

# Untersuchungen zur Nutzung des MIR-Spektrums der Milch von Kühen zur Abschätzung der Weidefutteraufnahme

A. STEINWIDDER<sup>1)</sup>, M. KLAFFENBÖCK<sup>2)</sup>, C. FASCHING<sup>3)</sup>, G. TERLER<sup>3)</sup>, L. GRUBER<sup>3)</sup>, G. MÉSZÁROS<sup>2)</sup>, J. SÖLKNER<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Bio-Institut,  
Trautenfels 15, 8951, Stainach-Trautenfels, Österreich

<sup>2)</sup> Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften,  
Gregor-Mendel-Straße 33 1180 Wien, Österreich

<sup>3)</sup> HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning, Österreich

andreas.steinwiddler@raumberg-gumpenstein.at

## Einleitung und Zielsetzung

Die Mid-Infrarot (MIR) Spektrometrie ist derzeit die Methode der Wahl zur routinemäßigen Bestimmung der Haupt-Milchinhaltsstoffe (Laktose, Fett, Eiweiß etc.). Mit Hilfe der MIR-Spektrometrie können aber auch Fettsäuren- und Mineralstoffgehalte sowie Stoffwechselprodukte in der Milch abgeschätzt werden (FERRAND-CALMELS *et al.* 2014, SOYEURT *et al.* 2009). Die Zusammensetzung und Gehalte an Milchinhaltsstoffen werden wesentlich von der Futterration beeinflusst (LARSEN *et al.* 2016). In der vorliegenden Arbeit sollte geprüft werden, ob und mit welcher Genauigkeit die Weidefutteraufnahme bzw. der Weidefutteranteil in der Ration von Milchkühen über die MIR Spektrometrie abgeschätzt werden kann. Bei erfolgversprechenden Ergebnissen könnte die MIR-Spektrometrie als kostengünstiges Analyseverfahren zur Qualitätssicherung spezieller Qualitätsmilchprogramme (Weidemilch, Wiesenmilch etc.) eingesetzt und auch in der Milchviehzucht zur besseren Beschreibung der Umwelteffekte (Zuchtwerte) genutzt werden.

## Tiere, Material und Methoden

Die Daten der vorliegenden Arbeit wurden von 10.08.2013 bis 12.12.2014 in sieben noch nicht publizierten Forschungsprojekten an den zwei Milchviehversuchsbetrieben (Bio- bzw. konventioneller Betrieb) der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Österreich) gesammelt. Die Milchviehherden setzten sich aus unterschiedlichen Rassen (Fleckvieh, Braunvieh, Holstein Friesian (HF) Europa-Typ, HF-Neuseelandtyp und HF-Lebensleistungszucht) zusammen. Für die vorliegende Auswertung standen insgesamt 10.200 individuelle Tagesdatensätze (Milch und Futteraufnahme) von 90 Milchkühen zur Verfügung. Alle Kühe waren in Laufställen mit eingestreuten Außenliegeboxen untergebracht, wobei die individuelle Futteraufnahme im Stall mit Hilfe von Calan-Gates erhoben wurde. Die Futteraufnahmeerhebung erfolgte zweimal täglich durch Ein- und Rückwaage der Rationskomponenten und Bestimmung des jeweiligen Trockenmassegehalts (105°C über 24 h). Von den 90 Kühen wurden 31 Kühe in der Vegetationsperiode auch auf der Weide (Kurzrasenweide, 4 bis 21 Stunden/Tag je nach Versuch) gehalten. Die Weidefutteraufnahme der Kühe wurde indirekt aus dem Energie-Nährstoffbedarf (Milchleistung, Milchinhaltsstoffe, Trächtigkeitsstadium, Lebendmasse (LM) und LM-Schwankung) und der Energieaufnahme im Stall errechnet (GfE 2001). Angaben zur Rationsgestaltung finden sich in Tabelle 1. Die durchschnittliche T-Aufnahme der Kühe lag bei 15,1 ± 4,2 kg T, über das Krafftutter wurden davon im Durchschnitt 1,26 ± 1,11 kg Gerste, 0,55 ± 0,61 kg Körnermais, 0,39 ± 0,36 kg Sojaextraktionsschrot, 0,39 ± 0,37 kg Rapsextraktionsschrot, 0,64 ± 1,21 kg Weizen und geringe Mengen (<0,25 kg) an Trockenschnitzeln, Sojabohnenschalen, Erbsen, Triticale, Ackerbohnen und Weizenkleie aufgenommen.

