

GESELLSCHAFT  
FÜR INFORMATIK



C. Hoffmann, A. Stein,  
A. Ruckelshausen, H. Müller, T. Steckel, H. Floto (Hrsg.)

## **Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft**

**Fokus:  
Resiliente Agri-Food-Systeme**

**Referate der 43. GIL-Jahrestagung  
13.-14. Februar 2023  
Osnabrück, Germany**

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

**Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings**

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-330

ISBN 978-3-88579-724-1

ISSN 1617-5468

**Volume Editors**

Dr. Christa Hoffmann  
oeconos GmbH  
73265 Dettingen, Germany  
Email: [christa.hoffmann@oeconos.de](mailto:christa.hoffmann@oeconos.de)

Jun.-Prof. Dr. Anthony Stein  
Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik & Computational Science Hub (CSH)  
70599 Stuttgart, Germany  
Email: [anthony.stein@uni-hohenheim.de](mailto:anthony.stein@uni-hohenheim.de)

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen  
Hochschule Osnabrück  
49090 Osnabrück, Germany  
Email: [A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de](mailto:A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de)

Dr. Henning Müller  
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)  
& Agrotech Valley Forum e.V.  
49163 Bohmte, Germany  
Email: [henning.mueller@hof-fleming.de](mailto:henning.mueller@hof-fleming.de)

Dr. Thilo Steckel  
Claas E-Systems GmbH  
49201 Dissen a.T.W., Germany  
Email: [thilo.steckel@claas.com](mailto:thilo.steckel@claas.com)

Helga Floto  
GIL-Geschäftsführung  
73730 Esslingen, Germany  
Email: [gil.floto@gmail.com](mailto:gil.floto@gmail.com)

## Vorwort

Die 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft (GIL) steht im Jahr 2023 unter dem Leitthema „**Resiliente Agri-Food-Systeme: Herausforderungen und Lösungsansätze**“. Sie findet statt in einer Zeit, in der die globalen Agri-Food-Systeme besonderen Herausforderungen ausgesetzt sind. Externe Einflüsse wie Krieg auf europäischem Boden, die anhaltenden Auswirkungen des globalen Corona-Pandemiegeschehens und zunehmende Cyber-Angriffe stellen tagtäglich die Resilienz unserer Agri-Food-Systeme auf den Prüfstand. Rohstoffe oder Betriebsmittel für die Produktion können nicht geliefert, oder fertige Produkte nicht versandt werden, weil ganze Lieferketten zusammenbrechen. Zunehmend müssen auch Verbraucher immer häufiger erfahren, dass Produkte des alltäglichen Lebens zeitweise nicht verfügbar sind. Die digitale Transformation nimmt in diesem Kontext eine Doppelrolle ein: So hat die Digitalisierung vieler Prozesse auf der einen Seite zu vielen Erleichterungen in der Produktion und Verarbeitung von Lebensmitteln geführt. Auf der anderen Seite ermöglicht sie eben durch den Aufbau sog. Cyber-Physischer Systeme auch in diesem Sektor eine neue Dimension von Angriffen auf Agri-Food-Systeme. Die Digital-Branchen-Community steht aus diesem Grund aktuell an einem Scheideweg. Die Anzahl an Faktoren, welche die Resilienz der Systeme bedrohen, wächst täglich. Im gleichen Atemzug ist jedoch noch nicht zufriedenstellend definiert, wie Resilienz überhaupt systematisch ermittelt und bewertet werden kann. Wichtig für die Branche wird es sein, geeignete Konzepte und Lösungen zu schaffen, um den Grad der Resilienz von Agri-Food-Systemen zu erhöhen. Bestehende Ansätze und mögliche zukünftige Lösungswege sollen auf der diesjährigen Tagung diskutiert werden. Daneben stehen wieder aktuelle, wissenschaftliche Entwicklungen in den Bereichen Informatik, Künstliche Intelligenz & Robotik, Sensortechnik sowie das Datenmanagement im Fokus.

Wie auch in den vergangenen Jahren bietet die 43. Jahrestagung der GIL eine Plattform für die vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten „Digitalen Experimentierfelder“. In einem Diskussionsforum bekommen die eingeladenen VertreterInnen der Experimentierfelder, sowie VertreterInnen der Swiss Future Farm und der Innovation Farm die Möglichkeit die Ergebnisse der ersten Projektphase vorzustellen und diese kritisch zu reflektieren.

