können. In der Vergangenheit wurde das SMARTBOW-System von einigen Autoren erfolgreich validiert, wobei die Erkennung der Bewegungsaktivitäten, das Wiederkauen und die Brunsterkennung untersucht wurden (Reiter et al. 2018, Borchers et al. 2016, Schweinzer et al. 2019). Die Versuchs- und Kontrollkühe wurden gelenkt gefüttert, was bedeutet, dass unterschiedliche Mengen an TM angeboten wurden, um das Energie- und Proteinangebot zu steuern. Das Studiendesign sah vor, Kühe der sKET in eine kontrollierte NEB zu führen. Verminderte TMA, vor allem in der Früh-laktation, führt zu oxidativen Stress und verstärkter Lipomobilisation (Urđl et al. 2015, Rodriguez-Jimenez 2018), was sich in unserer Studie bei den sKET durch eine erhöhte Konzentration an NEFA und BHB im Blut bemerkbar machte. Interessanterweise zeigten die sKET keine signifikant höhere FAF um das geringere TM-Angebot zu kompensieren, obwohl die Futteraufnahmeberechtigungen in der Einzelfutterstrecke für beide Gruppen gleich waren. Möglicherweise führte die gesteigerte Oxidation der freien Fettsäuren in der Leber bei dieser Gruppe zu vermindertem Appetit (Allen und Piantoni 2013), wodurch evtl. auch die Häufigkeit der Futteraufnahme negativ beeinflusst wurde. Die bereits erprobten Schnelltests für die Messung der BHB-Konzentration wurden zur Gruppeneinteilung herangezogen, da sie geeignet sind, betroffene Kühe direkt im Stall zu detektieren (Iwersen et al. 2013). Es bedarf jedoch zumindest einer minimal-invasiven Technik, um Kapillarblut für die Messung der BHB zu gewinnen (Kanz et al. 2015). Eine fortlaufende, automatisierte Kontrolle könnte sowohl die Früherkennung von klinischen als auch von subklinischen Erkrankungen auf Herdenebene erleichtern. Einige Studien konnten bereits darlegen, dass die sensorbasierte Technologie von Smartbow geeignet ist, die Bewegungsaktivitäten von Kühen (Borchers et al. 2016), das Wiederkauverhalten (Reiter et al. 2018) und das Brunstverhalten akkurat aufzuzeichnen (Schweinzer et al. 2019).

In einer aktuellen Arbeit mit dem Smartbow System konnte festgestellt werden, dass Kühe mit klinischen Metritiden, Mastitiden und Ketosen einige Tage vor dem Auftreten von klinischen Symptomen kürzere Wiederkauzeiten und geringere Aktivitäten im Vergleich zu

gesunden Kühen hatten (Gusterer et al. 2020). Zu einem signifikanten Ergebnis kamen Stangaferro et al. (2016), die kürzere Ruminationszeiten und geringere Bewegungsaktivitäten bei Kühen mit Ketose feststellten. In unserer Studie konnten, ähnlich wie in der Arbeit von Gusterer et al. (2020), nur numerische Unterschiede in der Aktivität und in der Wiederkautätigkeit zwischen sKET und gesunden Kühen *p. p.* gefunden werden. Bemerkenswert ist, dass in unserer Arbeit die Aktivitäten spezifisch nur zwischen gesunden Kühen und sKET verglichen wurden und der Vergleich nicht, wie in der vorhin erwähnten Studie, mit verschiedenen Erkrankungen erfolgte. Nichtsdestotrotz war es Stangaferro et al. (2016) möglich, Kühe mit BHB-Konzentrationen $\geq 1,2$ mmol/l mit Hilfe einer Halsband-Sensor-Technologie frühzeitig zu erkennen. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass bei Stangaferro et al (2016) eine Kombination von Wiederkautätigkeit und Aktivitätsmessung in einem Scoring-System erfasst und damit Vergleiche zwischen gesunden und kranken Kühen durchgeführt wurden. In unsere Studie hingegen wurden diese Parameter getrennt betrachtet. Zudem lag die Fallzahl deutlich höher als in unserer Studie. Aufgrund dieses unterschiedlichen Studiendesigns sind die Ergebnisse der beiden Arbeiten nur schwer vergleichbar. Möglicherweise war in unserer Studie auch die Zuteilung der Kühe in sKET nach zu strengen Kriterien erfolgt, da eine zweimalige Überschreitung des Grenzwerts von $\geq 1,2$ mmol/l BHB zu ungenau für die Diagnose einer SK über einen Zeitraum von sechs Wochen sein könnte. Zu diesem Aspekt gibt es Hinweise, dass der Zeitpunkt der BHB-Messung in Abhängigkeit zum Fütterungszeitpunkt steht (Quiroz-Rocha et al. 2010), aber auch ein tageszeitabhängiger Effekt existiert (Sutton et al. 1988). In unserer Arbeit haben wir die SK-Diagnostik basierend auf die Studie von Mahrt et al. (2014) durchgeführt, die keine Unterschiede durch eine einmalige Messung der täglichen BHB-Konzentration im Vergleich zu acht Messungen als Goldstandard fanden.

