

Bewertung ausgewählter Methoden zur Erfassung und Analyse des Heu- und Grünfutteraufnahmeverhaltens von Milchziegen

Sybille Schaefer^{*,**}, Anja Wasilewski^{*} und Gerold Rahmann^{**}

Zusammenfassung

Erstes Ziel war die Identifikation einer geeigneten Methode zur ethologischen Erfassung des Raufutteraufnahmeverhaltens von Ziegen unter Freilauf-Haltungsbedingungen. Je 3 Stunden im Stall und auf der Weide wurden alle 3 Minuten Momentaufnahmen simultan mittels Direktbeobachtung, Fotografien und Videoaufnahmen gemacht. Keine Methode erlaubte die Identifizierung des Futteraufnahmezustandes jedes Tiers (Stall: n = 51, Weide: n = 41) zu jedem Zeitpunkt. Dies wurde nur durch Komplettierung der Videodaten mittels Vor- und zurück-Spulen erreicht (= Referenzdatensatz). Im Vergleich der instantanen Methoden mit dem Referenzdatensatz mittels Kasten- und Bland-Altman-Grafiken sowie Medianen der prozentualen Abweichungen zeigten die Videobilder die größte Reliabilität, jedoch ohne das Gütekriterium ($\geq 90\%$ Übereinstimmung) zu erfüllen. Zur Ermittlung des effizientesten Zeitrasters für die Auswertung der komplettierten Videodaten wurden 3-, 5-, 8- und 12-Minuten-Intervalle mit dem Referenzdatensatz (1 Minute) verglichen. Die Reliabilitätstests erfolgten wie beim Methodenvergleich. Bei den Stalldaten erfüllten einzig 3 Minuten das Kriterium, bei den Weidedaten 3, 5 und 8 Minuten. Diese Eignungsbewertung ist teilweise restriktiver als in vergleichbaren Studien. Die Differenzen zwischen den für Heu- und Grünfutteraufnahme geeigneten Intervallen werden v. a. auf Unterschiede in der zeitlichen Struktur des jeweiligen Verhaltens zurückgeführt. Für methodische Entscheidungen kann die Relevanz der zeitlichen Struktur (Anteil, Häufigkeit, Dauer) größer sein als die der Zugehörigkeit zum Verhaltensbereich.

Schlüsselwörter: *Methodenvergleich, Foto, Video, Direktbeobachtung, Reliabilität, Effizienz, Intervalllänge, Raufutter, Futteraufnahme, Verhalten*

Summary

Assessment of selected methods for recording and analyzing hay feeding and grazing behaviour of dairy goats

The first aim was to identify an adequate ethological recording method for the roughage feeding behaviour of goats under loose-house conditions. Over 3 hours in the barn and at pasture, respectively, instantaneous data were collected every 3 minutes simultaneously by direct observation, still photography and video recordings. None of the methods allowed identification of the feeding status of every animal (barn: n = 51, pasture: n = 41) at every sampling point. This was only achieved by complementing the video data by winding recordings back and forth (= reference dataset). Comparing the instantaneous methods with the reference dataset by boxplots, Bland-Altman plots and medians of percental deviations, the video images had the highest reliability, but still failed the goodness-of-fit-criterion ($\geq 90\%$ correspondence). In order to identify the most efficient sampling interval for the complemented video data, 3-, 5-, 8- and 12-minute intervals were compared with the reference dataset (1 minute). Reliability tests were conducted in the same way as those of the method comparisons. For the barn data, only 3 minutes were sufficiently reliable; for the pasture data 3, 5 and 8 minutes met the criterion. This assessment of aptitude is more restrictive than in a number of comparable studies. Differences between the intervals appropriate for hay versus grass feeding are attributed mostly to different temporal structures of these behaviours. For methodological decisions, the temporal structure of a behaviour (proportion, frequency, duration) may be more relevant than its general category.

Keywords: *method comparison, photo, video, direct observation, reliability, efficiency, interval length, roughage, feeding, behaviour*

* Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Biologie, Karl-v.-Frisch-Str. 8, 35043 Marburg, Germany

** Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Germany

1 Einleitung

Die Balance zwischen ökonomischer Effizienz und Wohlbefinden eines Tieres zu halten, ist eine der großen Herausforderungen für jeden kommerziellen Tierhalter (zum Beispiel McGlone, 2001; Rahmann, 2009) und bietet zugleich die Möglichkeit, Aspekte des anthropozentrischen und ethischen Tierschutzes gleichermaßen zu berücksichtigen. Die wirtschaftliche Leistung von Ziegen wird auf den meisten Betrieben durch Parameter wie Milchmenge und -inhaltsstoffe, Anzahl an Nachkommen sowie Gewichtszunahmen quantifiziert und die Bestimmung dieser Leistungsparameter ist Routine. Demgegenüber ist das Messen des Tierwohls (Animal Welfare) in der alltäglichen Praxis weniger üblich, komplexer und wissenschaftlich bisher nur mittels multidisziplinärer Datenerhebung bewertbar (zum Beispiel Broom, 1988; McGlone, 2001; Dawkins, 2003). Es lässt sich anhand ethologischer, physiologischer, pathologischer und leistungsbezogener Indikatoren messen (Zusammenstellung beispielsweise bei Köhler, 2005) und im Falle eines biologischen Ungleichgewichts, wie zum Beispiel Futtermangel, negativer Stress, Krankheit, wird physiologischen Veränderungen stets eine Verhaltensänderung vorausgehen. Aufgrund dieser höheren Sensibilität von ethologischen Modifikationen als Indikatoren für eine Beeinträchtigung des Tierwohls besitzt die Verhaltensfassung ein Potenzial von wirtschaftlicher Relevanz für die Tierhalter (Keeling und Gonyou, 2001; Wasilewski, 2003; Schaefer, 2012). Die quantitative Erfassung des Heu- und Grünfutteraufnahmeverhaltens als ethologischer Indikator ermöglicht, Veränderungen im Futteraufnahmeverhalten frühzeitig festzustellen und ernährungsbedingten negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit vorzubeugen.

Zur zuverlässigen Erfassung und Bewertung des Futteraufnahmeverhaltens sind adäquate quantitative Methoden essentiell. Eine grundsätzliche Entscheidung bei der Auswahl für die jeweilige Fragestellung geeigneter Erfassungsmethoden ist die Wahl zwischen nicht-visuellen und visuellen Methoden: Unter nicht-visuellen Methoden werden zum Beispiel Ortungssysteme, Bewegungssensoren und optoelektronische Systeme zusammengefasst (Tabelle 1). Bei ihnen erfolgt die Datenerfassung vollständig automatisiert und die Auswertung der aufgezeichneten Signale mittels spezieller Computer-Software. Visuelle Methoden wie Direktbeobachtung sowie Fotografien und Videoaufzeichnungen erfordern die unmittelbare beziehungsweise nachträgliche Interpretation des Futteraufnahmezustand anhand von „gesehenen Bildern“ (Tabelle 2, s. S. 5).

Für die Quantifizierung des individuellen Heu- und Grünfutteraufnahmeverhaltens aller Individuen einer größeren Herde, wie die der vorliegenden Studie ($n > 40$), sind sämtliche elektronischen Geräte allein durch ihre hohen Anschaffungskosten ungeeignet; dies schließt auch automatische Fütterungssysteme ein, sofern sie nicht ohnehin bereits etabliert sind. Hinzu kommt ein großer Zeitbedarf für die Auswertung der umfangreichen und komplexen Daten, die in der Regel zudem die kostenpflichtige Anschaffung von Spezial-Software erfordert. Allen nicht-visuellen Methoden

gemeinsam ist der bedeutende Nachteil, dass sie keine Kontextinformationen erfassen. Sensoren, die beispielsweise nur Kopf- oder Kaubewegungen aufzeichnen, sind für weitere Einflussfaktoren (zum Beispiel etwaige „Störungen“ durch den Menschen, gesundheitliche Beeinträchtigungen) „blind“. Eine korrekte Bewertung der erhobenen Daten fällt dann – vor allem, wenn die Messwerte nicht eindeutig sind – schwer. Die visuelle Erfassung hingegen lässt die Registrierung dieser weiteren Einflussfaktoren zu.

Bisher gibt es keine standardisierten Methoden, das Futteraufnahmeverhalten von Wiederkäuern quantitativ zu erfassen, unter Berücksichtigung des Kontextes zu bewerten und somit vergleichbar zu machen und es wurde unseres Wissens bisher kein Versuch unternommen, Heu- und Grünfutteraufnahmeverhalten in ein und derselben Studie zu vergleichen. Zudem wurde bisher die Eignung digitaler Fotografien zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens von Milchziegen im Stall und auf der Weide nicht im direkten Vergleich mit anderen visuellen Methoden überprüft. Die vorliegende Studie soll, am Beispiel der gewählten Ziegenherde, zur Wahl und Etablierung einer geeigneten Methode beitragen sowie Orientierungshilfen bei der Konzeption und Durchführung von Methoden-Reliabilitätstests für ähnliche Untersuchungen anbieten.

Die Studie ist zweistufig aufgebaut: Das erste Ziel liegt in der grundsätzlichen Identifikation einer reliablen visuellen Erfassungsmethode (Direktbeobachtung, Fotografien und instantane Videostandbilder), das zweite in der Optimierung von Praktikabilität und Effizienz in der Anwendung (Identifikation des effizientesten Auswertungsintervalls der Videoaufzeichnungen).

2 Methoden zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens domestizierter Wiederkäuer

2.1 Nicht-visuelle Methoden

Bei der vollständig automatisierten, nicht-visuellen Erfassung der Futteraufnahme (Tabelle 1) kommen hauptsächlich elektronische Geräte wie GPS-basierte Ortungssysteme, Beschleunigungs-, Dehnungs- und Drucksensoren sowie optoelektronische Systeme (zum Beispiel Wiegetröge mit Lichtschranken und elektronischer Tiererkennung) zum Einsatz.

Die nicht-visuellen Methoden sind aus den bereits in Kapitel 1 dargelegten Gründen für die vorliegende Studie nicht geeignet. Je nach Herdengröße und (technischer) Betriebsausstattung können sie aber bei zukünftigen Anwendungsstudien das Spektrum der zur Auswahl stehenden Methoden erweitern.

2.2 Visuelle Methoden

Direktbeobachtungen, Fotografien und Videoaufzeichnungen ermöglichen das Erfassen des Futteraufnahmeverhaltens jedes Individuums auch bei größeren Herden. Bei den Vorüberlegungen zur Methodenwahl ist neben der

Tabelle 1

Ausgewählte Studien zu nicht-visuellen Erfassungsmethoden des Futteraufnahmeverhaltens von Wiederkäuern. Bei den meisten dieser Methoden wird das einzelne Tier mit dem entsprechenden Sensor ausgestattet. Nur bei den optoelektronischen Systemen tragen die Tiere lediglich Responder und die Sensoren sind an Komponenten der Stalleinrichtung angebracht.

Methoden	Exemplarische Studien	Datentyp (und ggf. Befestigungsart)	Tiere
Ortungssysteme			
Global Positioning System (GPS)	Schlecht et al., 2004	Aufenthaltsbestimmung auf der Weide (Rückenbefestigung)	Rinder
GPS und Bewegungssensoren (Lotek [®])	Brosh et al., 2006	Aufenthaltsbestimmung beim Grasens und Erfassung der Aktivitäten an den jeweiligen Standorten (Halsbandbefestigung)	Rinder
Local Positioning Measurement (LPM [®] ABATEC electronics)	Gygax et al., 2007 Neisen et al., 2009	Aufenthaltsbestimmung im Laufstall (Halsbandbefestigung)	Rinder
Echtzeit-Positionierungssystem (Ubisense 7000 [®])	Georg et al., 2012 Bender et al., 2012	Nutzung verschiedener Außenbereiche: Weide, Futterhecken, Hütten (Brustgurtbefestigung)	Ziegen
Accelerometer (Beschleunigungssensoren)			
IceTag3DTM, Hobo [®] PendantTM G	Blomberg, 2011	Graseverhalten (Halsband- und Hinterlaufbefestigung)	Rinder
Hobo [®] PendantTM G	Moreau et al., 2009	Auf- und Abbewegungen des Kopfes beim Grasens (Halsbandbefestigung)	Ziegen
IceTag3DTM	Nielsen et al., 2010	Lokomotorische Aktivität im Laufstall (Hinterlaufbefestigung)	Rinder
Actiwatch [®] (Activity Monitoring System = AMS)	Müller und Schrader, 2003	Lokomotorische Aktivität im Laufstall (Hinterlaufbefestigung)	Rinder
ETHOSYS [®] (Beschleunigungs- und Kopfpositionssensor)	Scheibe et al., 1998	Graseverhalten und Aktivität (Halsbandbefestigung)	Schafe (Pferde)
Jaw-Movement-Recorder (Dehnungs- und Drucksensoren)			
„jaw-recorder“ (mit „Dehnungsmessstreifen“: Veränderung des elektrischen Widerstands bei Dehnung)	Matsui, 1994	Anzahl an Kauschlägen und Pausen zwischen einzelnen Kauschlägen	Ziegen Schafe Rinder
APEC [®] Drucksensor: luftgefüllter Silikon-schlauch	Abijaoudé et al., 1999 Desnoyers et al., 2009	Kieferbewegungen beim Aufnehmen, Zerkauen und Wiederkäuen von Nahrung	Ziegen
MSR [®] 145-Logger: Drucksensor: ölgefüllter Silikon-schlauch	Nydegger et al., 2011	Kieferbewegungen beim Aufnehmen, Zerkauen und Wiederkäuen von Nahrung	Rinder
Optoelektronische Systeme			
Wiegetröge und elektronische Tiererkennung (Ohr-Responder und Infrarotsensoren)	Kaufmann et al., 2007	Häufigkeit, Dauer und jeweils aufgenommene Futtermenge pro Aufenthalt am Futtertisch	Rinder
„Rechnergesteuerter Futterstand“ (Tiererkennung: elektronisch und über Lichtschranke)	Wendl et al., 1999	Häufigkeit, Dauer und jeweils aufgenommene Futtermenge pro Aufenthalt am Futtertisch	Schafe
GrowSafe Systems [®] : Überwachungssystem am Futtertisch	DeVries et al., 2003 DeVries et al., 2004	Häufigkeit und Dauer pro Aufenthalt am Futtertisch	Rinder

Reliabilität (siehe weiter unten) die Effizienz (Aufwand-Nutzen-Relation) ein ausschlaggebendes Kriterium. Sie wird bei der Datenaufnahme und anschließenden Auswertung vor allem von Aspekten wie dem Datentyp und den entsprechenden Dateneigenschaften, dem Ausrüstungs- und Arbeitsaufwand sowie den Fehlerquellen bestimmt.

