

Zeigen Milchkühe individuelle Tagesmuster bei der Nutzung von Funktionsbereichen im Stall und in ihrer Aktivität?

Do dairy cows show daily, individually distinct patterns in area use and activity?

JOANNA STACHOWICZ, ROLAND NASSER, FELIX ADRIAN, CHRISTINA UMSTÄTTER

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob Milchkühe individuelle Tagesmuster bei der Nutzung von Funktionsbereichen im Stall und in ihrer Aktivität aufweisen. Wären solche Muster gegeben, könnten diese bzw. deren Abweichungen potentiell für die automatisierte Früherkennung von Tierwohlproblemen bei Nutztieren eingesetzt werden. Die Studie wurde an einer Herde Milchkühe vom Schweizer Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung Agroscope durchgeführt. In dem Versuch wurden 20 laktierende Kühe der Rassen Schweizer Braun- und Fleckvieh eingesetzt. Die Tiere wurden in einem Liegeboxenlaufstall gehalten. Die Fütterung und das Melken erfolgten zu festen Uhrzeiten am Morgen und Abend. Die Nutzung der Funktionsbereiche Liegen, Fressen und Laufen wurde mit dem Sensorsystem SMARTBOW® (Zoetis, Weibern, Österreich) und die Aktivität mit IceTag Pedometern (IceRobotics Ltd, Edinburgh, UK) über einen Zeitraum von sieben Tagen, in Minutenabständen erhoben. Die Auswertung der Verhaltenszeitreihen erfolgte mittels einer hierarchischen agglomerativen Clusteranalyse. In einem zweiten Schritt wurden die von der Clusteranalyse generierten Distanzen zwischen den Tagen extrahiert und innerhalb sowie zwischen Kühen verglichen. Dafür wurde die Effektgröße unter Anwendung des Cohen's d ermittelt. Die durchschnittliche Dauer der Besuche in den drei Funktionsbereichen war für alle Kühe ähnlich (Mittelwertspanne \pm SD, Fressbereich: 214,3–431,6 \pm 56,5, Liegebereich: 418,6–716,0 \pm 84,8 und Laufbereich: 313,5–625,0 \pm 84,0). Eine größere Varianz zeigte sich jedoch in der durchschnittlichen Aktivität zwischen den Kühen (Mittelwertspanne \pm SD, 2.223,3–6.082,4 \pm 907,9). Für die Nutzung der Funktionsbereiche sowie für die Aktivität waren die aus der Clusteranalyse extrahierten durchschnittlichen Distanzen zwischen den Tagen eines Individuums kleiner, als die Distanzen zwischen Tagen unterschiedlicher Individuen. Allerdings waren die Distanzen innerhalb der Individuen immer noch so groß, dass verschiedene Tage einzelner Kühe nicht näher gruppiert werden konnten, als Tage von unterschiedlichen Kühen. In der vorliegenden Studie konnten keine offensichtlich konsistenten, individuellen Tagesmuster in der Nutzung von Funktionsbereichen im Stall und in der Aktivität von Milchkühen festgestellt werden. Allerdings waren die Tage von einzelnen Kühen ähnlicher als Tage von unterschiedlichen Kühen. Das heißt es ist möglich, dass individuelle Tagesmuster trotzdem vorhanden waren, nur, dass diese eine höhere Variabilität aufwiesen und somit mit einer Clusteranalyse nicht identifiziert werden konnten.

