

Validierung automatisiert verarbeiteter Ortungsdaten zur Auswertung des Verhaltens von Milchkühen

Rosemarie Oberschätzl, Bernhard Haidn, Rudolf Peis, Frederik Kulpi, Christoph Völkl

Zur Erfassung einzeltierbezogener Verhaltensparameter von Milchkühen werden vermehrt Ortungssysteme eingesetzt. Dabei fallen große Datenmengen an, die Verfahren zur Datenkomprimierung erfordern. Ziel war es deshalb, ein bereits entwickeltes Programm zur Verdichtung von Ortungsdaten zu evaluieren, welches insbesondere Algorithmen der Clusteranalyse anwendet. Mithilfe von Videoaufnahmen des Fressbereichs in einem Liegeboxenlaufstall sollte die Genauigkeit des Analyseverfahrens und dessen Eignung für Auswertungen des Verhaltens von Kühen validiert werden. Die durch beide Techniken erfassten Aufenthaltszeiten der Fokuskühe am Fressplatz wichen im Untersuchungszeitraum überwiegend weniger als 10 s voneinander ab. Durch das angewendete Verfahren der Clusteranalyse wurde eine Reduktion der Ortungsdaten um den Faktor 20 erreicht. Damit wurde die Analyse des Futteraufnahmeverhaltens der Tiere erleichtert. Eine Datenverdichtung stellt jedoch stets einen Kompromiss zwischen Praktikabilität und einem Verlust an Informationen dar, welcher möglicherweise zu abweichenden Aussagen führt.

Schlüsselwörter

Ortungssystem, Clusteranalyse, Datenverdichtung, Tierverhalten, Milchkühe

Aufgrund steigender Bestandsgrößen und zunehmender Automatisierung von Arbeitsprozessen in der Milchviehhaltung gewinnen Techniken zur automatisierten Tierüberwachung immer mehr an Bedeutung. Um tierindividuelle Informationen zu erhalten, stehen bereits verschiedene Verfahren wie Videotechnik, Pedometer, RFID-Technik sowie Sensoren zur Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens zur Verfügung. Zur Untersuchung des Tierverhaltens werden vermehrt auch Ortungssysteme entwickelt und am Markt angeboten (HARMS und WENDL 2009, STÖCKER und VEAUTHIER 2013). Beim Einsatz dieser Technik sind jedoch große Datenmengen zu analysieren. Für einen Bestand von 50 Kühen und bei einer Aufzeichnungsfrequenz von ungefähr einer Position je Sekunde werden beispielsweise ca. 4,3 Millionen Datensätze je Tag generiert. Für eine praktikable Handhabung dieser Datenmengen sind ausgewählte Verfahren zur Datenkomprimierung und entsprechende Verarbeitungsroutinen erforderlich.

Am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub wurde deshalb ein Programm zur Verdichtung von Ortungsdaten entwickelt, das vor allem Algorithmen der Clusteranalyse anwendet. Das Ziel der vorliegenden Erhebungen war es, die Genauigkeit des Analyseprozesses mithilfe von Videotechnik zu validieren. Des Weiteren sollte überprüft werden, ob sich das Komprimierungsverfahren zur Auswertung von Ortungsdaten eignet.

Material und Methode

Als Datengrundlage wurden Aufzeichnungen zum Tierverhalten im Milchviehstall der Landwirtschaftlichen Lehranstalten in Triesdorf über einen Zeitraum von 7 Wochen herangezogen (Phase 1: 26.11.–22.12.2012, Phase 2: 16.1.–6.2.2013). Im Liegeboxenlaufstall wurden die etwa 70 Milchkühe mit einem automatischen Melksystem bei freiem Kuhverkehr gemolken. Ferner war der Stall mit einem automatischen Fütterungssystem ausgestattet. Zur Positionsbestimmung der Tiere wurde das „Real Time Location System“ (RTLS) (Ubisense Series 7000, Firma Ubisense, Düsseldorf) verwendet. Es wurden 10 Sensoren im Stall installiert und 50 Tags, welche mit Halsbändern an den Kühen befestigt waren, als Identifikationseinheiten verwendet. Die Kommunikation zwischen den Tags und den Sensoren erfolgte über Funksignale im Frequenzbereich von 6–8 GHz. Aus den Laufzeitunterschieden und Einfallswinkeln der einzelnen Sensoren, welche in einem Netzwerk zusammengefasst waren, wurde mittels Lateration und Angulation die Position des Tags ermittelt. Als Referenzsystem wurden 4 Videokameras (Mobotix D12 und D14) im Stall montiert. Beide Techniken wurden mit einem Zeitserver synchronisiert. Abbildung 1 zeigt den Grundriss des untersuchten Liegeboxenlaufstalls mit der Anordnung der installierten Technik.