Bei der Direktbeobachtung entfallen Zeit- und Kostenaufwendungen für die Auswahl, Anschaffung und Wartung von geeigneten Foto- und/oder Videokameras samt Zubehör. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Kontextinformationen genau erfasst werden können (Martin und Bateson, 2007). Nachteilig ist, dass der Beobachter während der Datenaufnahme durchgängig anwesend sein muss. Die Direktbeobachtung des Futteraufnahmeverhaltens von 41

bzw. 51 Individuen beinhaltet, selbst bei hoher Intra-Observer-Reliabilität, eine unvermeidbare potentielle Abweichung, da die Protokollierung der futteraufnehmenden Tiere zwangsläufig sukzessiv erfolgt (Scan Sampling sensu: Lehner, 1996; Martin und Bateson, 2007).

Nachteilig ist weiterhin, dass mittels Direktbeobachtung meist nur wenige Verhaltensaspekte gleichzeitig erfasst werden können, denn die Wahrscheinlichkeit, wichtige Verhaltensweisen zu übersehen, steigt mit der Anzahl an Aspekten, die der Beobachter wahrnehmen muss. Zudem ist die Beeinflussung des Tierverhaltens durch die Anwesenheit eines Beobachters nicht auszuschließen.

Beim Einsatz von Fotografien stellt der geringe Datenerfassungsaufwand den größten Vorteil dar, vor allem wenn

eine automatische Intervallaufnahme-Funktion der Kamera(s) die Abwesenheit des Beobachters ermöglicht. Dann beschränkt sich der Aufwand auf Aufbau und Einrichtung der Kamera(s) sowie die Ausstattung mit hinreichend großen Speichermedien und das Sicherstellen der Stromversorgung. Die manuelle oder automatische Anfertigung der Fotografien entscheidet darüber, ob die einzelnen Momentaufnahmen jeweils sukzessiv oder zeitlich synchron entstehen. Die größte Fehlerquelle, trotz moderner Fototechnik, können unscharfe oder den wechselnden Lichtverhältnissen nicht angepasste Fotografien sein, die eine Auswertung erschweren oder unmöglich machen. Nachteilig ist zudem, dass auf einer Fotografie – wie auf allen reinen Momentaufnahmen – mitunter wichtige Kontextinformationen fehlen oder Tiere verdeckt sind. Nur solche Verhaltensweisen, die aus der Körperhaltung des Tieres eindeutig hervorgehen, können den Momentaufnahmen entnommen werden. Verhaltensweisen hingegen, die nur unter Einbeziehung seiner Bewegung eindeutig identifizierbar sind, werden möglicherweise fehlinterpretiert oder gar nicht erfasst.

Üblicher als Fotografien finden in der Literatur Zeitraffervideoaufnahmen Anwendung. Aufnahmen mit niedriger Geschwindigkeit (Tabelle 2; dort Intervalle von 20 Sekunden und 1 Minute) entsprechen in ihren „technischen Bildeigenschaften“ weitgehend Fotografien, hochfrequente Zeitrafferaufnahmen (Tabelle 2, dort 1 Bild und 5,56 Bilder pro Sekunde) ähneln Normalzeitvideoaufzeichnungen (vergleiche zum Beispiel Vansdadiya und Kothari (2014): 25 Bilder/Sekunde).

Eine Videokamera, die kontinuierlich oder im hochfrequenten Zeitraffer aufzeichnet, verbraucht deutlich mehr Strom als eine Fotokamera oder niederfrequente Zeitrafferaufnahme, sodass vor allem im Freiland die Stromversorgung technisch aufwendig sein kann. Bei einer kontinuierlichen Datenauswertung ist der Auswertungsaufwand im Vergleich zu Direktbeobachtungsdaten, Fotografien und niederfrequenten Zeitrafferaufnahmen um ein Vielfaches höher (zum Beispiel Martin und Bateson, 2007). Allerdings erlaubt die Verwendung von kontinuierlich oder hochfrequent angefertigten Videoaufzeichnungen durch Vor- und Zurückspulen das Erschließen des zeitlichen Kontextes sowie die sichere und synchrone Identifikation idealerweise aller Tiere inklusive ihres Verhaltens.

Die Auswertung instantaner Videostandbilder ist mit der von Fotografien vergleichbar und das Komplementieren uneindeutiger Videostandbilder durch Vor- und Zurückspulen bietet einen Mittelweg. Videoaufzeichnungen lassen nachträglich verschiedene Auswertungsmethoden zu, sodass dasselbe Video, je nach Fragestellung, zum Beispiel in unterschiedlichen Intervallen ausgewertet werden kann. Sofern das Verhalten in der Körperhaltung oder -bewegung gut abgebildet wird, ist eine große Anzahl an unterschiedlichen Verhaltensaspekten erfassbar. Die Entwicklung der Videotechnik ist in den vergangenen Jahren stark vorangeschritten, sodass die Bildqualität früherer und heutiger Videos kaum noch vergleichbar ist und inzwischen sogar 3D-Kameras erhältlich sind. Eine mögliche Fehlerquelle für dennoch schlechte Bildqualitäten kann die Verwendung

ungeeigneter Videokameras sein: Je nach Lichtstärke und -empfindlichkeit sind gegebenenfalls Schwarz/Weiß-Kameras Farbkameras überlegen.

Ein gemeinsamer Vorteil von Fotografien und Videoaufnahmen liegt darin, dass sie dokumentenecht und für Kontrollsichtungen sowie spätere Auswertungen archivierbar sind (Naguib, 2006). Bei der Direktbeobachtung hingegen ist die Zuverlässigkeit der protokollierten Daten im Nachgang nicht mehr überprüfbar.

Keine der drei visuellen Methoden zeichnet sich durch systemimmanente qualitative Vorteile oder finanzielle und/oder arbeitsaufwandsbezogene Kostengünstigkeit in allen Bereichen aus. Daher hängt die Identifikation der geeigneten visuellen Erfassungsmethode letztendlich von der Reliabilität (= Zuverlässigkeit = Übereinstimmung des erfassten mit dem tatsächlichen Verhalten) ab. Diese wird nachfolgend durch simultane Anwendung aller drei Methoden ermittelt, wobei die Videoaufzeichnungen im Anschluss an die Datenerfassung sowohl ohne als auch mit Komplementierung durch Vor- und Zurückspulen ausgewertet werden (Kapitel 3.3).

2.3 Zeitintervalle bei visuellen Momentaufnahmen

Zur visuellen Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens von Wiederkäuern mittels Instantaneous-Time-Sampling werden in der Literatur Zeitintervalle im Sekundenbereich sowie zwischen 1 und 120 Minuten verwendet (Tabelle 2).

Die Mehrzahl der Studien verwendete Intervalllängen zwischen 5 und 15 Minuten (Tabelle 2). Der Fokus der in der vorliegenden Studie untersuchten Intervalllängen liegt im kürzeren Bereich und bezieht Abstände von 1 bis 12 Minuten ein.

3 Tiere, Material und Methoden

3.1 Untersuchungsherde und Verhaltenskategorien

Die Datenerhebung fand im April und Juni 2013 auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Trenthorst (Schleswig-Holstein) statt. Die Untersuchungsherde bestand aus behornten, adulten, weiblichen Milchziegen (*Capra hircus*) der Rasse „Bunte Deutsche Edelziege“ und wurde unter Bedingungen der EU-Öko-Verordnung Nr. 834/2007 gehalten. Die Tiere wurden vor Ort aufgezogen und waren in der Zeitspanne der Datenerhebung zwischen 2 und 7 Jahre alt. Die Tiere wurden zweimal täglich – um 06:00 und 16:00 Uhr – gemolken.

Witterungsbedingt verbrachten die Ziegen bis einschließlich April den gesamten Tag im Stall und angrenzenden Auslauf. Im Juni waren sie täglich knapp 8 Stunden (zwischen circa 08:00 und 15:30 Uhr) auf der Weide und anschließend inklusive der Nacht im Stall. Durch die zeitliche Trennung der Erhebung von Stall- und Weidedaten konnte die Datenerfassung an beiden Orten zu übereinstimmenden Tageszeiten stattfinden.

Tabelle 2

Längen von Sampling-Intervallen ausgewählter Studien, die das Futteraufnahmeverhalten von Wiederkäuern mittels zeitgerasterter visueller Methoden erfassten. Die Übersicht enthält sowohl Methodenstudien (= M) als auch reine Anwendungsstudien (= A). Oft erfolgte die Untersuchung an mehreren kleineren Gruppen, mitunter auch an einzeln untergebrachten oder einzeln beobachteten Tieren. Videoaufnahmen in Normalzeit: 25 Bilder/Sekunde.

Sampling-Intervall	Exemplarische Studien	Verhalten (und Ort)	Tiere und Anzahlen: n = Gesamtzahl (Gruppenanzahl x -größe)
Direktbeobachtungen			
2 Minuten (+ Videoaufnahmen, siehe dort)	Tosi et al., 2006 (M)	Fressen, Kauen, Lecken, exploratives Verhalten (Stall)	Rinder: n = 54 (24 x 1 + 6 x 5)
5 Minuten	Kronberg und Malecek, 1997 (A)	Wiederkäuen, Futtersuche, Gehen, soziale Interaktionen (Weide)	Ziegen, Schafe: n = 10 pro Spezies
5 Minuten	Cozzi und Gottardo, 2005 (A)	Futteraufnahme, Wiederkäuen, Liegen (Stall)	Rinder: n = 20 (4 x 5)
5 Minuten	Safari et al., 2011 (A)	Grasen, Stehen und Wiederkäuen, Liegen und Wiederkäuen, Gehen, Ruhen, Kratzen/Fellpflege, Spielen (Weide)	Ziegen: n = 16
15 Minuten	Celaya et al., 2007 (A)	Grasen (Weide)	Ziegen, Schafe: n = 40 pro Spezies; Rinder: n = 7
15 Minuten	Sanon et al., 2007 (A)	Grasen, Wiederkäuen, Futtersuche, Trinken, Gehen, Liegen (Weide)	Ziegen: n = 30; Schafe: n = 25; Rinder: n = 75 (jeweils Einzeltierbeobachtung)
Fotografien und niederfrequente Zeitraffervideoaufnahmen			
20 Sekunden (Zeitraffer)	Vasilatos und Wangsness, 1980 (A)	Futteraufnahme (Stall)	Rinder: n = 5
1 Minute (Zeitraffer)	Friend und Polan, 1974 (A)	Futteraufnahme (Stall)	Rinder: n = 21
7 und 10 Minuten (verschiedene Jahre, ohne Intervallvergleich) (automatische Fotografien)	Prache und Damasceno, 2006 (A)	Grasen (Weide)	Schafe: n = 20 (2 x 6 + 1 x 8)
Videoaufzeichnungen in Normalzeit und hochfrequente Zeitraffervideoaufnahmen (jeweils kontinuierliche Aufnahmen mit instantaner Auswertung im Nachgang)			
1, 5, 10, 15, 30, 60 Minuten (im Vergleich mit kontinuierlicher Auswertung: 1-15 Minuten geeignet) (Normalzeit)	Mitlöchner et al., 2001 (M)	Fressen, Trinken, Gehen, Stehen, Liegen (Stall)	Rinder: n = 24 (12 x 2)
2 Minuten (+ Vergleich mit Drucksensor) (Normalzeit)	Desnoyers et al., 2009 (M)	Ingestion, Kauen, Wiederkäuen (Stall)	Ziegen: n = 12 (12 x 1)
2 Minuten (Auswertung) (Zeitraffer: circa 5,56 Bilder/Sekunde) (+ Direktbeobachtung, siehe dort)	Tosi et al., 2006 (M)	Fressen, Kauen, Lecken, exploratives Verhalten (Stall)	Rinder: n = 54 (24 x 1 + 6 x 5)
5 Minuten (Normalzeit)	Lexer et al., 2004 (A)	Fressen, Liegen, Sonstiges (Stall)	Rinder: n = 60 (2 x 30)
10 Minuten (Normalzeit)	Jørgensen et al., 2007 (A)	Futteraufnahme (Stall)	Ziegen: n = 48 (8 x 6)
20, 30, 60, 120 Minuten (im Vergleich mit 10 Minuten: 10-60 Minuten geeignet) (Normalzeit)	Mattachini et al., 2011 (M)	Fressen, Trinken, Stehen, Liegen (Stall)	Rinder: n = 69

In der rund zweimonatigen Pause zwischen den Beobachtungen wurde die Herdengröße um zehn Tiere reduziert, sodass diese während der Untersuchung im Stall aus 51 Tieren und während der auf der Weide aus 41 Mitgliedern bestand. Zur sicheren individuellen Identifikation wurden im Vorfeld der Studie alle Ziegen beidseitig lateral mit, in ihr

Fell gebleichten, ein- bis zweistelligen Nummern (Größe: circa eine DIN A4-Seite pro Ziffer) gekennzeichnet.

