

Rosemarie Oberschätzl, Bernhard Haidn, Jan Harms, Rudolf Peis, Isabella Stitzelberger, Tobias Rose und Heinz Bernhardt

# Die automatisierte Erfassung des Verhaltens von Milchkühen – ein Verfahrensvergleich

Mit steigenden Herdengrößen wird eine Unterstützung der Tierüberwachung durch automatisierte Datenerfassung und -auswertung immer wichtiger. Ziel der Untersuchungen war es deshalb, verschiedene technische Ansätze zur einzeltier- und herdenbasierten Erfassung des Verhaltens von Milchkühen (Videotechnik, Ortungssystem, ALT-Pedometer, Wiederkausensoren, RFID) hinsichtlich ihrer Qualität, Leistung und Handhabung zu vergleichen und zu bewerten. Die Ergebnisse sollten als Grundlage für weiterführende Erhebungen zum Tierverhalten dienen. Von den ausgewählten Techniken ermöglichte die Auswertung der Ortungs- und Videodaten vergleichbare Aussagen zum Herdenverhalten. Beim Technikvergleich auf der Basis von Einzeltiererfassungen wurden jedoch in bestimmten Stallbereichen Abweichungen aufgrund von Signalabschirmungen festgestellt. Verfahren wie ALT-Pedometer und Wiederkausensoren lieferten zu den durch Ortung und RFID lokalisierten Aufenthaltsbereichen der Tiere zusätzliche Informationen über die Verhaltensweisen in den einzelnen Funktionskreisen.

## Schlüsselwörter

Milchkühe, Tierverhalten, Videotechnik, Ortungssystem

## Keywords

Dairy cows, animal behaviour, video technology, positioning system

## Abstract

Oberschätzl, Rosemarie; Haidn, Bernhard; Harms, Jan; Peis, Rudolf; Stitzelberger, Isabella; Rose, Tobias and Bernhardt, Heinz

Automated recording of behaviour of dairy cows in a free stall barn – Comparison of different technical approaches

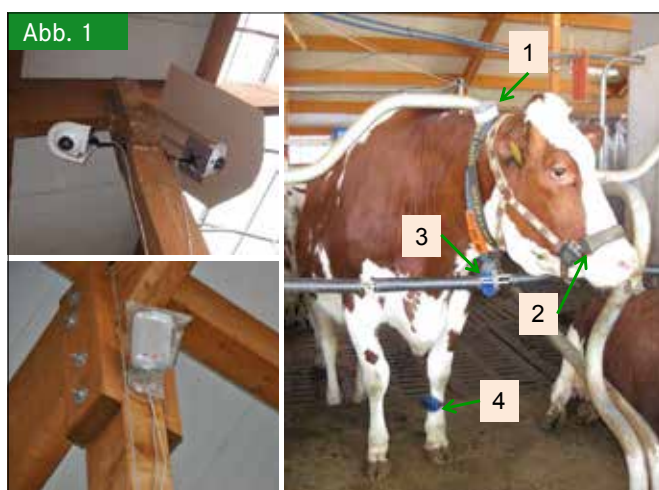
Landtechnik 68(6), 2013, pp. 400–405, 3 figures, 2 tables, 5 references

Growing herd sizes increase the importance of supporting animal monitoring by automated data collection and

analysis. Therefore the aim of the study was to compare and evaluate several technical approaches for data recording of individual animal as well as herd behaviour of dairy cows (by video technology, local positioning system, ALT-pedometers, rumination sensors, RFID) concerning to their quality, their performance and their handling. A basis for further studies of animal behaviour should be provided.

Concerning the selected technologies the analysis of the data collected by the local positioning system and the video technology came to similar results of herd behaviour. Regarding the behaviour of individual cows greater differences were detected in some areas because of signal shielding. The used ALT-pedometers and rumination sensors delivered additional information about behaviour patterns performed in certain areas assigned by the positioning system or the RFID.

