

Beurteilung der Eutersauberkeit mit einem Bildverarbeitungssystem

Ein industrielles Bildverarbeitungssystem wurde zur Beurteilung der Eutersauberkeit eingesetzt. Die Zustände der Oberflächen wurden durch die Luminanz und durch die Verhältnisse der Farbpaare rot-cyan und gelb-blau beschrieben. Die Anzahl der Pixel an verschmutzten und sauberen Oberflächen unterschied sich hoch signifikant ($P < 1\%$). Der Zustand der Oberflächen konnte mit Hilfe von Grenzwerten für den Höchstwert der Pixel auf sauberen Flächen erkannt werden. Zur Bestimmung verlässlicher Grenzwerte und zur Verbesserung der Messbedingungen durch stabile Positionierung der Kühe und optimierte Ausleuchtung der Euter sind weitere Untersuchungen nötig.

Prof. Dr. agr. habil. Dieter Ordolff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Chemie und Technologie der Milch, Bundesanstalt für Milchforschung, e-mail: ordolff@bafm.de, Hermann-Weigmann-Str. 1, D 24103 Kiel und im Institut für Betriebstechnik und Bauforschung, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, D 38116 Braunschweig.

Schlüsselwörter

Euter, Sauberkeit, Bildverarbeitung.

Keywords

Udder, cleanliness, image processing

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03413 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Automatische Melksysteme sind augenblicklich nicht in der Lage, die Sauberkeit der Euter zu bewerten, Zitzenverletzungen zu entdecken und die Reinigung von Euter und Zitzen entsprechend der derzeit gültigen Vorgaben durchzuführen.

Die Ergebnisse grundlegender Untersuchungen über die Anwendung optischer Parameter zur Erfüllung dieser Anforderungen wurden von Bull et al. [1] vorgestellt. Probleme wurden im Wesentlichen bei pigmentierten Oberflächen gefunden. In einer weiteren Untersuchung setzten Bull et al. [2] zur Beurteilung der Sauberkeit von Zitzenoberflächen eine CCD-Farbkamera ein. Die Verknüpfung von Farbtyp und Farbintensität erlaubte eine korrekte Erkennung verschmutzter Zitzen.

Eine Analyse genormter spektroskopischer Parameter zur Bewertung der Effizienz von Euter- und Zitzenreinigung ergab, dass manuelle Reinigung vor allem die Luminanz der Oberflächen beeinflusste [4]. Es wurde der Schluss gezogen, dass für die praktische Anwendung ein Messsystem mit Videokamera besser geeignet sei als die in dieser Untersuchung benutzte Einrichtung, welche direkten Kontakt mit der zu bewertenden Oberfläche erforderte.

Material und Methoden

In einer ersten Untersuchung wurden in zwei Messreihen ein industrielles Bildverarbeitungssystem (Hersteller: ISRA-Vision-Systems, Karlsruhe, D) eingesetzt, um Informationen über optische Parameter zur Bewertung der Sauberkeit der Euterflächen von zehn Kühen zu sammeln, welche in einem Anbindestall der Versuchsstation der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig gehalten wurden. In jeder Messreihe wurden zwei Serien von Bildern aufgenommen. Die erste Sequenz gab jeweils saubere Oberflächen

wieder, die zweite Folge wurde nach der kontrollierten Aufbringung von Kot aufgezeichnet.

Zur Beschreibung der optischen Zustände der Oberflächen erzeugte das Aufzeichnungssystem drei Parameter, Y,U,V, mit einem Wertebereich von 1 bis 255, entsprechend einer 8-Bit-Datenübertragung [5]. Der Parameter Y repräsentiert die Luminanz. Die Chrominanzsignale U und V geben die Verhältnisse der Farbpaare rot-cyan und gelb-blau wieder. Ein weißes Objekt entspricht den Werten 255 (Y), 127 (U) und 127 (V). Der hier benutzte Y-U-V-Farbraum ist in dem Standard CCIR-601 beschrieben, der sich mit den Bedingungen für die Übertragung von Farb-Video-Signalen befasst.

Das für die Untersuchungen benutzte Bildverarbeitungssystem erlaubt zwei Verfahren zur Eingabe der Grenzwerte der einzelnen Parameter. Der praktischere Weg ist die Auswahl kritischer Punkte auf dem Schirmbild unter Benutzung der "Maus" des Rechners. Diese werden von der Software zur Festlegung der für die einzelnen Parameter gültigen Bereiche benutzt. Eine andere Lösung ist die Eingabe numerischer Werte über die Tastatur. Dieses Vorgehen kann zum Beispiel zur Reduktion "falsch positiver" oder "falsch negativer" Ergebnisse benutzt werden.