Der Ziegenherde stand ein Tiefstreulaufstall (circa 8,4 m² pro Ziege; Abbildung 1) mit angrenzendem, betonierten Auslauf (circa 2,9 m² pro Ziege) zur Verfügung. Das Platzangebot des jeweils für die Beobachtungen eingezäunten Weidestücks entsprach in etwa 12 m² pro Tier.



Abbildung 1
Innenansicht des Tiefstreuauflaufstalls. Futtertisch mit Palisadenfressgitter mittig im Bild; schwarz eingekreist = eine der vier Schwarz/Weiß-Videokameras über dem Futtertisch.

(Foto: Laura Schneider)

Das Tier-Fressplatz-Verhältnis betrug rund zwei Fressplätze pro Tier, mit einer Fressplatzbreite von 40 cm. Um den Ziegen eine Selektion der besten Futterteile zu ermöglichen, lag das Heu auf dem Futtertisch immer „im Überfluss“ vor und wurde spätestens bei 50 % ausselektierten Futterresten frisch vorgelegt. Der Futtertisch bestand aus einem rechteckigen, ebenerdigen Beton-Plateau in der Mitte des Laufstalls (Abbildung 1). Zu beiden Seiten verlief ein Palisadenfressgitter aus Holz mit Sichtblenden. Kraftfutter in Form von Weizenschrot-Pellets wurde zweimal am Tag im Melkstand (um circa 06:00 und 16:00 Uhr) gefüttert, wo die Tiere während des Melkens kurzzeitig fixiert waren.

Die Aufnahme von Heu und Grünfutter sowie die Kategorien des Futteraufnahmezustands wurden wie folgt definiert:

- Heufressen (Stall): Eine Ziege steht am Futtertisch, ihr Kopf ist innerhalb eines Futterplatzes abgesenkt, sodass der Lippen-Nasen-Bereich das Heu berührt. Die Ziege nimmt Heu vom Futtertisch auf und zerkaut dieses.
- Grasens (Weide): Eine Ziege nimmt im Stehen oder schrittweisen Gehen Grünfutter auf und zerkaut dieses. Dabei ist der Kopf nach unten abgesenkt und der Lippen-Nasen-Bereich berührt die Weideoberfläche.
- Futteraufnahme: Für eine Ziege wurde zum Datenaufnahmezeitpunkt ein Verhalten erfasst, das der Definition von Heufressen oder Grasens entspricht.
- keine Futteraufnahme: Für eine Ziege wurde zum Datenaufnahmezeitpunkt ein Verhalten erfasst, das nicht der Definition von Heufressen oder Grasens entspricht.

3.2 Aufnahme und Auszählung der Verhaltensdaten

Für die Methodenvergleiche wurde das Futteraufnahmeverhalten über jeweils 3 Stunden im Stall und auf der Weide mit allen drei visuellen Methoden (Direktbeobachtung, Fotografieren, Videoaufzeichnungen) simultan erfasst. Die Datenaufnahmen wurden zwischen circa 08:00 und 15:30 Uhr über

den Tag verteilt und sind im Stall und auf der Weide miteinander vergleichbar.

Es wurden immer dieselbe Person als Direktbeobachter und eine weitere Person zur Bedienung der digitalen Fotokamera (Canon® PowerShot G12; 6,1-30,5 mm Brennweite, CCD-Sensor) eingesetzt. Im Stall erfolgten Direktbeobachtung und Fotoaufnahmen von zwei Leitern (Höhe circa 1,5 bis 2,0 m) direkt vor dem Futtertisch aus, auf der Weide aus einem mobilen, überdachten Hochsitz (Höhe circa 2,0 bis 3,0 m) am Rand des Weidestücks heraus. Direktbeobachter und Fotograf waren sowohl im Stall als auch auf der Weide eng benachbart und zwischen den Videokameras positioniert.

Die Videoaufnahmen entstanden vollautomatisch: Im Stall wurden jeweils zwei digitale, lichtempfindliche Schwarz/Weiß-Videokameras (Panasonic® WV-BP109; 2,8 mm Brennweite, 30 Bilder/Sekunde, CCD-Sensor) an den Metallkonstruktionen über den beiden Futtertischlängsseiten montiert (Abbildung 1), sodass alle Bereiche des Tisches mindestens von einer Kamera erfasst wurden. Für den Einsatz auf der Weide erwiesen sich die Schwarz/Weiß-Videokameras als zu lichtempfindlich. Stattdessen wurden zwei digitale Full HD-Farb-Videokameras (Panasonic® HX-WA30; 4,0-20,0 mm Brennweite, 60 Bilder/Sekunde, MOS-Sensor) auf mobilen Dreibein-Stativen (Abbildung 2) so aufgestellt, dass sie etwaige tote Winkel wechselseitig abdeckten.

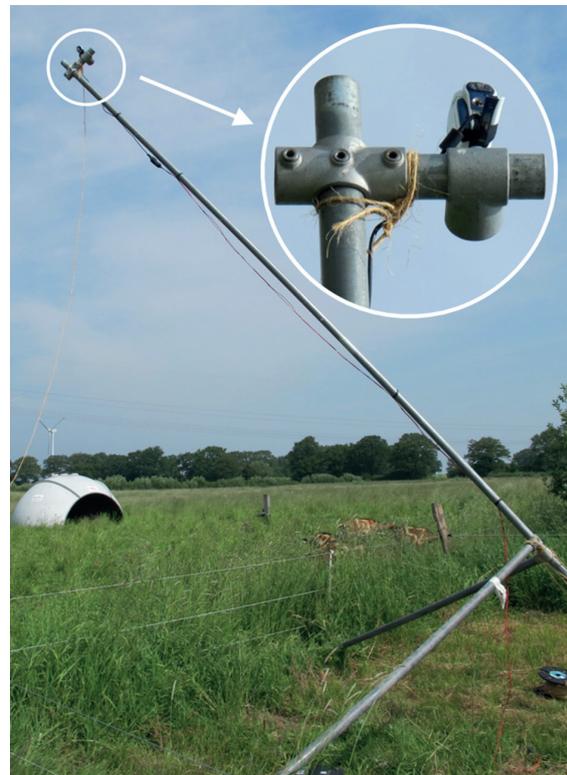


Abbildung 2
Mobiles Dreibein-Stativ mit aufgeschraubter Farb-Videokamera (siehe Vergrößerung) neben der Ziegenweide. Weiße Schutzhütte am linken Bildrand. (Foto: Sybille Schaefer)

Unmittelbar vor Beginn der Datenaufnahmen wurde ein frisches Weidestück in der Größe entsprechend des konstanten Weitwinkelbereichs der Videokameras angepasst. Um eine durchgängige mobile Stromversorgung über 8 Stunden zu gewährleisten, wurden die beiden Kameras jeweils über eine separate Autobatterie gespeist.

Die Videoaufzeichnungen liefen kontinuierlich (Continuous Recording). Direktbeobachtung sowie Fotoaufnahmen erfolgten zeitlich gerastert (Time Sampling) und pro Datenaufnahmezeitpunkt jeweils zeitlich sukzessiv (Scan Sampling) (Altmann, 1974; Lehner, 1996; Martin und Bateson, 2007). Alle 3 Minuten notierte der Direktbeobachter in einem Protokollbogen die Identitäten aller Ziegen, die zu diesem Zeitpunkt Futter aufnahmen. Das Beobachtungsareal wurde immer in derselben Reihenfolge und Geschwindigkeit mit den Augen auf Futter aufnehmende Ziegen hin abgesucht. Die Fotoaufnahmen wurden manuell im 3-Minuten-Takt ausgeführt. Da es trotz der erhöhten Aufnahmeposition aufgrund der Größe des Bildausschnitts notwendig war, pro „Sample Point“ in der Regel vier Fotografien anzufertigen, fotografierte der Beobachter die Teile des Beobachtungsareals mit Überlappungen und immer in derselben Reihenfolge und Geschwindigkeit (circa 20 Sekunden pro Durchgang). Anschließend wurden die Fotografien am Bildschirm gesichtet und die Identitäten der zum betreffenden Zeitpunkt Futter aufnehmenden Tiere notiert.

Die kontinuierlichen Videoaufnahmen wurden mittels Standbildfunktion im 3-Minuten-Takt in diskrete Einheiten zerlegt. Die Auswertung dieser instantanen Standbilder erfolgte auf dieselbe Weise wie die der Fotografien.

3.3 Referenzstandards der Methoden- und Intervalllängenvergleiche

Bei sämtlichen Berechnungen wurden die im Stall und auf der Weide aufgenommenen Datensätze getrennt voneinander ausgewertet. Die Auswertung erfolgte durchgängig mit dem Statistikprogramm „R“ (Version 3.0.3).

Im Zuge der Auszählung der individuenpezifisch erhobenen Daten (Stall: $t = 3060$, Weide: $t = 2460$ Datenpunkte) wurden für jedes Tier nur die Zeitpunkte, zu denen es eindeutig als Futter aufnehmend erfasst worden war, über die Gesamtbeobachtungszeit summiert. Dieser Häufigkeitswert repräsentiert den Zeitanteil, den das betreffende Tier mit Futteraufnahme verbrachte. Zeitpunkte, zu denen ein Tier oder sein Futteraufnahmezustand mit der entsprechenden Methode nicht eindeutig identifiziert werden konnte, wurden nicht mitgezählt.

Als Referenzstandards für den Methoden- und Intervallvergleich diente jeweils ein vollständiger Vergleichsdatensatz. Hierfür wurden die Videostandbilder unter Nutzung der Vor- und Rückspulmöglichkeiten ausgezählt. So konnten die Identitäten aller Herdenmitglieder und ihr jeweiliger Futteraufnahmezustand zu jedem Zeitpunkt eindeutig ermittelt werden.

Für die Reliabilitätsprüfung der drei visuellen Methoden erfolgte die Auszählung im 3-Minuten-Intervall (= Methodenvergleichsstandard). Bei der Direktbeobachtung als der zeitintensivsten Aufnahmemethode stellten 3 Minuten – unter

den gegebenen äußeren Bedingungen dieser Untersuchung – den kleinstmöglichen praktikablen Zeitabstand dar. Das Raufutteraufnahmeverhalten bei Ziegen findet in der Regel in zeitlich relativ langen, ununterbrochenen Einheiten statt. Da diese zeitliche Struktur der eines Verhaltenszustands (behavioural state; Altmann, 1974) entspricht, konnte bei beiden Vergleichen auf eine vollständig-kontinuierliche Videosichtung und -auswertung verzichtet werden.

Die mit den drei Methoden erhaltenen Datensätze wurden anschließend durch paarweisen Vergleich mit dem Methodenvergleichsstandard auf ihre Reliabilität hin überprüft (Engel, 1996; Martin und Bateson, 2007).

Fotografien und Videoaufnahmen ermöglichen gegenüber der Direktbeobachtung eine höhere zeitliche Taktung. Während bei der Direktbeobachtung das Verhalten manuell, direkt und fragestellungsspezifisch festgehalten wird, entkoppeln die beiden (semi-)automatischen visuellen Methoden die reine Aufzeichnung des Verhaltens von den zeitaufwendigen Schritten der fragestellungsspezifischen Auswertung (wie das Auffinden der Individuen, die Identifikationen von Tier und Verhaltensstatus und so weiter). Durch die Möglichkeit einer wiederholten und beliebig langen Sichtung ließ sich das Zeitintervall für die Reliabilitätsprüfungen der Intervalllängen daher weiter verringern. Für die Verwendung als Intervalllängenvergleichsstandard wurde der Video-Datensatz im 1-Minuten-Takt ausgewertet.

Aus diesem Datensatz wurden die Alternativintervall-Datensätze generiert, die einer Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens mittels Intervalllängen von 3, 5, 8 und 12 Minuten entsprechen. Für jede dieser Intervalllängen wurden die individuellen Futteraufnahmehäufigkeiten ermittelt und in Prozentwerte umgerechnet ($100\% = \text{Anzahl Datenzeitpunkte des im 1-Minuten-Takt erhobenen Referenzdatensatzes} = 180 \text{ Datenpunkte pro Tier}$).