■ Mit zunehmender Bestandsgröße ist eine tierindividuelle Überwachung von Milchkühen schwieriger durchzuführen, sodass entweder nur die Herde als Ganzes beobachtet werden kann oder ein erhöhter Arbeitszeitaufwand für eine individuelle Tierkontrolle erforderlich ist. Dies gilt für den Praxisbetrieb, aber auch für wissenschaftliche Erhebungen, welche oftmals eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung neuer Techniken oder Haltungssystemen spielen. Bisher wurden wissenschaftliche



Links: Im Stall installierte Videokameras und montierter Sensor des Ortungssystems. Rechts: Eine mit Identifikationseinheit des Ortungssystems (1), Wiederkausensor (2), Transponder (RFID) (3) und ALT-Pedometer (4) ausgestattete Kuh (Foto: R. Oberschätzl)  
 Fig. 1: Left: Video cameras and a sensor of the local positioning system which were installed in the free stall barn. Right: A cow fitted with an identification unit of the local positioning system (1), a rumination sensor (2), a transponder (RFID) (3) and an ALT-pedometer (4)

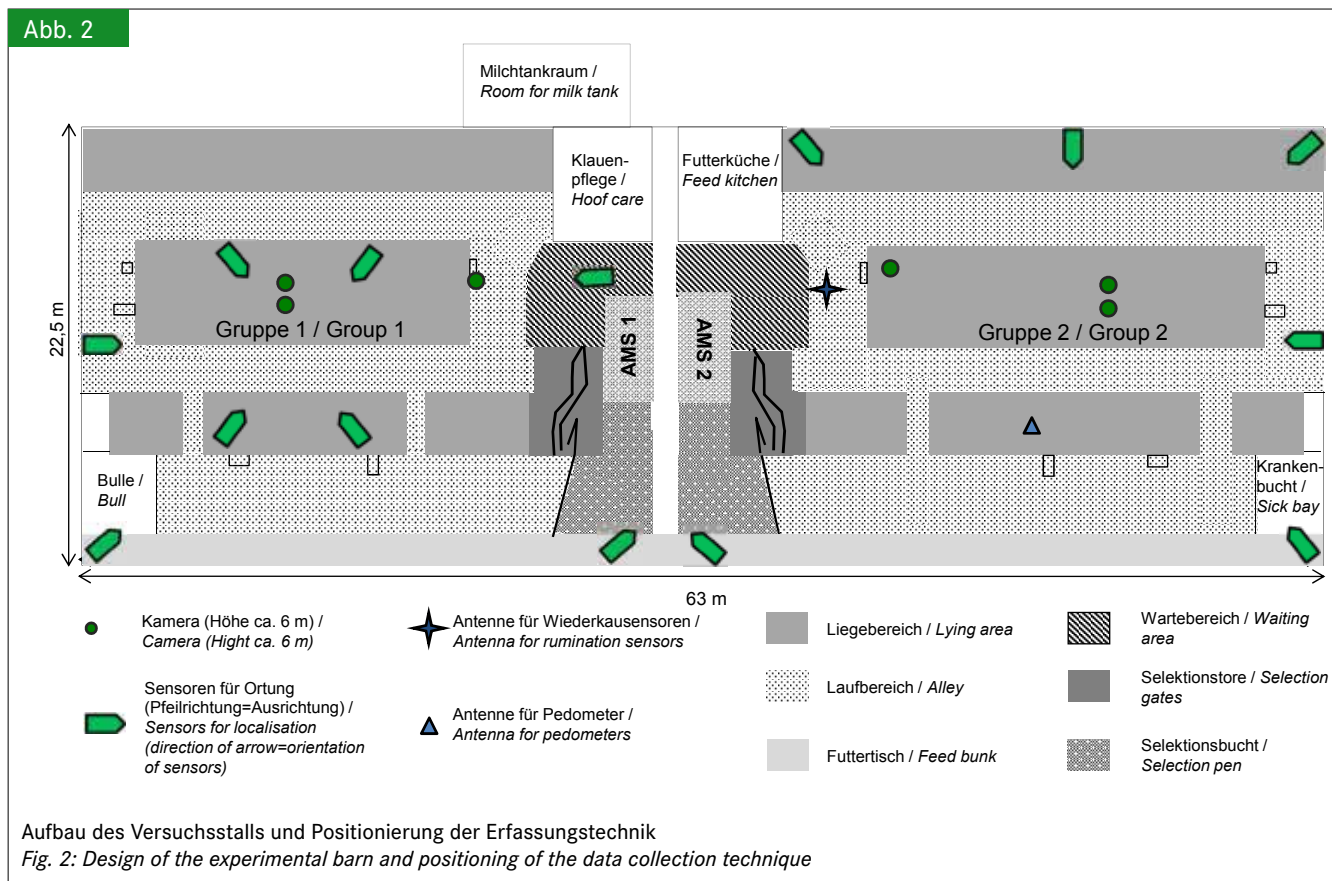
Daten meist über Direkt- und/oder Videobeobachtung gewonnen. Diese beiden Verfahren beanspruchen jedoch einen hohen zeitlichen Aufwand und unterliegen einer starken Subjektivität der Beobachtungsperson [1; 2]. Daher werden im Rahmen von