Der vorliegende Tagungsband enthält 66 wissenschaftliche Beiträge, die aus 98 eingereichten Abstracts nach einem zweistufigen Begutachtungsverfahren (peer review) hervorgegangen sind. Von den 66 Beiträgen fallen 21 Beiträge in die Kategorie Long Paper, die einer zusätzlichen dritten Begutachtungsphase unterzogen wurden. Unser Dank gilt allen, die sich aktiv an der Vorbereitung und Durchführung der Tagung mit großem Engagement beteiligt haben. Abschließend danken wir allen Sponsoren für ihre finanzielle Unterstützung.

Osnabrück, im Januar 2023

Dr. Christa Hoffmann, oeconos GmbH, 1. Vorsitzende der GIL

Jun.-Prof. Dr. Anthony Stein, Universität Hohenheim, 2. Vorsitzender der GIL

Helga Floto, GIL-Geschäftsführung

Prof. Dr. Arno Ruckelshausen, Hochschule Osnabrück

Dr. Henning Müller, DFKI GmbH & Agrotech Valley Forum e.V.

Dr. Thilo Steckel, Claas E-Systems GmbH und GIL-Beirat

## Programmkomitee

Dr. Thomas Anken	Agroscope, Tänikon, Ettenhausen, Schweiz
Prof. Dr. Sonoko Bellingrath-Kimura	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Müncheberg
Prof. Dr. Frank Beneke	Universität Göttingen
Prof. Dr. Heinz Bernhardt	Technische Universität München, Freising
Karsten Borchard	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Prof. Dr. Michael Clasen	Hochschule Hannover
Dr. Marianne Cockburn	Agroscope, Schweizer Nationalgestüt, Avenches, Schweiz
Dr. Nadja El Benni	Agroscope, Tänikon, Ettenhausen, Schweiz
Dr. Andreas Gabriel	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising
Prof. Dr. Hans W. Griepentrog	Universität Hohenheim, Stuttgart
Prof. Dr. Joachim Hertzberg	Universität Osnabrück & DFKI Niedersachsen
Andreas Heiß	Hochschule Geisenheim University
Constanze Hofacker	act GmbH, Kiel
Dr. Dieter von Hörsten	JKI, Braunschweig
Dr. Timo Korthals	Claas E-Systems GmbH, Dissen a.T.W.
Jun.-Prof. Dr. Christian Krupitzer	Universität Hohenheim, Stuttgart
Daniel Martini	KTBL, Darmstadt
PD Dr. Andreas Meyer-Aurich	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam
Dr. Viktoria Motsch	BOKU, Wien, Österreich
Dr. Henning Müller	DFKI GmbH & Agrotech Valley Forum e.V., Bohmte
Dr. Matthias Nachtmann	BASF, Limburgerhof
Prof. Dr. Dimitrios Paraforos	Hochschule Geisenheim, University
Johanna Pfrombeck	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising
Heinrich Prankl	Josephinum, Wieselburg, Österreich
Prof. Dr. Guido Recke	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Arno Ruckelshausen	Hochschule Osnabrück
Olivia Spykman	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising
Dr. Thilo Steckel	Claas E-Systems GmbH, Dissen a.T.W.
Prof. Dr. Stefan Stiene	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Heiko Tapken	Hochschule Osnabrück
Dr. Torben Toeniges	Claas E-Systems GmbH, Dissen a.T.W.
Prof. Dr. Uta Wilkens	Ruhr-Universität Bochum
Prof. Dr. Andreas Wübbecke	Fachhochschule Südwestfalen, Soest

## **Organisationsteam**

Dirk Bock	Agrotech Valley Forum e.V., Bohmte
Robert Everwand	Agrotech Valley Forum e.V., Bohmte
Prof. Dr. Joachim Hertzberg	Universität Osnabrück & DFKI Niedersachsen
Julia Ludger	Hochschule Osnabrück
Dr. Henning Müller	DFKI GmbH & Agrotech Valley Forum e.V., Bohmte
Tim Oeljeklaus	Hochschule Osnabrück
Prof. Dr. Arno Ruckelshausen	Hochschule Osnabrück
Dr. Thilo Steckel	Claas E-Systems GmbH, Dissen a.T.W.
Dr. Michaela van Eickelen	Agrotech Valley Forum e.V., Bohmte
Dr. Christa Hoffmann	1. GIL-Vorsitzende, oeconos GmbH, Dettingen
Jun.-Prof. Dr. Anthony Stein	2. GIL-Vorsitzender, Universität Hohenheim, Stuttgart
Helga Floto	GIL-Geschäftsführerin, Esslingen

