

Vollautomatisierte Erfassung und Bewertung von Gesundheitsparametern von Milchkühen mittels 3D-Sensorik

T. D. Diep¹, N. Heuwold¹, S. Dieckmann²

¹ GFal e.V., Volmerstraße 3, 12489 Berlin, Email: diep@gfai.de, heuwold@gfai.de

² FFG mbH, Potsdamer Str. 18a, 14943 Luckenwalde,
Email: dieckmann@frankenfoerder-fg.de

Zusammenfassung: In dem von BMWI geförderten Kooperationsprojekt „LoBoScore“ wird ein System entwickelt, welches die Klauengesundheit und den Ernährungszustand von Milchkühen automatisch mit Hilfe von 3D-Sensor-Technik bestimmt. In der Landwirtschaft wird die Klauengesundheit mit dem sogenannten Locomotion-Scoring ermittelt und die Körperkondition durch das Body-Condition-Scoring. Für diese Benotung müssen Klassifikationsmerkmale der Kühe extrahiert werden. Hierzu kommen 2D- und 3D-Sensoren sowie ein RFID-Kuherkennungssystem zum Einsatz. Diese sind in einem Durchgang platziert, welchen die Kühe täglich nach dem Melken durchlaufen. Eine Herausforderung der Forschungsarbeit war es, das System so zu konzipieren, dass möglichst wenig Einfluss auf den natürlichen Gang der Kühe genommen wird (z.B. keine Blendung der Kühe durch sichtbares Licht). Die von den Sensoren gelieferten Tiefendaten werden zunächst vorverarbeitet, um die Körper der Kühe zu erkennen und von der Umgebung zu trennen. Darauf folgt ein Algorithmus, der die Kuhkörper in den Tiefenbildern extrahiert. Es wurden 3D-Algorithmen entwickelt, um die zum Scoring relevanten Merkmale automatisch zu gewinnen. Abschließend werden anhand der Merkmale die Lahmheit und Kondition der Kühe bewertet.

Ziel dieser Arbeit ist es, geeignete Klassifikationsmerkmale für die Lahmheitserkennung und Konditionsbeurteilung automatisch mittels 3D-Bildverarbeitung zu finden.

1. Einleitung

Klauenprobleme bei Milchkühen können zu Leistungseinbußen in der Milchproduktion aufgrund eines gestörten Allgemeinbefindens und geringerer Futteraufnahme führen. Daher sollen Klauenprobleme frühzeitig erkannt und behandelt werden. In der landwirtschaftlichen Praxis wird bisher die Klauengesundheit subjektiv durch Mitarbeiter erfasst. Durch dieses bewährte Verfahren können auffällige Tiere eher untersucht und behandelt werden. In dem Projekt wird ein System entwickelt, das mittels 3D-Technik die Krümmung der Rückenlinie zur Lahmheitserkennung erfassen und bewerten soll. Gleichzeitig soll auch der Body-Condition-Score ermittelt werden, wodurch die Leistungsgerechtigkeit der Fütterung in Abhängigkeit vom Laktationsstadium überprüft werden kann. Hier wird der Umfang an Fett- und Muskelgewebe gemessen, der die Lenden, das Becken und den Schwanzansatz umgibt. Durch eine kontinuierliche und objektive Auswertung der beiden Gesundheits-Scores sollen Fütterungsfehler und Gesundheitsstörungen früher erkannt und somit das Tierwohl und Leistungsfähigkeit erhöht, Behandlungskosten eingespart sowie das Monitoring des Einzeltieres weiter verbessert werden.

Eine besondere Herausforderung in diesem Projekt stellt die raue Messumgebung dar. Empfindliche Technik muss dauerhaft den aggressiven Umweltbedingungen (Staub, Schmutz, Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit, wechselnde Lichtverhältnisse, lebende/individuelle Messobjekte) standhalten und zuverlässige Ergebnisse liefern.

2. Locomotion- und Body-Condition-Score von Milchkühen

2.1. Locomotion-Score (LCS)

Gesunde Klauen sind - als Grundlage einer produktiven Nutzungsdauer, für eine effektive Fortpflanzung sowie für hohe Milch- und Fleischleistungen - eine wichtige Voraussetzung für die Gesunderhaltung der Rinderbestände. Die Klauen der Milchkühe richtig zu pflegen und gesund zu erhalten, ist demnach nicht nur aus ökonomischer, sondern auch aus Sicht des Tierwohls ausgesprochen wichtig.

1997 wurde in den USA das „Locomotion Scoring“ entwickelt. Dies ist ein System zur Lahmheitsbewertung anhand der Haltung und des Ganges, um die reproduktive Leistungsfähigkeit von Milchrindern vorherzusagen (siehe [2]). Im Folgenden wird die Bewertung für das Locomotion Scoring dargestellt und beschrieben (siehe Abb. 1).