„Precision Livestock Farming“ tierindividuelle und automatisierte Datenerfassungsverfahren zur Unterstützung der visuellen Tierbeobachtung immer wichtiger. Im Zusammenhang mit verschiedenen Melk- und Umtriebsverfahren sowie Aktivitätsmessungen werden bereits elektronische Tieridentifikationssysteme (RFID-Technik), Pedometer, Ortungssysteme und Sensoren zur Erfassung des Fress- und Wiederkauverhaltens in Milchviehställen eingesetzt [3; 4].

Als Grundlage für weitere Studien zum Tierverhalten und zur Optimierung der Versuchsanstellungen sollten in der vorliegenden Untersuchung verschiedene technische Ansätze zur einzeltier- und herdenbasierten Erfassung des Tierverhaltens hinsichtlich ihrer Qualität, Leistung und ihrer Handhabung verglichen und bewertet werden. Die Erhebungen wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München, der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, der Fachhochschule Kiel und der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon durchgeführt.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf einem Praxisbetrieb im Ostallgäu mit 120 Milchkühen in zwei Leistungsgruppen, zwei automatischen Melkssystemen, einem Feed-First-Umtriebssystem und einem automatischen Fütterungssystem durchgeführt. In zwei Versuchsphasen (1. Phase: 1.12.–21.12.2011; 2. Phase: 6.2.–6.3.2012) wurden mithilfe folgender technischer Ansätze verschiedene ethologische Parameter erfasst (**Abbildung 1**):



- Videotechnik (Mobotix D12 und D14; 6 Kameras): Ruhe- und Aktivitätsverhalten, Ernährungsverhalten, Melkverhalten, Bereichszuordnung
- Ortungssystem (Ubisense Series 7000; 111 Identifikationseinheiten 14 Sensoren): Ruhe- und Aktivitätsverhalten, Ernährungsverhalten, Melkverhalten, Bereichszuordnung
- Wiederkausensoren (RumiWatch Messhalter der ITIN & Hoch GmbH, 6 Kühe der Niederleistungsgruppe): Fress- und Wiederkauverhalten
- ALT-Pedometer (Hersteller Holz, 15 Fokuskühe je Leistungsgruppe): Ruhe- und Aktivitätsverhalten
- RFID-Technologie der AMS (DeLaval): Melkverhalten, Bereichszuordnung

**Abbildung 2** zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Funktionsbereiche im Stall und die jeweils installierten Versuchstechniken.