Summary

The present study investigated whether dairy cows exhibit daily, individually distinct patterns in the utilization of functional areas in the barn and in activity. The presence of such patterns or their deviation could potentially be used for the automated detection of issues in livestock. The study was conducted on a herd of dairy cows at the Swiss centre of excellence for agricultural research, Agroscope. For the study, 20 lactating cows of the breeds Brown Swiss and Swiss Fleckvieh were used. The cows were kept in a cubicle housing system. They received feed and they were milked during fixed times in the morning and evening. Area use was recorded with the sensor system SMARTBOW® (Zoetis, Weibern, Austria) and activity with IceTag pedometers (IceRobotics Ltd, Edinburgh, UK). All data was collected for seven consecutive days with a resolution of 1 minute. To analyse the behavioural time series a hierarchical agglomerative cluster analysis was applied. In a second step, the distances between days, which were calculated by the clustering process, were extracted and compared within and between cows. For the comparison the effect size was determined using the Cohen's *d*. The average duration of visits to the three functional areas was similar for all the cows (Mean Range \pm SD, feeding area: 214.3–431.6 \pm 56.5, lying area: 418.6–716.0 \pm 84.8 and walking area: 313.5–625.0 \pm 84.0). In contrast, a higher variation was found between cows in the average daily activity (Mean Range \pm SD, 2,223.3–6,082.4 \pm 907.9). Further, for area use and for activity, the average distances between days, calculated by the cluster analysis, were smaller for individual than for different cows. The Cohen's *d* indicated a medium difference of 0.49 for activity and of 0.50 for area use. Yet, the distances between days within cows were still too large to allow a closer grouping of days of individual cows compared to days of different cows. The present study could not detect overt consistent daily, individually distinct patterns in area use and in activity of dairy cows. However, the days within cows were more similar than days between cows. Hence, it could be that daily individually distinct patterns in cows were actually present, but less robust and therefore not detectable with a Cluster analysis.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Bestimmung von Verhalten kann Aufschluss über den Zustand eines Tieres geben und stellt somit ein wichtiges Werkzeug in der angewandten Ethologie dar. Demnach ist die Entdeckung von neuen tierbasierten Variablen sowie die Erprobung von Datenanalysemethoden ein wesentliches Ziel, das verfolgt wird. Lange Zeit wurden Verhaltensweisen weitgehend anhand z. B. ihrer Intensität, Häufigkeit oder Dauer beurteilt. Mandel et al. (2017) konnten beispielsweise zeigen, dass Kühe mit Metritis eine kürzere Dauer in der Bürstennutzung auswiesen als Kontrollkühe. Wallenbeck und Keeling (2013) haben dagegen die Häufigkeit der Besuche an elektronischen Fütterungsautomaten sowie den Futteraufnahme als Indikator für Schwanzbeißen bei Schweinen untersucht. Weiter

wurde zur Bestimmung des Auftretens von Östrus bei Milchkühen die Intensität an Aktivität verwendet (Løvendahl und Chagunda 2010). Im Gegensatz dazu wurden komplexere Verhaltensmuster weitgehend vernachlässigt.

Langsam jedoch richtet sich der Fokus von Forschenden zunehmend auf die Quantifizierung von z.B. den direktionalen, sequentiellen oder zeitlichen Strukturen von Verhalten. Kalueff und Tuohimaa (2004) berichteten, dass gestresste Mäuse eine andere Mikrostruktur in der Ausführung ihrer Körperpflege aufwiesen, als nicht gestresste Mäuse. Weiter zeigte die Studie von Maria et al. (2004), dass die Komplexität von Bewegungsabläufen bei Hühnern unter Stress abnahm, jedoch bereichernde Bedingungen zu einer höheren Komplexität von Verhaltensweisen wie Sitzen, Fressen und Ausruhen führten. Eine aktuellere Arbeit von Rufener et al. (2018) untersuchte Verhaltenszeitreihen von Legehennen mittels einer Clusteranalyse. Die Autoren konnten zeigen, dass Hennen sehr konsistente Tages- und individuell-spezifische Bewegungs- und Raumnutzungsmuster aufweisen. Da ein klar definierter Rhythmus als Charakteristik für einen gesunden Organismus angesehen wird (Berger et al. 2003), zeigen die Resultate Potenzial auf rhythmisches Verhalten von Tieren durch das Clustern von Zeitreihen zu identifizieren.