Eine Kuh mit der Bewegungs-
note 1 ist nicht lahm und tritt
normal auf. Sie hat sowohl im
Stehen als auch beim Gehen
einen ungekrümmten Rücken
(siehe [3]).

Zeigt die Kuh im Stehen noch
einen ungekrümmten Rücken,
im Gehen jedoch einen
gekrümmten Rücken, so ist sie
leicht lahm und erhält die
Bewegungsnote 2 (siehe [3]).

Tritt eine Kuh mit allen Beinen
auf, hat aber sowohl im Gehen
als auch im Stehen einen
gekrümmten Rücken, ist diese
als mittelmäßig lahm
einzustufen und erhält die
Bewegungsnote 3 (siehe [3]).

Eine lahme Kuh mit der
Bewegungsnote 4 zeichnet sich
ebenfalls durch einen
gekrümmten Rücken im Gehen
und Stehen aus, sie tritt
allerdings auf einem oder
mehreren Beinen nur noch
teilweise auf (siehe [3]).

	Bewegungs note 1 Normal
	Bewegungs note 2 Leicht lahm
	Bewegungs note 3 Mittelmäßig lahm
	Bewegungs note 4 Lahm
	Bewegungs note 5 Schwer lahm

Abb. 1: Bewertung des Locomotion-Score (LCS)

Die Note 5 bekommt eine Kuh, wenn sie im Gehen und Stehen einen gekrümmten Rücken zeigt und zusätzlich ein Bein überhaupt nicht mehr belastet und nur unter großen Schwierigkeiten aufstehen kann [3].

Eine regelmäßige Durchführung des Locomotion Scorings ermöglicht die zeitnahe Erkennung von einzelnen Kühen, die gefährdet sind klinisch zu erlahmen. Untersuchungen über die Ursachen für die Lahmheit können so früher eingeleitet werden.

Im Forschungsprojekt wird der Fokus auf die Auswertung im Gang gelegt, da hier bereits der geringe Unterschied zwischen der Bewegungsnote 1 und 2 zu erkennen ist. Zur einfacheren praktischen Verwendung der Ergebnisse werden aktuell 3 Bewegungsnoten unterschieden:

- 1 = gesund, entspricht der Bewegungsnote 1
- 2 = auffällig, entspricht der Bewegungsnote 2
- 3 = krank, entspricht den Bewegungsnoten 3, 4 und 5

2.2. Body-Condition-Score (BCS)

Die gesteigerte Milchleistung stellt an den Organismus der Milchkuh hohe Ansprüche. So sind vor allem Hochleistungskühe in den ersten Wochen nach der Entbindung nicht in der Lage, die zur Milchleistung benötigten Energiemengen mit dem Futter aufzunehmen, was sich negativ auf die Energiebilanz und damit auf die Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit auswirken kann. In diesem Zusammenhang wird die richtige Beurteilung der Stoffwechselsituation der Tiere zu einem wichtigen Faktor. Die Stabilisierung des Energiestoffwechsels über die Fütterung trägt wesentlich zur Verhinderung von Gesundheitsstörungen bei (siehe [3]).

Als Verfahren zur Beurteilung des Energiestoffwechsels über die Ermittlung des Körperfettgehaltes steht die Körperkonditionsbeurteilung (engl. Body Condition Scoring oder BCS) zur Verfügung. Milchkuhe verbrauchen in den ersten Laktationswochen mehr Energie als sie mit dem Futter aufnehmen können. Das Körperfett ist der wichtigste Energiespeicher zur Kompensation dieses Energiedefizits. Ab dem 100. Laktationstag, schwerpunktmäßig im letzten Laktationsdrittel, müssen die verbrauchten Energiereserven wieder aufgefüllt werden, um zum Beginn der nächsten Laktation wieder in vollem Umfang zur Verfügung zu stehen. Dieser Wechsel von Mobilisation und Deposition von Körperfett stellt einen immer wiederkehrenden Zyklus dar [5].

Vorgehen bei der Körperkonditionsbeurteilung

EDMONSON et al. haben 1989 das erste Schema für den Body-Condition-Score (BCS) entworfen [6], welches 1993 von METZNER et al. übersetzt und modifiziert wurde [7]. Die Fettauflage an den folgenden markanten Körperstellen wird hierzu bisher visuell und durch Abtasten beurteilt (siehe Abb. 2):

- der Bereich zwischen den Hüfthöckern,
- die Dorn- und Querfortsätze der Lendenwirbelsäule,
- der Bereich zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker,
- die Schwanzfaltengegend.





