Die Digitalisierung des Bildmaterials der Videotechnik erfolgte mit dem Programm Image J (Version IJ 1.45m, National Institutes of Health) nach dem Time-Sampling-Verfahren, wobei für die herdenbasierten Auswertungen ein 5-min-Raster [2] und für die Einzeltierauswertungen ein 1-min-Raster gewählt wurde. Die im 1-s-Intervall erfassten Ortungsdaten der einzelnen Kühe wurden den definierten Funktionsbereichen zugeordnet, sobald diese länger als 5 s zugeteilt werden konnten. Alle gewonnenen Daten wurden in einer PostgreSQL-Datenbank abgelegt und für die Auswertung aufbereitet.

Bei der Herdenbeobachtung erfolgte der Vergleich von Videotechnik (Referenzsystem) und Ortungssystem in der Niederleistungsgruppe an jeweils einem Tag der beiden Versuchsphasen. Da aufgrund begrenzter Kapazitäten des Systems nur 37 bzw. 50 Tiere mit einem aktiven Ortungs-Tag ausgestattet waren, wurde diese Anzahl auf die gesamte Tierzahl in der Gruppe je Tag von  $n = 60$  bzw.  $n = 65$  hochgerechnet.

Bei der Einzeltierbeobachtung basierte der Vergleich der Videotechnik mit dem Ortungssystem auf der Auswertung von vier Fokuskühen an zwei ausgewählten Tagen je Versuchsphase.

Für den Vergleich aller eingesetzten Techniken bei der Einzeltierfassung wurden die Aufenthaltsbereiche nach Video, Ortung und RFID und die durch Pedometer und Wiederkausensor detektierten Zustände zeitlich synchronisiert gegenübergestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

Das Herdenverhalten der Tiere konnte sowohl durch die Video- als auch die Ortungstechnik in ähnlicher Weise abgebildet werden. Doch lagen in den einzelnen Funktionsbereichen und Tagesintervallen Abweichungen vor. **Tabelle 1** zeigt sowohl die innerhalb von zwei Tagen erfasste Gesamtzahl an Abweichungen der in den Funktionsbereichen und Tagesintervallen durch Video und Ortung ermittelten Herdenanteile, als auch die durchschnittlichen absoluten Differenzen hinsichtlich der Anzahl der Kühe. Des Weiteren ist der relative Anteil dieser Differenzen bezüglich der in den Funktionsbereichen maximal

Tab. 1

Abweichungen der mithilfe des Ortungssystems in den Funktionsbereichen ermittelten Herdenanteile von jenen der Videotechnik über zwei Versuchstage

Tab. 1: Deviations of the obtained proportions of the number of cows in the functional areas detected by the local positioning system from those of the video technology over two days

Funktionsbereich <i>Functional area</i>	Tagesintervall <i>Day interval</i>	Abweichung der Ortung von Video <sup>1)</sup> <i>Deviation of the local positioning system from video technology<sup>1)</sup></i>				
		Anzahl aller Abweichungen <sup>2)</sup> <i>number of deviations<sup>2)</sup></i>	Ø abs. Anzahl <sup>3)</sup> <i>Ø abs. number<sup>3)</sup></i>		Anteil negative Werte <i>proportion of negative values</i>	Anteil positive Werte <i>proportion of positive values</i>
			Ø rel. Anteil <sup>4)</sup> <i>Ø rel. proportion<sup>4)</sup></i>	%		
h			%	%	%	%
Liegebereich <i>Lying area</i>	6 bis 18 / 6 to 18	273	3,3	5,3	4,2	13,3
	18 bis 6 / 18 to 6	264	2,5	4,0	7,0	10,0
Fressbereich <i>Feeding area</i>	6 bis 18 / 6 to 18	267	2,8	4,5	14,3	2,9
	18 bis 6 / 18 to 6	261	2,9	4,6	12,4	4,4
Warteraum <i>Waiting area</i>	6 bis 18 / 6 to 18	225	1,8	22,5	2,0	15,1
	18 bis 6 / 18 to 6	266	1,4	17,5	2,1	12,4
Σ		1556			41,9	58,1

<sup>1)</sup> Differenz der Anzahl Tiere in den Funktionsbereichen nach Video und Ortung. / *Difference of the number of animals in the different functional areas detected by video technology and the local positioning system.*