Für die Untersuchung von Zeitreihen sind kontinuierliche Daten erforderlich, die mittels tierbezogenen Sensoren erhoben werden können. Für Milchkühe gibt es bereits eine Reihe kommerziell verfügbarer Sensoren und aus diesem Grund stellen sie eine geeignete Versuchstierart für die Untersuchung von Verhaltenszeitreihen dar. Insbesondere Sensoren die Daten zur Aktivität sowie zur Nutzung von Funktionsbereichen erheben, können nützliche Informationen über die zeitliche Koordination des Kuhverhaltens liefern.

In der vorliegenden Studie wurde daher mit visuell explorativen sowie statistischen Ansätzen untersucht, ob Milchkühe konsistente, individuell ausgeprägte Tagesmuster bei der Nutzung von Funktionsbereichen im Stall und in ihrer Aktivität aufweisen. Wir gehen davon aus, dass i) Milchkühe konsistente Tagesmuster in der Aktivität sowie in der Nutzung von Funktionsbereichen ausüben und dass ii) ähnlichere Tagesmuster innerhalb als zwischen Kühen gefunden werden.

2 Material und Methoden

2.1 Tiere und Haltung

Die Studie wurde mit einer Milchviehherde vom Schweizer Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung Agroscope durchgeführt. Die Kühe wurden in einem natürlich belüfteten Liegeboxenlaufstall gehalten. Das Tier-Liegeplatz- sowie Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug 1:1. Der Laufbereich bestand aus den Gängen zwischen Fressbereich und Liegeboxen und wies zwei Tränken, einen Kraftfutterautomaten und eine Bürste auf. Zweimal täglich wurden die Kühe zu festen Uhrzeiten am Morgen und Abend gefüttert sowie gemolken. Die Herde bestand aus den Rassen Braunvieh (n = 13) und Schweizer Fleckvieh (n = 7). Alle Kühe befanden sich zwischen dem 64. und 187. Laktationstag (Mittelwert \pm SD: 121 \pm 42 Tage).

2.2 Datenerhebung

Die Nutzung der Funktionsbereiche wurde mit dem Sensorsystem SMARTBOW® (Zoetis, Weibers, Österreich) erhoben. Dabei handelt es sich um ein System mit Echtzeit-Ortung, das aus Ohrmarken und an der Wand montierten Antennen besteht. Über SMARTBOW® wurden die Positionen der Kühe im Stall ermittelt und mit dem Liege-, Fress- und Laufbereich im Stall abgeglichen. Dadurch konnte nachvollzogen werden, in welchem der drei Funktionsbereiche sich die Kühe zu jedem Zeitpunkt befanden. Zur Erhebung der Aktivität dienten IceTag Pedometer (IceRobotics Ltd, Edinburgh, UK), die an einem der Hinterbeine befestigt waren. Für die Auswertung wurde der Bewegungsindex verwendet. Dieser wird direkt vom System, anhand der Beschleunigung der Gliedmaßen, berechnet und reflektiert die Intensität an Aktivität. Alle Daten wurden kontinuierlich über sieben aufeinanderfolgende Tage aufgezeichnet. Aufgrund technischer Probleme und erkrankter Kühe standen am Ende sieben Tageszeitreihen von 14 Kühen für die Analyse zur Verfügung. Neben der statistischen Auswertung wurden die individuellen Zeitreihen für alle einzelnen Kühe sowie die aus dem Clusterprozess generierten Dendrogramme graphisch dargestellt und visuell explorativ untersucht.

2.3 Statistische Analyse

Für die Untersuchung wurde eine hierarchische agglomerative Clusteranalyse, unter Einbezug der Varianz-Methode Ward D, durchgeführt. Um zu bestimmen, ob die Tageszeitreihen innerhalb von Individuen ähnlicher sind als zwischen Individuen, fanden Distanzmaße Anwendung, die einen Zeitsprung (Time Warp) erlauben. Damit ist es möglich, gleiche Sequenzen zu identifizieren, die zeitlich verschoben sind. Für die Nutzung der Funktionsbereiche (kategorische Variable) wurde Time Warp Edit Distance und für Aktivität (kontinuierliche Variable) Dynamic Time Warping als Distanzmaß verwendet. In einem zweiten Schritt wurden die durch den Clusterprozess berechneten Distanzen zwischen den Tagen extrahiert und innerhalb und zwischen Kühen statistisch verglichen. Dazu erfolgte die Bestimmung der Effektgröße mittels Cohen's d.