Die Rohdaten der erfassten Ortung (Aufzeichnungszeitpunkt, Transpondernummer, x- und y-Koordinate) wurden in einer PostgreSQL-Datenbank abgelegt und anschließend weiterverarbeitet. Den Ablauf der Verarbeitungsroutinen zeigt Abbildung 2.

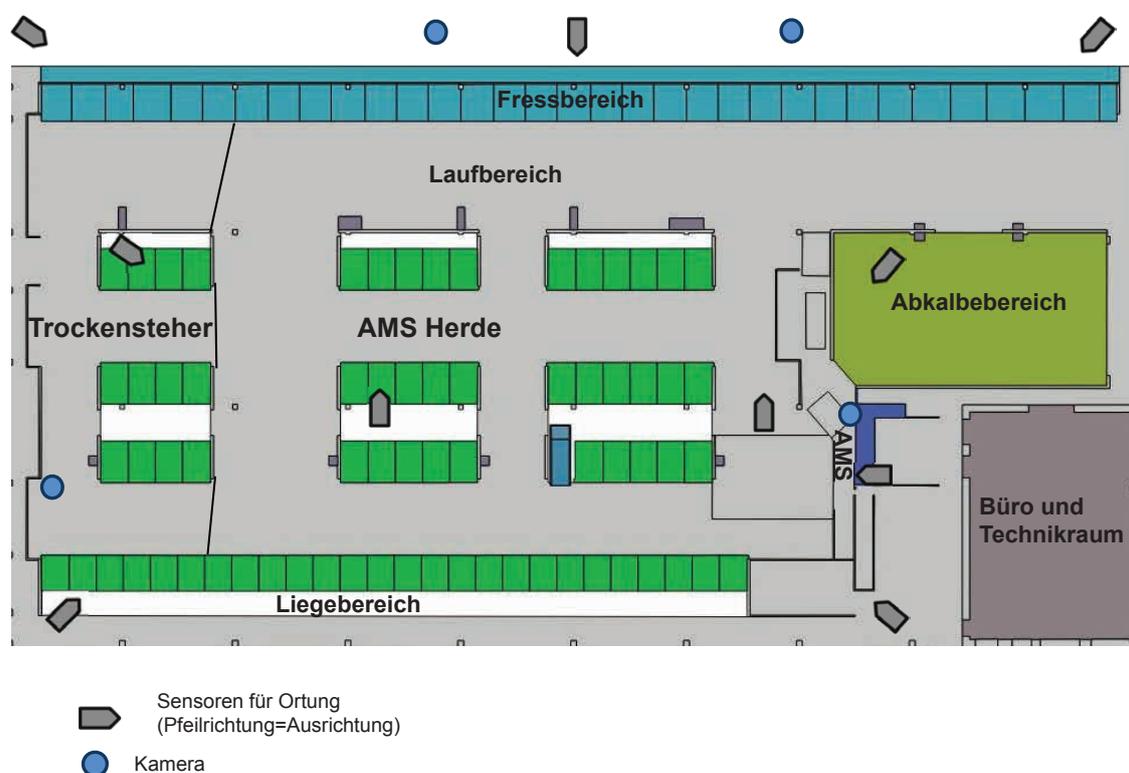


Abbildung 1: Aufbau des Liegeboxenlaufstalls und Positionierung der Erfassungstechnik

