

Einfluss der Samplingrate von Outdoor-Tracking-Systemen für Milchkühe auf abgeleitete Bewegungsparameter

Christiane Engels¹ und Wolfgang Büscher¹

Abstract: Um den Einsatz von Outdoor-Tracking-Systemen zur Gesundheitsüberwachung auf der Weide zu testen, wurde in dieser Studie der Einfluss der Samplingrate, also der Häufigkeit der Positionsbestimmung, auf die Ableitung von Bewegungsparametern untersucht. Dabei wurden die GPS-Positionsdaten von fünf trockenstehenden Milchkühen über 21 Tage mit einer Frequenz von 1 Hz erfasst und daraus die zurückgelegte Wegstrecke und die Raumnutzung für verschiedene Samplingraten berechnet und ausgewertet. Ein Intervall von 1 min stellte sich dabei als notwendig heraus, um Bewegungsparameter in ausreichender Präzision abzuleiten. Für eine praxistaugliche Akkulaufzeit muss daher mit den derzeit verfügbaren Trackingsystemen ein Kompromiss hinsichtlich des Genauigkeitsverlusts eingegangen werden.

Keywords: Trackingsysteme, GNSS, Precision Dairy Farming

1 Einleitung

Im Zuge der Digitalisierung der Landwirtschaft hin zur Landwirtschaft 4.0 nimmt der Einsatz von Trackingsystemen zur digitalen Tierbeobachtung in der Rinderhaltung stetig zu. Diese Systeme finden hauptsächlich im Indoor-Bereich Anwendung, um Milchkühe im Stall zu lokalisieren und aus deren Bewegungsaktivität Rückschlüsse auf Brunst- oder Gesundheitsereignisse zu ziehen. Im Outdoor-Bereich steht das Auffinden der Tiere, z. B. in der extensiven Weidehaltung im Gebirge, im Vordergrund. Durch die vermehrten Forderungen von Verbrauchern nach weidebasierten Haltungssystemen erscheint es sinnvoll, Outdoor-Trackingsysteme auch in Haltungssystemen mit Weidegang zum Gesundheitsmonitoring einzusetzen. Denn Steigerungen der tierindividuellen Aktivität können auch hier auf eine Brunst und Rückgänge beispielsweise auf eine Lahmheit hindeuten.

Im Outdoor-Bereich ist die Positionsbestimmung mittels Navigationssatelliten (z. B. GPS) Standard. Dieses Verfahren ist sehr energieintensiv, sodass ein Zielkonflikt zwischen einer hohen Samplingrate und einer praxistauglichen Akkulaufzeit besteht. Zusätzlich stellt die Datenübertragung im Outdoor-Bereich eine Herausforderung dar, deren Häufigkeit sich ebenfalls auf die Akkulaufzeit auswirkt.

Grundsätzlich lassen genauere Daten in höherer zeitlicher Auflösung bessere abgeleitete Ergebnisse zu. Milchkühe bewegen sich auf der Weide jedoch mit einer mäßigen

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußallee 5, 53115 Bonn,
christiane.engels@uni-bonn.de, buescher@uni-bonn.de

Geschwindigkeit von ca. 0,8-1,2 m/s und verbringen bis zu 12 h mit Ruhen. Somit stellt sich die Frage nach einer geeigneten Samplingrate, um Bewegungsparameter mit hoher Präzision abzuleiten und gleichzeitig eine möglichst lange Akkulaufzeit zu erreichen. McGavin et al. haben in ihren Studien ein Samplingintervall von 5-10 s als optimal zur Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke bei der verwendeten GPS-Sensorik festgestellt [Mc18]. Dieses Intervall liegt weit unter den Samplingintervallen von 15, 30 oder 60 min, die bei kommerziellen Systemen üblicherweise voreingestellt sind. In den laufenden Untersuchungen soll daher u. a. geklärt werden, ob kommerzielle Outdoor-Trackingsysteme geeignet sind, Bewegungsparameter für eine Auswertung im Sinne der Gesundheitsüberwachung zu erfassen.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsdurchführung

Für diese Studie wurden die GPS-Positionsdaten von fünf trockenstehenden Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein auf dem Campus Frankenforst der Universität Bonn in Königswinter-Vinxel erhoben. Der Versuch erfolgte über einen Zeitraum von 21 Tagen im August und September 2021. Der Kleingruppe (tragende Jungrinder und Trockensteher, max. 19 Tiere) wurde zunächst eine eingezäunte Weidefläche von 1,1 ha zur Verfügung gestellt. An Tag 7 wurde diese Fläche um 0,3 ha erweitert und eine Futterraufe mit Heusilageballen aufgestellt. An Tag 16 erfolgte ein Umtrieb auf eine angrenzende, frische Weidefläche von 0,8 ha (ohne zusätzliche Futterraufe). An Tag 21 endete der Versuch mit der Aufstallung von drei Versuchstieren in den Liegeboxenlaufstall, in welchem die Tiere während der Laktation gehalten werden.