3 Ergebnisse

Die durchschnittliche Dauer der Besuche in den drei Funktionsbereichen war für alle Kühe ähnlich (Mittelwertspanne \pm SD, Fressbereich: 214,3–431,6 \pm 56,5, Liegebereich: 418,6–716,0 \pm 84,8 und Laufbereich: 313,5–625,0 \pm 84,0). Eine größere Varianz war jedoch in der durchschnittlichen Aktivität zwischen Kühen zu beobachten (Mittelwertspanne \pm SD, 2.223,3 und 6.082,4 \pm 907,9).

Die Dendrogramme ergaben, dass verschiedene Tage von einzelnen Kühen nicht näher geclustert werden konnten, als Tage von unterschiedlichen Kühen. Für die Nutzung der Funktionsbereiche konnten höchstens drei von sieben Tagen einer Kuh gruppiert werden (Abb. 1), während es für die Aktivität bis zu sieben Tage einer Kuh waren (Abb. 2). Die

visuelle Beurteilung der individuellen Zeitreihenplots hat ebenfalls keine klaren Tagesmuster in der Aktivität (Abb. 3) und in der Nutzung der drei Funktionsbereiche (Abb. 4) aufzeigen können.

Allerdings war für die Nutzung der drei Funktionsbereiche (Abb. 5) und für die Aktivität (Abb. 6) die durchschnittliche Distanz zwischen den Tagen eines Individuums kleiner, als die Distanz zwischen Tagen unterschiedlicher Individuen. Der Cohen's d hat eine mittlere Effektstärke von 0,50 für Nutzung der Funktionsbereiche und von 0,49 für Aktivität ergeben.

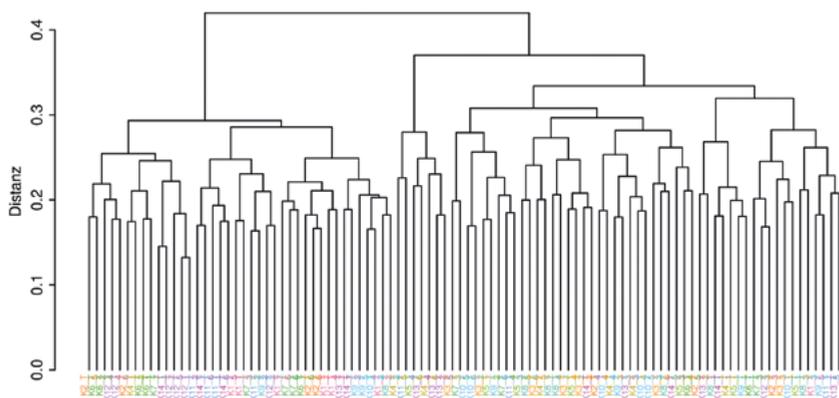


Abb. 1: Das Dendrogramm zeigt die Gruppierung der Tage (T1-7) von allen Kühen (K1-14) basierend auf der Clusteranalyse zur Nutzung der drei Funktionsbereiche

Fig. 1: The dendrogram shows the grouping of days (T1-7) of all cows (K1-14), based on the Cluster analysis of area use