Die zunehmenden Herdengrößen und steigenden Milchleistungen haben die Bedürfnisse nach einer computerbasierten Überwachung der Tiergesundheit geweckt, die mit den heutigen sensorbasierten Technologien möglich wurden (Mottram et al. 2015). Die erfolgreiche Evaluierung von Testsystemen zur Aufzeichnung von Bewegungs- und Wiederkauaktivitäten in Milchviehherden (Borchers et al. 2016), nährten die Bestrebungen erkrankte Kühe frühzeitig zu erkennen. In unserer Studie konnten Kühe mit einer SK aufgrund ihrer

verminderten Wiederkau- und Bewegungsaktivität von gesunden Tieren unterschieden werden, jedoch konnten keine statistisch signifikanten Ergebnisse erzielt werden, die eine tierindividuelle Frühdiagnostik ermöglichen. Eine weiterführende Studie mit einer größeren Population und engeren Beobachtungszeiträumen sollte die Früherkennung von SK mit dem ohrmarkenbasierten Smartbow System erneut validieren.

5.Zusammenfassung

Das Ziel der Studie war es, Kühe mit einer subklinischen Ketose mit Hilfe des ohrmarkenbasierten Sensorsystems SMARTBOW (Smartbow GmbH, Weibern, Österreich) frühzeitig zu erkennen. Dazu wurden 54 Fleckviehkühe zu Beginn des Trockenstellens, ca. 42 Tage *a. p.* in einem Versuchsstall mit Einzeltrogfütterung (Hokofarm Group B.V., Niederlande) aufgenommen. Durch eine gezielte Fütterung wurden die Kühe der Versuchsgruppe in eine kontrollierte negative Energiebilanz geführt, hingegen wurden die Kontrollkühe ausgewogen gefüttert. Durch wiederholte Messungen der Konzentration von Beta-Hydroxybutyrat im Blut wurden Kühe mit subklinischer Ketose, definiert durch eine zweimalige Überschreitung der Konzentration von $\geq 1,2$ mmol/l Beta-Hydroxybutyrat, von gesunden Kühen ($< 1,2$ mmol/l) unterschieden. Die Hypothese, dass Kühe mit subklinischer Ketose mit dem Sensorsystem anhand einer reduzierten Wiederkautätigkeit und verminderter Bewegungsaktivität von gesunden Kühen unterscheidbar wären, konnte nicht bestätigt werden. Zwar zeigten beispielsweise gesunde Kühe am Tag 7 *p. p.* durchschnittlich 16,7 Minuten mehr Bewegungsaktivität als die Kühe mit subklinischer Ketose, jedoch war die Wiederkäuzeit um 38,5 Minuten kürzer. Am 14.Tag *p. p.* hatten die gesunden Kühe numerisch höhere Aktivitäten, und zwar um 39,1 Minuten längere Wiederkäuzeiten und um 67,3 Minuten mehr Bewegungsaktivität als die Erkrankten.

Weiterführende Studien mit einer größeren Population sollten folgen, die verschiedene sensorbasierte Systeme testen, um in einem enger definierten Zeitfenster Veränderung in den Aktivitäten und Wiederkauverhalten von subklinisch erkrankten Kühen zu detektieren.