## Evaluierung eines Funktionsmusters für ein Tracking-Referenzsystem in der Rinderhaltung

Katrin Sporkmann<sup>1</sup>, Heiko Neeland<sup>2</sup>, Christiane Engels<sup>3</sup>, Maria Trilling<sup>4</sup>,  
Marten Wegener<sup>5</sup>, Steffen Pache<sup>6</sup> und Wolfgang Büscher<sup>7</sup>

**Abstract:** Im Rahmen des Experimentierfelds *CattleHub* wird eine Spezifikation für ein Tracking-Referenzsystem entwickelt, welches Vergleichsuntersuchungen von kommerziellen Trackingsystemen für Milchkühe ermöglicht und mit dem weitere neue Anwendungsfälle für die Praxis erschlossen werden sollen. Für eine erste Untersuchung im Stall ohne Tierpräsenz wurden statische und dynamische Messreihen mit dem Funktionsmuster eines solchen Systems durchgeführt. Die statischen Messreihen erzielten eine mittlere Positionsgenauigkeit von 50,7 cm mit einer Präzision von 4,6 cm und einem Offset von 50,5 cm. Die Positionsgenauigkeit des bewerteten Systems wurde hauptsächlich von einem hohen Offset für die y-Koordinate bestimmt. Die dynamischen Messreihen zeigten eine durchschnittliche Standardabweichung von 8,8 cm vom Mittelwert für die Strecken in y-Richtung und von 14,4 cm für die Strecken in x-Richtung. Die Bewegungsverläufe konnten durch das System zeitlich gut abgebildet werden. Die nächsten Erprobungsschritte des Referenzsystems erfolgen mit Prototypen am Tier.

**Keywords:** Assistenzsysteme, Tracking-Referenzsystem, OpenCattleHub, Reverse TDoA, DRMS

### 1 Einleitung

Mit stetig wachsenden Tierbeständen in der Milchviehhaltung steigt der Bedarf der Tierhaltenden an effizienten Werkzeugen zur Bewältigung des Herdenmanagements. Bedingt durch den technologischen Fortschritt bei gleichzeitigem Preisverfall für industrielle Echtzeit-Lokalisierungssysteme in den letzten zehn Jahren wuchs auch das Interesse an Trackingsystemen für die Milchviehhaltung. Neben der Positionsbestimmung ermöglichen Trackingsysteme eine kontinuierliche Tierbeobachtung und daraus resultierend die Erfassung von Tieraktivitäten, die wertvolle Verhaltensparameter für die tierhaltenden Betriebe liefern. Beispielsweise wird seitens der Forschung versucht, aus

---

<sup>1</sup> Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig, at-lit@thuenen.de

<sup>2</sup> Thünen-Institut für Agrartechnologie, Bundesallee 47, 38116 Braunschweig, heiko.neeland@thuenen.de,

<sup>3</sup> Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußalle 5, 53115 Bonn, christiane.engels@uni-bonn.de,

<sup>4</sup> Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse 2, 59505 Bad Sassendorf, maria.trilling@lwk.nrw.de

<sup>5</sup> Technische Universität Chemnitz, Professur Schaltkreis- und Systementwurf, Reichenhainer Str. 70, 09107 Chemnitz, marten.wegener@etit.tu-chemnitz.de

<sup>6</sup> LfULG – Lehr- und Versuchsgut Köllitsch, Am Park 3, 04886 Köllitsch, Steffen.Pache@smekul.sachsen.de

<sup>7</sup> Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Nußalle 5, 53115 Bonn, wolfgang.buescher@uni-bonn.de.