Body-Condition-Score (BCS)	Dornfortsätze (Hinteransicht)	Bereich zwischen den Hüfthöckern (Hinteransicht)	Bereich zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker (Seitenansicht)	Beckenausgangsgrube (Hinteransicht)
1 Hochgradig abgemagert				
2 Knochenvorsprünge gut sichtbar				
3 Knochenvorsprünge gut abgedeckt				
4 Knochenvorsprünge abgerundet				
5 Hochgradig verfettet				

Abb. 2: Bewertung des Body-Condition-Score (BCS)

Der BCS einer optimal angefütterten Kuh liegt bei einer Note von 3,0 bis 3,5 (max. 3,75). Mit diesem Wert hat sie laut verschiedener Studien nach der Abkalbung genug Reserven, um optimal in eine gute Milchleistung zu kommen. Um Gesundheitsprobleme zu vermeiden und das Tierwohl und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, sollte das Body Condition Scoring wiederholt zu verschiedenen Zeitpunkten der Laktation vorgenommen werden. Anhand der nahezu täglichen Beurteilung durch das hier entwickelte System können Fütterungsfehler frühzeitig aufgedeckt und das Tierwohl gesteigert werden.

3. Datenerfassung

3.1. Messumgebung und Messtechnik

Die Erfassung von Kühen soll so durchgeführt werden, dass ihre täglichen Aktivitäten nicht beeinträchtigt werden. Da sie täglich zwei Mal nach dem Melken einen 1,4m breiten Gang zurück zum Stall passieren, wird das System in diesem Gang eingesetzt (Abb. 3).

Bei der Wahl geeigneter Sensoren mussten die zu erfassenden relevanten Körpermerkmale der Kühe beachtet werden. Dazu gehören insbesondere die Wirbelsäule auf dem Rücken, die zwei Hüfthöcker und die beiden Sitzhöcker. Solche Körperbereiche können auf den Bildern einer Farb-Kamera schlecht sichtbar sein. Außerdem dürfen die Tiere nicht von dem Mess-System abgelenkt und dadurch in ihrer Bewegung beeinflusst werden.



Abb. 3:
Messumgebung mit dem montierten Kuherkennungs-system (seitlich)

Daher wurden für das Projekt zwei 3D/4D-Sensoren ASUS xTion Pro Live ausgewählt, die im nicht sichtbaren Wellenlängenbereich arbeiten. Die xTion (Abb. 4) funktioniert nach dem Prinzip des strukturierten Lichts, wobei ein vordefiniertes Muster von Infrarot-Punkten von einem eingebauten Projektor projiziert wird. Dieses Muster wird von einer Infrarot-Kamera erfasst. Daraus wird die Disparität jedes Punktes berechnet und die Tiefe hieraus abgeleitet. Eine xTion liefert 2,5D-Tiefenbilder mit einer Auflösung von 640 x 480 Pixeln mit einer Abtastungsrate von 30 Hz und hat eine Tiefengenaugigkeit von 5 – 15mm

bei einem Messabstand von 1m (siehe [1]). Jede xTion wurde in einem Schutzgehäuse (Abb. 5) eingebaut und an der Decke des Durchganges befestigt. Sie wurden so positioniert, dass die Kuhrücken komplett in jedem Messbereich erfasst werden können und sich die beiden Messbereiche nicht überschneiden.

Um die Noten der Kühe, die durch das System berechnet werden, subjektiv und visuell validieren zu können, werden zusätzlich Kamera-Bilder jeder Kuh von der Seiten- und Hinteransicht zeitgleich erfasst. Hierzu wurden zusätzlich zwei 2D-Industrie-Kameras in die Messumgebung integriert (Abb. 6). Diese Netzwerk-Kameras liefern 2D-Bilder mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Grauwert-Pixeln.

Außerdem wurde ein Tiererkennungssystem in dem Gang installiert, das die Kühe beim Durchlauf automatisch identifiziert (siehe Abb. 3). Auf der rechten Seite des Halsbandes jeder Kuh wurde ein RFID-Sender befestigt, der eine eindeutige ID hat. Eine plattenförmige Antenne, die nahe an der rechten Wand des Ganges montiert wird, erkennt die RFID-Sender bei einem Abstand von ca. 20cm. Daraufhin wird dem Messsystem die ID des Kuh-Senders übermittelt und ein Signal übermittelt, das die Bildaufnahme aller 2D- und 3D-Sensoren startet.

Zur Vorab-System-Planung der Positionen der 3D-Sensoren, Kameras und des RFID-Kuherkennungs-systems wurde die Messumgebung zusammen mit allen Geräten in der 3D-Software Final Surface [8] modelliert (Abb. 7). So lassen sich günstige Positionen der Geräte schnell bestimmen und die Sichtfelder der Kameras und 3D-Sensoren können einfach modelliert und visualisiert werden.