Alle Kühe wurden täglich zweimal gemolken und die Milchmenge kuhindividuell erfasst. Die gekühlten und mit Konservierungsmittel versehenen Morgen- und Abendmilchproben wurden zu gleichen Teilen zu einer kuhindividuellen Tagesprobe vereint, gekühlt gelagert und wöchentlich an das LKV-Milchlabor (St. Michael) gesandt. Dort wurden die Milchinhaltsstoffe mit Hilfe des MIR-Spektrums mit einer MilkoScan Apparatur (MilkoScan FT6500; Foss, Hillerød, Denmark) und dem Datenintegrator v1.58 bestimmt.

Tabelle 1: Futteraufnahme und Energiegehalt der Rationskomponenten

	Futteraufnahme, kg T/Tier u. Tag				Energie, MJ NEL/kg T	
	Mittel	SD	Min	Max	Mittel	SD
Futteraufnahme, kg T	15,1	4,2	5	27	6,57	0,36
Heu (H), kg T	3,2	3,1	0	23	5,88	0,15
Grassilage (GS), kg T	4,4	3,2	0	23	5,98	0,10
Maissilage (MS), kg T	2,6	1,7	0	7	6,33	0,08
Weidefutter (W), kg T	2,1	4,6	0	21	6,40	0,22
Krafftutter (KF), kg T	3,3	3,0	0	13	8,47	0,12

Die MIR-Spektraldaten wurden abgespeichert und umfassten 1060 Datensätze (Absorptionsraten bei verschiedenen Wellenzahlen) pro Probe im Bereich von 926 cm<sup>-1</sup> bis 5.012 cm<sup>-1</sup>. Diese MIR-Datensätze wurden ohne Vorbehandlung zur statistischen Auswertung herangezogen und den entsprechenden Tages-Futteraufnahmedaten gegenübergestellt. Im Mittel waren die Kühe in der 1,85 ± 1,41 (Min-Max: 1-9) Laktation, hatten eine Lebendmasse von 545 ± 98 kg und gaben 20,0 ± 7,1 kg Milch. Der Milchfettgehalt betrug 4,25 ± 0,73 %, der Eiweißgehalt 3,23 ± 0,36 %, der Laktosegehalt 4,62 ± 0,20 % und der Milchharnstoffgehalt lag bei 20,2 ± 10,8 mg/100 ml.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem „Partial Least Squares (PLS) Regressionsmodell“ im SAS-Programmpaket (SAS 9.4 TS Level 1M2). Alle im Ergebnisteil angeführten PLS-Ergebnisse (R, Abweichungsmaßzahlen) stellen Mittelwerte von 50 PLS-Prozedurdurchläufen dar. Der Datensatz wurde bei jeder PLS-Prozedur zufällig in einen Kalibrierungs- bzw. Validierungsdatsatz im Verhältnis 40:60 % geteilt. Dieses Verhältnis lieferte die höchsten durchschnittlichen Korrelationskoeffizienten (R) zwischen den gemessenen und geschätzten Futteraufnahmedaten, bei vertretbarer Berechnungszeit. Bei jeder PLS-Prozedur wurde auf Basis von latenten Variablen („fiktive“ Faktoren mit Vorhersagekraft im MIR-Spektrum) eine Schätzgleichung erstellt, welche die größte Vorhersagegenauigkeit lieferte. Die optimale Anzahl an latenten Variablen wurde für jedes Futtermittel auf Basis der erzielten Korrelationskoeffizienten und Abweichungsmaßzahlen individuell festgesetzt und lag zwischen 80 und 130 Variablen. Zusätzlich zu den MIR-Spektraldaten wurden in weiteren PLS-Auswertungsschritten geprüft, ob zusätzliche Informationen zur Tagesmilchleistung der Kühe bzw. zur Krafftutteraufnahme die Vorhersagegenauigkeit erhöhen können. In den Ergebnistabellen sind die Korrelationskoeffizienten (R) zwischen gemessenen und geschätzten Werten aus den 50 PLS-Prozedurdurchläufen angeführt. Der RMSE („root mean square error“) beschreibt die durchschnittliche Abweichung der Schätzwerte von den gemessenen Werten. Da dieser Wert jedoch vom durchschnittlichen Rationsanteil beeinflusst wird, wurde auch der RPD-Wert („ratio to performance deviation“) berechnet. Dabei wird die Standardabweichung der gemessenen Werte eines Futtermittels durch dessen RMSE-Wert dividiert. Zur Beschreibung etwaiger systematischer Fehler wurden die BIAS- und SLOPE-Werte berechnet. Der BIAS-Wert wurde als nicht signifikant bezeichnet, wenn der absolute BIAS-Wert abzüglich der Standardabweichung\*1,96 kleiner 0 war. Der SLOPE-Wert wurde als nicht signifikant unterschiedlich von 1 angesetzt, wenn der SLOPE plus die Standardabweichung\*1,96 größer 1 war.