den Positionsdaten auf das Sozialverhalten von Milchkühen zu schließen [MFL21], was genaue und valide Positionsdaten notwendig macht. Gleichzeitig entstand mit dem steigenden Angebot von kommerziellen Tierortungs- bzw. Trackingsystemen in der Milchviehhaltung der Wunsch nach einer Bewertung der Funktions- und Positionsgenauigkeit. Andere Studien bewerten Trackingsysteme manuell oder verwenden Methoden der Bildanalyse [Po14; Me18]. Im Gegensatz dazu ist ein Ziel im Experimentierfeld *CattleHub* die vergleichende Untersuchung mit Hilfe eines mobilen Tracking-Referenzsystems auf Funkbasis, als *OpenCattleHub* bezeichnet. Zur Überprüfung der Qualitätsanforderungen unter praxisnahen Bedingungen wurde das Funktionsmuster des Systems ohne Tierpräsenz in einem Abteil eines Milchviehstalls untersucht. Ziel dieser Untersuchung war der Funktionstest des Systems in einer Stallumgebung unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Funktionsbereich, Tag-Höhe und Tag-Nummer.

## 2 Material und Methoden

Zur Evaluierung des Funktionsmusters als Tracking-Referenzsystem wurden statische und dynamische Positionsmessungen in einem Stallabteil des Milchviehstalls des Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse ohne Tierpräsenz durchgeführt (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Verwendetes Stallabteil ohne Tierpräsenz zur Evaluation des Funktionsmusters des Tracking-Referenzsystems (hier ist die Durchführung der dynamischen Messreihen zu sehen) (Quelle: Thünen-Institut)



Das Funktionsmuster besteht aus stationären Anker (Satlets) und im Projekt entwickelten Transpondern (Tags). OpenCattleHub ist für den mobilen Einsatz in unterschiedlichen Stallumgebungen konzipiert. Zur Positionsbestimmung wird Ultrabreitband-Technologie (UWB) nach dem Prinzip des „Reverse TDoA“ verwendet, welches Eigenlokalisierung bei einer nahezu unendlichen Anzahl von Tags auf Grund geringer Auslastung des Funkkanals ermöglicht. Die räumliche Auflösung beträgt 10 cm und die Samplerate 3 - 5 Hz. Zur Datenübertragung vom Transponder zum Rechner wurde Bluetooth Low Energy (BLE) eingesetzt.

Für alle Versuche wurden wie in Abbildung 2 dargestellt sechs Anker (Satlets) im Stallabteil verteilt in einer Höhe zwischen 3,07 und 3,67 m angebracht. Für das Einmessen der Anker, der Messpunkte (M) und der Wegstrecken (R) wurde ein Laserdistanzmesser GLM 120 C (Robert Bosch Power Tools GmbH, Deutschland) verwendet.

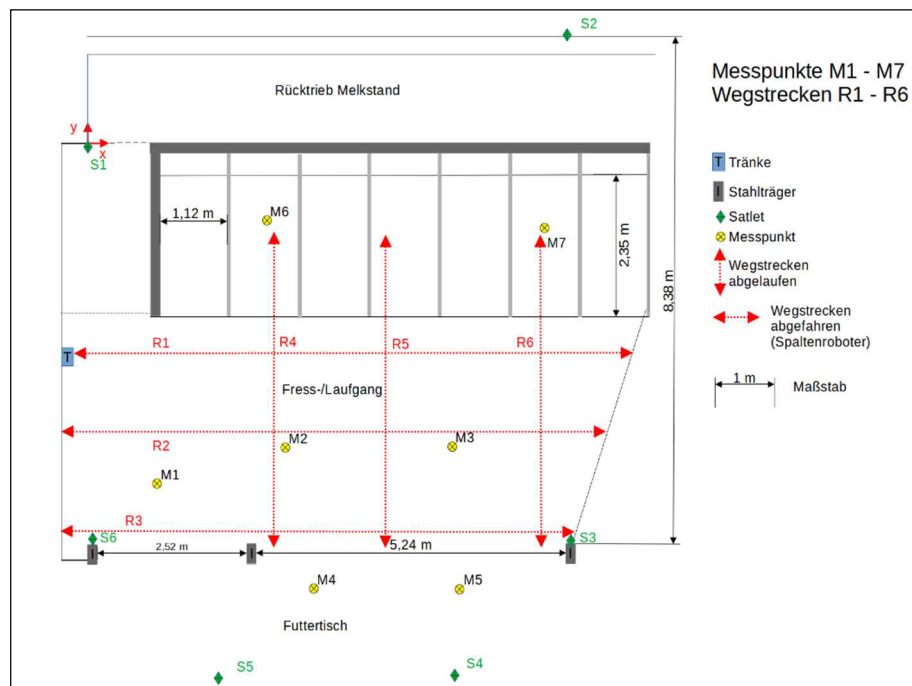


Abb. 2: Stallabteil mit Messpunkten für statische Messreihen und Wegstrecken für dynamische Messreihen.