Abb. 4: ASUS xTion Pro Live



Abb. 5: 3D-Sensor xTion in einem Schutzgehäuse



Abb. 6: 2D-Industriekamera

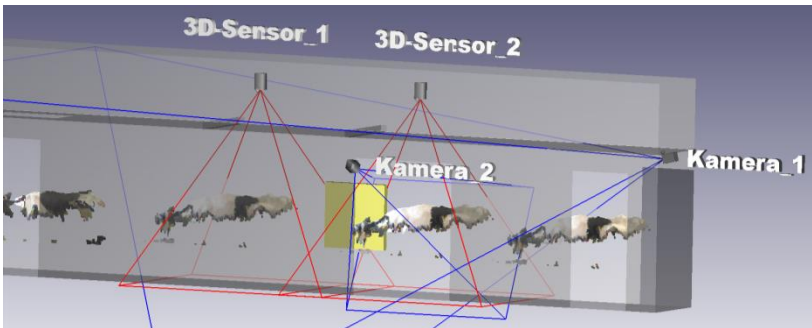


Abb. 7: 3D-Simulation der Messumgebung mit den Sichtbereichen der Kameras (blau) und 3D-Sensoren (rot) und dem Kuherkennungssystem (gelb) in der 3D-Software „Final Surface“ [8] (Seitenansicht)

3.2. Erfassung von 2,5D-Tiefenbilder und 2D-Bilder

Während des Erfassungsprozesses nehmen die Kameras und 3D-Sensoren ständig Bilder auf, welche kontinuierlich in Ring-Buffer gespeichert werden. Die Größe der einzelnen Ring-Buffer wird auf 60 Bilder begrenzt. Da jede Kamera und jeder 3D-Sensor mit einer Geschwindigkeit von 30 Bild pro Sekunde arbeitet, ergibt sich eine Bildsequenz von 2 Sekunden pro Kamera/Sensor. Läuft eine Kuh durch das System und nähert sich ihr RFID-Sender der Antenne, wird sie von dem RFID-Kuherkennungssystem erkannt. Daraufhin fängt das System an, die Bilder in den Ring-Buffer auf die Festplatte zu speichern. Die Bilder der räumlich vor dem Kuherkennungssystem platzierten 2D-Kameras und einem 3D-Sensor werden zeitlich vor der RFID-Erkennung der einzelnen Kuh erfasst. Diese Bilder lassen sich nachträglich über die Erfassungszeit automatisch dem identifizierten Tier zuordnen. Nach mehreren Testmessungen wurde festgestellt, dass die meisten Kühe im Normalfall (ohne Stau) 2 Sekunden benötigen, um durch den Messbereich zu laufen.

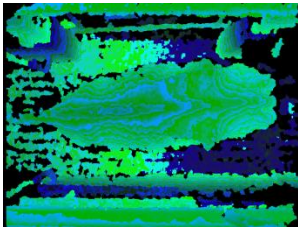


Abb. 8: 2,5D-Tiefenbild einer Kuh (Ansicht von oben)



Abb. 9: 2D-Bild einer Kuh (Seitenansicht)



Abb. 10: 2D-Bild einer Kuh (Hinteransicht)

Abb. 8 zeigt ein 2,5D-Tiefenbild einer Kuh, das einer der 3D-Sensoren liefert. Ein Tiefenbild enthält 640 x 480 Pixel. Jedes Pixel hat einen 16-bit Wert, der dem Abstand in Millimeter zwischen dem 3D-Sensor und dem entsprechenden Punkt auf dem Objekt entspricht. Auf dem Tiefenbild ist der Rücken der Kuh zu erkennen. Der Kopf der Kuh, welcher für das Scoring nicht relevant ist, liegt links außerhalb des Bildes. Sämtliche in diesem Beitrag relevanten Körpermerkmale werden ausschließlich in den 2,5D-Tiefenbildern extrahiert. Zusätzlich wurden nur

zu (subjektiven) Validierungszwecken 2D-Kamerabilder der Seitenansicht (Abb. 9) und der Hinteransicht (Abb. 10) erfasst.

4. 2,5D- und 3D-Datenverarbeitung

Nach der Erfassung werden die aufgenommenen 2,5D-Tiefenbilder mithilfe verschiedener Algorithmen weiterverarbeitet und die Körpermerkmale zur Ermittlung der LCS- und BCS-Werte abgeleitet. Die Algorithmen wurden vorrangig im 2,5D-Raum entwickelt, um die Auswertzeit und den Rechenaufwand zu minimieren. Anschließend wurden markante Körpermerkmale in den 3D-Raum überführt und (zeitaufwendigere) 3D-Algorithmen wurden somit nur in sehr kleinen Datenbereichen angewendet.