3.4 Reliabilitätsprüfungen: Diagrammtypen und Kennwerte

Klassische statistische Tests wie Korrelationen, Regressionen und Mittelwertvergleiche, die bei Methodenvergleichen zum Quantifizieren des Übereinstimmungsausmaßes mitunter Anwendung finden, sind mathematisch-methodisch hierfür lediglich eingeschränkt geeignet; eine fundierte, umfassende Darstellung der Vorbehalte ist vor allem den Arbeiten von Altman und Bland (1983), Bland und Altman (1986, 1999 und 2003) und Grouven et al. (2007) zu entnehmen. In der vorliegenden Studie erfolgten die Reliabilitätsprüfungen, sowohl beim Methoden- als auch beim Intervalllängenvergleich, daher mittels einer Kombination dreier deskriptiv-statistischer Methoden und eines zusätzlichen numerischen Akzeptanzkriteriums: Kasten- und Bland-Altman-Diagramme visualisieren das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen dem Vergleichsstandard und der jeweiligen Alternativmethode (Bland und Altman, 1986; Hoff, 2005). Während mit Kastendiagrammen die Gesamtverteilungen der zu vergleichenden Daten charakterisiert werden (Tukey, 1977), stellen Bland-Altman-Diagramme direkt die Verteilungen der jeweiligen Differenzen dar. Die Berechnung

des in der vorliegenden Studie vorgestellten Medians der prozentualen Abweichungen quantifiziert das Ausmaß der paarweisen Übereinstimmungen mit dem jeweiligen Vergleichsstandard durch eine Kennzahl.

In den Bland-Altman-Diagrammen (Abbildungen 4 und 5 sowie 7 und 8) repräsentiert die durchgezogene horizontale Linie den Mittelwert der Differenzen. Je weiter sie von null entfernt ist, desto stärker über- beziehungsweise unterschätzt eine Methode die andere. Ob die mittlere Differenz im positiven oder negativen Y-Achsenbereich liegt, ist von der Richtung der Differenzbildung abhängig; in der vorliegenden Studie wird der Methodenvergleichsstandard von der Alternativmethode unterschätzt, wenn der Mittelwert der Differenzen über null liegt. Die gestrichelten horizontalen Linien stellen die Übereinstimmungsgrenzen dar. Sie repräsentieren die 1,96-fache Standardabweichung der mittleren Differenz und quantifizieren die Streuung der Werte um diesen Mittelwert; 1,96 entspricht dem 97,5 %-Quantil der Normalverteilung (vergleiche zum Beispiel Grouven et al., 2007). Je näher die Einzelwerte an der Linie der mittleren Differenz liegen, und je enger somit die Übereinstimmungsgrenzen sind, desto ähnlicher sind sich die Methoden bezüglich ihrer Messsystematik. Im Idealfall, das heißt bei einer vollständigen Übereinstimmung der mit den beiden unterschiedlichen Methoden ermittelten Werte, liegen die mittlere Differenz und die Übereinstimmungsgrenzen bei null.

Da die mittleren Differenzen und Übereinstimmungsgrenzen anhand der Bland-Altman-Diagramme nur grob abgelesen werden können, wurden diese Kennwerte, auf zwei Nachkommastellen gerundet, zusätzlich separat berechnet (Tabellen 3 und 4).

Bei Bland-Altman-Berechnungen werden die Vorzeichen der Differenzen der zwei jeweils korrespondierenden Einzelwerte beibehalten, sodass sich negative und positive Werte

in der Summe gegenseitig aufheben können. Um die „wahre“ Abweichung deutlicher herauszustellen, wurde zusätzlich der Median der prozentualen Abweichungen als Grenzkriterium neu eingeführt. Hierzu wurden zunächst jeweils die individuellen prozentualen Abweichungen zwischen dem Vergleichsstandard (= 100 %) und der jeweiligen Alternativmethode berechnet. Aus den Beträgen dieser individuellen Abweichungen wurde anschließend für jede Alternativmethode der Median der prozentualen Abweichungen gebildet (Tabellen 3 und 4). Eine hinreichende Reliabilität wurde angenommen, wenn der Median der prozentualen Abweichungen vom Vergleichsstandard maximal 10 % betrug (vergleiche Martin und Bateson, 2007).

4 Ergebnisse

4.1 Leistungsstärken der visuellen Methoden

Der Median des Methodenvergleichsstandards ist auf der Weide 3,50 Mal so hoch wie im Stall (Abbildung 3: 42 versus 12 Zeitpunkte mit Futteraufnahmeverhalten von jeweils insgesamt 60).

Alle drei Alternativmethoden (Direktbeobachtung, Fotografien und Videostandbilder) unterschätzen die Vergleichsstandardwerte sowohl bei den im Stall als auch auf der Weide erhobenen Daten.

Bei den Weidedaten weichen die Werte der drei Alternativmethoden sowohl hinsichtlich der Lage des Medians als auch der Höhe des Interquartilsabstands stärker von denen des Methodenvergleichsstandards ab als bei den Stalldaten. Bei beiden kommt das Videostandbild dem Standard am nächsten, gefolgt von der Direktbeobachtung und den Fotografien; bei den Stalldaten liegen die Werte der Direktbeobachtung und der Fotografien ungefähr gleich weit unter

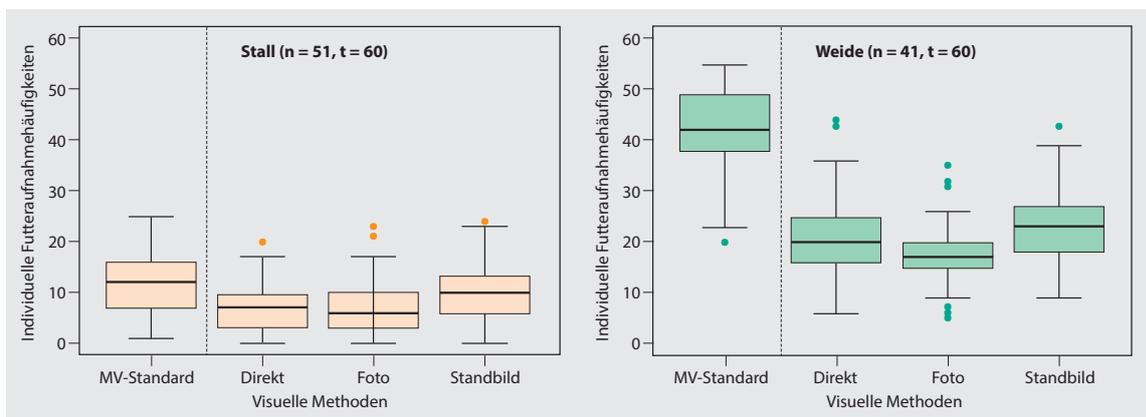
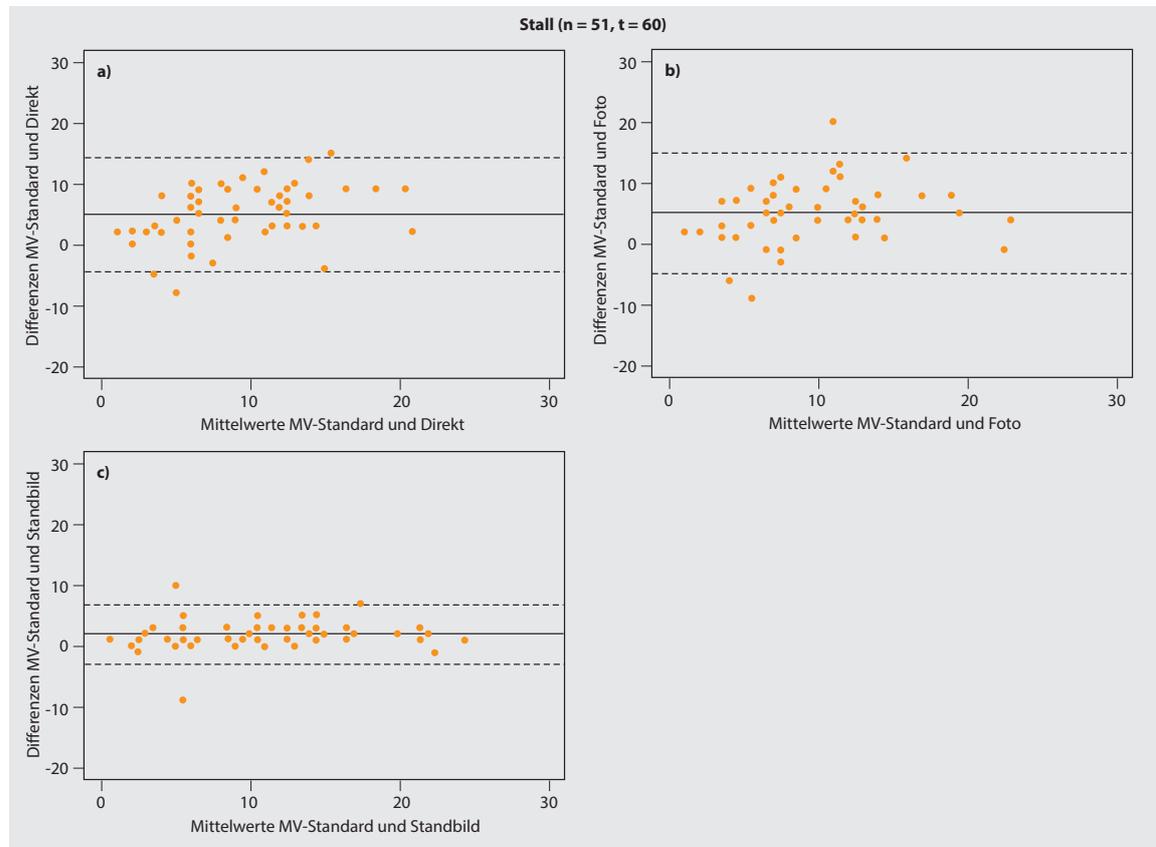


Abbildung 3

Gesamt-Methodenvergleich anhand von Stall- und Weidedaten. n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; X-Achse = visuelle Methoden zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens (Heu, Gras): „MV-Standard“ = Methodenvergleichsstandard = Videoauswertungen mit Vor- und Zurückspulen, „Direkt“ = Direktbeobachtung, „Foto“ = Fotografien, „Standbild“ = Videostandbilder ohne Vor- und Zurückspulen; vertikale gestrichelte Linie = optische Trennung des Standards von den Alternativmethoden; Y-Achse = individuelle Futteraufnahmehäufigkeiten innerhalb von 3 Stunden Datenerfassung im 3-Minuten-Intervall.

**Abbildung 4**

Paarweise Methodenvergleiche anhand der Stalldaten (Heuaufnahme). n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; „MV-Standard“ = Methodenvergleichsstandard = Videoauswertungen mit Vor- und Zurückspulen, „Direkt“ = Direktbeobachtung, „Foto“ = Fotografien, „Standbild“ = Videostandbilder ohne Vor- und Zurückspulen; X-Achse = Mittelwerte von MV-Standard und Alternativmethode; Y-Achse = Differenzen MV-Standard minus Alternativmethode; durchgezogene horizontale Linie = Mittelwert der Differenzen, gestrichelte horizontale Linien = Übereinstimmungsgrenzen (= Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen).

denen des Videostandbildes. Bei den Weidedaten hingegen liegen die Werte der Fotografien nochmals niedriger als die der Direktbeobachtung und unterschätzen den Methodenvergleichsstandard somit am stärksten.

Dass bei den Stalldaten die Alternativmethoden den Referenzdatensatz lediglich etwas unterschätzen, wird in den Bland-Altman-Diagrammen deutlich (Abbildung 4): Die mittlere Differenz liegt stets im positiven Bereich (Differenzbildung: Methodenvergleichsstandard minus Alternativmethode), die untere Übereinstimmungsgrenze aber bleibt im negativen Bereich. Auch die Überlegenheit der Videostandbilder gegenüber den anderen beiden Alternativmethoden wird hier besonders deutlich: Die mittlere Differenz und die Breite der Übereinstimmungsgrenzen sind bei den Videostandbildern nur circa halb so hoch wie bei Direktbeobachtung und Fotografien (Tabelle 3).

Die Kennwerte der Direktbeobachtung zeigen im Vergleich mit dem Methodenvergleichsstandard eine minimal höhere Reliabilität als die der Fotografien. Betrachtet man die Mediane der prozentualen Abweichungen (Tabelle 3), so

kann jedoch selbst für die Videostandbilder (circa 14 %) keine hinreichende Übereinstimmung mit dem Methodenvergleichsstandard angenommen werden. Die Kennwerte von Direktbeobachtung und Fotografien (jeweils 50 %) betragen das Fünffache des Grenzwerts; diese beiden Methoden sind somit vollständig ungeeignet.

