

Ulrike Bauer, Jan Harms, Mariana Steyer, Jennifer Salau, Jan Henning Haas, Astrid Weber, Wolfgang Junge, Sascha Bielezki, Hubert Rothfuss und Olaf Suhr

Automatische Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen

Die in der Praxis zur Verfügung stehenden Methoden zur Körperkonditionsbeurteilung von Milchkühen wie der Body Condition Score (BCS) und die Messung der Rückenfettdicke (RFD) unterliegen im Hinblick auf den Arbeitszeitaufwand und die Objektivität der Ergebnisse verschiedenen Einschränkungen. Um die Körperkondition der Tiere im Laktationsverlauf automatisch zu erfassen, wurde ein optisches 3D-Sensorsystem entwickelt.

Dazu wurde zuerst eine Software entwickelt, die die aufgezeichneten Bilder selektiert und nachfolgend aus geeigneten Bildern automatisch Kennwerte extrahiert. Diese Kennwerte fließen in ein lineares Modell ein, mit dem der BCS geschätzt wird. Die Korrelation zwischen manuell erhobenen und anhand von Kennwerten berechnetem BCS lag im Versuch bei 0,8 ($p < 0,0001$).

Schlüsselwörter

BCS, TOF-Sensor, Bildverarbeitung

Keywords

BCS, TOF-sensor, image processing

Abstract

Bauer, Ulrike; Harms, Jan; Steyer, Mariana; Salau, Jennifer; Haas, Jan Henning; Weber, Astrid; Junge, Wolfgang; Bielezki, Sascha; Rothfuss, Hubert and Suhr, Olaf

Automatic monitoring of the body condition score of dairy cows

Landtechnik 67 (2012), no. 6, pp. 409–412, 4 figures, 2 tables, 6 references

The commonly used methods to estimate fat reserves of cows are body condition score (BCS) and backfat thickness (BFT). But these methods are subjected to restrictions regarding objectivity of results and amount of work. Therefore, a visual three-dimensional sensor system has been developed for the automatic determination of body condition of cows during lactation. The designed software evaluates recorded images for further processing. In the next step characteristics for body condition were extracted of suitable images. These characteristics are integrated in a linear model, which estimates the body condition score. The correlation between manual recorded BCS and estimated BCS is 0.8 ($p < 0.0001$).

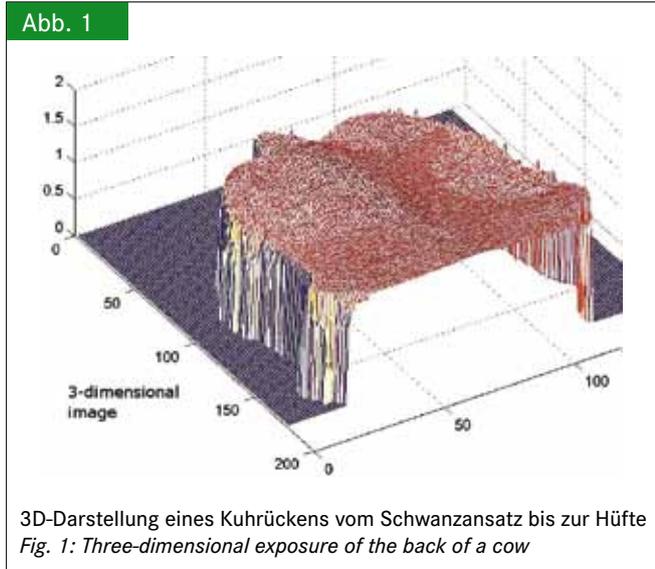
■ Zur Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen, die im Hinblick auf deren Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit von zentraler Bedeutung ist [1], stehen in der Praxis die Methoden Body Condition Score (BCS) und Messung der Rückenfettdicke (RFD) zur Verfügung. Der BCS kann ohne weitere Hilfsmittel nach rassespezifischen Konditionskarten durchgeführt werden, unterliegt jedoch durch die Einschätzung des jeweiligen Beurteilers subjektiven Einflüssen. Eine objektivere Methode zur Beurteilung der Körperkondition stellt die sonographische Messung der Rückenfettdicke dar [2]. Aber auch bei diesem Verfahren sind je nach Messstelle große Schwankungen der Messwerte möglich [3].

Da beide Methoden hinsichtlich des notwendigen Arbeitsaufwandes oder der Objektivität der Ergebnisse diversen Einschränkungen unterliegen, wurde im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ein Verbundprojekt durchgeführt. Ziel war die Entwicklung eines 3D-Sensorsystems zur automatischen Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen im Laktationsverlauf. Somit kann bei Abweichungen vom gewünschten Laktationsverlauf zeitnah regulierend eingegriffen werden.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Universität Kiel (CAU), der GEA Farm Technologies GmbH (GEA) sowie dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) und dem Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft (ITE) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) durchgeführt.

