

Einsatz der Farbmessung zur Online-Erkennung der Milchqualität beim Melken

Beim automatischen Melken (AM) wird eine sichere Sensortechnik benötigt, um sinnfällig veränderte Milch zuverlässig erkennen zu können. Die bisher verwendete Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit (LF) der Milch reicht dazu nicht aus. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass das Verfahren der Spektralphotometrie für die Qualitätsbeurteilung der Rohmilch gut geeignet ist.

Dipl.-Ing. agr. Martin Wiedemann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Landtechnischen Verein in Bayern e.V., Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: Martin.Wiedemann@LfL.bayern.de

Dr. Georg Wendl ist Leiter des Instituts für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik (ILT) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 85354 Freising.

Die Autoren danken dem Förderungswerk der Hanns-Seidel-Stiftung München für die finanzielle Unterstützung sowie der Firma Dr. Bruno Lange GmbH & Co. KG für ihr Entgegenkommen.

Schlüsselwörter

Milchqualität, Eutergesundheit, Farbmessung

Keywords

Milk quality, udder health, colour measurement

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 03411 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Rohmilch ist ein bedeutender und wichtiger Rohstoff für die Lebensmittelindustrie. Ihre Qualität wird über die Einhaltung der Milchverordnung sichergestellt.

Beim automatischen Melken ist die viertelspezifische Messung der elektrischen Leitfähigkeit (LF) zur Beurteilung der Milchqualität momentan Stand der Technik. Die Verwendung der LF-Messung wurde von vielen Autoren [2, 4, 5] seit längerem diskutiert. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich Eutererkrankungen - und somit auch ein Rückgang der Milchqualität - durch eine alleinige LF-Messung nicht ausreichend feststellen lassen. Neuere Untersuchungen von Köhler [6] ergaben, dass sich die Trefferrate der Mastitiserkennung durch Kombination mehrerer Parameter, wie etwa LF, Milchfluss und Zwischenmelkzeit, in einem fuzzy-Modell erhöhen lässt.

Ordolff und Vijverberg & Espada kommen zu dem Ergebnis, dass sich Erkrankungen der Milchdrüse auch auf die Milchfarbe niederschlagen und durch geeignete optische Systeme zu erkennen sind [3, 7]. Die Ergebnisse der eigenen vorhergehenden Farbmessversuche zeigen, dass mit der Spektralphotometrie Kolostrum und bluthaltige Milch erkannt werden können [8]. Somit stellen optische Sensoren eine weitere Möglichkeit dar, die Milchqualität zu überprüfen. Ein Hersteller von automatischen Melksystemen bietet inzwischen auch einen Online-Farbsensor an.

Bergann & Schick stellten allerdings eine sehr hohe Korrelation ($R^2 = 0,988$ bis $0,999$) zwischen Milchfettgehalt und -farbe in ultrahocherhitzter Konsummilch fest [1].

Um eine vom Fettgehalt weitgehend unabhängige Farbmessung zu ermöglichen, wurden in nachfolgend dargestellten Untersuchungen die einzelnen Wellenlängen (WL) auf ihre Abhängigkeit vom Fettgehalt analysiert. Des Weiteren wurde überprüft, wie sich die Reflektionswerte in den einzelnen Milchfraktionen von Beginn bis Ende der Melkung verhalten. Schließlich wurde getestet, inwieweit mit Hilfe der Spektralphotometrie Milch von erkrankten Eutern zuverlässig nachgewiesen werden kann.

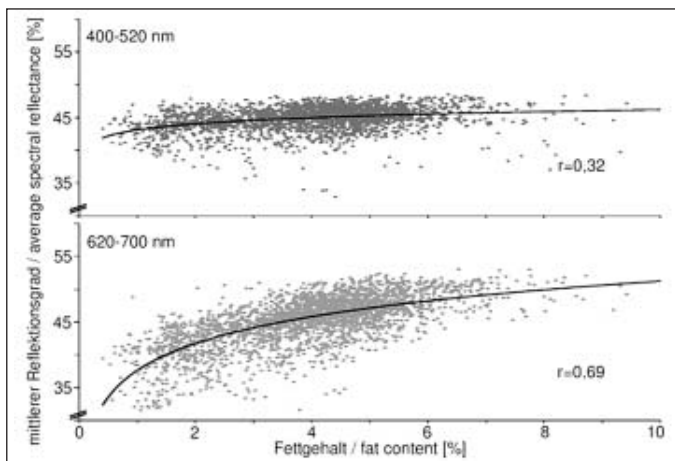
Material und Methode

Die Untersuchungen wurden mit der Herde (80 % RB x 20 % FV) des Versuchsgutes Hirschau (TU München-Weihenstephan) im März 2003 durchgeführt, die mit dem automatischen Melksystem VMS® der Firma DeLaval gemolken wurde. Durch eine speziell angefertigte Vorrichtung konnten am VMS® repräsentative Proben aus den Milchfraktionen gewonnen werden.