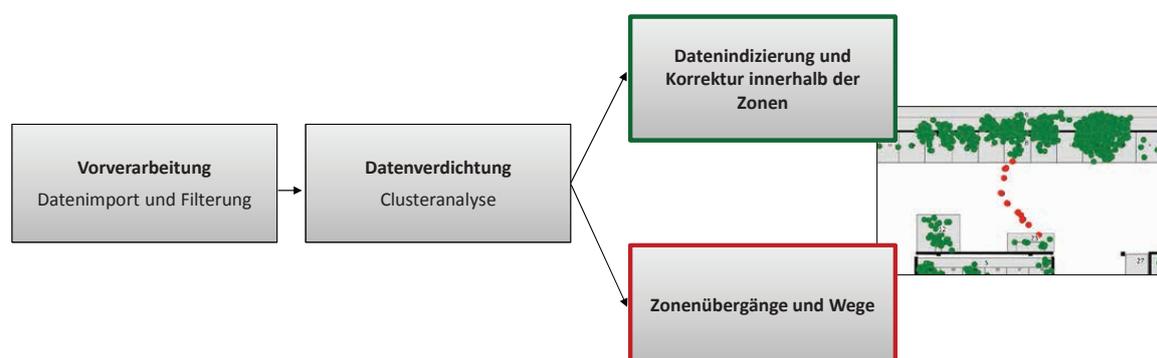


Abbildung 2: ProgrammROUTINEN zur Aufbereitung und Verdichtung von Ortungsdaten, verändert nach KULPI und HAIDN 2014

Zunächst wurde der Stallgrundriss im Vektorformat erstellt, anschließend wurden Zonen für die strukturierte Datenverarbeitung definiert. Dabei handelte es sich um zusammenhängende Nutzungsbereiche (z.B. Liegeboxen, Fressbereich). Die Zonen wurden mit einer definierten Randunschärfe betrachtet. Zonen mit gleicher Nutzung wurden zu Bereichen (z.B. Liegebereich) zusammengefasst – lediglich der Laufbereich wurde gesondert betrachtet. Zur Verdichtung der Daten wurde vor allem eine am Institut für Landtechnik und Tierhaltung entwickelte Methode angewendet, die auf dem multivariaten Verfahren der Clusteranalyse basiert. Die Positionsdaten wurden in ein mehrdimensionales Array der Programmiersprache Python abgelegt und nach dem k-Means-Algorithmus verarbeitet (KULPI und HAIDN 2014). Im Rahmen der Clusteranalyse wurden Datensätze, die sich hinsichtlich der Merkmale Position und Zeit ähnelten, einem Cluster zugeordnet. Es wurden Anfangs- und Endzeitpunkt der einzelnen Cluster ermittelt, deren zeitlicher Abstand bei der weiteren Komprimierung berücksichtigt wurde. Als maximaler zeitlicher Abstand wurden 10 Sekunden festgelegt. Bei einem geringeren zeitlichen Abstand wurden bereits gebildete Cluster erneut zusammengefasst. Für die Ortung im Laufbereich wurden aufgrund der höheren Aktivität der Tiere Originaldaten herangezogen. Für die Analyse des Verhaltens innerhalb der zuvor definierten Zonen wurden dagegen verdichtete Daten verwendet. Daraus ließ sich die zurückgelegte Wegstrecke ermitteln, die zusammen mit den Punktkoordinaten abgelegt wurde (KULPI und HAIDN 2014).

Durch die Clusterung der generierten Start- und Endzeitpunkte sowie die gemittelten Positionsangaben war ein Vergleich der verdichteten Ortungsdaten mit den Videoaufzeichnungen möglich. Diese Gegenüberstellung beschränkte sich auf den Fressbereich im Stall. Die Positionsdaten wurden gesondert nach Tieren und Tagen validiert. Dabei wurden fünf Fokuskühe ausgewählt, deren Transponder mindestens eine Aufzeichnung je Sekunde im Tagesverlauf der fünf Versuchstage lieferten.