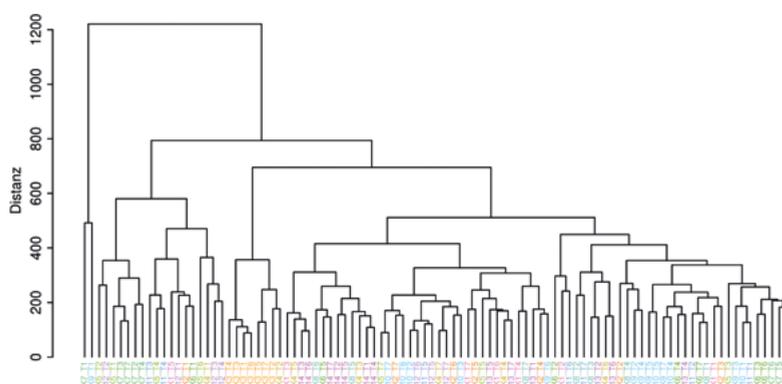


Abb. 2: Das Dendrogramm zeigt die Gruppierung der Tage (T1-7) von allen Kühen (K1-14) basierend auf der Clusteranalyse zur Aktivität

Fig. 2: The dendrogram shows the grouping of days (T1-7) of all cows (K1-14), based on the Cluster analysis of activity

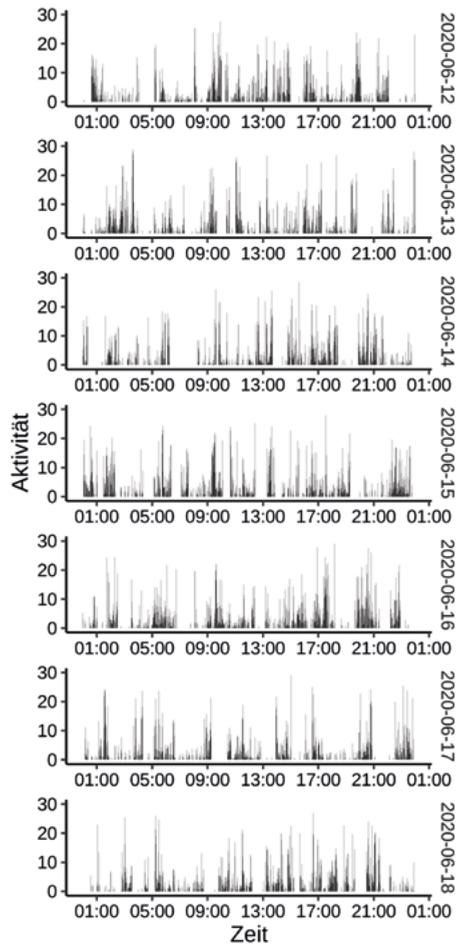


Abb. 3: Grad an Aktivität einer einzelnen Kuh über sieben aufeinanderfolgende 24-h-Perioden
 Fig. 3: Degree of activity of a single cow over seven consecutive 24 hours periods

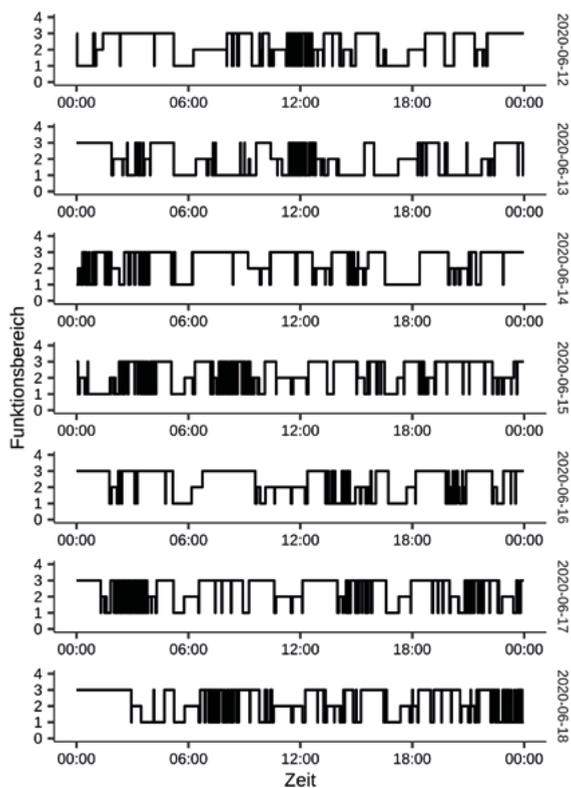


Abb. 4: Tagesmuster der Nutzung von Funktionsbereichen einer einzelnen Kuh über sieben aufeinanderfolgende 24-h-Perioden