Die statischen Messreihen erfolgten anhand sieben ausgewählter Messpunkte (s. Abb. 2) jeweils in den Höhen 75 und 152 cm, entsprechend der durchschnittlichen Höhe der Transponder am Halsband von liegenden und stehenden Kühen, vgl. [Hi20]. Für jeden Messpunkt und jede Höhe wurden drei baugleiche Tags nacheinander mit jeweils einer Wiederholungsmessung für eine Messdauer von je 2:30 min platziert. Die dynamischen Messreihen wurden auf drei Längsstrecken auf dem Laufgang (s. Abb. 1 und Abb. 2,

R1 - R3) mit einem Spaltenroboter abgefahren und auf drei Querstrecken vom Fressgitter bis in die Liegebox (s. Abb. 2, R4 - R6) von einer Person abgelaufen. Eine Schnur diente als Spurführung sowohl für die Längsstrecken als auch für die Querstrecken.

Zur Bewertung der Genauigkeit des Systems wurden die nach Maalek und Sadehpour [MS13] beschriebenen Kennzahlen „Distance Root Mean Squared (DRMS)“, „Präzision“ und „Offset“ mit SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) in cm berechnet. Die Präzision spiegelt die Streuung der Position um einzelne Messpunkte herum wider und der Offset ist ein systematischer Messfehler, der die Genauigkeit in Form einer Abweichung bestimmt. Für die Bewertung der dynamischen Messreihen wurde eine gleichförmige Bewegung entlang der Schnur angenommen und die Streuung orthogonal zur Bewegungsrichtung in Form der Standardabweichung berechnet.

### 3 Ergebnisse

Das Funktionsmuster der *OpenCattleHub*-Spezifikation erzielte für die statischen Messreihen im Mittel eine Positionsgenauigkeit von 50,7 cm (DRMS) mit einer Präzision von 4,6 cm und einem Offset von 50,5 cm (Tab. 1). Damit liegen 63,2 % (95 %) der Messwerte in einem Radius von 50,7 cm (87,7 cm) um den tatsächlichen Messpunkt.

Kennzahlen in cm	Tag-Höhe <sup>1)</sup>		Funktionsbereich <sup>1)</sup>			Tag-Nummer <sup>1)</sup>		
	75 cm	152 cm	Liegebox	Laufgang	Futtertisch	1	2	3
DRMS	50,1	51,5	63,4 <sup>a</sup>	45,8 <sup>b</sup>	43,9 <sup>b</sup>	49,4	50,4	52,3
Präzision	5,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>	4,4	4,5	4,8	5,0	3,9	4,9
Offset	49,8	51,2	63,3 <sup>a</sup>	45,6 <sup>b</sup>	43,6 <sup>b</sup>	49,2	50,2	52,0

Tab. 1: Positionsgenauigkeit in Abhängigkeit der Kategorien Tag-Höhe, Funktionsbereich und Tag-Nummer anhand der Kennzahlen DRMS, Präzision und Offset für 77 Messreihen  
(<sup>1)</sup>unterschiedliche Kennbuchstaben (a, b) unterscheiden sich signifikant auf dem 5%-Niveau)