Der Startzeitpunkt entsprach in dem vorliegenden Vergleich dem Eintritt der Kuh in das Fressgitter, das Verlassen des Fressgitters wurde als Endzeitpunkt definiert. In den Videoaufnahmen wurde als Start jener Zeitpunkt festgelegt, an dem die Kuh beim Eintreten in das Fressgitter mit dem Stirnbein das obere Fressgitterrohr passiert hatte. Der Zeitpunkt, zu dem die betreffende Kuh in das Fressgitter ein- bzw. austrat, wurde festgehalten und mit den erfassten Positionsdaten verglichen. Die Zeitunterschiede zwischen Positionsdaten und Videoaufnahmen wurden aus der Subtraktion der Start- bzw. Endzeitpunkte der Ortungsdaten von denen der Videoaufnahmen berechnet. Ein zeitli-

cher Abstand zwischen Positions- und Videodaten von ≤ 10 Sekunden wurde als Übereinstimmung definiert (VÖLKL 2014). Die Unterschiede in der durch Ortung und Video erfassten Aufenthaltsdauer der Fokuskühe am Fressplatz wurden auf einem Signifikanzniveau von 0,05 auf Signifikanz getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Da die Bildqualität der Videoaufzeichnungen an den fünf Untersuchungstagen gelegentlich unzureichend war, wurden diese Zeitintervalle von den Auswertungen ausgeschlossen. Somit ergaben sich insgesamt 1596 Datensätze für den Aufenthalt der Tiere am Fressplatz. In 71 % der Fälle betrug die absolute zeitliche Abweichung zwischen den verglichenen Erfassungssystemen ≤ 10 s. Abweichungen von über 30 s traten mit einer relativen Häufigkeit von 9 % auf (Abbildung 3).

Die Anzahl der ermittelten Fressperioden je Tag wird im Allgemeinen durch die Länge des gewählten kritischen Intervalls beeinflusst, mit der kürzere Zeitspannen innerhalb einer Fressperiode von längeren Intervallen zwischen zwei Mahlzeiten unterschieden werden können. Mit ansteigender Länge des kritischen Intervalls sinkt erwartungsgemäß die Anzahl der täglichen Fressperioden. In anderen Studien wird ein kritisches Intervall von 20 min (METZ 1975) bzw. 49,1 min (TOLKAMP et al. 2000) definiert. Zur Erfassung der zeitlichen Abstände bei der Futteraufnahme wurde in dieser Untersuchung ein kritisches Intervall von 30 min gewählt, welches nach einer visuellen Betrachtung der zeitlichen Spanne zwischen den einzelnen Futteraufnahmen mithilfe der Videobilder als plausibel erachtet wurde. Je Kuh und Tag wurden durchschnittlich 5,7 Fressperioden ermittelt (Tabelle 1). Mit Ausnahme von Kuh 33010 (mit durchschnittlich 3,4 Fressperioden je Tag) lagen die Werte bei den