Zur Aufzeichnung der Positionsdaten wurden Outdoor-Smartphones K10000 der Firma Oukitel verwendet, welche in einer Schutzhülle am Halsband der Tiere befestigt waren. Die Daten wurden mittels der App „*GPS Logger*“ (BasicAirData) mit einer Frequenz von 1 Hz aufgezeichnet. An vier Versuchstagen wurden die Smartphones für 2:30 – 4:45 h vom Halsband abgenommen, um eine Datensicherung vorzunehmen und die Akkus nachzuladen, während sich die Tiere in einer Separationsbox am Liegeboxenlaufstall befanden. Die auswertbare Versuchsdauer betrug somit 460 h. Die Smartphones wurden im Vorfeld getestet und zeigten stabile Positionsdaten („zurückgelegte Strecke“ von 0-14 m bei statischer Platzierung über 90 min). Während des Versuchs betrug die mittlere GPS-Satellitenanzahl $9,0 \pm 0,2$.

2.2 Datenauswertung

Für verschiedene Samplingraten (1 s, 5 s, 10 s, 30 s, 1 min, 5 min, 10 min, 30 min und 60 min) wurden Bewegungsparameter aus den GPS-Positionsdaten berechnet. Dabei

wurden verschiedene Offsets für die Samplingraten berücksichtigt. Für jedes Tier wurde die täglich und stündlich zurückgelegte Wegstrecke als akkumulierte lineare Distanz zwischen den (gefilterten) Datenpunkten berechnet. Zur Auswertung der Raumnutzung wurde die Versuchsfläche in gleichmäßige, quadratische Rasterzellen unterteilt und auf täglicher und stündlicher Basis für jedes Tier die Anzahl der betretenen Rasterzellen bestimmt. Zusätzlich wurden die Rasterzellen mit der längsten Verweildauer und die 5, 10, 25, 50, 75, 90 und 95 % Quantile berechnet. Insgesamt wurden sechs unterschiedliche Kantenlängen (1 m, 2 m, 3 m, 5 m, 10 m und 20 m) getestet. Die Berechnung ist an die Vorgehensweise von [Vá18] zur Ableitung von Raumnutzungsparametern für ein Indoor-Tracking-System angelehnt.

Zum Vergleich der Samplingraten wurden Varianzanalysen (ANOVA) mit paarweisen Post-hoc-Tukey-Tests durchgeführt. Die Berechnung der Parameter sowie die statistische Auswertung erfolgten in Python.

3 Ergebnisse

Im Mittel haben die Versuchstiere eine tägliche Strecke von 2,9-5,7 km zurückgelegt. Dabei ist festzustellen, dass sich die ermittelte Position pro Tier nur in 3,2-6,1 % der Positionsbestimmungen in den Rohdaten (Samplingrate 1 s) gegenüber der vorigen Position verändert. Mit steigender Samplingrate steigt dieser Anteil von $4,9 \pm 1,1$ % bei 1 s auf $9,5 \pm 2,0$ % bei 10 s und $26,0 \pm 4,8$ % bei 1 min, bis zu $95,1 \pm 2,1$ % bei 60 min.

Durch das Filtern werden neben den Datenpunkten ohne Positionsveränderung auch zunehmend Datenpunkte mit Positionsveränderung herausgefiltert. So hat die Samplingrate – wie erwartet – einen Einfluss auf die berechnete zurückgelegte Wegstrecke. Schon bei einer Samplingrate von 5 s wird die täglich zurückgelegte Wegstrecke gegenüber der 1-s-Strecke signifikant um 7,5 % unterschätzt. Bei 5 min sind dies bereits 34,4 % und 79,0 % bei einer Samplingrate von 60 min.