<sup>2)</sup> Anzahl Datensätze mit unterschiedlichen Tierzahlen nach Video und Ortung. / *Number of data sets showing different numbers of animals detected by video technology and the local positioning system.*

<sup>3)</sup> Durchschnittliche Differenz (absoluter Betrag) der Anzahl Tiere aller Datensätze ermittelt über Video und Ortung. / *Average difference (absolute amount) of the number of animals identified by video technology and the local positioning system.*

<sup>4)</sup> Relativer Anteil der durchschnittlichen Differenzen (absoluter Betrag) an den in den Funktionsbereichen maximal möglichen Tierzahlen

(Liege- und Fressbereich:  $n = \emptyset 62,5$ ; Warteraum:  $n = 8$ ). / *Relative proportion of the average differences (absolute amount) of the maximum capacity of cows in the functional areas (Lying area:  $n = \emptyset 62,5$ ; Waiting area:  $n = 8$ ).*

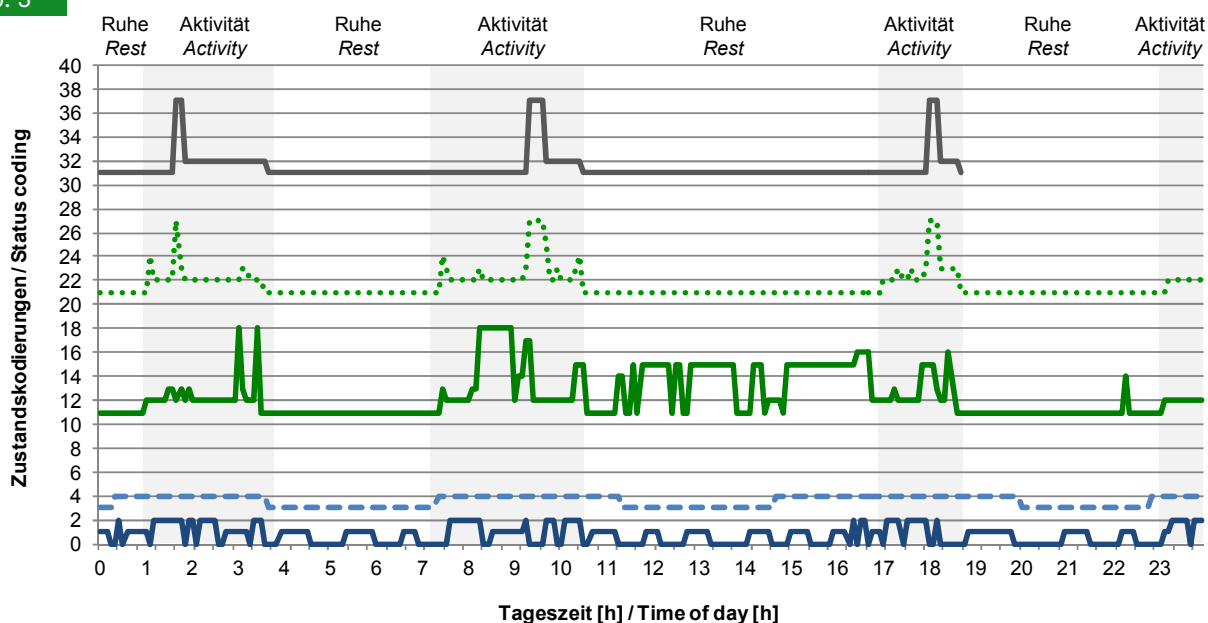
möglichen Tierzahlen dargestellt. Die Angaben über die Anteile negativer und positiver Abweichungen basieren auf der Gesamtanzahl erfasster Unterschiede ( $n = 1556$ ).