4.1. Kuh-Erkennung

Da nur der Kuhrücken für die Bewertung relevant ist, musste zunächst der Rücken komplett von der Umgebung separiert werden. Zu der Umgebung gehören die Wände, der Boden und auch Körperteile von anderen Kühen.

Mittels Berechnung eines Differenzbildes aus einem statischen Referenz-Tiefenbild ohne Kuh (Abb. 11) und einem Tiefenbild mit Kuh (Abb. 8) können der Boden und die Wände im 2,5D-Tiefenbild herausgefiltert werden. Da eine Kuh 1-2 m hoch ist, können die Punkte, deren Tiefe außerhalb dieses Tiefenbereichs liegen, ebenfalls gefiltert werden. Alle ausgeblendeten Pixel des Tiefenbildes werden in einem Maskenbild zusammengeführt, welches dann im nächsten Schritt auf das Tiefenbild mit Kuh angewendet wird. Abb. 12 zeigt das Resultat dieser Arbeitsschritte. Hier sind außer den zur Kuh gehörenden Punkten auch noch zusätzliche Artefakte zu erkennen, welche aufgrund der niedrigen Präzision des 3D-Scanners in diesem Schritt noch nicht herausgefiltert werden konnten.

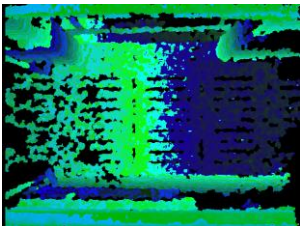


Abb. 11: 2,5D-Referenz-Tiefenbild des Messbereichs ohne Kuh (Ansicht von oben)

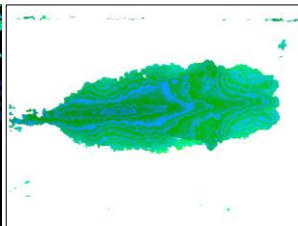


Abb. 12: 2,5D-Tiefenbild, in dem die Umgebung größtenteils weggefiltert wurde (Ansicht von oben)

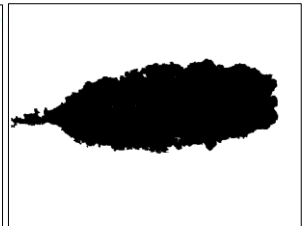


Abb. 13: Binäres 2,5D-Tiefenbild einer extrahierten Kuh (Ansicht von oben)

Anschließend wird das resultierende Tiefenbild in ein Binärbild umgewandelt, dessen Pixel nur die Farben Schwarz und Weiß annehmen. Die Pixel ohne Tiefeninformation bekommen die Farbe Weiß, Pixel mit Tiefeninformation bekommen die Farbe Schwarz. Auf dem Binärbild werden Punkt-Cluster (zusammenhängende schwarze Bildbereiche) identifiziert. Wenn der Rücken einer Kuh in dem Bild enthalten ist, bildet dieser das Cluster mit der größten Anzahl von Punkten. Alle übrigen Cluster können dann verworfen werden (siehe Abb. 13). Diese Methode funktioniert auch, wenn Körperteile anderer Kühe, die kleiner als der Rücken der erkannten Kuh sind, auf dem Bild erscheinen. Zusätzlich wird

geprüft, ob der im Bild erkannte Kuhrücken vollständig im Tiefenbild zu sehen ist und eine Mindestanzahl von Punkten enthält. Nur diese 3D-Aufnahmen (Frames) werden für die weitere Datenauswertung verwendet. Schlussendlich werden alle nicht dem Kuhrücken zugeordneten Tiefenwerte verworfen (siehe Abb. 14).

4.2. Gewinnung des Locomotion-Score (LCS)

Um den Locomotion-Score (LCS) zu ermitteln, wird der Krümmungsgrad des Kuhrückens bestimmt. Daher wurde entschieden, für den LCS die Wirbelsäule der Kuh als wichtigstes Merkmal zu wählen. Die Wirbelsäule wird im Tiefenbild als die Polylinie definiert, welche die höchsten Punkte vom Hüftbereich bis zum Nackenbereich enthält.