Wie in Abbildung 1 beispielhaft für ein Tier dargestellt, ändert sich der relative Verlauf der täglich zurückgelegten Wegstrecke jedoch erst ab einer Samplingrate von 1 min signifikant gegenüber der 1-s-Strecke. Tabelle 1 fasst die relativen Fehler der absoluten und relativen täglich zurückgelegten Wegstrecke zusammen. Der Offset hat dabei keinen Einfluss auf die Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke: Bei einer Samplingrate von 1 min beträgt der Einfluss zwischen 0,1-0,3 %, bei einer Samplingrate von 10 min zwischen 0,4-0,9 %.

Für die Raumnutzungsparameter ergeben sich ähnliche Resultate. Mit zunehmender Samplingrate sinkt die Anzahl der täglich betretenen Rasterzellen. Abbildung 2 zeigt die Anzahl täglich betretener Rasterzellen über alle Versuchstiere und -tage hinweg für die verschiedenen Samplingraten bei einer Kantenlänge von 5 m. Dabei wird die genutzte Fläche um 10,1-94,7 % unterschätzt. Bei den Quantilen hingegen wird der relative Fehler

für das 50, 75, 90 und 95 % Quantil bei einer Kantenlänge von 5 m erst ab einer Samplingrate von 5 min signifikant. Für 1 min liegt der relative Fehler bei 0,6-3,0 %.

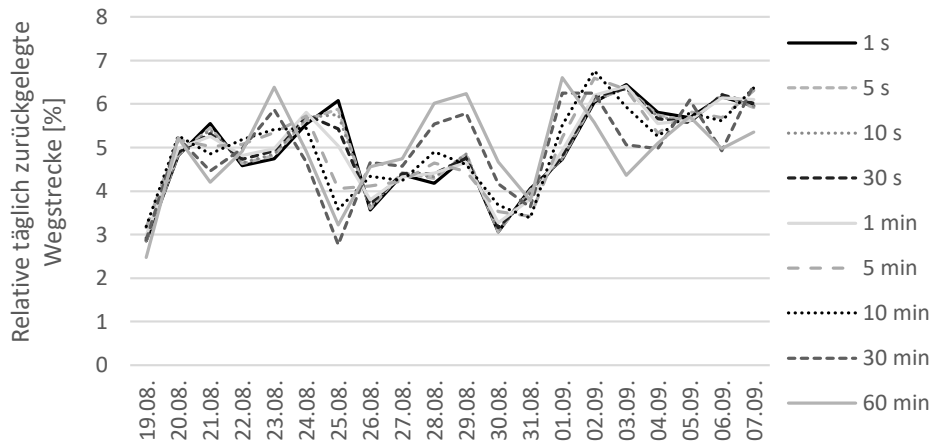


Abb. 1: Verlauf der relativen täglich zurückgelegten Wegstrecke eines Tieres über den Versuchszeitraum berechnet für die verschiedenen Samplingraten

Samplingrate	Absolute Wegstrecke	Relative Wegstrecke
5 s	7,5 %	1,1 % ^{ab}
10 s	10,3 %	1,6 % ^{ab}
30 s	14,9 %	3,0 % ^{ab}
1 min	19,1 %	4,7 % ^b
5 min	34,4 %	10,1 % ^c
10 min	44,6 %	12,6 % ^c
30 min	66,8 %	18,0 % ^d
60 min	79,0 %	21,3 % ^d

Tab. 1: Relativer Fehler der absoluten und relativen täglich zurückgelegten Wegstrecke für die verschiedenen Samplingraten. Die Buchstaben markieren signifikante Unterschiede bzgl. der 1-s-Strecke (^a), $p < 0,001$

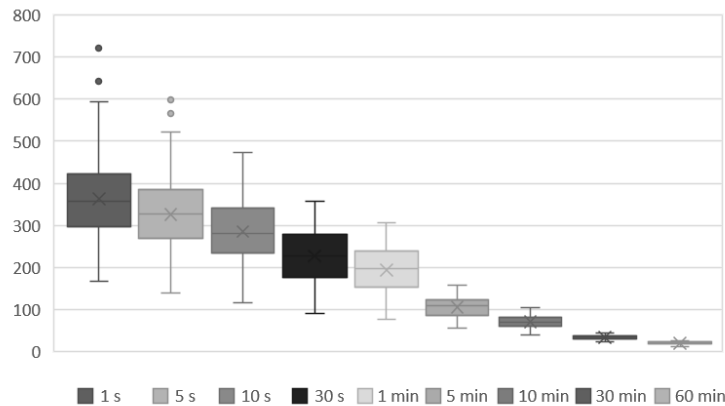


Abb. 2: Anzahl der täglich betretenen 5 m × 5 m Rasterzellen in den verschiedenen Samplingraten

Die Rasterzellen mit der jeweils längsten Verweildauer sind für alle Samplingraten (mit Ausnahmen bei 10-60 min) identisch, da sich die Tiere dort sowohl in der stündlichen als auch in der täglichen Auswertung mit durchschnittlich 27 min bzw. 2,5 h im Verhältnis zur Samplingrate ausreichend lange aufgehalten haben.