Auch bei den Weidedaten liegt die mittlere Differenz stets über null (Abbildung 5, Tabelle 3), das Ausmaß der Unterschätzung durch die Alternativmethoden ist hier jedoch so groß, dass auch die unteren Übereinstimmungsgrenzen im positiven Wertebereich liegen. Anders als bei der Heuaufnahme im Stall zeigen hier alle drei Vergleiche des Methodenvergleichsstandards mit jeweils einer Alternativmethode ausgesprochen ähnliche Ergebnisse. Das heißt, bei der Grünfutteraufnahme auf der Weide lässt sich für keine der Alternativmethoden eine eindeutige Überlegenheit feststellen. Die Bland-Altman-Kennwerte der Videostandbilder zeigen eine minimal höhere Übereinstimmung mit dem Methodenvergleichsstandard als die der beiden anderen Alternativmethoden. Von den übrigen beiden Alternativmethoden

Tabelle 3

Kennwerte der Methodenvergleiche anhand von Stall- und Weidedaten (Bland-Altman-Werte und Mediane der prozentualen Abweichungen). Methoden: „Direkt“ = Direktbeobachtung, „Foto“ = Fotografien, „Standbild“ = Videostandbilder ohne Vor und Zurückspulen; mittlere Differenz = Mittelwert der Differenzen; Übereinstimmungsgrenzen = Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen; Median der prozentualen Abweichungen = Mittel der individuellen Abweichungsbeträge, eine hinreichende Reliabilität wird bei einem Wert von maximal 10 % angenommen.

Methode	Direkt	Foto	Standbild
Stall (Heuaufnahme)			
Mittlere Differenz	4,90	5,06	1,86
Lage der Übereinstimmungsgrenzen	-4,44 und 14,25	-4,82 und 14,94	-3,05 und 6,77
Breite der Übereinstimmungsgrenzen	18,69	19,76	9,82
Median der prozentualen Abweichungen	50,00	50,00	14,29
Weide (Grünfutteraufnahme)			
Mittlere Differenz	20,17	23,95	18,70
Lage der Übereinstimmungsgrenzen	4,65 und 35,69	10,02 und 37,89	5,32 und 32,10
Breite der Übereinstimmungsgrenzen	31,04	27,87	26,78
Median der prozentualen Abweichungen	52,00	58,97	42,22

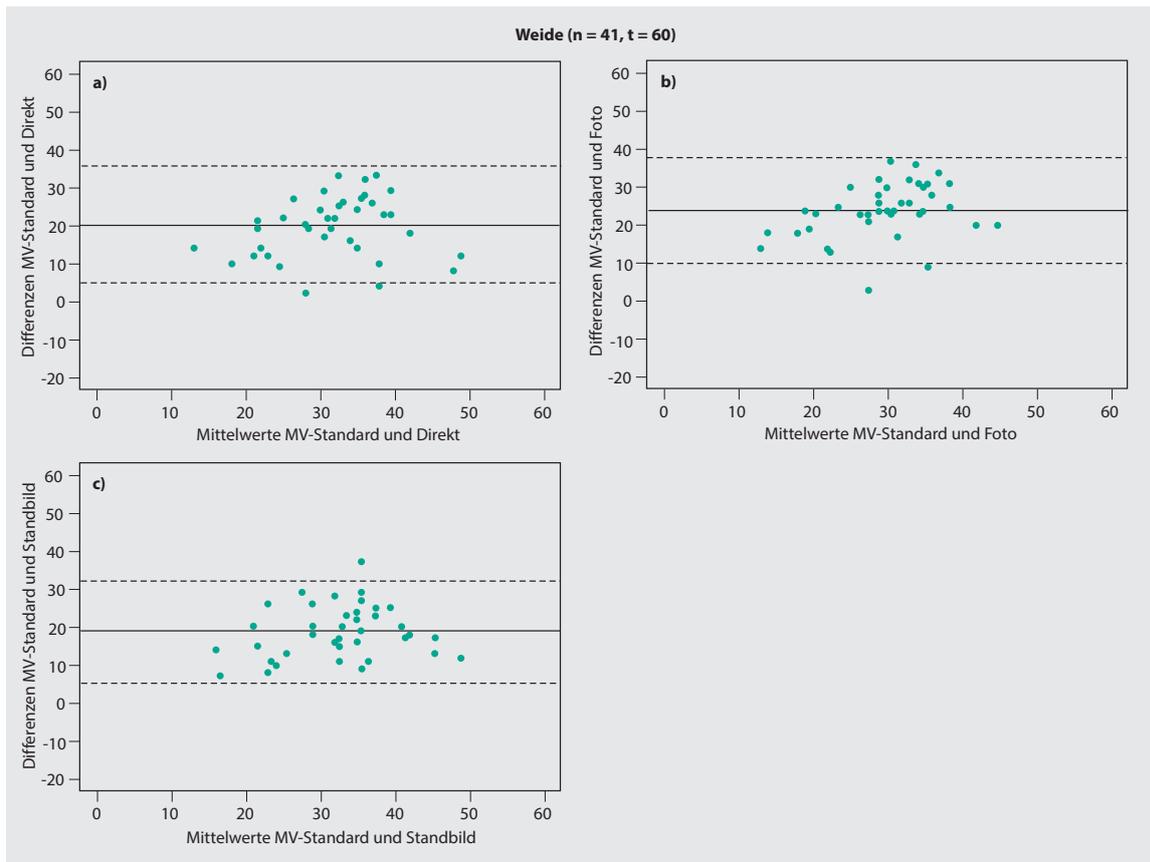


Abbildung 5

Paarweise Methodenvergleiche anhand der Weidedaten (Grünfutteraufnahme). n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; „MV-Standard“ = Methodenvergleichsstandard = Videoauswertungen mit Vor- und Zurückspulen, „Direkt“ = Direktbeobachtung, „Foto“ = Fotografien, „Standbild“ = Videostandbilder ohne Vor- und Zurückspulen; X-Achse = Mittelwerte von MV-Standard und Alternativmethode; Y-Achse = Differenzen MV-Standard minus Alternativmethode; durchgezogene horizontale Linie = Mittelwert der Differenzen, gestrichelte horizontale Linien = Übereinstimmungsgrenzen (= Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen).

besitzt die Direktbeobachtung die geringfügig kleineren mittleren Differenzen, bei der Breite der Übereinstimmungsgrenzen ist es umgekehrt. Die durchgängig sehr geringen Übereinstimmungstendenzen der Alternativmethoden mit dem Methodenvergleichsstandard (vergleiche Kapitel 3.3) sind auch anhand der Mediane der prozentualen Abweichungen erkennbar, die jeweils ein Vielfaches des akzeptablen Maximalwerts betragen (Werte zwischen circa 42 % und 59 %; Tabelle 3).

Für die Erfassung des Raufutteraufnahmeverhaltens im Stall und auf der Weide im 3-Minuten-Takt besitzt keine der drei instantanen Methoden, Direktbeobachtung, Fotografien und instantane Videostandbilder, hinsichtlich ihrer Datengenauigkeit eine ausreichende Übereinstimmung mit dem Methodenvergleichsstandard. Eine Datenvervollständigung durch Vor- und Zurückspulen ist demnach unverzichtbar, um Datensätze der erforderlichen Übereinstimmungsgüte zu erhalten. Der mit dem Spulen verbundene Arbeits- und Zeitaufwand verhält sich proportional zur Anzahl der Datenerfassungszeitpunkte und somit antiproportional zur Intervalllänge. Dementsprechend schließt sich als zweiter Schritt der vorliegenden Studie die Suche nach der effizientesten Intervalllänge für die Auszählung von durch Vor- und Zurückspulen komplementierten Videostandbildern an.

4.2 Leistungsstärken der verschiedenen Intervalllängen bei Videoaufzeichnungen

Der Median der individuellen Futteraufnahmehäufigkeiten des Intervalllängenvergleichsstandards (1 Minute) war auf der Weide 4,73 Mal so hoch wie im Stall (104 versus 22; Abbildung 6).

Anhand des Medians des 1-Minuten-Intervalls wurde auch der relative Anteil des jeweiligen Futteraufnahmeverhaltens am Gesamtverhalten innerhalb der beobachteten Zeit (180 Datenpunkte pro Tier) bestimmt. Er betrug im Stall 12,22 % und auf der Weide 57,78 %.

Weder bei den Stall- noch den Weidedaten zeichnet sich hinsichtlich der Lage des Medians eine stetige Unter- oder Überschätzung durch die Alternativintervalllängen ab. Der Interquartilsabstand nimmt bei den Alternativintervallen mit ihrer Länge zu. Dies geschieht zum Teil sprunghaft, bei den Stalldaten nach dem 5-Minuten-Intervall, bei den Weidedaten sowohl nach dem 3- als auch nach dem 8-Minuten-Intervall.

Eine differenziertere Beurteilung ermöglichen auch hier die Bland-Altman-Diagramme (Abbildung 7 und 8) und ihre, um den Median der prozentualen Abweichungen ergänzten, Kennwerte (Tabelle 4).

In allen Bland-Altman-Diagrammen der Stalldaten (Abbildung 7) liegt die mittlere Differenz leicht unter null, die obere Übereinstimmungsgrenze aber weit im positiven Wertebereich. Demnach wird der Intervalllängenvergleichsstandard von allen Alternativmethoden etwas überschätzt (Differenzbildung: Intervalllängenvergleichsstandard minus Alternativintervalllänge).

Der Abstand zwischen den Übereinstimmungsgrenzen vergrößert sich mit zunehmender Intervalllänge und zeigt einen überproportionalen Anstieg nach dem 5-Minuten-Intervall (Abbildung 7 und Tabelle 4). Zudem ist anhand der Punkteverteilung beim 8- und 12-Minuten-Intervall (Abbildung 7c und 7d) eine Tendenz sichtbar, wonach bei niedrigeren Futteraufnahmehäufigkeiten die mittlere Differenz eher unter- und bei hohen Futteraufnahmehäufigkeiten eher überschätzt wird.

Der Median der prozentualen Abweichungen (Tabelle 4) liegt beim 3-Minuten-Intervall unter und beim 5-Minuten-Intervall bereits über der 10%-Grenze, bei den beiden längeren Intervallen überschreiten die Werte das Akzeptanzkriterium um ein Vielfaches (circa 30 % und 44 %). Somit zeigt für die Stalldaten allein das 3-Minuten-Intervall eine hinreichende Übereinstimmung mit dem Intervalllängenvergleichsstandard.

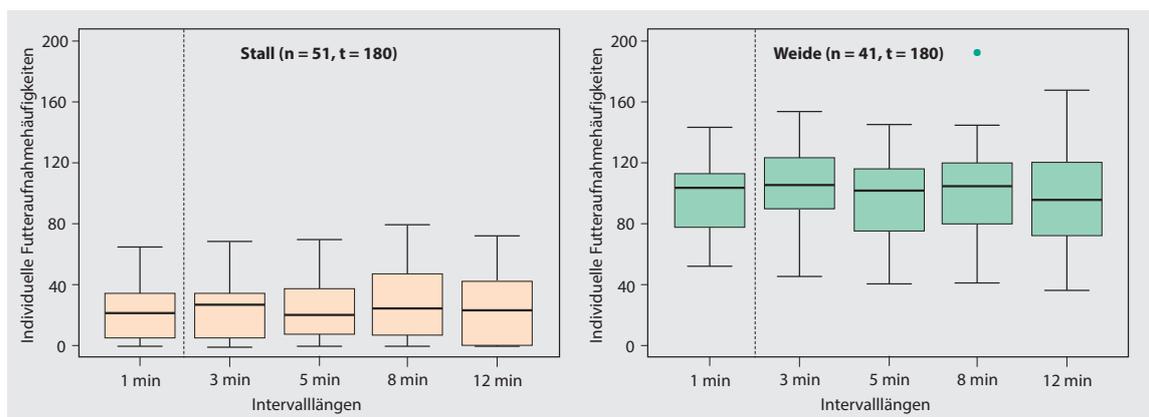


Abbildung 6

Gesamt-Intervalllängenvergleich anhand von Stall- und Weidedaten. n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; X-Achse = Intervalllängen zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens (Heu, Gras) mittels durch Vor- und Zurückspulen komplementierter Videostandbilder; vertikale gestrichelte Linie = optische Trennung des Standards (= 1 Minute) von den Alternativintervalllängen; Y-Achse = individuelle Futteraufnahmehäufigkeiten innerhalb von 3 Stunden Datenerfassung, jeweils auf 180 Sampling-Zeitpunkte extrapoliert.