Die Bilder von der Rückseite der Euter wurden von einer auf einer Rollplattform installierten CCD-Kamera aufgezeichnet, auf der auch zwei 55-W-Halogenstrahler untergebracht waren, um eine konstante Ausleuchtung der Euterflächen sicherzustellen. Die triangulär ausgerichteten Lichtstrahlen überschneiden sich im Zentrum des aufzuzeichnenden Bildes, wodurch die korrekte Ausrichtung der Kamera, etwa 1,5 m hinter der Kuh, erleichtert wurde.

Zur Bewertung der Bilder wurden vier Zustände der untersuchten Oberflächen beurteilt: Schmutz, weiß, schwarz, Schatten. Das

Tab. 1: Bereiche der optischen Parameter

Table 1: Ranges of the optical parameters

Oberfläche	Mittelwerte					
	Ymin	Ymax	Umin	Umax	Vmin	Vmax
Schmutz	46,4	78,3	111,7	123,3	133,7	139,1
weiß	92,6	150,8	112,2	123,4	136,3	151,2
schwarz	25,1	51,5	126	131	128,7	133,1
Schatten	55,7	74,8	122,8	131,5	132,6	143,3

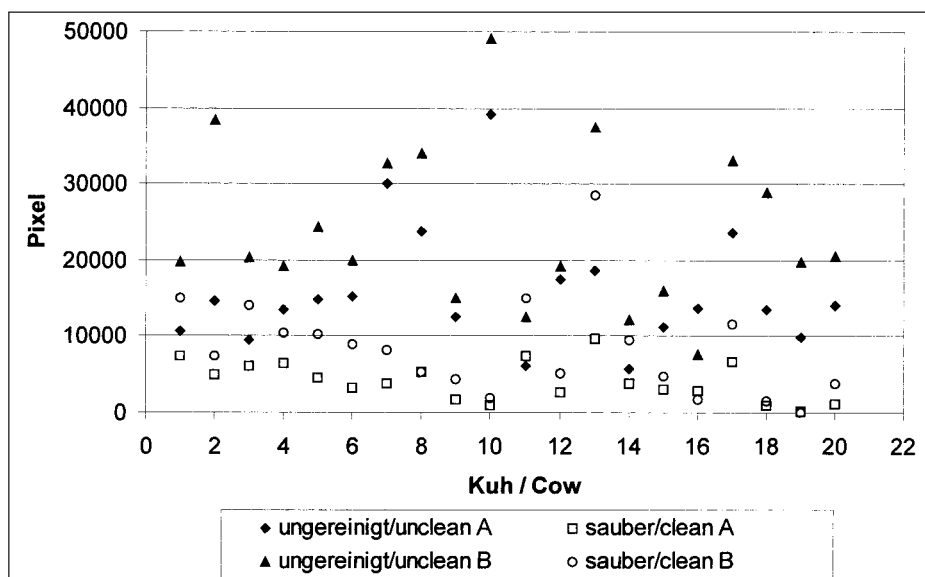


Bild 1: Wiedergabe verschmutzter und reiner Flächen in Version A und B

Fig. 1: Presentation of unclean and clean surfaces with settings A and B

Merkmal "Schatten" wurde in die Untersuchungen einbezogen, weil bei vorbereiteten Arbeiten festgestellt worden war, dass Signale, die ungereinigten Oberflächen entsprechen, zu einem gewissen Grad auch bei sauberen Bereichen durch unzureichende Ausleuchtung als Folge von Bewegungen der Kuh oder an den Konturen von Euter oder Beinen verursacht werden können. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von [2] erwähnt.

Zehn Bilder von verschmutzten Eutern, aufgezeichnet in der ersten Messreihe, wurden benutzt, um in Anlehnung an die Mittelwerte der niedrigsten und höchsten Werte, die in dem Einlernvorgang gefunden worden waren, die Bereiche der optischen Parameter für die Bewertung der Oberflächen festzulegen (Tab. 1).

Für die Bewertung der Oberflächen wurden zwei Versionen der Datenauswertung benutzt. In Version A wurden die häufigsten bei visueller Beurteilung der Bilder ermittelten Grenzwerte benutzt, während bei Version B eine Kombination der Mittelwerte der Grenzwerte des Parameters Y mit den häufigsten Werten der Parameter U und V vorgenommen wurde. Die Ergebnisse wurden in einfachen Varianzanalysen unter Nutzung des F-Testes bewertet [3].