Verwendete Technik

Zur Erhebung der 3D-Bilddaten wurde ein Time-Of-Flight-Sensor (TOF) eingesetzt, der mit 30 MHz moduliertes infra-



rotes Licht aussendet. Anhand der Phasenverschiebung des ausgesendeten und vom Objekt reflektierten Lichts wird die Entfernung des Objekts zum Sensor berechnet. Der Sensor hat eine Auflösung von 176 x 144 Pixeln. Für jedes Pixel wird die Tiefeninformation in Metern angegeben, sodass eine 3-dimensionale Darstellung des Kuhrückens (**Abbildung 1**) möglich ist. Je nach Belichtungszeit können bis zu 54 Bilder pro Sekunde produziert werden. Der Messbereich erstreckt sich auf eine Entfernung von 0,8–5 m vom Sensor.

Datenerhebung

Um Informationen für verschiedene Rassen zu gewinnen, wurden sowohl Holstein-Friesian-Kühe (Versuchsbetrieb Karkendamm der CAU) als auch Fleckvieh-Kühe (Versuchsbetrieb der LfL, Grub) aufgezeichnet. Die Software zur Steuerung des Sensors, mit welchem Langzeitaufzeichnungen (zwei Wochen) durchgeführt wurden, hat die CAU entwickelt. Der Sensor wurde dazu über der Kraftfutterstation (Karkendamm) installiert. Parallel zu den Aufzeichnungen wurde die RFID-Erkennung der Kraftfutterstation ausgelesen, wodurch die Bilder in Echtzeit der aufgezeichneten Kuh zugeordnet werden konnten. Ein weiteres Aufgabengebiet der CAU war die Entwicklung von Software zur Sortierung und Auswertung der Bilder sowie zur Gewinnung von Informationen über die Körperkondition. Für den Abgleich der Bildinformationen mit der Körperkondition der aufgezeichneten Tiere wurde in der Herde in Karkendamm wöchentlich die Rückenfettdicke gemessen sowie alle 4 Wochen der BCS von geschultem Personal bestimmt.

In Grub wurde der 3D-Sensor über einer Wiegebox für Kühe installiert, in die die Tiere während der Versuchszeiträume einmal wöchentlich getrieben wurden. Die Datenaufzeichnung erfolgte je nach Versuch unterschiedlich lange. An den Aufzeichnungstagen wurde bei den Tieren ebenfalls die Rückenfettdicke gemessen und der BCS von geschultem Personal bestimmt.

Neben der Erhebung von 3D-Informationen von Fleckvieh-Kühen war ein weiterer Aufgabenschwerpunkt in Grub die Un-

tersuchung der Körperkonditionsentwicklung und -steuerung bei der Rasse Fleckvieh. Deshalb wurden verschiedene Fütterungsversuche durchgeführt, um eine große Bandbreite an unterschiedlichen Körperkonditionen untersuchen zu können. Um den Zusammenhang zwischen BCS und Körperfettgehalt feststellen zu können, wurde an 30 Fleckvieh-Kühen eine Ganzkörperanalyse durchgeführt. Weiterhin wurden andere Verfahren zur Beurteilung der Körperkondition untersucht wie die Bio-Impedanzanalyse und die Messung der Hautfaltendicke. Die Ergebnisse zur Beurteilung der Körperkondition beziehen sich auf einen Versuch, bei dem 30 Tiere (20 Kühe, 10 Färsen) über einen Zeitraum von 17 Wochen (2 Wochen a. p. bis 15 Wochen p.p.) untersucht wurden.