Zunächst werden die beiden Stellen mit den höchsten Punkten im hinteren Randbereich des 2,5D-Tiefenbildes als die Hüfthöcker der Kuh identifiziert. Danach wird der hintere Anfangspunkt der Wirbelsäule bestimmt, welcher dem höchsten Punkt in dem Bereich zwischen den beiden Hüfthöckern entspricht. Ausgehend vom Anfangspunkt werden die jeweils höchsten Punkte auf dem Kuhrücken zur Rückenlinie der Kuh verbunden. (siehe Rückenlinie in Abb. 14 in roter Farbe in der Mitte des Kuhrückens)

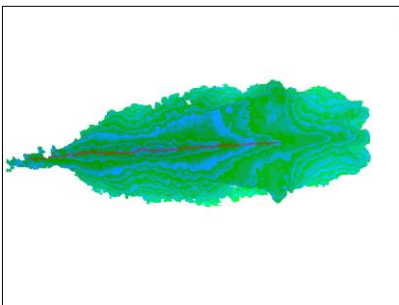


Abb. 14: 2,5D-Tiefenbild einer Kuh mit der gefundenen Rückenlinie in rot (Ansicht von oben)

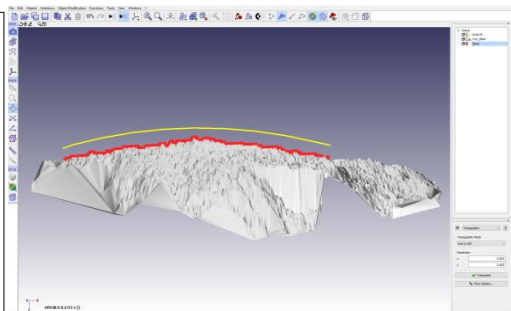


Abb. 15: 3D-Dreiecknetz einer Kuh mit der gefundenen Rückenlinie in rot und der approximierten Rückenkrümmung in gelb (Seitenansicht) in 3D-Software „Final Surface“ [8]

Anschließend wird die Rückenlinie aus dem 2,5D-Tiefenbild in den 3D-Raum überführt (siehe Abb. 15). An die Linie wird ein Kreis approximiert, dessen Radius umgekehrt proportional zu der Krümmung der Kuhrückenlinie ist. Je kleiner der Radius des Kreises ist, desto gekrümmter ist der Rücken der Kuh. Der Median der Krümmungswerte von jedem erkannten Kuhrücken der Bildsequenz wird bestimmt. Daraus lässt sich der LCS der Kuh durch Annäherung an der vom Mitarbeiter gegebenen subjektiven Note ableiten. Ein Vergleich zwischen objektiven und subjektiven LCSs erfolgt in Kapitel 5.

4.3. Gewinnung des Body-Condition-Score (BCS)

Für die Berechnung des BCS wird der Bereich zwischen den Hüfthöckern betrachtet. Die Tiefe der Senken zwischen jedem Hüfthöcker und der Wirbelsäule spielt hier die wichtigste Rolle. Die Senken lassen sich im Tiefenbild identifizieren, indem eine Linie zwischen den beiden Hüfthöcker (über die Wirbelsäule) betrachtet wird (siehe Abb. 16). Diese Linie wird ebenfalls in den 3D-Raum überführt (siehe Abb. 17).

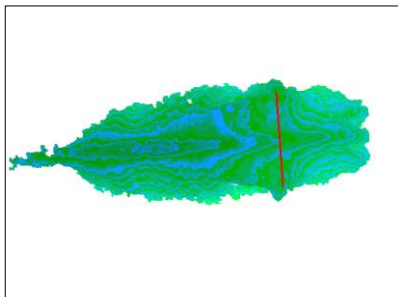


Abb. 16: 2,5D-Tiefenbild einer Kuh mit dem gefundenen Hüftbereich in rot (Ansicht von oben)

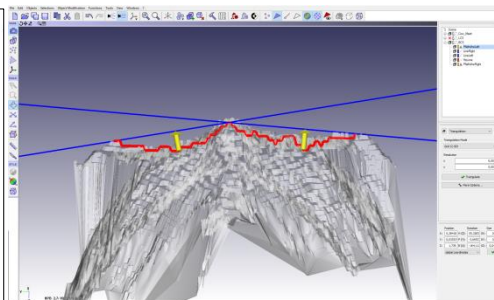


Abb. 17: 3D-Dreiecknetz einer Kuh (Hinteransicht) mit der gefundenen Linie durch die Hüfthöcker und die Wirbelsäule (in rot) und den max. Tiefen (in gelb) in der 3D-Software „Final Surface“ [8]

In jedem Tiefenbild der Aufnahmesequenz, das einen vollständigen Kuhrücken enthält (ca. 5-10 Tiefenbilder pro Kuh), wird für jede Senke der maximale senkrechte Abstand zur Linie zwischen Hüfthöcker und Wirbelsäule bestimmt. Aus den berechneten Abständen wird jeweils für die linke und rechte Senke der Median über alle Einzelbilder der Sequenz bestimmt. Aus diesen beiden Medianwerten wird abschließend der Mittelwert berechnet, der dann für die Bestimmung des BCS verwendet wird. Der berechnete Wert ist umgekehrt proportional zu dem BCS: je kleiner der Abstandswert, desto höher ist der BCS der Kuh.