Resultate und Diskussion

Die ausgewertete Gesamtfläche umfasste 391554 Pixel pro Bild. In Tabelle 2 und 3 ist die Anzahl der bei den verschiedenen Oberflächentypen in schmutzigem und reinem Zustand gefundenen Pixel wiedergegeben. Beide Versionen zu Bewertung des Merkmales „Schmutz“ produzierten übereinstimmende Ergebnisse mit signifikanten Unterschieden ($P < 1\%$) zwischen schmutzigen und sauberen Oberflächen. Auch für das Merkmal „weiß“ wurde, anders als für die Merkmale „schwarz“ und „Schatten“, ein signifikanter Unterschied zwischen verschmutzten und sauberen Oberflächen gefunden.

Wie Bild 1 zu entnehmen ist, war es mit beiden Versionen zur Beschreibung des Merkmals „Schmutz“ möglich, verschmutzte von sauberen Flächen zu unterscheiden. In Version A konnte der Grenzwert für saubere Oberflächen auf 10000 Pixel festgelegt werden, bei Version B schien ein Grenzwert von 15000 Pixel angemessen. Die Anwendung der Version A ergab weniger falsche Resultate als Version B.

Ähnlich, wie von Ordolff [4] beschrieben, war auch in diesen Untersuchungen die Luminanz (Y) der Parameter mit der größten

Bandbreite. Das Datenmaterial zur Beschreibung der Farbverhältnisse der untersuchten Oberflächen zeigt jedoch, dass nur die Nutzung aller Parameter eine zuverlässige Entscheidung darüber ermöglichte, in welchem Umfange Euterreinigung notwendig ist und ob sie erfolgreich war.

Da die hier beschriebenen Untersuchungen auf lediglich 20 Datensätzen beruhen, können daraus noch keine generellen Grenzwerte für saubere und verschmutzte Oberflächen abgeleitet werden, vor allem unter Berücksichtigung der von [2] beschriebenen Auswirkungen von Ausleuchtungsproblemen.

Die visuelle Beurteilung der Bilder zeigte, dass nicht alle Kühe bei der Aufzeichnung sauberer und verschmutzter Euter in identischer Position standen. Diese Situation, welche auch schon von [2] erwähnt wurde, kann als Erklärung für einige irreguläre Ergebnisse dienen, die in Bild 1 zu finden sind. Für die praktische Anwendung muss daher die Position von Kamera und Euter stabilisiert werden, etwa mit Hilfe von Signalen aus dem System zur Überwachung der Kuhposition, welches in den meisten automatischen Melksystemen vorhanden ist.

Obwohl Schatten, ein von [2] erwähntes Problem, in der hier beschriebenen Untersuchung die Wirksamkeit der Zuordnung verschmutzter oder sauberer Oberflächen nicht beeinflussten, sollten sie dennoch durch optimale Auslegung der Beleuchtung vermieden werden. Da die Bewertung der gesamten Euteroberfläche wenigstens zwei Kameras erfordert, könnte dieses Problem durch individuelle Anpassung der Lichtquellen an die von jeder einzelnen Kamera zu bewertenden Flächenbereiche gelöst werden. Dies könnte auch ein Weg sein, um irreguläre Bewertungen von Konturen zu vermeiden.

Zusammenfassung

Die Analyse von Bildern verschmutzter und sauberer Euteroberflächen, welche in zwei Messreihen mit einem industriellen Bildverarbeitungssystem aufgezeichnet wurden, ergab, dass die Kombination von Luminanz und Chrominanz die Festlegung von Grenzwerten erlaubte, mit denen mit einiger Sicherheit verschmutzte und saubere Oberflächen unterschieden werden konnten. Vor praktischer Anwendung sind jedoch weitere Untersuchungen nötig, um zusätzliche Aspekte zu analysieren, etwa in Bezug auf die Position der Kühe, den Einsatz zusätzlicher Kameras zur Inspektion des gesamten Euters und die Optimierung der Ausleuchtung der zu prüfenden Oberflächen.

	Schmutz (Version A)		Schmutz (Version B)	
	schmutzig	sauber	schmutzig	sauber
Mittelwert	15890	4127	24011	8372
Standardabw.	7866	2522	10253	6400
F	38,52		31,81	

Tab. 2: Schmutzanteile (Pixel) der untersuchten Oberflächen

Table 2: Dirt (pixel) found at evaluated surfaces

Tab. 3: Sonstige optische Zustände (Pixel) der untersuchten Oberflächen

	Oberflächentyp					
	weiß		schwarz		Schatten	
	schmutzig	sauber	schmutzig	sauber	schmutzig	sauber
Mittelwert	104769	143622	79028	70772	12218	11712
Standardabw.	35460	55422	41876	49741	7722	7148
F	6,63		0,31		0,04	

Table 3: Other optical conditions (pixel) of evaluated surfaces