Ergebnisse

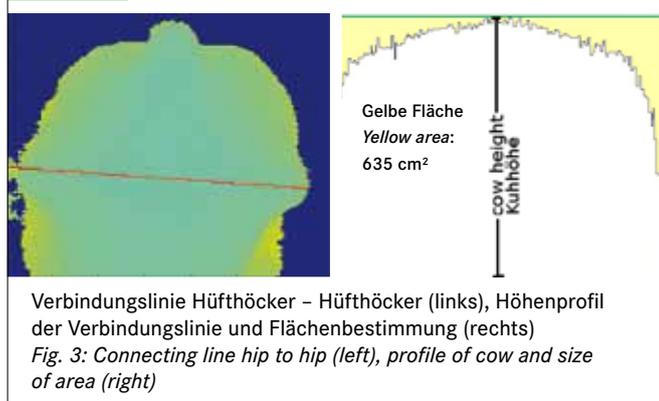
Software

Bereits bei der Aufzeichnung entscheidet die von der CAU entwickelte Software, auf welchen Bildern der für die BCS-Bestimmung interessante Bereich (hinterer Rücken) vollständig abgebildet ist. Die ausgewählten Bilder werden zur Weiterverarbeitung gespeichert. Als Ergebnis wird eine Liste generiert, die die Kuh-Identifikation, Zeitangaben und Informationen enthält, die an diesem Aufzeichnungstag im Hinblick auf die Körperkondition des Tieres aus den Bildern gewonnen werden konnten. Im ersten Schritt der Weiterverarbeitung durchlaufen die Bilder ein mehrstufiges Testverfahren bezüglich ihrer Eignung zur automatischen Detektion markanter Körperteile der Kuh oder zur BCS-Analyse [4]. Hierzu werden die Konturen der Kuh und ihre Lage im Bild kontrolliert. Gewünscht sind klar erkennbare Umrisse einer Kuh und Bilder, auf denen sich das Tier nicht an der Wand der Kraftfutterstation anlehnt. Auf den ausgewählten Bildern lokalisiert die Software im nächsten Weiterverarbeitungsschritt automatisch Schwanz, Sitzbeinhöcker, Hüften und Wirbelsäule der abgebildeten Kuh. Diese festgelegten Körperpunkte werden für die Gewinnung von Informationen über die Körperkondition verwendet und sind in **Abbildung 2** für die beiden im Projekt vertretenen Rassen dargestellt. Als dritter Schritt werden entlang von Verbindungslinien zwischen den identifizierten Körperstellen Schnitte durch das 3D-Profil gezogen und Höhenprofile (z. B. Hüfthöcker – Hüfthöcker, **Abbildung 3**) extrahiert. Die Berechnung von Flächen und Abständen anhand dieser Höhenprofile erlaubt es, bis zu 13 Kennzahlen pro Bild zu bestimmen, z. B. die Fläche zwischen Kuh und aufliegender



Identifizierte Körperstellen links Holstein Friesian, rechts Fleckvieh
Fig. 2: Identified parts left Holstein Friesian, right Simmental

Abb. 3



Tangente (siehe **Abbildung 3** rechts). Im letzten Schritt werden alle Kennzahlen eines Aufzeichnungstages von Ausreißern bereinigt und zusammengefasst, so dass eine Liste mit einem Wert pro Kennzahl, Kuh und Tag entsteht. Anhand von Zeitangabe und Kuh-ID können die Kennzahlen zur Auswertung mit den Herdenmanagementdaten zusammengeführt werden.

Beurteilung der Körperkondition

Die Untersuchung zum Zusammenhang zwischen dem BCS und dem Gesamtkörperfettgehalt (%) von Fleckvieh-Kühen in Grub ergab eine Korrelation von $r = 0,84$ ($p < 0,0001$) [5]. Die Beziehung zwischen der Rückenfettdicke und dem Körperfettgehalt (%) lag mit $r = 0,65$ ($p = 0,0001$) etwas niedriger [5]. Im Folgenden wird nur auf den Zusammenhang von BCS zu den Kennzahlen aus den 3D-Profilen eingegangen.

Die Wiederholbarkeiten der ermittelten Kennzahlen liegen zwischen 26 und 83 % (BCS-Wiederholbarkeit = 74 %). Die Spannweite der absoluten Korrelationen der einzelnen Kennzahlen ist in **Tabelle 1** dargestellt. Bei 7 Kennzahlen besteht jeweils eine lineare Beziehung zum BCS, wobei die Werte der einzelnen Korrelationen von 0,13 bis 0,47 reichen. Für 6 der 13 Kennzahlen kann keine signifikante Korrelation zum BCS festgestellt werden (statistisch signifikant für $\alpha = 0,05$). Für die Konditionsbeurteilung der Kühe anhand der Bildinformationen wurde ein lineares Modell mit BCS (manuell erfasst) als abhängiger Variable geschätzt.