## Ergebnisse

Bei ausschließlicher Nutzung der MIR-Spektrendaten zur Schätzung der Weidefuttermenge bzw. des Weidefutteranteils wurden Korrelationskoeffizienten (R) zwischen 0,85-0,87 festgestellt (Tabelle 2). Bei allen Merkmalen zeigte sich kein signifikanter BIAS. Die SLOPE-Ergebnisse unterscheiden sich für den Weidefutteranteil nicht signifikant von 1. Bei der Weidefuttermenge weisen demgegenüber die SLOPE-Ergebnisse auf eine leichte Überschätzung bei geringen und eine leichte Unterschätzung der Weidefuttermenge bei hohen Werten hin. Die RPD-Werte lagen zwischen 1,9-2,0. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Tagesmilchleistung und Krafftuttermenge im PLS-Modell erhöhte sich R geringfügig.

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten und Abweichungsparameter zwischen erhobenen und berechneten Rationsdaten für die Validierungsdatensätze

PLS-Einflussvariablen:	MIR-Spektrum (MIR)					MIR+M1)		MIR+M+KF2)	
	R	RPD	RMSE	BIAS	SLOPE	R	RPD	R	RPD
<b>Futtermittel, kg T</b>									
Weidefutter (W), kg T	<b>0,85</b>	1,9	2,4	0,01	0,97	<b>0,85</b>	1,9	<b>0,86</b>	2,0
<b>Rationsanteil, %</b>									
Weidefutter (W), %	<b>0,87</b>	2,0	17	0,05	0,97	<b>0,87</b>	2,1	<b>0,88</b>	2,1

<sup>1)</sup> MIR+M: MIR-Spektrum + Milchtagesleistung als Einflussvariablen im PLS-Modell

<sup>2)</sup> MIR+M+KF: MIR-Spektrum + Milchtagesleistung + Kraftfuttermittelaufnahme als Einflussvariablen