Der Offset hat einen geringen Einfluss auf die Raumnutzungsparameter (0,4 % bei 10 s, 1,2 % bei 1 min und 4,4 % bei 10 min).

4 Diskussion

Brunst- und Gesundheitsereignisse werden üblicherweise aus Veränderungen des tierindividuellen „Normalverhaltens“ abgeleitet. So ist es ausreichend, mit der relativen zurückgelegten Wegstrecke die Tendenz des Bewegungsverhaltens zu erkennen. Erst ab einer Samplingrate von 1 min wird der Fehler dort signifikant und auch die relativen Fehler von 10,1 bzw. 12,6 % für Samplingraten von 5 bzw. 10 min sind vergleichsweise klein, sodass auch Systeme mit einer geringeren Anzahl an Positionsbestimmungen genutzt werden können, um Veränderungen im Bewegungsverhalten hinsichtlich der zurückgelegten Wegstrecke zu detektieren. Für die Raumnutzung ist ein Samplingintervall von 1 min notwendig, um die Quantile für ausreichend große Rasterzellen ohne signifikanten Fehler abzuleiten.

Mit Samplingraten von 30-60 min ist keine stündliche Auswertung des Bewegungsverhaltens möglich. Diese wäre aber wünschenswert für ein frühzeitiges Erkennen von möglichen Gesundheitsstörungen, um rechtzeitig mit einer Behandlung zu beginnen.

Die in der Studie als Referenz verwendete 1-s-Strecke gibt aufgrund der Ungenauigkeit des GPS nicht die tatsächlichen Positionen der Milchkühe wieder. Für den Zweck der

Studie wurde sie als hinreichend genau erachtet. Für Trackingsysteme mit großen Samplingintervallen kann beispielsweise durch die Verwendung eines Ruhezustands ein zusätzlicher Fehler entstehen. Geht ein GPS-Gerät zwischen zwei Positionsbestimmungen in den Ruhezustand, muss anschließend der Satellitenempfang neu aufgenommen werden, was die Genauigkeit der ermittelten Position beeinträchtigen kann.

5 Fazit und Ausblick

Samplingraten von 1 s-1 min sind mit resultierenden Akkulaufzeiten von unter einer Woche in der Praxis derzeit nicht umsetzbar. Ein vielversprechender Ansatz ist die Verknüpfung mit Beschleunigungssensoren. Nur bei einer Bewegung des Tieres wird eine neue Position ermittelt und gesendet. Dies hätte die Anzahl der Positionsbestimmungen in der durchgeführten Studie ohne Informationsverlust im Mittel um den Faktor 20 reduziert. Zusätzlich können die Daten des Beschleunigungssensors dazu genutzt werden, zwischen verschiedenen Verhaltensweisen (Liegen vs. Stehen bei gleicher Position) genauer zu differenzieren und diese in die Auswertung miteinzubeziehen (vgl. [Ri20]).

Zudem sind auch die Entwicklungen von besonders energieeffizienten GNSS-Geräten und Datenübertragungsverfahren wie *LoRa* interessant, um die angestrebten Samplingraten in praxistauglichen Sensoren zu ermöglichen.

Förderhinweis

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen der Förderung der Digitalisierung in der Landwirtschaft mit dem Förderkennzeichen 28DE108A18 (Experimentierfeld CattleHub).

Literaturverzeichnis

- [Mc18] McGavin, S. L. et al.: Effect of GPS sample interval and paddock size on estimates of distance travelled by grazing cattle in rangeland, Australia. *The Rangeland Journal* (40), S. 55-64, 2018.
- [Ri20] Riaboff, L. et al.: Development of a methodological framework for a robust prediction of the main behaviours of dairy cows using a combination of machine learning algorithms on accelerometer data. *Computers and Electronics in Agriculture* (169), 2020.
- [Vá18] Vázquez Diosdado, J. A. et al.: Space-use patterns highlight behavioural differences linked to lameness, parity, and days in milk in barn-housed dairy cows. *PLoS ONE* 13(12), 2018.