Tab. 1

Absolute Korrelationen zwischen Kennzahlen und BCS
 Table 1: Absolute correlations between characteristics and body condition score

Anzahl Kennwerte Number of characteristics	Spannweite absoluter Korrelationen zwischen Kennzahlen und BCS Range of absolute correlation between characteristics and BCS	p-Wert p-value
7	0,13–0,47	$p < 0,01$
6	0,02–0,07	$p > 0,05$

Zusätzlich zu den Variablen

- Kuh
- Kalenderwoche
- Laktationsnummer und
- Laktationswoche

wurden zwei der aus den Aufnahmen gewonnenen Kennzahlen als unabhängige Variablen verwendet. Die Korrelation des geschätzten BCS zum manuell erfassten BCS über den gesamten Versuchszeitraum (30 Kühe, 17 Wochen) beträgt 0,8 ($p < 0,0001$). Werden die einzelnen Kühe betrachtet, so besteht nicht bei allen eine signifikante Korrelation zwischen geschätztem und manuell erfasstem BCS (**Tabelle 2**). Bei 16 Tieren können jedoch enge Beziehungen zwischen den unterschiedlich erfassten BCS-Werten festgestellt werden. Die Korrelationen liegen im Bereich von $r = 0,57$ bis 0,87.

Abbildung 4 zeigt anhand der Kuh 384 den manuell erfassten und den anhand der Bilddaten geschätzten BCS-Verlauf ($r = 0,84$). Für beide BCS-Werte ist der typische Abfall nach der Kalbung durch die Mobilisation von Körperfett ersichtlich.

Diskussion

Es konnte ein deutlicher Zusammenhang der anhand der 3D-Informationen geschätzten BCS-Werte zum manuell erfassten BCS festgestellt werden. Allerdings besteht weiterhin Forschungsbedarf. Unklar ist noch, warum bei einzelnen Kühen ein sehr guter und bei anderen Kühen kein Zusammenhang zwischen manuell erfasstem und geschätztem BCS besteht. Zum einen könnte das in den sehr unterschiedlichen Beckenformen sowie der tierindividuellen Fettanlagerung bzw. -mobilisation an verschiedenen Körperstellen begründet liegen. Zum anderen bewegten sich die Kühe während der Aufzeichnung unterschiedlich stark, wodurch die Bildqualität und demzufolge auch die Kennwerte beeinflusst worden sein können. In einem weiteren Schritt soll untersucht werden, inwieweit sich die Kennwerte verändern, sofern Bilder, die in der Bewegung entstanden sind, vor der Kennwertbestimmung zusätzlich aussortiert werden.

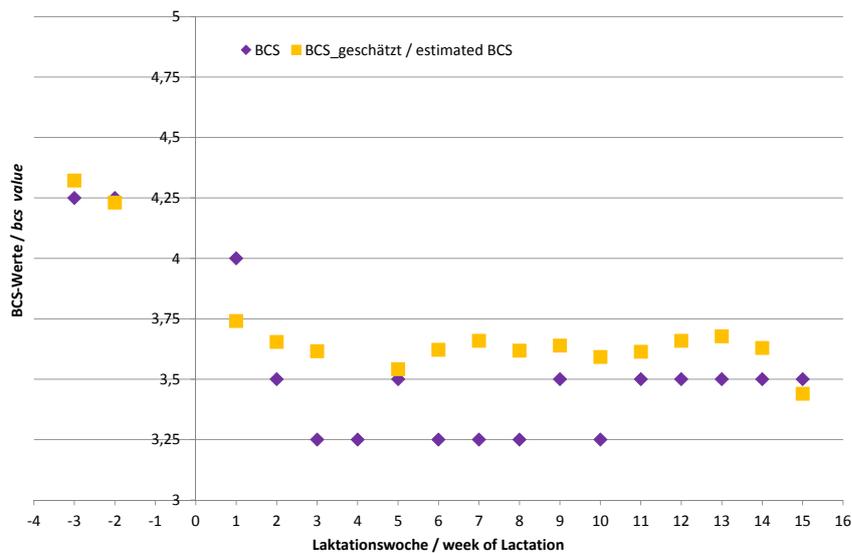
Unabhängig von den tierindividuellen Einflüssen traten auch Probleme mit dem TOF-Sensor auf. So beeinflussten die aus anderen Studien bekannten Bewegungsartefakte [6], die vor allem an Farbübergängen des Fells zu veränderten Tie-

Tab. 2

Spannweite der Korrelationen zwischen geschätztem und manuell erfasstem BCS der einzelnen Kühe
 Table 2: Range of correlation between estimated BCS and BCS for individual cows

Anzahl Kühe Number of cows	Spannweite der Korrelationen zwischen geschätztem BCS und BCS für die einzelnen Kühe Range of correlation between estimated BCS and BCS for individual cows	p-Wert p-value
16	0,57–0,87	$p < 0,05$
14	0,09–0,50	$p > 0,05$

Abb. 4



BCS-Verlauf des manuell erfassten und geschätzten BCS zu Laktationsbeginn von Kuh 384