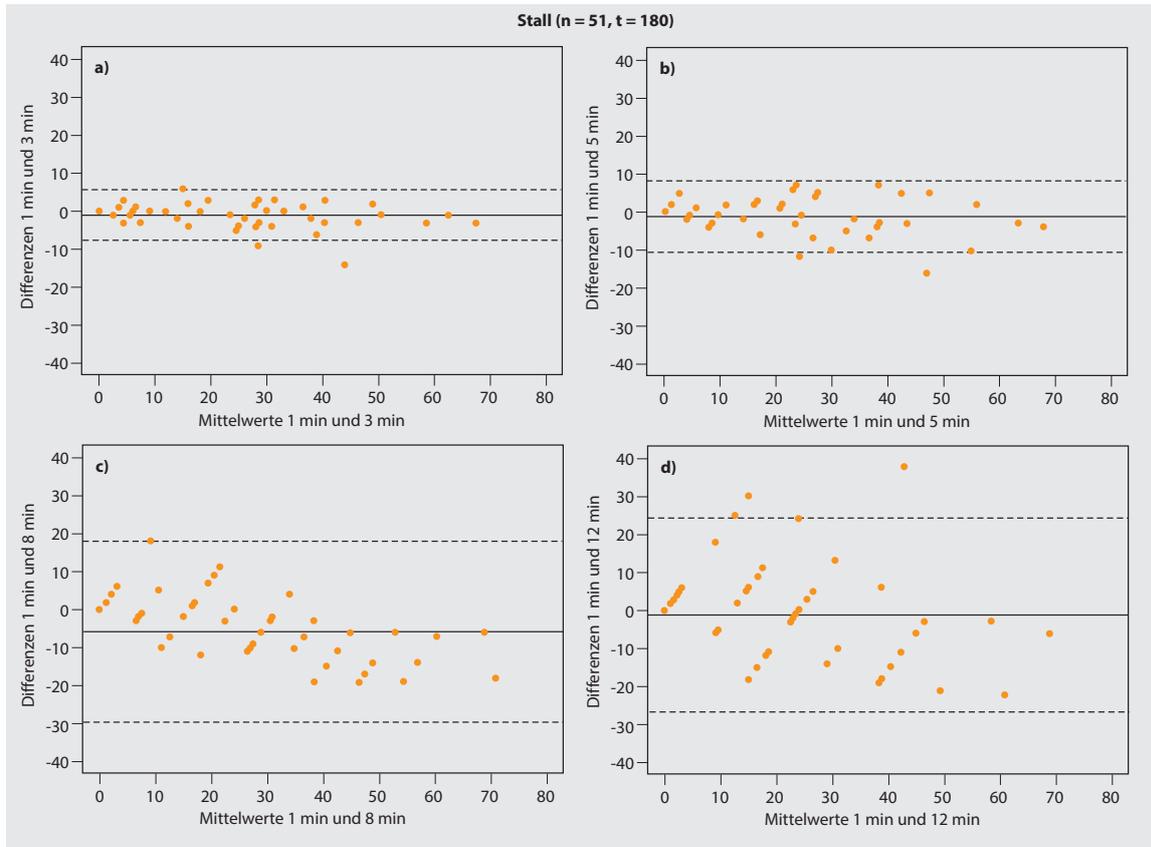


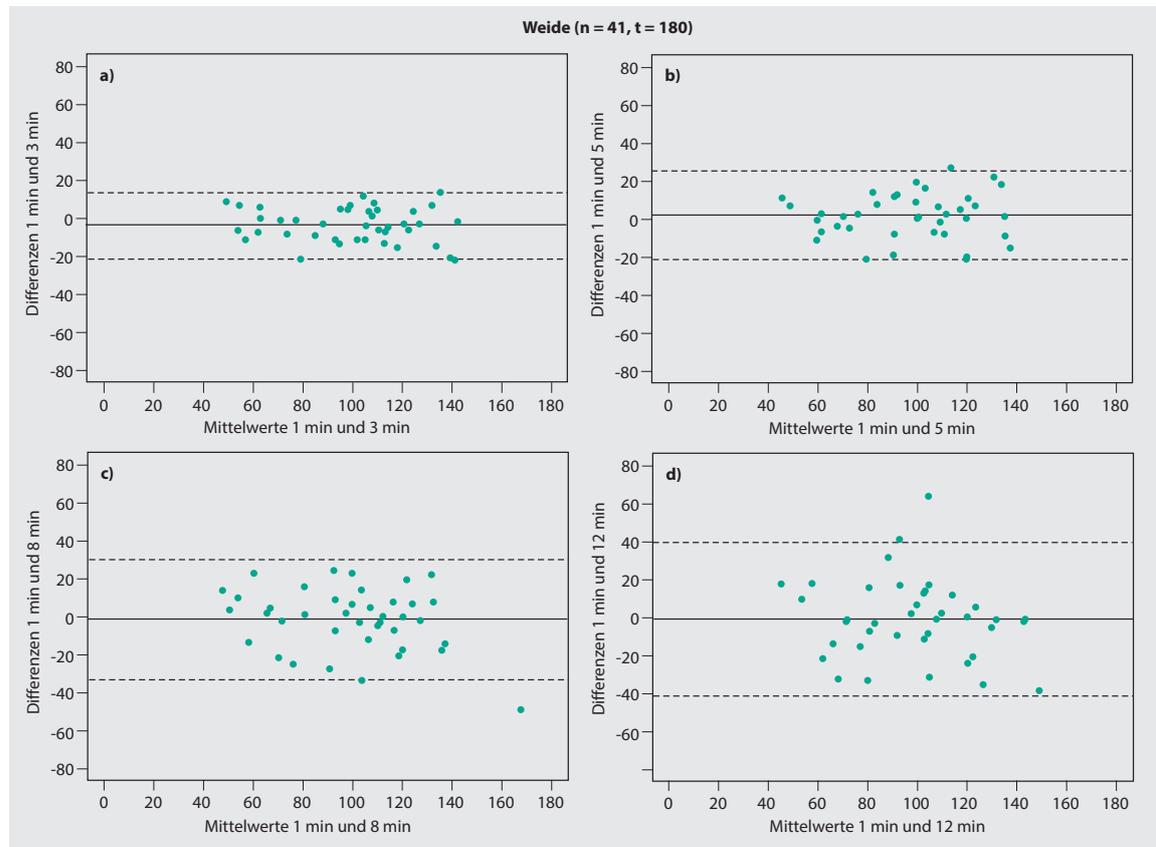
Abbildung 7

Paarweise Intervalllängenvergleiche anhand der Stalldaten (Heuaufnahme). n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; X-Achse = Mittelwerte von Intervalllängenvergleichsstandard (1-Minuten-Intervall) und einem der Alternativintervalle (3, 5, 8, 12 Minuten) zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens (Heu) mittels durch Vor- und Zurückspulen komplementierter Videostandbilder; Y-Achse = Differenzen Intervalllängenvergleichsstandard minus Alternativintervall; durchgezogene horizontale Linie = Mittelwert der Differenzen, gestrichelte horizontale Linien = Übereinstimmungsgrenzen (= Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen).

Tabelle 4

Kennwerte der Intervalllängenvergleiche anhand von Stall- und Weidedaten (Bland-Altman-Werte und Mediane der prozentualen Abweichungen). Intervalllängen = 3, 5, 8, 12 Minuten; mittlere Differenz = Mittelwert der Differenzen; Übereinstimmungsgrenzen = Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen; Median der prozentualen Abweichungen = Mittel der individuellen Abweichungsbeträge, eine hinreichende Reliabilität wird bei einem Wert von maximal 10 % angenommen = *.

Intervall	3 Minuten	5 Minuten	8 Minuten	12 Minuten
Stall (Heuaufnahme)				
Mittlere Differenz	-1,00	-1,10	-5,73	-1,18
Lage der Übereinstimmungsgrenzen	-7,62 und 5,62	-10,59 und 8,39	-29,55 und 18,10	-26,72 und 24,37
Breite der Übereinstimmungsgrenzen	13,24	18,98	47,65	51,09
Median der prozentualen Abweichungen	7,69*	13,79	30,44	44,00
Weide (Grünfutteraufnahme)				
Mittlere Differenz	-3,39	1,90	-1,49	-0,61
Lage der Übereinstimmungsgrenzen	-21,19 und 14,41	-21,51 und 25,31	-22,23 und 30,25	-40,93 und 39,71
Breite der Übereinstimmungsgrenzen	35,60	46,82	52,48	80,64
Median der prozentualen Abweichungen	7,08*	8,73*	9,28*	11,93

**Abbildung 8**

Paarweise Intervalllängenvergleiche anhand der Weidedaten (Grünfutteraufnahme). n = Anzahl Herdenmitglieder, t = Anzahl Sampling-Zeitpunkte; X-Achse = Mittelwerte von Intervalllängenvergleichsstandard (1Minuten-Intervall) und einem der Alternativintervalle (3, 5, 8, 12 Minuten) zur Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens (Gras) mittels durch Vor- und Zurückspulen komplementierter Videostandbilder; Y-Achse = Differenzen Intervalllängenvergleichsstandard minus Alternativintervall; durchgezogene horizontale Linie = Mittelwert der Differenzen, gestrichelte horizontale Linien = Übereinstimmungsgrenzen (= Mittelwert der Differenzen $\pm 1,96 \times$ Standardabweichung der Differenzen).

Bei den Weidedaten liegt in allen Bland-Altman-Diagrammen (Abbildung 8) die mittlere Differenz nur leicht über oder unter null; der Betrag wird mit zunehmender Intervalllänge kleiner. Der Abstand zwischen den Übereinstimmungsgrenzen nimmt auch bei den Weidedaten mit ansteigender Intervalllänge zu und vor allem bei Betrachtung der Kennwerte (Tabelle 4) wird ein sprunghafter Anstieg nach dem 8-Minuten-Intervall deutlich.

Auch der Median der prozentualen Abweichungen steigt mit zunehmender Intervalllänge und überschreitet jenseits des 8-Minuten-Intervalls (mit 12 %) die 10 %-Grenze (Tabelle 4).

Auf der Weide ist eine repräsentative Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens, alternativ zum 1-Minuten-Intervall, auch bei Verwendung des 3-, 5- und 8-Minuten-Intervalls möglich.

5 Diskussion

5.1 Reliabilitätsbewertung der Methoden inklusive Unterschiedsursachen ihrer Resultate

Die in den Methodenvergleich einbezogenen drei visuellen Methoden besaßen jeweils gegenläufige Ähnlichkeiten hinsichtlich ihrer Datenerfassungs- und „Bildgebungs“-Eigenschaften. Die Fotografien bildeten die „Schnittstelle“ zwischen Videostandbildern und Direktbeobachtung: Mit der Direktbeobachtung gemeinsam haben die Fotografien die jeweils sukzessive Datenaufnahme, mit den Videostandbildern teilen sie die „technischen Eigenschaften“ der Bilder. Grundsätzlich wurden Unterschiede in den Ergebnissen von Direktbeobachtungen, Fotografien und instantanen Videostandbildern erwartet. Richtung und Umfang dieser Unterschiede hängen unter anderem von zahlreichen Rahmenbedingungen (zum Beispiel Herdengröße, räumliche Dimensionen) ab und sind somit nicht vollständig a priori einschätzbar. Die Quantifizierung der Abweichungen war daher das erste Ziel der vorliegenden Methodenstudie.

In der vorliegenden Untersuchung besaßen die Videostandbilder in allen Komponenten des Reliabilitätstests (vergleiche Kapitel 3.4) durchgängig und mit Abstand die höchste Übereinstimmungsgüte mit dem Methodenvergleichsstandard. Dies ist in großen Teilen darauf zurückzuführen, dass es zwischen den instantanen Videostandbildern und denen des Methodenvergleichsstandards keinen räumlichen Versatz gab. Selbst bei geringen Positionsabweichungen zwischen Video- und Fotokamera(s) und Direktbeobachter gibt es Differenzen im Blickwinkel, die darüber entscheiden können, ob Identität und Verhalten eines Individuums zum Datenaufnahmezeitpunkt identifiziert werden können.

Aufnahmepositionen und -winkel der Videostandbilder waren identisch mit denen des Methodenvergleichsstandards. Bei Anlegen des quantitativen Reliabilitäts-Akzeptanzkriteriums (= Median der prozentualen Abweichungen von maximal 10 %), besaßen jedoch selbst sie nicht das geforderte Übereinstimmungsmaß. Die quantitative Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens im Stall und auf der Weide war im 3-Minuten-Intervall lediglich durch Videostandbilder mit Kompletterfassung durch Vor- und Zurückspulen möglich.

Wenn sich eindeutige Unterschiede zwischen Fotografien und Direktbeobachtung zeigten, dann war die Güte der Direktbeobachtung etwas höher. Auf den ersten Blick überrascht diese Überlegenheit der Direktbeobachtungen in zweierlei Hinsicht. Zum einen ist bei Direktbeobachtungen ein zeitlicher Versatz unvermeidbar, denn hier handelt es sich zwangsläufig um ein Scan Sampling, was bedeutet, dass ab dem Datenaufnahmezeitpunkt die Untersuchungsherde sukzessiv mit den Augen „abgesucht“ wird (sensu: Lehner, 1996; Martin und Bateson, 2007). In der vorliegenden Studie lieferte die Standbildfunktion der Videoaufnahmen exakte „Instantaneous Time Sampling-Daten“ (zeitliche Ausdehnung gleich Null). Die Anfertigung der Fotografien erfolgte manuell und wegen der Größe des Areal, das nicht mit einem einzigen Bild abzudecken war, ebenfalls in Form eines Scan Samplings. Die zeitliche Ausdehnung eines Foto-Scan-Durchgangs war mit circa 20 Sekunden jedoch deutlich kürzer als die eines Direktbeobachtungs-Durchgangs und die Zeitabstände zwischen den Einzelaufnahmen waren regelmäßiger als die zwischen den einzelnen Individuen bei der Direktbeobachtung. Das Ausmaß des zeitlichen Versatzes war bei den Fotografien daher geringer als bei den Direktbeobachtungen. Zum anderen ist bei Direktbeobachtungen keine beliebig lange Sichtung und nachträgliche Korrektur möglich und sie sollten somit per se fehlerbehafteter sein.