Fig. 4: Daily patterns of area use of a single cow over seven consecutive 24 hours periods

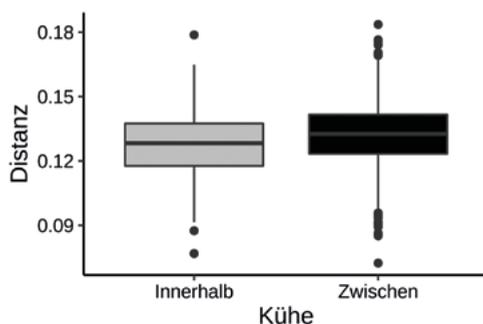


Abb. 5: Die Boxplots zeigen die Distanzen zwischen den Tagen von individuellen und unterschiedlichen Kühen, extrahiert aus dem Clusterprozess zur Nutzung der Funktionsbereiche

Fig. 5: The Boxplots show the distances between days for individual and for different cows, extracted from the clustering process of area use

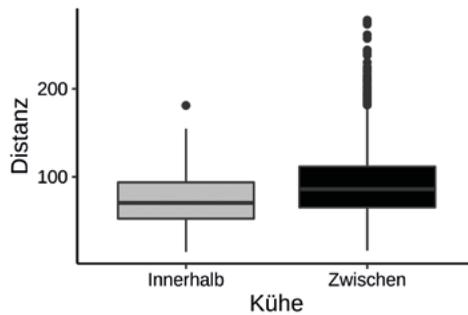


Abb. 6: Die Boxplots zeigen die Distanzen zwischen den Tagen, von individuellen und unterschiedlichen Kühen, extrahiert aus dem Clusterprozess von Aktivität

Fig. 6: The Boxplots show the distances between days for individual and for different cows, extracted from the clustering process of activity

4 Diskussion

Die visuelle Inspektion der durch die Clusteranalyse generierten Dendrogramme zeigte auf, dass Tage von individuellen Kühen nicht näher gruppiert werden konnten, als Tage von verschiedenen Kühen. Das deutet darauf hin, dass die Kühe keine individuell spezifischen Muster in der Nutzung der Funktionsbereiche sowie in ihrer Aktivität aufwiesen. Eine Synchronisation im Verhalten der Kühe (King et al. 2016), könnte das Fehlen von individuellen Mustern erklären. Einen möglichen Hinweis dafür, dass die Kühe in dem vorliegenden Versuch ihr Verhalten tatsächlich zu einem gewissen Teil synchronisiert haben, liefert die Dauer der Besuche in den drei Funktionsbereichen, die für alle Kühe sehr ähnlich war. Ob nun aber die fehlende Gruppierung ausschließlich durch synchronisiertes Verhalten zustande gekommen ist oder ob die Kühe einfach keine konsistenten Tagesmuster ausgeübt haben, kann durch die Clusteranalyse nicht aufgeschlüsselt werden.

Ein Blick auf die graphisch dargestellten individuellen Tageszeitreihen der Aktivität und der Nutzung der Funktionsbereiche ließ keine klaren Tagesmuster im Verhalten erkennen. Im Gegensatz dazu ergaben die aus der Clusteranalyse extrahierten Distanzen, dass Tage von individuellen Kühen ähnlicher waren, als Tage von unterschiedlichen Kühen. Demzufolge kann angenommen werden, dass die Kühe allenfalls doch individuell spezifische Tagesmuster in der Aktivität und in der Nutzung von Funktionsbereichen aufwiesen, nur, dass diese weniger robust waren.