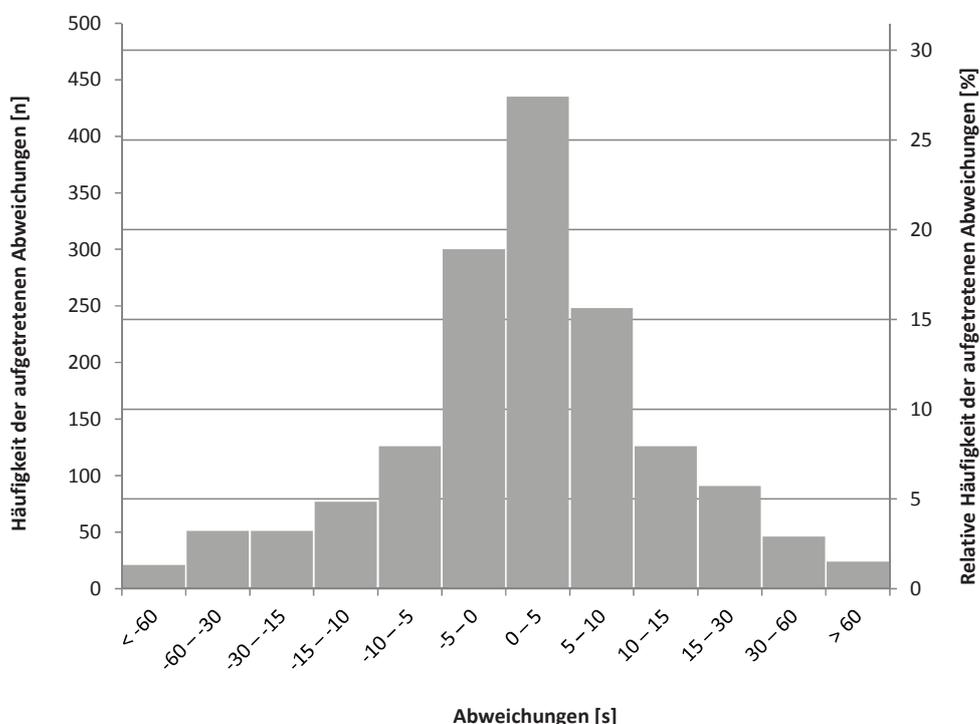


Abbildung 3: Absolute und relative Häufigkeitsverteilung der zeitlichen Abweichungen zwischen den Start- und Endzeitpunkten der Fressplatzaufenthalte, detektiert durch Video und Ortung (n = 1596)

Kühen in einem ähnlichen Bereich. Ein kritisches Intervall von 20 min würde im Mittel zu 6,0 Mahlzeiten führen. Da die Videoaufnahmen nicht kontinuierlich in einer ausreichenden Qualität vorlagen, konnten die Ortungsdaten nicht vollständig evaluiert werden. In den Zeitintervallen jedoch, in denen eine Validierung möglich war, ergaben sich auf einem Signifikanzniveau von 0,05 keine signifikanten Unterschiede in der durch Ortung und Video erfassten Aufenthaltsdauer der Fokuskühe am Fressplatz. Diese lag den Ortungsdaten zufolge im Durchschnitt bei $3,9 \pm 0,9$ h je Kuh und Tag und gemäß den Videoangaben bei $4,0 \pm 0,8$ je Kuh und Tag.

Weitere nicht umfassend validierbare Kennzahlen zu den Fressperioden der Fokuskühe zeigt Tabelle 1 anhand der geclusterten Ortungsdaten (\emptyset Dauer der Fressperiode, \emptyset Zwischenfresszeit, \emptyset tägliche Fresszeit). Die Abstände der Fressperioden, welche sich über einen Tageswechsel erstreckten, konnten nicht berücksichtigt werden, weil nicht alle Versuchstage unmittelbar aufeinanderfolgten.

Tabelle 1: Mit den geclusterten Ortungsdaten ermittelte Kennzahlen einschließlich Standardabweichung zu den Fressperioden bei einem für die Zwischenfresszeit kritischen Intervall von 30 Minuten ($n = 5$ d, $n = 5$ Kühe) (VÖLKL 2014)

Kuh	\emptyset Anzahl Fressperioden pro Tag	\emptyset Dauer einer Fressperiode [min]	\emptyset Zwischenfresszeit [h]	\emptyset tägliche Fresszeit [h]
28189	$6,6 \pm 1,1$	$56,8 \pm 9,4$	$2,7 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,4$
33010	$3,4 \pm 0,5$	$137,8 \pm 24,7$	$4,6 \pm 1,0$	$6,0 \pm 1,0$
33214	$6,0 \pm 0,7$	$64,5 \pm 19,4$	$2,8 \pm 0,3$	$3,4 \pm 0,4$
33239	$6,0 \pm 1,9$	$57,8 \pm 28,5$	$2,7 \pm 0,8$	$4,3 \pm 0,3$
37186	$6,4 \pm 1,1$	$71,0 \pm 12,7$	$2,7 \pm 0,6$	$5,3 \pm 0,3$
\emptyset	$5,7 \pm 1,1$	$77,6 \pm 18,9$	$3,1 \pm 0,6$	$4,7 \pm 0,5$

Aufgrund der geringen Abweichungen der beiden Erfassungsmethoden bei ausgewählten Kühen und Tagen zeigte sich, dass das entwickelte Verfahren unter Nutzung der Clusteranalyse eine geeignete Methode zur Verdichtung von Positionsdaten darstellt. Die Clusterung und Nachverdichtung der Daten führte zu einer Reduktion der Datensätze um bis zu 95 %. Dies führte beispielsweise bei einem Tier zu einer Reduktion von 105.440 Ausgangsdatsätzen auf 4.989 komprimierte Datensätze pro Tag.