5. Datenanalyse

Aus mehreren Gründen haben wir uns entschieden, den Erfassungs- und Auswerte-Prozess verteilt auf zwei miteinander vernetzten Rechnern durchzuführen. Ein Hauptgrund für diese Entscheidung war, dass die Datenerfassung mit dem Erfassungs-Rechner möglichst durchgängig und fehlerfrei gewährleistet ist. Die gleichzeitige und zeitkritische Erfassung der Daten von allen Sensoren erfordert relativ viel Rechnerkapazität. Die vorerst in dem Erfassungsrechner gespeicherten Daten werden jeden Tag automatisch über eine Gigabit-Netzwerkverbindung zu einem Auswerte-Rechner übertragen. Dort findet die Ermittlung der Locomotion- und Body-Condition-Score – Werte im Nachhinein (Post-Processing) statt. Dieser Auswerte-Rechner dient zusätzlich als Daten-Server, auf den die Projektpartner von einem entfernten Rechner über das Internet auf die LCS- und BCS-Werte jederzeit zugreifen können. Die Auswertung der Daten wird täglich durchgeführt. Somit kann der Gesundheitszustand der Kühe

ebenfalls tagesaktuell aktualisiert werden. Zusätzlich können die LCS-/BCS-Werte (z.B. in Diagrammen) über die Zeit betrachtet und analysiert werden. So können Trends und stärkere Änderungen des Gesundheitszustandes der Kuh und Ausreißer erkannt werden. Die durch das Erfassungssystem bewerteten objektiven LCS-Werte einer Kuh werden in Abb. 18 beispielhaft über einen Zeitraum von fast 4 Monaten dargestellt. Diese Kuh hat in den meisten Tagen des Zeitraums einen LCS von 3. An wenigen Tagen weicht der LCS-Wert leicht ab. Bei solch einer kurzzeitigen Schwankung handelt es sich vermutlich um einen unnormalen Gang bzw. Stellung der Beine, die die Krümmung des Rückens beeinflusst (z.B. bei Darmentleerung).

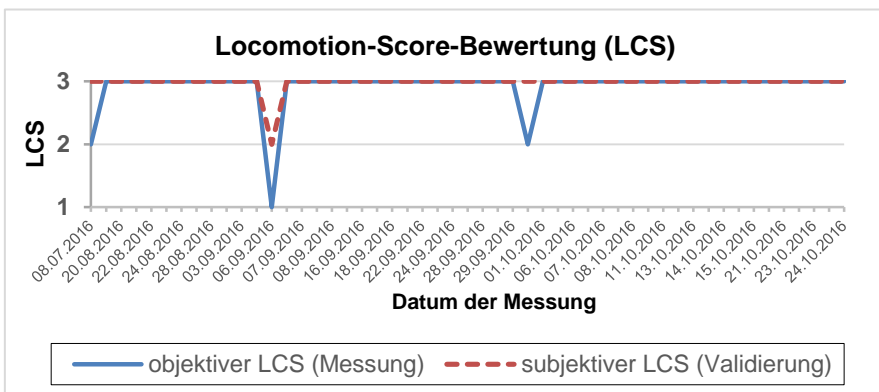


Abb. 18: Vergleich von objektivem und subjektivem Locomotion-Score (94% Übereinstimmung)

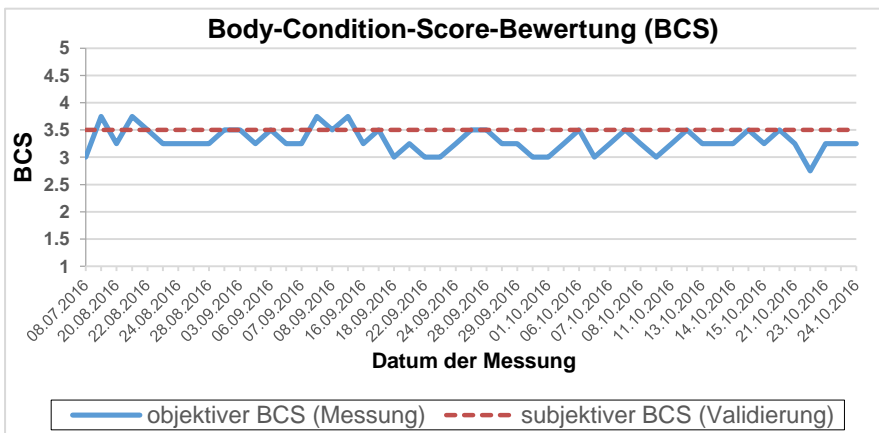


Abb. 19: Vergleich von objektivem und subjektivem Body-Condition-Score (Standard-Abweichung 0,3)