Fig. 4: Developing of BCS-values estimated and determined manually for cow 384

feninformationen führen, die Bildqualität stärker als erwartet. Auch die hohe Bildfrequenz konnte unter Praxisbedingungen im Stall nicht erreicht werden. Um qualitativ hochwertige Bilder zu erhalten, die für die Körperkonditionsbeurteilung erforderlich sind, ist eine hohe Belichtungszeit notwendig. Die daraus resultierende niedrige Bildrate war nicht ausreichend, um bei der Aufzeichnung von Kühen beim Durchlaufen der Wiegebox genügend verwertbare Bilder zu erzeugen. Dies könnte eventuell durch zusätzliche LEDs am 3D-Sensor verbessert werden. Weiterhin beeinflussten die Sonneneinstrahlung, Fliegen, Staub und kondensierter Atem der Kühe die Qualität der Bilder teils stark.

Schlussfolgerungen

Eine automatische Beurteilung der Körperkondition von Milchkühen mit dem entwickelten 3D-Sensorsystem ist prinzipiell möglich. Es müssen jedoch noch weitere Untersuchungen im Hinblick auf tierindividuelle Unterschiede erfolgen. Inwieweit eine automatische Konditionsbeurteilung der Tiere ohne vorheriges Anlernen des Systems auf Basis manuell erfasster BCS-Daten möglich ist, wird im Rahmen des Projektes noch abgeklärt. Weiterhin sind Verbesserungen auf der technischen Seite notwendig, um auch bei sich bewegenden Kühen qualitativ hochwertige Bilder produzieren zu können.

Literatur

- [1] Staufenbiel, R.; Staufenbiel, B.; Rossow, N.; Klukas, H. (1993): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Beziehung zur Milchleistung, Fruchtbarkeit und zu klinisch-chemischen Parametern. Mh. Vet.-Med. 48, S. 3-11
- [2] Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und die Messung der Rückenfettdicke. Mh. Vet.-Med. 47, S. 467-474
- [3] Steyer, M.; Ettle, T.; Rodehutschord, M.; Spiekers, H. (2011): Zur Methodik und Aussagekraft der Rückenfettdickenmessung (RFD). Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern Bonn, 06.-07.04.2011. Fulda, S. 32-35

- [4] Salau, J.; Junge, W.; Weber, A.; Bauer, U.; Harms, J.; Suhr, O. (2011): Entwicklung und Bewertung eines automatischen optischen Sensorsystems zur Körperkonditionsüberwachung bei Milchkühen. 10. Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, VDI-MEG, KTBL, EurAgEng, 27.-29.09.2011, Kiel, S. 387-394
- [5] Steyer, M.; Ettle, T.; Spiekers, H.; Rodehutschord, M. (2012): Body composition of Simmental cows and the relation of fat content to body condition parameters. Proc.Soc. Nutr. Physiol. 21, p. 83
- [6] Lindner, M. (2010): Calibration and real-time processing of time-of-flight range date. Dissertation Fachbereich Elektrotechnik und Informatik, Universität Siegen

Autoren

M.Sc. Ulrike Bauer ist Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe „Milchgewinnung und Prozesstechnik“ (Leiter: **Dr. agr. Jan Harms**) am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing-Grub, E-Mail: ulrike.bauer@lfl.bayern.de, jan.harms@lfl.bayern.de

Dipl.-Ing. agr. Mariana Steyer ist Doktorandin am Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 1, 85586 Poing-Grub, E-Mail: mariana.steyer@fueak.bayern.de

Dr. rer.nat. Jennifer Salau ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und **Dipl.-Ing. agr. Astrid Weber** ist Doktorandin und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 6, 24118 Kiel, E-Mail: jsalau@tierzucht.uni-kiel.de, aweber@tierzucht.uni-kiel.de

Jan Henning Haas ist technischer Mitarbeiter für Programmierarbeiten an bildverarbeitenden Systemen im Versuchsbetrieb (Leiter: **Dr. sc.agr. Wolfgang Junge**) Karkendamm der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Am Halloberg 9, 24576 Bimöhlen, E-Mail: jhaas@tierzucht.uni-kiel.de, wjunge@tierzucht.uni-kiel.de

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Sascha Bielecki ist Entwickler, **Dr. Hubert Rothfuß** ist Produktmanager und **Dipl.-Ing. Olaf Suhr** ist Leiter der Abteilung Entwicklungsunterstützung in der Business Unit Melken & Kühlen, Kompetenz-Center Vision & Sensors bei GEA Farm Technologies, Siemensstr. 25-27, 59199 Bönen, E-Mail: sascha.bielecki@gea.com, hubert.rothfuss@gea.com, olaf.suhr@gea.com