6. Summary

The aim of this study was to test the sensor-based Smartbow system (Smartbow GmbH, Weibern, Austria) in order to detect cows suffering from subclinical ketosis. Fifty-four Simmental cows at the beginning of dry-off period, approximately 42 days before expected calving, were enrolled to this study and fed with an individual feeding system (Hokofarm Group B. V., The Netherlands). The feeding management was designed to drive the treatment group into a controlled negative energy balance. Cows were assigned to group subclinical ketosis, if concentration of beta-hydroxybutyrate was exceeding 1.2 mmol/L twice, whereas other cows were regarded as healthy controls. The hypothesis, that cows with subclinical ketosis can be detected based on their reduced rumination and activity with the sensor-based Smartbow system could not be confirmed. On the 7th day *p. p.* the activity was 16.7 minutes higher in cows with subclinical ketosis compared with controls, but the chewing time in the diseased cows was 38.5 minutes longer on average. However, on day 14 *p. p.* the controls showed on average 39.1 minutes greater chewing time and 67.3 minutes more activity per day compared with the diseased cows. Further research should focus on testing various sensor-based systems using a study design with higher statistical power to early detect subclinical ketosis by analyzing the profile of activity and rumination.

7. Literaturverzeichnis

Allen MS, Piantoni P. 2013. Metabolic control of feed intake: implications for metabolic disease of fresh cows. *The Veterinary clinics of North America. Food animal practice*, 29 (2): 279–297. DOI 10.1016/j.cvfa.2013.04.001.

Banhazi TM, Lehr H, Black JL, Crabtree H, Schofield P. 2012. Precision Livestock Farming: an international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 5(3):1–9. DOI 10.3965/j.ijabe.20120503.00

Baumgartner W, Wittek T. 2018. *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*. Neunte, aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Enke Verlag; Georg Thieme Verlag KG, 1 Online-Ressource.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). 2017. *Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen*. Freising-Weihenstephan. 42. Auflage, Kapitel 4:18–20.

Borchers MR, Chang YM, Tsai IC, Wadsworth BA, Bewley JM. 2016. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*, 99 (9):7458–7466. DOI 10.3168/jds.2015-10843.

Duffield TF, Lissemore KD, McBride BW, Leslie KE. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92(2):571–580.

Duffield T. 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16 (2):231–253. DOI 10.1016/S0749-0720(15)30103-1.

Gasteiner J, Wolfthaler J, Fasching C, Zollitsch W, Horn M, Steinwidder A. 2017. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Milchmarkt, Züchtung, Stoffwechsel, Umweltwirkungen, Grundfutterqualität, Kraftfuttereinsatz, 05. und 06. April, HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Irdning-Donnersbachtal: Höhere Bundes- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, 102:49–52.

Gusterer E, Kanz P, Krieger S, Schweinzer V, Süß D, Lidauer L, Kicking F, Öhlschuster M, Auer W, Drillich M, Iwersen M. 2020. Sensor technology to support herd health monitoring: Using rumination duration and activity measures as unspecific variables for the early detection of dairy cows with health deviations. *Theriogenology*, 157:61–69. DOI 10.1016/j.theriogenology.2020.07.028.

Iwersen M, Klein-Jöbstl D, Pichler M, Roland L, Fidschuster B, Schwendenwein I, Drillich M. 2013. Comparison of two electronic cowside tests to detect subclinical ketosis in dairy cows and the influence of the temperature and type of blood sample on the test results. *Journal of Dairy Science*, 96(12):7719–7730. DOI 10.3168/jds.2013-7121.

Jónsson R, Blanke M, Poulsen NK, Caponetti F, Højsgaard S. 2011. Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1):6–15. DOI 10.1016/j.compag.2010.12.014.

Kanz P, Drillich M, Klein-Jöbstl D, Mair B, Borchardt S, Meyer L, Schwendenwein I, Iwersen M. 2015. Suitability of capillary blood obtained by a minimally invasive lancet technique to detect subclinical ketosis in dairy cows by using 3 different electronic hand-held devices. *Journal of Dairy Science*, 98(9):6108–6118. DOI 10.3168/jds.2014-8957.

Kauppinen K. 1983. Prevalence of bovine ketosis in relation to number and stage of lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 24(4):349–361.

Krieger S, Oczak M, Lidauer L, Berger A, Kickinger F, Öhlschuster M, Auer W, Drillich M, Iwersen M. 2019. An ear-attached accelerometer as an on-farm device to predict the onset of calving in dairy cows. *Biosystems Engineering*, 184: 190–199. DOI 10.1016/j.biosystemseng.2019.06.011.