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Auf Grund der R-Werte  $\geq 0,85$  und RPD-Werte von 1,9-2,0 können die vorliegenden Ergebnisse als vielversprechend eingestuft werden. Nach KAROUI *et al.* (2006) ermöglichen R-Werte im Validierungsdatensatz zwischen 0,8-0,9 approximative quantitative Abschätzungen und weisen RPD-Werte von  $\geq 2,0$  auf die analytische Nutzungsmöglichkeit von Methoden hin. McPARLAND *et al.* (2012) nutzten MIR-Milchdaten zur Beurteilung der Energieversorgung von Milchkühen. Die Autoren stuften R-Werte zwischen 0,5 und 0,8 als „angemessen genau“ ein. Vanlierde *et al.* (2016) schätzten die Methanemissionen mit MIR-Daten ab und bezeichneten R-Werte von 0,84 als ausreichend für Screening-Tools, um diese in der Zucht und im Management zu nutzen. Hinsichtlich der Abschätzung der Weidefuttermittelaufnahme ist zu beachten, dass bei Stallgrünfütterung bzw. bei Fütterung von Futtermitteln mit hohen Gehalten an ungesättigten Fettsäuren, auf Grund des Einflusses auf die Milchzusammensetzung, möglicherweise irrtümlich eine Weidefütterung ausgewiesen werden könnte. Die in der vorliegenden Arbeit festgestellten weiteren Abweichungsparameter (RMSE etc.) weisen weiter darauf hin, dass bei im Durchschnitt guten Ergebnissen bei Einzelproben deutliche Abweichungen zwischen gemessenen und geschätzten Werten bestehen können. In weiterführenden Untersuchungen (Tankmilchproben, geänderte Rationen) soll diesen Zusammenhängen daher nachgegangen werden.

## Summary

Milk composition of dairy animals is influenced by the composition of the ration fed. The objective of this study was to determine if, and how well, the percentages and absolute amounts pasture in the feed ration can be estimated using MIR spectrometry of milk. A total of 10200 milk samples from 90 dairy cows from two experimental farms were collected, and the intakes of all ration components were measured. Using partial least squares regression (PLS), equations were developed to estimate ration compositions corresponding to each milk sample. To evaluate accuracy, the correlation between observed and estimated values (R) and ratio to performance (RPD) were used. Notable R values were observed for pasture intake (0.85) and pasture proportion in the ration (0.87). The RPD-values were 1.9 and 2.0 for pasture intake and pasture proportion, respectively. The results of this study indicate a potential use of MIR spectra for predicting pasture intake of dairy cows and pasture proportion in the ration.

## Literatur

FERRAND-CALMELS, M., PALHIÈRE, I., BROCHARD, M., LERAY, O., ASTRUC, J.M., AUREL, M.R., BARBEY, S., BOUVIER, F., BRUNSCHWIG, P., CAILLAT, H., DOUGUET, M., FAUCON-LAHALLE, F., GELÉ, M., THOMAS, G., TROMMENSCHLAGER, J.M., LARROQUE, H., (2014): Prediction of fatty acid profiles in cow, ewe, and goat milk by mid-infrared spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 97, 1, 17-35.

GfE (GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE), (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

KAROUI, R., MOUAZEN, A. M., DUFOUR, E., PILLONEL, L., SCHALLER, E., DE BAERDEMAEKER, J., BOSSET, J. O., 2006: Chemical characterisation of European Emmental cheeses by near infrared spectroscopy using chemometric tools. *International Dairy Journal*, 16, 10, 1211-1217.

LARSEN, T., ALSTRUP, L., WEISBJERG, M. R., (2016): Minor milk constituents are affected by protein concentration and forage digestibility in the feed ration. *Journal of Dairy Research*, 83, 12-19.

MCPARLAND, S., BANOS, G., MCCARTHY, B., LEWIS, E., COFFEY, M. P., O'NEILL, B., O'DONOVAN, M., WALL, E., BERRY, D. P., 2012: Validation of mid-infrared spectrometry in milk for predicting body energy status in Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*, 95, 12, 7225-7235.

SOYEURT, H., BRUWIER, D., ROMNEE, J.-M., GENGLER, N., BERTOZZI, C., VESELKO, D., DARDENNE, P., (2009): Potential estimation of major mineral contents in cow milk using mid-infrared spectrometry. *Journal of Dairy Science*, 92, 6, 2444-2454.

VANLIERDE, A., VANROBAYS, M. L., GENGLER, N., DARDENNE, P., SOYEURT, H., MCPARLAND, S., LEWIS, E., DEIGHTON, M. H., MATHOT, M., DEHARENG, F., 2016: Milk mid-infrared spectra enable prediction of lactation-stage- dependent methane emissions of dairy cattle within routine population-scale milk recording schemes. *Animal Production Science*, 56, 258-264.