Kühe üben einen multimodalen Aktivitätsrhythmus aus (Refinetti et al., 2016). Das bedeutet, dass ein Wechsel zwischen Aktivitäts- und Ruhephasen alle paar Stunden stattfindet. Darüber hinaus können Kühe zu einem gewissen Teil auch nachts aktiv sein (Gib et al. 1998). Dies hat sich in dieser Studie ebenfalls gezeigt. Beide Faktoren bieten mehr Raum für Abweichungen. Folglich können sie zu einer höheren Variabilität in den zeitlichen Verhaltensmustern führen, als es z.B. für strikt tagaktive Tierarten oder für solche, die einen uni bzw. bi-modalen Aktivitätsrhythmus aufweisen, der Fall wäre.

Weiter ist bei der Anwendung einer Clusteranalyse zu bedenken, dass nicht die Identifizierung eines generellen Tagesmusters angestrebt, sondern jede Abweichung in der Zeitreihe berücksichtigt wird. Folglich wird die Erkennung von Verhaltensmustern, die eine höhere Plastizität in ihrer zeitlichen Struktur aufweisen, erschwert.

Es lässt sich schlussfolgern, dass in der vorliegenden Arbeit keine konsistenten individuell spezifischen Tagesmuster bei Milchkühen gefunden werden konnten, weder bei der Aktivität noch bei der Nutzung von Funktionsbereichen. Allerdings ist es möglich, dass solche Muster trotzdem vorhanden sind, aber aufgrund einer höheren Variabilität mittels einer Clusteranalyse nicht ermittelt werden können.

Literatur

- Berger, A.; Scheibe, K.-M.; Michaelis, S.; Streich, W.J. (2003): Evaluation of living conditions of free-ranging animals by automated chronobiological analysis of behavior. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers* 35(3), pp. 458–466
- Gib, M.J.; Huckle, C.A.; Nuthall, R. (1998): Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science* 53, pp. 41–46
- Kalueff, A.V.; Tuohimaa, P. (2004): Grooming analysis algorithm for neurobehavioural stress research. *Brain Research Protocols* 13, pp. 151–158, doi.10.1016/j.brainresprot.2004.04.002
- King, M.T.M.; Crossley, R.E.; DeVries, T.J. (2016): Synchronization of Dairy Cows Does Not Limit the Behavioral Response to Treatment in Mixed Treatment Experimental Designs. *Frontiers in Veterinary Science* 3, 98, doi.10.3389/fvets.2016.00098
- Løvendahl, P.; Chagunda, M.G.G. (2010): On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, pp. 249–259, doi.10.3168/jds.2008-1721
- Mandel, R.; Nicol, C.J.; Whay, H.R.; Klement, E. (2017): Short communication: Detection and monitoring of metritis in dairy cows using an automated grooming device. *Journal of Dairy Science* 100, pp. 5724–5728, doi.10.3168/jds.2016-12201
- Maria, G.A.; Escós, J.; Alados, C.L. (2004): Complexity of behavioural sequences and their relation to stress conditions in chickens (*Gallus gallus domesticus*): a non-invasive technique to evaluate animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 86, pp. 93–104, doi.10.1016/j.applanim.2003.11.012
- Refinetti, R.; Wassmer, T.; Basu, P.; Cherukalady, R.; Pandey, V.K.; Singaravel, M.; Giannetto, C.; Piccione, G. (2016): Variability of behavioral chronotypes of 16 mammalian species under controlled conditions. *Physiology & Behavior* 161, pp. 53–59, doi.10.1016/j.physbeh.2016.04.019
- Rufener, C.; Berezowski, J.; Maximiano Sousa, F.; Abreu, Y.; Asher, L.; Toscano, M.J. (2018): Finding hens in a haystack: Consistency of movement patterns within and across individual laying hens maintained in large groups. *Scientific Reports* 8, pp. 12303, doi.10.1038/s41598-018-29962-x
- Wallenbeck, A.; Keeling, L.J. (2013): Using data from electronic feeders on visit frequency and feed consumption to indicate tail-biting outbreaks in commercial pig production. *Journal of Animal Science* 91, pp. 2879–2884, doi.10.2527/jas.2012-5848