Mahrt A, Burfeind O, Heuwieser W. 2014. Effects of time and sampling location on concentrations of β -hydroxybutyric acid in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97:291–298. DOI 10.3168/jds.2013-7099.

Martens H. 2014. Erkrankungen von Milchkühen in der frühen Laktationsphase – Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie. Die Hochleistungskuh: Wenn die Leistung zur Last wird! 51. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., Tagungsband „Tierernährung und Tierwohl“:27–35.

McArt JAA, Nydam DV, Oetzel GR. 2012. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(9):5056–5066. DOI 10.3168/jds.2012-5443.

Mottram T. 2015. Animal board invited review: precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal: The International Journal of Animal Biosciences*, 10(10):1575–1584. DOI 10.1017/S1751731115002517.

Quiroz-Rocha GF, Leblanc SJ, Duffield TF, Jefferson B, Wood D, Leslie KE, Jacobs RM. 2010. Short communication: Effect of sampling time relative to the first daily feeding on interpretation of serum fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 93 (5): 2030–2033. DOI 10.3168/jds.2009-2141.

Reiter S, Sattlecker G, Lidauer L, Kicking F, Öhlschuster M, Auer W, Schweinzer V, Klein-Jöbstl D, Drillich M, Iwersen M. 2018. Evaluation of an ear-tag-based accelerometer for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(4):3398–3411. DOI 10.3168/jds.2017-12686.

Rodriguez-Jimenez S, Haerr KJ, Trevisi E, Loor JJ, Cardoso FC, Osorio JS. 2018. Prepartal standing behavior as a parameter for early detection of postpartal subclinical ketosis associated with inflammation and liver function biomarkers in peripartal dairy cows. *Journal of dairy science*, 101 (9): 8224–8235. DOI 10.3168/jds.2017-14254.

Schirmann K, Keyserlingk MAG von, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of dairy science*, 92 (12): 6052–6055. DOI 10.3168/jds.2009-2361.

Schön H, Haidn B und Wendl G. 2003. Technische Innovationen in der Nutztierhaltung zur Verbesserung des Tier und Verbraucherschutzes. Aus der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft Freising-Weihenstephan, Sonderheft, 32–42.

Schweinzer V, Gusterer E, Kanz P, Krieger S, Süss D, Lidauer L, Berger A, Kicking F, Öhlschuster M, Auer W, Drillich M, Iwersen M. 2019. Evaluation of an ear-attached accelerometer for detecting estrus events in indoor housed dairy cows. *Theriogenology*, 130: 19–25. DOI 10.1016/j.theriogenology.2019.02.038.

Stangaferro ML, Wijma R, Caixeta LS, Al-Abri MA, Giordano JO. 2016. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *Journal of Dairy Science*, 99(9):7395–7410. DOI 10.3168/jds.2016-10907.

Suthar VS, Canelas-Raposo J, Deniz A, Heuwieser W. 2013. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of dairy science*, 96 (5): 2925–2938. DOI 10.3168/jds.2012-6035.

Sutton JD, Hart IC, Morant SV, Schuller E, Simmonds AD. 1988. Feeding frequency for lactating cows: diurnal patterns of hormones and metabolites in peripheral blood in relation to milk-fat concentration. *The British journal of nutrition*, 60 (2): 265–274. DOI 10.1079/bjn19880098.

Titler M, Maquivar MG, Bas S, Rajala-Schultz PJ, Gordon E, McCullough K, Federico P, Schuenemann GM. 2015. Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Science*, 98(8):5304–5312. DOI 10.3168/jds.2014-9223.

Urdl M, Gruber L, Obritzhauser W, Schauer A. 2015. Metabolic parameters and their relationship to energy balance in multiparous Simmental, Brown Swiss and Holstein cows in the periparturient period as influenced by energy supply pre- and post-calving. *Journal of Animal Physiologie and Animal Nutrition*, 99 (1): 174–189. DOI 10.1111/jpn.12178.

Wolfger B, Jones BW, Orsel K, Bewley JM. 2017. Technical note: Evaluation of an ear-attached real-time location monitoring system. *Journal of Dairy science*, 100(3):2219–2224. DOI 10.3168/jds.2016-11527.