Methodenimmanent bedingt liefert die Direktbeobachtung hinsichtlich der zeitlichen Präzision die „weichsten“ Daten. Eine solche Unschärfe wirkt sich allgemein eher negativ auf die Datenqualität aus, im vorliegenden Fall allerdings hatte sie positive Konsequenzen: Fotografien haben rein instantanen Charakter, während die Direktbeobachtung in gewissem Rahmen ein „mentales Vor- und Zurückspulen“ zulässt, sodass de facto etwas mehr Informationen einfließen und die Zahl unvollständiger Datenpunkte direkt bei der Datenerfassung reduziert werden konnte. Tosi et al. (2006) fanden einen deutlichen Vorteil der Direktbeobachtung selbst gegenüber Videostandbildern. Sie führten einen

Methodenvergleich zwischen Direktbeobachtung und Videoauswertungen (beide im 2-Minuten-Takt) durch, um das „orale Verhalten“ bei Kälbern (unter anderem Kauen, Fressen, Belecken oder Beknabbern von Stallgegenständen) zu untersuchen. Die Autoren begründeten die Überlegenheit der Direktbeobachtungen vorrangig mit der hohen Differenziertheit der untersuchten Verhaltensweisen, von denen viele aufgrund der zwangsläufig limitierten technischen Bildauflösung und festen Schärfentiefe nicht identifiziert werden konnten.

In der vorliegenden Studie erstaunte zunächst weiterhin, dass die Fotografien hinsichtlich ihrer Reliabilität mit Abstand hinter die instantanen Videostandbilder zurückfielen, obwohl die „technischen Eigenschaften“ solcher Bilder überaus ähnlich sind. Neben dem räumlichen Versatz (siehe oben) liegt die Hauptursache hierfür in der unterschiedlichen Anzahl der eingesetzten Kameras und vor allem der Positionierung der Videokameras: In der vorliegenden Untersuchung wurden jeweils mehrere Videokameras gleichzeitig verwendet (vier im Stall, zwei auf der Weide), die zudem paarweise auf gegenüberliegenden Seiten des Beobachtungsareals (Futtertisch beziehungsweise Weidestück) angebracht waren. Dies reduzierte die Anzahl fehlender Werte, denn wenn der Blickwinkel der einen Videokamera die Identifikation eines Individuums und/oder seines Verhaltens nicht erlaubte, konnte diese Information meist durch die Aufnahmen der gegenüberliegenden Videokamera ergänzt werden. Fotografien und Direktbeobachtung hingegen zeichneten in der vorliegenden Studie jeweils nur von einem Standpunkt aus auf.

In zukünftigen Methoden- und Anwendungsstudien sollten Videoaufzeichnungen möglichst in zweifacher Weise fester Bestandteil sein: zum einen als obligate Komponente des zu testenden Methodenrepertoires (Videostandbilder mit effizienzoptimierter Intervalllänge); zum anderen als Basis für die Generierung des Referenzstandards (kontinuierliche Auswertung oder hochgetaktete und durch Spulen kompletter Standbilder). Videoaufzeichnungen bieten den gewichtigen Vorteil, dass sie nachfolgend mit verschiedenen Auszählungsprotokollen ausgewertet werden können und so eine gegebenenfalls mehrstufige Optimierung der Datenauswertung erlauben, ohne eine erneute Datenaufnahme zu erfordern (Martin und Bateson, 2007). Bei den anderen beiden Methoden wäre beispielsweise eine zunächst gröbere Intervallstaffelung zum Eingrenzen eines geeigneten Intervallbereichs mit anschließender feinerer Abstufung stets mit der Neuaufnahme von Daten verbunden. Im Falle der Videoaufzeichnungen entfällt nicht nur der erneute Aufnahmewand, sondern die Daten sind zudem uneingeschränkt vergleichbar, da die Datenbasis identisch ist.

Künftige Studien, die das Einbeziehen von Fotografien in ihren Methodenvergleich gegen einen videobasierten Standard erwägen, sollten Fotokameras in derselben Anzahl wie Videokameras einsetzen, die vollautomatisch auslösen und in unmittelbarer räumlicher Nähe zu den Videokameras positioniert sind. Beim Einbeziehen von Direktbeobachtungen ist es ratsam, die Position des Beobachters so zu wählen, dass sie möglichst nahe an einer der Videokameras liegt, ohne das

Sichtfeld einzuschränken. Sobald in einen Methodenvergleich Direktbeobachtungen eingeschlossen werden, ist durch den dort unvermeidbaren zeitlichen Versatz selbst bei Vollautomatisierung der Video- und Fotoaufnahmen eine vollständig synchrone Datenaufnahme ausgeschlossen.

5.2 Reliabilitäts- und Effizienzbewertung der Intervalle

In den Reliabilitätstests zeigten die Alternativintervalle keine durchgängige Unter- oder Überschätzung des Intervalllängenvergleichsstandards (1 Minute) und die Höhe der Abweichungen war durchgängig gering. Dies geht vor allem auf die durch Vor- und Zurückspulen komplettierten Datensätze zurück. Demzufolge entfielen fehlende Werte als eine Abweichungsquelle und die Unterschiede sind allein auf die verschiedenen Zeitraster zurückzuführen. Als direkte Folge des Hochrechnens der immer geringeren Datenmengen, nahm mit zunehmender Intervalllänge die Unschärfe (repräsentiert durch die verschiedenen Streuungsmaße) teilweise sprunghaft zu; bei den Stalldaten nach dem 5-Minuten-Intervall, bei den Weidedaten nach dem 8-Minuten-Intervall.

Bei den Stalldaten, die sich gegenüber den Weidedaten durch insgesamt deutlich geringere Futteraufnahmehäufigkeiten auszeichneten, deuteten Musterbildungen in den Bland-Altman-Diagrammen ab 8 Minuten auf einen artifiziellen systematischen Fehler hin: niedrige Häufigkeiten wurden eher unterschätzt, höhere eher überschätzt. Auch dies wies auf das Erreichen einer kritischen Datengrenze hin.

Bei strikter Anwendung des numerischen Reliabilitäts-Akzeptanzkriteriums von mindestens 90% Übereinstimmung ergab bei den Stalldaten einzig die Intervalllänge von 3 Minuten hinreichend reliable Daten. Bei den Weidedaten erfüllten darüber hinaus 5 und 8 Minuten das Gütekriterium. Unter dem reinen Aspekt der Effizienz wäre bei den Weidedaten dem 8-Minuten-Intervall der Vorzug zu geben. Um im vorliegenden Versuch eine unmittelbare Vergleichbarkeit von Stall- und Weidedaten zu erreichen, muss für beide Datensätze die Intervalllänge von 3 Minuten Anwendung finden.

Die in den Vergleich der vorliegenden Studie einbezogenen Intervalllängen von 3 bis 12 Minuten waren in Relation zu anderen Studien im unteren Längenbereich angesiedelt (Tabelle 2). Die Eignungsbeurteilungen der Zeitraster in der vorliegenden Untersuchung fallen teilweise deutlich restriktiver aus als in der vergleichbaren Literatur. Ausschlaggebend hierfür sind wahrscheinlich vorrangig zwei Aspekte: Unterschiede in der Reliabilitätsbestimmung und -bewertung sowie Unterschiede in den Rahmenbedingungen (vor allem Größe der untersuchten Tiergruppen, siehe unten).

Die Vorgehensweisen der Intervallvergleiche sowie die angelegten Reliabilitätskriterien und -grenzwerte, werden vor allem in Anwendungsstudien selten explizit angegeben. Die Mehrzahl der Untersuchungen (Tabelle 2) sind reine Anwendungsstudien, meist ohne vorangestellte Eignungstests. Von den insgesamt vier Methodenstudien in Tabelle 2 verwendete keine die spezifisch für methodische Vergleiche

entwickelten Bland-Altman-Diagramme. Zur Bestimmung des Übereinstimmungsmaßes wurden klassische statistische Verfahren eingesetzt (Korrelationen bei Mitlöhner et al. (2001) und Mattachini et al. (2011), Regressionen bei Desnoyers et al. (2009) und Chi-Quadrat-Tests bei Tosi et al. (2006)). Die Beurteilung der Übereinstimmungsgüte erfolgte durchgängig allein anhand des Signifikanzniveaus.

Neben Unterschieden in der Methodik der Reliabilitätsbewertung erschweren Unterschiede in den Rahmenbedingungen der Untersuchungen die Vergleichbarkeit sowohl untereinander als auch mit der vorliegenden Studie. Zweifels- ohne bestehen zwischen den in der Literatur untersuchten und zu Vergleichszwecken herangezogenen Wiederkäuerarten (Ziegen, Schafe und Rinder; Tabelle 2) Unterschiede in der Körpergröße und den Charakteristika ihres Futteraufnahmeverhaltens, die jeweils Auswirkungen auf die Eignung verschiedener Methoden und vor allem Intervalllängen haben. Ein weiterer entscheidender Faktor sowohl bei der Wahl der Methode als auch bei der Wahl des größtmöglichen Intervalls ist die Anzahl der Untersuchungstiere, deren Verhalten gleichzeitig erfasst wird (Lehner, 1996). Meist beträgt sie fünf oder sechs und maximal zehn Tiere (Tabelle 2). Oft wird auch nur das Verhalten eines einzelnen Tiers erfasst. Selten sind Studien mit bis zu 30 Gruppenmitgliedern und Gruppen- größen von über 40 Tieren stellen die Ausnahme dar.

5.3 Stall versus Weide: Relevanz des Anteils des zu untersuchenden Verhaltens

In der vorliegenden Studie wurden alle drei visuellen Methoden sowohl im Stall als auch auf der Weide angewendet. Trotz umfassender Recherche konnte keine andere Untersuchung gefunden werden, die das Raufutteraufnahmeverhalten von Ziegen unter beiden Bedingungen vergleicht.

Bei Datenerfassungen im Stall findet mehrheitlich die Analyse von Videoaufzeichnungen und auf der Weide die Direktbeobachtung Anwendung (Tabelle 2). Dies steht wahrscheinlich weniger im Zusammenhang mit Eignungsunterschieden der Methoden hinsichtlich der Erfassung der beiden Unterkategorien des Futteraufnahmeverhaltens (Heu- und Grasfutteraufnahme, siehe unten) als vielmehr mit den praktischen Schwierigkeiten der Einrichtung eines Videoaufzeichnungssystems auf der Weide (Kapitel 3.2).

Dass für eine reliable Erfassung des Futteraufnahmeverhaltens im Stall kürzere Intervalldauern erforderlich waren als auf der Weide, steht in direktem Zusammenhang mit den Unterschieden in der relativen Häufigkeit von Heuaufnahme- und Graseverhalten: In der vorliegenden Studie wurden die Ziegen auf der Weide durchschnittlich knapp fünfmal so häufig Futter aufnehmend erfasst wie im Stall (circa 58 % versus circa 12 % Zeitanteil). Heu- und Grünfutteraufnahme unterscheiden sich trotz ihrer Zugehörigkeit zum selben Verhaltensbereich (Futteraufnahme) hinsichtlich der Art des Futterangebots sowie der Rahmenbedingungen der Futteraufnahme deutlich voneinander: Im Stall wurde ausschließlich Heu vorgelegt und die Futteraufnahme konnte nur am Futtertisch stattfinden. Wegen der hohen, räumlich konzentrierten Futterangebotsdichte konnten zum einen relativ

schnell große Mengen aufgenommen werden. Zum anderen war das Heu stärker monopolisierbar und das Futteraufnahmeverhalten demzufolge anfälliger für Störungen durch Sozialpartner. Auf der Weide hingegen war die Grünfütterverteilung niedriger und homogener. Die Aufnahme entsprechender Mengen erforderte mehr Zeit, war aber zugleich weniger störanfällig.

Der vorliegende Vergleich der Heu- und Grünfütteraufnahmehäufigkeiten illustriert anschaulich die weitreichende Bedeutung des Anteils der zeitlichen Organisation des zu untersuchenden Verhaltens für methodische Entscheidungen (vergleiche Lehner, 1996). Zum einen führte bei den Stalldaten der geringere Anteil an Datenpunkten, zu denen eine Futteraufnahme stattfand, bei den längeren Alternativintervallen zu grafischen Hinweisen auf eine zunehmend kritische Ausdünnung der Daten. Zum anderen wirkten sich bei den niedrigen Häufigkeiten der Stalldaten die Methodenunterschiede stärker aus. Bei den höheren Häufigkeiten der Weidedaten hingegen waren die Ergebnisse der verschiedenen Methoden bemerkenswert ähnlich. Verhalten, das einen relativ großen Anteil einnimmt, ist „robuster“ gegenüber methodenspezifischen Eigenheiten und auch unterschieden in der Intervalllänge, denn die „Trefferquote“ fällt allgemein höher aus. In diesem Fall hat auch die Dauer der einzelnen Verhaltenseinheiten weniger Auswirkungen, da selbst bei kurzen Dauern eine entsprechend höhere Häufigkeit vorliegt. Bei seltenerem Verhalten kommt der Dauer der Verhaltenseinheiten eine sehr viel größere Bedeutung zu. Dies gilt vor allem im Hinblick auf das Verhältnis von (mittlerer) Verhaltensdauer zu Sampling-Intervalllänge (Altmann, 1974).