Die durch Video und Ortungstechnik detektierten Herdenanteile stimmten in 1556 von 1728 vorhandenen Datensätzen (5-min-Intervall) nicht exakt überein. Die absoluten Abweichungen in den Bereichen lagen dabei im Durchschnitt zwischen 1,4 und 3,3 Tieren. Etwa 35 % der Abweichungen kamen beispielsweise im Liegebereich vor. Dies entspricht einer durchschnittlichen Abweichung von ca. 3 Kühen und einem Anteil von lediglich etwa 5 % bezüglich der maximal möglichen Tierzahl im Liegebereich. Da das Ortungssystem im Vergleich zur Videotechnik einen geringeren Herdenanteil im Liegebereich erfasste, traten im Liegebereich überwiegend positive Abweichungen auf. Die meist negativen Abweichungen der durch Ortung und Video detektierten Herdenanteile im Fressbereich

sind durch schlechte Lichtverhältnisse und Bildverzerrungen des Videomaterials zu erklären. Vor allem im Wartebereich wurden weniger Tiere durch das Ortungssystem als durch die Videotechnik erfasst. Hinsichtlich der geringeren Kapazität des Wartebereichs (maximal 8 Kühe) ist der Anteil der abweichenden Differenz mit durchschnittlich 20 % als hoch einzustufen.

Die Ergebnisse über das Herdenverhalten lassen sich im Wesentlichen durch den einzeltierbasierten Vergleich von Videotechnik und Ortungssystem ( $n = 4$  Tiere,  $n = 4$  Tage) bestätigen. Dieser zeigte, dass 57 % der zum jeweiligen Zeitpunkt ermittelten Aufenthaltsorte (z. B. einzelne Liegebox) der Fokuskühe bei beiden Techniken übereinstimmten. Zu den besonders auffälligen Funktionsbereichen zählte – ähnlich der in **Tabelle 1** gezeigten Ergebnisse – der Warteraum vor den beiden AMS, in dem eine mittlere Abweichung von mehr als 30 % auftrat. Der Hauptgrund hierfür liegt in der wesentlich schlechte-

Abb. 3



	Wiederkausensor <i>Rumination sensor</i>	0: Andere Aktivität <i>Other activity</i>	1: Wiederkauen / <i>Rumination</i>	2: Fressen / <i>Feeding</i>
	ALT-Pedometer <i>ALT-pedometer</i>	3: Liegen / <i>Lying</i>	4: Nicht Liegen / <i>Not lying</i>	
	Ortungssystem <i>Local positioning system</i>	11: Liegebox / <i>Cubicle</i> 14: Laufbereich / <i>Alley</i> 17: Warteraum / <i>Waiting area</i>	12: Fressplatz / <i>Feed lot</i> 15: Selektionsgang <i>Selection alley</i> 18: Außenbereich Fressplatz <i>Outer space of feed lot</i>	13: Fressgang / <i>Feed alley</i> 16: Selektionsbucht <i>Selection pen</i>
	Videotechnik (Referenz) <i>Video technology (reference)</i>	21: Liegebereich / <i>Lying area</i> 24: Laufbereich / <i>Alley</i> 27: Warteraum / <i>Waiting area</i>	22: Fressplatz / <i>Feed lot</i> 25: Selektionsgang <i>Selection alley</i>	23: Fressgang / <i>Feed alley</i> 26: Selektionsbucht <i>Selection pen</i>
	RFID / <i>RFID</i>	31: Liegebereich <i>Lying area</i>	32: Fressbereich <i>Feeding area</i>	37: Warteraum <i>Waiting area</i>

Einzeltierbasierter Vergleich der Techniken zur automatisierten Erfassung von Verhaltenskenndaten (Kuh aus Gruppe 2, 18.12.2011)

Fig. 3: Individual cow based comparison of techniques for automated detection of behaviour characteristics (cow of group 2, 18.12.2011)

ren Ortungsgenauigkeit im Wartebereich aufgrund von Signalabschirmungen. Bestätigt wird diese Aussage dadurch, dass in Liegebuchten in der Nähe des AMS ebenfalls Abweichungen in einer Größenordnung von etwa 30 % ermittelt werden konnten. Dagegen kamen in den anderen Liegebuchten Abweichungen von im Mittel 0–10 % vor [5].