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse zu den Kennzahlen DRMS, Offset und Präzision für die Kategorien Tag-Höhe, Funktionsbereich und Tag-Nummer dargestellt. Auffallend ist der niedrigere DRMS bzw. der höhere Offset in der Liegebox, der sich signifikant von den Funktionsbereichen Laufgang und Futtertisch unterscheidet. Der höchste Offset von 69,6 cm wurde in der Liegebox in der Höhe 152 cm erfasst, der sich für nahezu alle untersuchten Kategorien auf einen hohen Offset der y-Koordinate zurückführen lässt. Die Messwerte waren im Mittel um 43,6 cm in y-Richtung verschoben (vgl. Abb. 2). Für die x-Richtung beträgt der Offset im Mittel 2,1 cm. Die höchste Positionsgenauigkeit mit 41,8 cm (DRMS) wurde im Laufgang in der Höhe 152 cm erreicht, die niedrigste in derselben Höhe mit 69,7 cm in der Liegebox. In einer Höhe von 75 cm ist die Präzision mit 5,2 cm signifikant niedriger als in der Höhe 152 cm (3,8 cm). Die höchste Präzision mit 2,7 cm wurde in der Höhe 152 cm auf dem Laufgang erzielt, wohingegen die niedrigste Präzision ebenfalls auf dem Laufgang mit 5,6 cm in der Höhe 75 cm gemessen

wurde. Alle drei untersuchten Tags verhalten sich sowohl in der Präzision als auch im Offset ähnlich.

Die dynamischen Messreihen der abgelaufenen Strecken R4 - R6 in y-Richtung zeigten mit einer Standardabweichung von 8,8 cm eine deutlich geringere Streuung im Vergleich zu den abgefahrenen Strecken R1 - R3 in x-Richtung mit einer Standardabweichung von 14,4 cm.

#### 4 Diskussion und Fazit

Das untersuchte Funktionsmuster erreichte eine Positionsgenauigkeit von  $\leq 100$  cm für 95 % der Messwerte. Die im Projekt geforderte Positionsgenauigkeit von  $\leq 50$  cm wurde für 63,2 % der Messwerte, die in einem Radius von 50,7 cm um den tatsächlichen Messpunkt liegen, fast erreicht. In [Hi20] wurde ein annähernder Wert von 50 cm für eine Tag-Höhe von 150 cm ohne Tierpräsenz erreicht. Mit Tierpräsenz erreichten [Po14] eine Genauigkeit von 51,5 cm und 90 % der Messwerte lagen in einem Radius von 97 cm (Ubisense). Bei [Wo17] lag die Positionsgenauigkeit bei 122 - 180 cm (Smartbow) und [RBH21] erreichten einen Wert von 39 cm mit einer Streuung von 62 cm (Eigenentwicklung).

Die gleiche bzw. bessere Positionsgenauigkeit (DRMS) des bewerteten Systems wird durch den hohen Wert des Offsets für die y-Koordinate bestimmt, während die Präzision mit  $<10$  cm als sehr gut für ein Tracking-Referenzsystem einzuschätzen ist. In den Untersuchungen von [En22] wurde ein ähnlicher Effekt mit einem gleichen Funktionsmuster festgestellt, der aber sowohl für die y-Koordinate als auch die für x-Koordinate zu beobachten war. Obwohl eine Sichtverbindung von mindestens vier Ankern auf alle Tag-Positionen gegeben war, wurden ortsabhängige Offsets festgestellt. Für die Höhe 152 cm in der Liegebox war dieser auffällig hoch. Ein Fehler durch den Einfluss der Stalleinrichtung und Stahlkonstruktion kann in der hier vorliegenden Studie als minimal angesehen werden, da dieser Offset für Funktionsbereiche Laufgang, Futtertisch und verstärkt für die Liegebox auftrat. Eine Erklärung dafür kann weder aus der Kollision der Funkwellen mit der Stalleinrichtung noch aus Fehlern beim Einmessen abgeleitet werden.

Die dynamischen Messreihen unterscheiden sich jeweils für die x- und y-Richtung. Die Laufstrecke in Richtung y ist sehr präzise, die Standardabweichung in x-Richtung ist hingegen nahezu doppelt so hoch. Da für beide Richtungen nur jeweils ein Träger (Versuchsperson bzw. Roboter) aktiv war, müssen in geplanten Folgeuntersuchungen beide Bewegungsarten für beide Richtungen genauer untersucht werden. Wünschenswert wäre dabei ein verbessertes 2D-Referenzverfahren bzw. Spurführung für die Wegstrecken, damit die Abweichungen bei der Versuchsdurchführung minimiert und zurückgelegte Wegstrecken erfasst werden können.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Funktionsmuster von OpenCattleHub als mobiles Tracking-Referenzsystem für die Rinderhaltung geeignet sein kann. Die hohe Präzision sowohl für dynamische als auch für statischen Messreihen und zudem gute