Bei der Konzeption zukünftiger Anwendungs- und Vergleichsstudien erscheint es daher zum anderen einen empfehlenswert, bei der (Vor-)Auswahl von reliablen Methoden und den effizientesten Intervallen die Orientierung nicht primär anhand des übergeordneten Verhaltensbereichs vorzunehmen (zum Beispiel Futteraufnahme, Lokomotion, Komfortverhalten, Interaktionen). Stattdessen sollte vorrangig die zeitliche Organisation (Dauer und Häufigkeit, Gesamtanteil) herangezogen werden, da diese zwischen Verhaltenskategorien verschiedener Funktionsbereiche mitunter ähnlicher sein kann als innerhalb desselben Bereichs. Dazu ist es ratsam, im Vorfeld den Anteil des zu untersuchenden Verhaltens am Gesamtverhalten zu ermitteln (vergleiche Martin und Bateson, 2007); idealerweise wird auch die mittlere Dauer bestimmt. Bei einem relativ niedrigen Anteil des Zielverhaltens wird ein vorgeschalteter Methodenvergleich empfohlen, da die methodenspezifischen Eigenschaften über das Erfüllen des Reliabilitäts-Akzeptanzkriteriums entscheiden können. Bei einem hohen Anteil hingegen tritt die Bedeutung einer „durchoptimierten“ Methodenwahl zurück und die Praktikabilität unter den jeweiligen Rahmenbedingungen kann stärker berücksichtigt werden. Beispielsweise können für die Datenerfassung im Freiland, bei der eine vollständige Videoabdeckung bei größeren Herden und/oder Arealen mit schwer einsehbarer Topografie oft nur mit beträchtlichem Aufwand zu gewährleisten ist, direkt Fotografien oder Direktbeobachtung zum Einsatz kommen.

6 Schlussfolgerungen

Die hinsichtlich Reliabilität und Anwendungseffizienz geeignetste visuelle Methode und Intervalllänge können nicht im Vorfeld allein anhand von theoretischen Überlegungen ermittelt werden, sondern erfordern eine empirische Überprüfung. Das Spektrum potentiell geeigneter Methoden und Zeitraster kann anhand ähnlicher Studien eingegrenzt werden. Dabei ist neben der Herdengröße und Tierart sowie den räumlichen Dimensionen des Untersuchungsareals die zeitliche Organisation des jeweiligen Verhaltens (Häufigkeit, Dauer, Anteil) bedeutsam; ihre Relevanz kann mitunter größer sein als die der Zugehörigkeit zum übergeordneten Verhaltensbereich. Im Vorfeld der Datenaufnahme einer Anwendungsstudie wird eine Reliabilitätsprüfung explizit angeraten. Hierfür bietet die vorliegende Studie ein erprobtes, mehrstufiges Vorgehen an. Für das Erstellen des Referenzstandard-Datensatzes werden Videoaufzeichnungen empfohlen, da bei zeitgerasterten Auswertungen die Vollständigkeit der Daten durch gezieltes Vor- und Zurückspulen erhöht werden kann. Der als Ergänzung zu den Bland-Altman-Kennwerten vorgestellte Median der prozentualen Abweichungen und sein 10 %-Grenzwert geben ein striktes und präzises, quantitatives Akzeptanzkriterium an die Hand. In der vorliegenden Studie fallen die Eignungsbeurteilungen der Intervalllängen vor allem bei Direktbeobachtungen und Videoauswertungen teilweise deutlich restriktiver aus als in der vergleichbaren Literatur.

Danksagung

Wir danken Laura Schneider, Daniel Baumgart, Björn Stamer, Carlotta Hoffmann, Lena Weiß, Kerstin Lübbers, Jan Hendrik Moos und Sebastian Wrage für ihre Unterstützung bei der Datenaufnahme und -auswertung sowie Ka Schuster und Sabine Dietrich für ihre hilfreichen Denkanstöße während der Manuskripterstellung. Darüber hinaus gilt unser Dank zwei anonymen Gutachtern sowie Hans Marten Paulsen für die konstruktive Kritik bei der Überarbeitung des Artikels.

Literatur

- Abijaoudé JA, Morand-Fehr P, Béchet G, Brun J-P, Tessier J, Sauviant D (1999) A method to record the feeding behaviour of goats. *Small Ruminant Res* 33:213-221
- Altmann J (1974) Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49:225-267
- Altman DG, Bland JM (1983) Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *Statistician* 32:307-317
- Bender S, Ude G, Georg H (2012) Erprobung des Echtzeit-Ortungssystems Ubisense zur Erfassung der Aufenthaltsdauer von Ziegenlämmern in Futterhecken. *Landbauforsch* 62(3):137-150
- Bland JM, Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327:307-310
- Bland JM, Altman DG (1999) Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 8:135-160
- Bland JM, Altman DG (2003) Applying the right statistics: analysis of measurement studies. *Ultrasound Obstet Gynecol* 22:85-93

- Blomberg K (2011) Automatic registration of dairy cows [sic] grazing behaviour on pasture [online]. Zu finden in <<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-6-404>> [zitiert am 14.11.2016]
- Broom DM (1988) The scientific assessment of animal welfare. *Appl Anim Behav Sci* 20:5-19
- Brosh A, Henkin Z, Ungar ED, Dolev A, Orlov A, Yehuda Y, Aharoni Y (2006) Energy cost of cows' grazing activity : use of the heart rate method and the global positioning system for direct field estimation. *J Anim Sci* 84:1951-1967
- Celaya R, Oliván M, Ferreira LM, Martínez A, García U, Osoro K (2007) Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. *Livest Sci* 106:271-281
- Cozzi G, Gottardo F (2005) Feeding behaviour and diet selection of finishing Limousin bulls under intensive rearing system. *Appl Anim Behav Sci* 91:181-192
- Dawkins MS (2003) Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. *Zoology* 106:383-387
- Desnoyers M, Béchet G, Duvaux-Ponter C, Morand-Fehr P, Giger-Reverdin S (2009) Comparison of video recording and a portable electronic device for measuring the feeding behaviour of individually housed dairy goats. *Small Ruminant Res* 83:58-63
- DeVries TJ, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Beauchemin KA (2003) Technical note : validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. *J Dairy Sci* 86:3571-3574
- DeVries TJ, von Keyserlingk MAG, Weary DM (2004) Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 87:1432-1438
- Engel J (1996) Choosing an appropriate sample interval for instantaneous sampling. *Behav Processes* 38:11-17
- Friend TH, Polan CE (1974) Social rank, feeding behavior, and free stall utilization by dairy cattle. *J Dairy Sci* 57:1214-1220
- Georg H, Bender S, Ude G (2012) Erprobung eines Ortungssystems zur Erfassung des Weideverhaltens von Ziegenlämmern. *Landtechnik* 67:136-139
- Grouven U, Bender R, Ziegler A, Lange S (2007) Vergleich von Messmethoden. *Dtsch Med Wochenschr* 132:e69-e73
- Gygax L, Neisen G, Bollhalder H (2007) Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns. *Comput Electron Agric* 56:23-33
- Hoff, K (2005) R-Handbuch füt Biostatistik : eine Einführung für Studierende der Gartenbauwissenschaften und Pflanzentechnologie [online]. Zu finden in <<http://www.biostat.uni-hannover.de/fileadmin/institut/pdf/RHANDBUCH.PDF>> [zitiert am 14.11.2016]
- Jørgensen GHM, Andersen IL, Boe KE (2007) Feed intake and social interactions in dairy goats : the effects of feeding space and type of roughage. *Appl Anim Behav Sci* 107:239-251
- Kaufmann O, Azizi O, Hasselmann L (2007) Untersuchungen zum Fressverhalten hochleistender Milchkühe in der Früh-laktation. *Züchtungskunde* 79:219-230
- Keeling LJ, Gonyou HW (2001) Social behaviour in farm animals. Wallingford : CABI Publ, 406 p
- Köhler FM (2005) Wohlbefinden landwirtschaftlicher Nutztiere : nutzwissenschaftliche Erkenntnisse und gesellschaftliche Einstellungen [online]. Zu finden in <<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:8-diss-15452>> [zitiert am 14.11.2016]
- Kronberg SL, Malechek JC (1997) Relationships between nutrition and foraging behavior of free-ranging sheep and goats. *J Anim Sci* 75:1756-1763
- Lehner PN (1996) Handbook of ethological methods. Cambridge : Cambridge Univ Pr, 672 p
- Lexer D, Hagen K, Palme R, Troxler J, Waiblinger S (2004) Relationships between time budgets, cortisol metabolite concentrations and dominance values of cows milked in a robotic system and a herringbone parlour. In: Meijering A, Hogeveen H, Koning CJAM de (eds) Automatic milking : a better understanding. Wageningen : Wageningen Acad Publ, pp 389-393
- Martin P, Bateson P (2007) Measuring behavior : an introductory guide. Cambridge : Cambridge Univ Pr, 176 p
- Matsui K (1994) A new ambulatory data logger for a long-term determination of grazing and rumination behaviour on free-ranging cattle, sheep and goats. *Appl Anim Behav Sci* 39:123-130
- Mattachini G, Riva E, Provolo G (2011) The lying and standing activity indices of dairy cows in free-stall housing. *Appl Anim Behav Sci* 129:18-27
- McGlone JJ (2001) Farm animal welfare in the context of other society issues : toward sustainable systems. *Livest Prod Sci* 72:75-81
- Mitlöchner FM, Morrow-Tesch JL, Wilson SC, Dailey JW, McGlone JJ (2001) Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *J Anim Sci* 79:189-193
- Moreau M, Siebert S, Buerkert A, Schlecht E (2009) Use of a tri-axial accelerometer for automated recording and classification of goats' grazing behaviour. *Appl Anim Behav Sci* 119:158-170
- Müller R, Schrader L (2003) A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 83:247-258
- Naguib M (2006) Methoden der Verhaltensbiologie. Berlin : Springer, 233 p
- Neisen G, Wechsler B, Gygax L (2009) Choice of scan-sampling intervals - an example with quantifying neighbours in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 116:134-140
- Nielsen LR, Pedersen AR, Herskin MS, Munksgaard L (2010) Quantifying walking and standing behaviour of dairy cows using a moving average based on output from an accelerometer. *Appl Anim Behav Sci* 127:12-19
- Nydegger F, Gygax L, Egli W (2011) Automatisches Messen der Kaubewegungen bei Wiederkäuern mit Hilfe eines Drucksensors. *Agrarforsch Schweiz* 2:60-65
- Prache S, Damasceno JC (2006) Preferences of sheep grazing down conterminal monocultures of *Lolium perenne*-*Festuca arundinacea* : test of an energy intake rate maximization hypothesis using the short-term double weighing technique. *Appl Anim Behav Sci* 97:206-220
- Rahmann G (2009) Performance of organic goat milk production in grazing systems in Northern Germany. *Landbauforsch* 59(1):41-46
- Safari J, Mushic DE, Kifaroc GC, Mtengac LA, Eika LO (2011) Seasonal variation in chemical composition of native forages, grazing behaviour and some blood metabolites of Small East African goats in a semi-arid area of Tanzania. *Anim Feed Sci Technol* 164:62-70
- Sanon HO, Kaboré-Zoungana C, Ledin I (2007) Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. *Small Ruminant Res* 67:65-74
- Schaefer S (2012) Situationsspezifische Interaktionsstrukturen und Assoziationsgefüge bei Milchziegen. Marburg : Philipps-Univ, Fachbereich Biologie (unveröffentlichte Masterarbeit)
- Scheibe KM, Schleusner T, Berger A, Eichhorn K, Langbein J, Dal Zotto L, Streich WJ (1998) ETHOSYS® - new system for recording and analysis of behaviour of free-ranging domestic animals and wildlife. *Appl Anim Behav Sci* 55:195-211
- Schlecht E, Hülsebusch C, Mahler F, Becker K (2004) The use of differentially corrected global positioning system to monitor activities of cattle at pasture. *Appl Anim Behav Sci* 85:185-202
- Tosi MV, Ferrante V, Mattiello S, Canali E, Verga M (2006) Comparison of video and direct observation methods for measuring oral behaviour in veal calves. *Ital J Anim Sci* 5:19-27
- Tukey JW (1977) Exploratory data analysis. Reading Mass : Addison-Wesley, 688 p
- Vansdadiya R, Kothari AM (2014) A review on differential time lapse video techniques. *Int J Scientific Res Dev* 1:2381-2384
- Vasilatos R, Wangsness PJ (1980) Feeding behavior of lactating dairy cows as measured by time-lapse photography. *J Dairy Sci* 63:412-416
- Wasilewski A (2003) „Freundschaft“ bei Huftieren? : Soziopositive Beziehungen zwischen nicht-verwandten artgleichen Herdenmitgliedern. [online]. Zu finden in <<http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2003/0639urn:nbn:de:hebis:04-z2003-06393>> [zitiert am 14.12.2016]
- Wendel G, Wendling F, Wagner M, Pirkelmann H (1999) Futterstand zur automatischen Erfassung der Futteraufnahme bei Schafen. *Landtechnik* 54:304-305