Teil A des Versuches bestand darin, bei einer Auswahl von 40 Tieren (mit und ohne Sekretionsstörungen) die viertelspezifischen Milchfraktionen zu gewinnen und spektralphotometrisch zu untersuchen (insgesamt 64 Melkungen). Die jeweils erste Fraktion be-

Bild1: Mittlere Reflexionsgrade in den Wellenlängenbereichen 400 bis 520 nm und 620 bis 700 nm in Abhängigkeit vom Fettgehalt (n=2640 Milchproben)

Fig. 1: Average spectral reflectance in the bands 400-520 nm and 620-700 nm versus milk fat content (n=2640 milk samples)



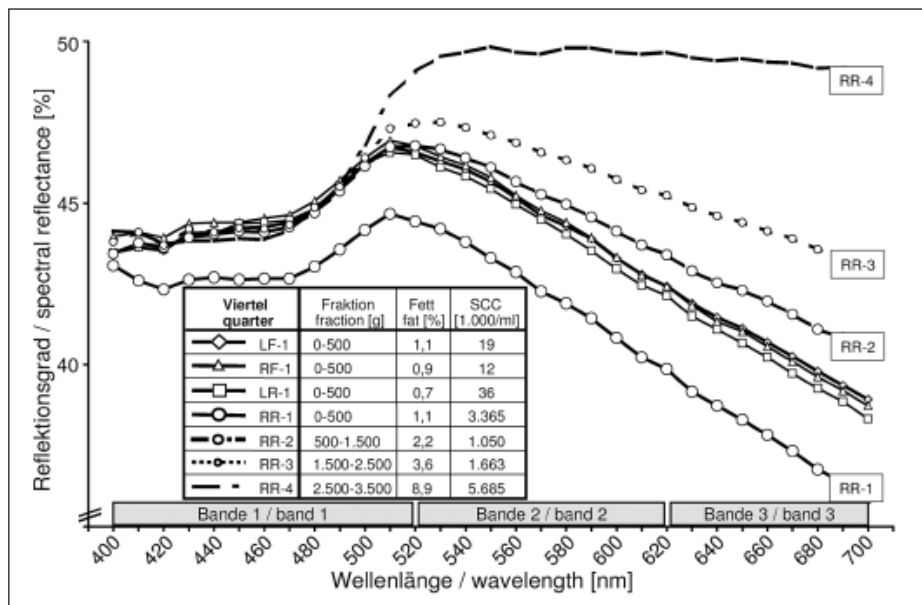


Bild 2: Reflektionslinien viertelspezifischer Gemelksfraktionen der euterkranken Kuh 497 (4.3.2003; 9:46 Uhr, 17,2 kg Milch)

Fig. 2: Spectral reflectance of quarter individual milking-fractions of the udder-diseased cow 497 (4. 3. 2003; 9:46, 17,2 kg of milk)

steht aus den ersten 500 g des Viertelgemelkes. Die weiteren Gemelksfraktionen wurden versuchsbedingt entweder in 500 oder 1000 g-Schritten ermolken. Da eine durch die Zitzenreinigung ausgelöste Milchejektion die spektralphotometrischen Messwerte beeinflussen könnte, wurden Proben sowohl mit als auch ohne vorangegangene Euterreinigung genommen.

Im Teil B wurde über einen Zeitraum von neun Tagen von 16 eutergesunden und -kranken Kühen Proben der Viertelanfängsgemelke (VAG, < 300 g) gewonnen und spektralphotometrisch untersucht. Die übliche Reinigungs- und Vorstimulationsroutine wurde für diese Untersuchung unterlassen. Basis für die Eutergesundheitsbewertung bilden neben der zu jeder Melkung ermittelten Zellzahl im Viertelanfängsgemelk die bakteriologischen Untersuchungen des ersten und letzten Versuchstages.

Alle Messungen erfolgten mit dem Messgerät spectro-color (Dr. Lange GmbH & Co. KG), das eine d/8° Messgeometrie und ein 8 mm großes Messfeld besitzt. Für die Messungen im Wellenlängenbereich (WLB) von 400 bis 700 nm wurden die Lichtart CIE D65 und der 10°-Normalbeobachter voreingestellt und die Milchproben auf eine einheitliche Temperatur von 37°C erwärmt.

Alle Milchproben wurden zusätzlich im Milchprüfing-Labor Wolnzach standardmäßig auf Fett, Eiweiß, Laktose und somatischen Zellgehalt untersucht.