Um die Möglichkeiten und Grenzen der fünf eingesetzten Techniken zur Erfassung von Tierverhaltenskenngößen aufzuzeigen, werden diese in **Abbildung 3** exemplarisch anhand des Tagesverlaufs eines Einzeltieres vergleichend dargestellt.

Die qualitative Gegenüberstellung der Tagesverläufe der RumiWatch- und Pedometer-Werte sowie der Bereichszuordnungen durch das Ortungssystem, die Videotechnik (Referenzsystem) und die in der Milchviehhaltung bereits verbreitete RFID-Technologie lässt eine übereinstimmende Abfolge von Ruhe- und Aktivitätsphasen erkennen.

Bedeutende Abweichungen ergaben sich jedoch beim Ortungssystem aufgrund von Signalstörungen in der Nähe des Selektions- und Wartebereichs vor dem AMS. So wurde die Kuh im Zeitraum von 11:15 bis 14:30 Uhr abwechselnd in der Liegebucht (11), im Selektionsgang (15) und im Laufbereich (14) geortet, während die anderen Systeme eine durchgehende Ruhephase anzeigten. Die nachfolgende Aktivitätsphase (Wechsel des Tieres in den Fressbereich) wurde durch alle Verfahren angezeigt, mit Ausnahme der RFID-Technik, da auf dem untersuchten Betrieb am Übergang zum Fressbereich keine RFID-Erkennung installiert war. Die Kuh wurde daher erst wieder bei ihrem nächsten Besuch der Selektionseinrichtung erfasst.

Ausgehend von den Erhebungen sind die Beeinträchtigung des Videomaterials durch schlechte Lichtverhältnisse (Sonneneinstrahlung, Dunkelheit) sowie die Abschirmung und -ablenkung der Ortungssignale durch Stalleinrichtungen als Hauptgründe für die Abweichungen zu sehen.

Die Wiederkausensoren und deren Erkennungsalgorithmus ermöglichten – abgesehen von Problemen in der Handhabung und Funktionssicherheit – eine mit den Angaben der anderen Techniken übereinstimmende Erfassung der Fress- und Wiederkauphasen des betrachteten Einzeltieres. Auch die ALT-Pedometer erwiesen sich als funktions sichere Technik zur Detektion des Ruhe- und Aktivitätsverhaltens von Einzelkühen. Die Untersuchung zeigte, dass für die Bewertung der eingesetzten Techniken je nach Zielsetzung verschiedene Kriterien zu berücksichtigen sind (**Tabelle 2**).

### Schlussfolgerungen

Während sich die Videotechnik aufgrund ihres hohen Digitalisierungsaufwands mehr zur Online-Überwachung des Betriebsgeschehens eignet und als Referenzsystem zu sehen ist, erlauben Ortungssysteme und die RFID-Technik sowohl eine automatisierte Lokalisierung von Einzeltieren in den Funktionsbereichen als auch die Erfassung des Herdenverhaltens. Stalleinbauten können die Positionsbestimmung durch die Ortungstechnik jedoch erheblich beeinträchtigen. Für Fragestellungen nach genauen Bereichszuordnungen von Einzeltieren ist somit insbesondere in abgeschirmten, kritischen Bereichen ein ausreichend dichtes Netz an Sensoren erforderlich. Verfah-