Zusätzlich werden in Abb. 18 die LCS-Werte angezeigt, die subjektiv durch einen Mitarbeiter in der Landwirtschaft ermittelt wurden. Die objektiven und subjektiven

Bewertungen weisen eine Übereinstimmung von 94% auf. Nur an wenigen Tagen unterscheiden sie sich um maximal eine Score-Stufe. Abb. 19 stellt die Werte der objektiven und subjektiven BCS-Wertermittlung dar. Der objektive BCS-Wert des Mess-Systems hat eine Standardabweichung von 0,3 Score-Werten in Bezug auf die subjektiv bestimmten BCS-Werte.

6. Zusammenfassung und Ausblick

In dem Projekt „LoBoScore“ wurde ein System für die automatische Bewertung der Lahmheit und Kondition von Milchkühen entwickelt. Die Erfassung und Auswertung der Daten erfolgt durch 3D-Sensoren und 2.5D- / 3D-Datenverarbeitung-Verfahren. Bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrages wurden ca. 5.500 Messungen in einem Zeitraum von 5 Monaten durchgeführt. Im Vergleich zu herkömmlicher Vorgehensweise kann Zeit- und Personalaufwand verringert werden. Zudem kann durch die permanente Erfassung und Kontrolle des LCS-Wertes ein Krankheitsstadium einer Kuh frühzeitig erkannt werden. Die durchgängige Erfassung und Auswertung des BCS-Wertes kann zur Analyse von Langzeit-Trends und zur Leistungssteigerung in der Milchproduktion und Reproduktion herangezogen werden.

Die Validierung der Messergebnisse hat gezeigt, dass die objektiven Score-Werte den subjektiven Score-Werten ebenbürtig sind.

Obwohl die bisherigen Messergebnisse vielversprechend sind, hat das entwickelte System natürlich auch Grenzen. So sind die Ergebnisse - wenn auch in seltenen Fällen - beeinflusst von der Beinstellung und Bewegung des Tieres zum Zeitpunkt der Messung, was jedoch durch den langen Messbereich (ca. 4m) und die häufigen Messungen relativiert werden kann.

Zukünftige Arbeiten könnten neben Verbesserungen der Messtechnik die Genauigkeit der subjektiven Bewertung überprüfen. Hierbei könnte die Validierung der Messergebnisse durch verschiedene Personen durchgeführt werden. Bei der Auswertung des Locomotion-Score könnte zusätzlich die Rückenkrümmung der Kühe im Stand im Verhältnis zur Rückenkrümmung in der Bewegung betrachtet werden. Eine verbesserte Auswertung des Body-Condition-Score könnte evtl. durch die Untersuchung zusätzlicher Körpermerkmale der Kühe erzielt werden.

Die hier vorgestellten Arbeiten entstanden im Rahmen des Projektes „LoBoScore“. Dieses Projekt wird aus Haushaltsmitteln des BMWi unter der Reg.-Nr. 16 KN016247 gefördert.

Wir möchten uns ganz herzlich bei dem Stallbetreiber Herr L. Schmidt (in Lietzow/Brandenburg) für seine überaus freundliche Kooperation und Hilfsbereitschaft bedanken.

Literatur:

- [1] H. Gonzalez, B. Riveiro, E. Vazquez-Fernandez, P. Arias: Metrological evaluation of Microsoft Kinect and Asus Xtion sensors, in Measurement, July 2013
- [2] Sprecher et al.: Theriogenology 47:1179, 1997
- [3] C. Rapp: Aufrecht durchs Leben, DLZ Agrarmagazin Sonderheft 21, 10 -11, Primus Rind, September 2008

- [4] U. Löschner, R. Staufenbiel: Schätzung der Rückenfettdicke als Methode der Körperkonditionsbeurteilung bei Milchrindern, Prakt. Tierarzt 77, 816-824, 1996
- [5] Mahlkow-Nerge: Körperkonditionsbeurteilung (BCS - Body condition scoring) – ein bedeutungsvolles Kontrollinstrument im Kampf gegen Ketose, 03.Dezember 2010
- [6] A.J. Edmonson, I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Farver, G. Webster: A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows, 1989
- [7] M. Metzner, W. Heuwieser, W. Klee: Die Beurteilung der Körperkondition (body condition scoring) im Herdenmanagement. Prakt. Tierarzt, 74, 991-998, 1993
- [8] Final Surface - Produktseite, GFal Berlin, www.final-surface.de