8. Abbildungsverzeichnis

- Abb.1: Versuchsstall. Links im Bild die Wiegetröge (blaue Tröge); rechts die Liegeboxen; hinten die Tiefstreubox (Bild: Michael Mitterer). Das Foto wurde zu einem Zeitpunkt aufgenommen, zu dem bereits andere Tiere eingestallt waren..... - 9 -
- Abb. 2: Versuchsstall. Links im Bild die Liegeboxen; rechts im Bild der Laufgang mit Schrappentmistung, vorne der Tiefstreubereich (Bild: Michael Mitterer)..... - 10 -
- Abb. 3: Mikrochip (gelb) verbunden mit Smartbow Ohrmarke (schwarz-weiß) (Bild: Michael Mitterer)..... - 13 -
- Abb. 4: Smartbow Ohrmarke (Bild: Michael Mitterer)..... - 15 -
- Abb. 6: Frequenz der Futteraufnahme (FAF) pro Tag der Gruppen nonKET und sKET auf der y-Achse. Die Versuchstage auf der x-Achse (Tag 0=Kalbung). Median der FAF von nonKET (Blaue Linie) und Streuung (Blaue Fläche: 1. bis 3. Quartil); Median der FAF von sKET (Orange Linie) und Streuung (Orange Fläche: 1. bis 3. Quartil)..... - 22 -

9. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Versorgung der Kontroll-(KON) und Versuchsgruppe (VER) mit Energie (MJ NEL) und Rohprotein (g) <i>ante partum</i> und <i>post partum</i> anhand der Empfehlungen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2017).....	- 8 -
Tab. 2: Rationskomponenten, Nährstoff-Zusammensetzung und Trockenmasse der vorgelegten Rationen.....	- 12 -
Tab. 3: Zeitplan der Probenentnahmen für Beta-Hydroxybutyrat (BHB)-Konzentrationen im Kapillar-Blut und für Vollblut (NEFA-Messung).....	- 14 -
Tab. 4: Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der nicht veresterten freien Fettsäuren- (NEFA) und Beta-Hydroxybutyrat-(BHB)-Konzentrationen and den Probetagen der Gruppen nonKET und sKET.....	- 17 -
Tab. 5: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der Trockenmasseaufnahmen (TMA, kg) an den Probetagen der Gruppen nonKET und sKET.....	- 18 -
Tab. 6: Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median, 1. Quartil und 3. Quartil (in Klammern) der Futteraufnahmefrequenz (FAF) an den Probetagen der Gruppen nonKET und sKET.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tab. 7: Mittelwert, Standartabweichung (SD), Median 1.Quartil und 3.Quartil (in Klammern) der Aktivität und Wiederkautätigkeit in Minuten/Tag der Gruppen nonKET und sKET ...	- 20 -

10.Danksagung

Hier möchte ich allen beteiligten Personen meinen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Harald Pothmann für seine Hilfe und hervorragende Betreuung bei der Erstellung meiner gesamten Abschlussarbeit. Selbst in der so turbulenten Coronakrise war er stets erreichbar und immer bereit, mir mit Rat und Tat zur Seite zu stehen. Auch bei Herrn Prof. Dr. Marc Drillich möchte ich mich für die Unterstützung in jeglicher Form bedanken.

Weiters möchte ich mich bei meinen Studienkollegen bedanken, mit denen ich eine schöne Studienzeit verbringen durfte und die zu Freunden und Kollegen geworden sind, mit denen ich mich immer austauschen kann.

Einen großen Dank möchte ich Mag. Thomas Löwert aussprechen, den ich während meines Studiums in der Heimat meiner Verlobten kennenlernen durfte und der mich bei seiner Arbeit mitgenommen und mir vieles beigebracht hat. Ich freue mich auf eine gemeinsame Zukunft in der Arbeitswelt.

Zum Abschluss möchte ich mich bei meinen Freunden und meiner gesamten Familie bedanken. Besonders bei meiner Mama, da ohne ihre finanzielle und emotionale Unterstützung dieses Studium nicht möglich gewesen wäre. Ebenso möchte ich meinem Bruder Matthias danken, der mir mit seinem technischen Wissen am Computer eine große Hilfe war. Ein besonderer Dank gilt auch meiner Verlobten Marina, die mich immer unterstützt und motiviert hat, nicht aufzugeben. Auch mein Sohn Markus war im letzten Jahr eine wertvolle Ablenkung zum Schreiben und gleichzeitig Motivation, um meinem Abschluss näher zu rücken.