Tab. 2

Bewertung der eingesetzten Techniken

Tab. 2: Evaluation of techniques used

Technik/Technology Parameter/Parameters	Videotechnik Video technology	Ortungssystem Local positioning system	ALT-Pedometer ALT-pedometer	Wiederkausensoren Rumination sensors	RFID RFID
<b>Handhabung/Management</b>					
Handhabung und Funktionssicherheit <i>Handlig and functional stability</i>	++	+	++	-	+
Sicherheit der Bedienungsperson <i>Safety of the operator</i>	++	-	-	0	++
Zeitlicher Aufwand/ <i>Time requirement</i>	--	0	++	+	++
<b>Aufzeichnungsqualität/Recording quality</b>					
Beeinflussung durch Aufstallung <i>Influence of stable equipment</i>	+	-	++	++	++
Beeinflussung durch Lichtverhältnisse <i>Influence of lighting conditions</i>	-	++	++	++	++
<b>Informationsgewinnung/Information retrieval</b>					
Tierindividuell/ <i>Individual animal based</i>	-	++	++	++	++
Herdenbasiert/ <i>Herd based</i>	++	+	0	-	+
Automatisierungsgrad der Datenerfassung/ <i>Degree of automation of data collection</i>	-	++	++	++	++

++: äußerst positiv/*exceedingly positive*, +: positiv/*positive*, 0: neutral/*neutral*, -: negativ/*negative*, --: äußerst negativ/*exceedingly negative*

ren wie der Einsatz von ALT-Pedometern und Wiederkausen- sen liefern zusätzliche Informationen über die Verhaltenswei- sen in den detektierten Funktionsbereichen. Für die Qualität des Datenmaterials sind die Überprüfung der Eignung und die Anpassung der Systemeinstellungen aller eingesetzten Techni- ken an die baulichen Gegebenheiten vor Versuchsbeginn aus- schlaggebend.

Eine Verknüpfung der untersuchten technischen Messver- fahren ermöglicht eine detaillierte und plausible Erfassung der Verhaltenskenndaten von Milchkühen und stellt sowohl für For- schungszwecke als auch für die Praxis einen vielversprechen- den Ansatz zur Tierkontrolle und zur Sicherstellung des Tier- wohls dar.

## Literatur

- [1] Brandl, N. (2006): Measuring pig travel by image analysis. Danish Insti- tute of Animal Science, Department of Animal Health and Welfare. <http://nabilnabil.homestead.com/files/movtrack.htm>, Zugriff am 6.5.2013
- [2] Hoy, S. (2009): Methoden der Nutztierethologie. In: Hoy, S.: Nutztieretho- logie. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, S. 48-51
- [3] Harms, J.; Wendl, G. (2009): Automatisierung in der Milchviehhal- tung. In: Strategien für zukunftsorientierte Milchviehbetriebe in Bayern. LfL-Schriftenreihe Nr. 14. [http://www.lfl.bayern.de/itt/forschung/38119/2009\\_lflschrift\\_14.pdf](http://www.lfl.bayern.de/itt/forschung/38119/2009_lflschrift_14.pdf), Zugriff am 10.5.2013
- [4] Stöcker, C. und Veauthier, G. (2013): Die gläserne Milchkuh. Elite Maga- zin 2, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster
- [5] Stitzelberger, I. (2012): Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung des Annäherungsverhaltens von Einzelkühen an automatische Melk- systeme - Vergleich von Video- und Ortungstechnik. Diplomarbeit an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Institut für Landtechnik und Tierhaltung)

## Autoren

**M. Sc. Rosemarie Oberschätzl** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe „Rinder- und Pferdehaltung“, **Dr. agr. Bernhard Haidn** ist Arbeitsbereichsleiter für Tierhaltungsverfahren, **Dr. agr. Jan Harms** ist Leiter der Arbeitsgruppe „Milchgewinnung und Prozesstech- nik“ und **Dipl. Ing. agr. (FH) Rudolf Peis** ist Technischer Mitarbeiter am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrwächter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, E-Mail: [rosemarie.oberschaetzl@LfL.bayern.de](mailto:rosemarie.oberschaetzl@LfL.bayern.de)

**Dipl. Ing. agr. (FH) Isabella Stitzelberger** war Studentin im Studien- gang Landwirtschaft an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Hofgarten 4, 85354 Freising-Weihenstephan

**M. Sc. Tobias Rose** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fachhochschule Kiel im Fachbereich Agrarwirtschaft, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

**Prof. Dr. agr. habil. Heinz Bernhardt** ist Leiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München- Weihenstephan, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan

## Danksagung

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