Ergebnisse

Aus beiden Versuchsreihen wurde zuerst die Abhängigkeit zwischen Reflektionsgrad und

Fettgehalt ermittelt. Die Untersuchung von 2640 Milchproben aus verschiedenen Fraktionen und Gesamtgemelken ergab, dass sich der Fettgehalt insbesondere im roten WLB von 620 bis 700 nm (Bande 3) widerspiegelt (Bild 1): So beträgt der Korrelationskoeffizient zwischen dem mittleren Reflektionsgrad im Spektrum von 620 bis 700 nm und dem logarithmierten Fettgehalt $r = 0,69$. Der Reflektionsgrad im WLB von 400 bis 520 nm (Bande 1) wird dagegen nur wenig durch das Fett beeinflusst ($r = 0,32$).

Die Ergebnisse aus Teil A zeigen, dass bei eutererkrankten Tieren in der ersten Milchfraktion (<500 g) des betroffenen Viertels speziell im WLB 400 bis 520 nm ein geringerer Reflektionsgrad auftrat. In Bild 2 sind die ersten Milchfraktionen aller Viertel und die weiteren Milchfraktionen des erkrankten Viertels "hinten-rechts" (RR-1 bis RR-4) exemplarisch für eine Melkung der Kuh 497 (4. 3. 2003; 9:46 Uhr) dargestellt. Die nicht erkrankten Viertel (LF-1, RF-1, LR-1) zeigen keine nennenswerten Abweichungen voneinander auf, während der mittlere Reflektionsgrad des erkrankten Viertels (RR) im WLB 400 bis 520 nm eine negative Abweichung von 4,0 % zum Referenzviertel aufweist. Bereits die Reflektionskurve der zweiten Milchfraktion des erkrankten Viertels (RR-2), die Milchejektion hat hier schon stattgefunden, passt sich im WLB 400 bis 520 nm den Kurven der gesunden Viertel an. Es ist damit also nicht mehr möglich, das erkrankte Viertel von den gesunden zu unterscheiden. Die großen Abweichungen der Reflektionskurven RR-1 bis RR-4 sind durch den zunehmenden Fettgehalt (1,1 bis 8,9 %) bedingt.

Die Analyse aller 64 Melkungen ergab, dass bei normal laktierenden Kühen nur ein sehr geringer Unterschied der viertelspezifischen Reflektionslinien im WLB 400 bis 520 nm zu erkennen ist. Bei Tieren mit Sekretionsstörungen ist es ausschließlich in der ersten Gemelksfraktion (<500 g, vor Beginn der Milchejektion) mit Hilfe der Spektralphotometrie möglich, die erkrankten Viertel von den gesunden zu differenzieren. Bei der Überprüfung des Einflusses der Reinigungsroutine des VMS® auf die gemessenen Farbwerte wurde ermittelt, dass nach dieser eine Trennung erkrankter von gesunden Vierteln nicht mehr möglich war. So ging beispielsweise die negative Abweichung des Viertels RR (Kuh 497, 5. 3. 2003; 17:19 Uhr) auf 0,5 % zurück (ohne Vorstimulation 4,0 %). Eine Vorstimulation, wie zum Beispiel Euterreinigung, wirkt sich somit negativ auf die Erkennung von Veränderungen mittels der Farbmessung aus.

Auf Grund der bisherigen Resultate wurde im Teil B anhand von 280 Melkungen untersucht, ob mit Hilfe der Differenzmethode Milch erkrankter Viertel erkannt wird. Dabei diente das Viertel mit dem höchsten Reflektionsgrad im WLB 400 bis 520 nm als Referenzviertel. Für die verbleibenden Viertel konnte somit eine Differenz oder relative Abweichung berechnet werden. Bei einem Grenzwert von maximal 2 % negativer Abweichung wurden 85 % der unauffälligen Viertel (<100000 scc/ml) als richtig eingestuft.

Ein überschrittenes Limit gibt einen Hinweis auf veränderte Milchqualität. So konnten mit der momentan bestehenden Methode (mehr als 2 % Abweichung bei aktueller Melkung) 71 % der VAG mit mehr als 500000 scc/ml oder bakteriologisch positivem Befund sowie 80 % aller VAG, die mehr als 1000000 scc/ml aufwiesen, als auffällig erkannt werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass mit der Farbmessung Milch aus erkrankten Eutern erkannt werden kann. Mit der beschriebenen Methode ist es möglich, den starken Einfluss des Milchfettgehaltes auf die Milchfarbe außer Acht zu lassen. Die aussagekräftigsten Ergebnisse können dann erzielt werden, wenn die Milch im WLB von 400 bis 520 nm vor Beginn der Milchejektion optisch überprüft wird.

Eine noch bessere Erkennungsrate von subklinisch erkrankten Vierteln und somit auch von veränderter Milchqualität könnte durch die Kombination dieser Farbwerte mit anderen Parametern (LF, Ionenkonzentration) [9] erreicht werden.