Die Erfassung zeitlich zusammenhängender Aufenthalte am Fressplatz mit gemittelten Koordinaten sowie den Zeitpunkten bei Ein- und Austritt der Kuh aus dem Fressgitter ermöglichte eine Abbildung des Futteraufnahmeverhaltens im Tagesverlauf. Doch war infolge der Nachverdichtung der Daten nicht mehr ersichtlich, wie häufig die Kühe ihren Fressplatz gewechselt hatten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei der Nachverdichtung der Daten lediglich die zeitlichen Abstände der geclusterten Informationen berücksichtigt wurden. Demzufolge sollten bei einer Nachverdichtung sowohl die Zeit als auch die Koordinaten berücksichtigt werden (METZ 1975).

Schlussfolgerungen

Die Clusteranalyse ist ein geeignetes Verfahren zur Komprimierung umfangreicher Positionsdaten und ermöglicht eine Reduktion der Daten um bis zu 95 %. Der verringerte Datenbestand ist dadurch besser handhabbar und für Auswertungen zum Tierverhalten anzuwenden. Doch kann es durch die Eliminierung von Originaldaten zu Informationsverlusten (z.B. beim Fressplatzwechsel) kommen. Insbesondere in kleinen Stallbereichen, wie beispielsweise bei Tränken und Bürsten kann dies zu

falschen Ergebnissen hinsichtlich des Aufenthalts der Tiere an diesen Einrichtungen führen. Bei einer Nachverdichtung der geclusterten Daten sollte also nicht nur die Zeit sondern auch die Position berücksichtigt werden. Eine möglichst hohe Erfassungsgenauigkeit der Ausgangspositionen im Stall durch das Ortungssystem stellt die Grundlage einer realitätsgetreuen Zuordnung der Tiere in den verschiedenen Bereichen im Stall dar.

Literatur

Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhaltung. In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. LfL-Schriftenreihe Nr. 14. http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_37541.pdf, Zugriff am 15.7.2014

Kulpi, F.; Haidn, B. (2014): Implementierung von partitionierenden Clusteralgorithmen zur automatisierten Verdichtung von Ortungsdaten. Vortrag im Rahmen der 34. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft, 24.2.2014, Bonn, http://www.gil-net.de/Publikationen/26_89-92.pdf, Zugriff am 15.10.2014

Metz, J.H.M. (1975): Time Patterns of Feeding and Rumination in Domestic Cattle. Proefschrift, Wageningen UR

Stöcker, C.; Veauthier, G. (2013): Die gläserne Milchkuh. Elite Magazin 2, S. 26–29

Tolkamp, B. J.; Schweitzer, D. P. N.; Kyriazakis, I. (2000): The Biologically Relevant Unit for the Analysis of Short-Term Feeding Behavior of Dairy Cows. Journal of Dairy Science 83, pp. 2057-2068

Völkl, C. (2014): Überprüfung der Genauigkeit eines Verfahrens zur Reduzierung der Positionsdaten von Kühen im Milchviehstall mit Hilfe der Videotechnik. Masterarbeit, Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und Universität Hohenheim

Autoren

M. Sc. Rosemarie Oberschätzl ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe „Rinder- und Pferdehaltung“, **Dr. agr. Bernhard Haidn** ist Arbeitsbereichskoordinator für Tierhaltungsverfahren, **Dipl. Ing. agr. (FH) Rudolf Peis** ist technischer Mitarbeiter und **Frederik Kulpi** war technischer Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, E-Mail: rosemarie.oberschaetzl@LfL.bayern.de

M. Sc. Christoph Völkl war Student der Agrarwissenschaften an der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart

Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Forschungsvorhabens.