Application Note AN-NIR-131

NIRS-Analyse von Futtermitteln

Multiparameter-Bestimmung in wenigen Sekunden

Futtermittel sind Pflanzen oder Pflanzenteile, die sowohl von Nutztieren als auch von Wildtieren gefressen werden. Futtermittel sorgen für Masse, helfen bei der Gewichtserhaltung und bekämpfen verschiedene Probleme [1]. Luzernefutter hat einen hohen Proteingehalt und eignet sich gut zur Förderung der Muskelmasse bei Rindern oder zur Steigerung der Produktion von Milchkühen [2]. Luzerne wird auch häufig als Pferdefutter verwendet. Diese Tiere benötigen Futtermittel mit guter Schmackhaftigkeit, hoher Verdaulichkeit, hohem Aufnahmepotenzial und hohem Proteingehalt, wodurch die Nachfrage nach Luzerne und anderen hochwertigen Futtermitteln steigt. Die Landwirte haben darauf reagiert und in den letzten Jahren noch hochwertigere Luzerne angebaut. Da die Futterqualität von chemischen, biologischen und dynamischen Eigenschaften abhängt, müssen sowohl gemessene als auch berechnete Methoden verwendet werden. Die Standarduntersuchungen für Luzerne messen neutrale Detergentienfasern (NDF), saure Detergentienfasern (ADF), Rohprotein (CP), Asche, Feuchtigkeit und Protein. Bei Luzernepellets ist auch die mittlere Partikelgröße von Bedeutung. Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bietet eine **schnelle und zuverlässige Vorhersage** von Fett, Feuchtigkeit, Rohprotein, Fasern, Asche und Stärke in wenigen Sekunden und ohne Probenvorbereitung.

EXPERIMENTELLE AUSRÜSTUNG

Alfalfa-Proben (einschließlich frischer Alfalfa, Alfalfa-Pellets und Alfalfa-Würfel) wurden mit einem Metrohm NIR Analyzer analysiert. Alle Messungen wurden im Reflexionsmodus unter Verwendung der großen Schale durchgeführt. Die Proben wurden in Rotation gemessen, um Spektraldaten von mehreren Bereichen zu sammeln. Die spektrale Mittelwertbildung der Signale von mehreren Stellen half, die Inhomogenität der Proben zu verringern.

Die Referenzwerte wurden gemäß den ISO-Normen gemessen, die am Ende dieser Application Note beschrieben sind. Für die gesamte Datenerfassung und die Entwicklung der Vorhersagemodelle wurde die Metrohm-Software verwendet.

ERGEBNIS

Die erhaltenen NIR-Spektren (Abbildung 1) wurden zur Erstellung eines Vorhersagemodells für die Quantifizierung von Fett, Feuchtigkeit, Rohprotein, Ballaststoffen, Asche und Stärke in Alfalfa verwendet. Die Qualität der Vorhersagemodelle wurde anhand von Korrelationsdiagrammen (Abbildungen 2-5) bewertet, die eine sehr hohe Korrelation zwischen der NIR-Vorhersage und den Referenzwerten zeigen. Die jeweiligen Leistungszahlen (FOM) zeigen die erwartete Genauigkeit einer Vorhersage bei der Routineanalyse verschiedener Variationen von Luzernefutter (Tabellen 1-3).

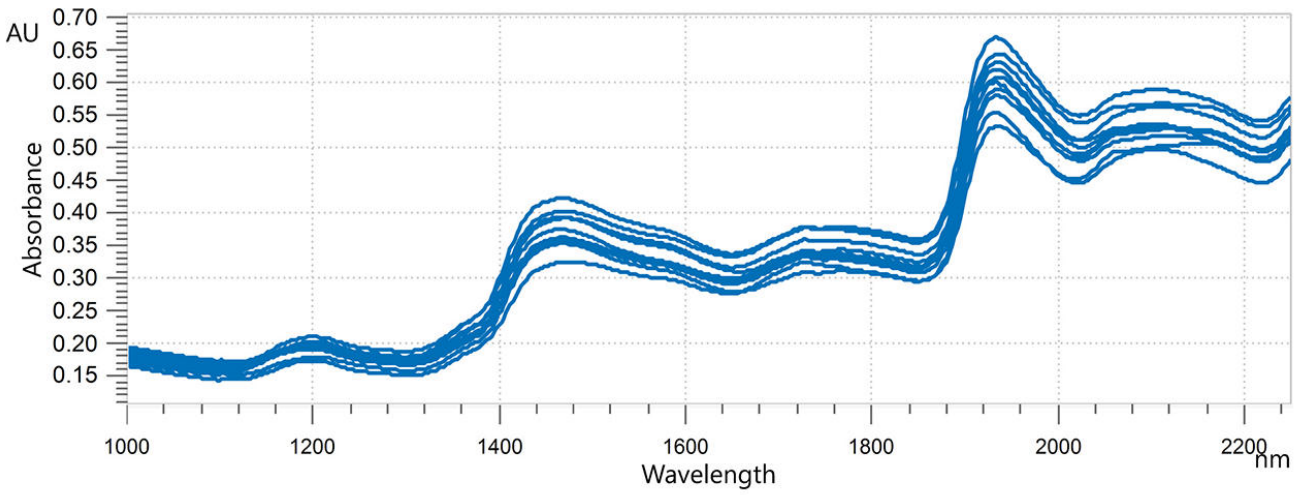

Abbildung 1. NIR-Spektren von Alfalfa-Proben, die mit einem Metrohm NIR Analyzer analysiert wurden.

Ergebnis Proteingehalt

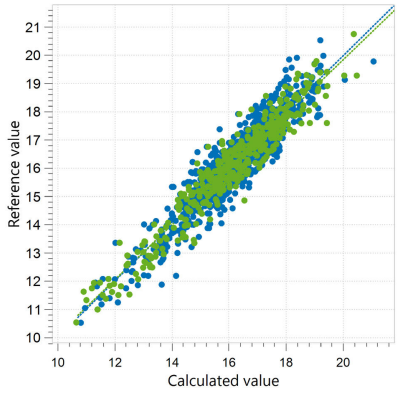

Abbildung 2. Korrelationsdiagramm und die jeweiligen Leistungszahlen für die Vorhersage des Proteingehalts in Luzernepellets.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.922	0.5	0.52	0.52

Ergebnis Feuchtigkeitsgehalt

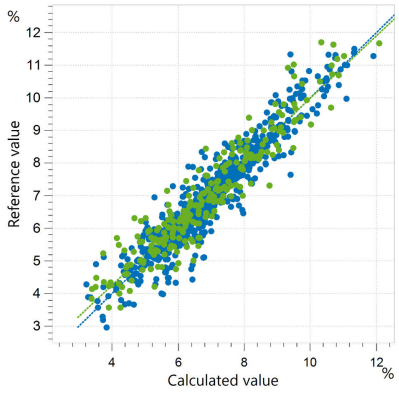

Abbildung 3. Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage des Feuchtigkeitsgehalts von Luzernepellets.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.893	0.50	0.50	0.60

Ergebnis ADF-Gehalt

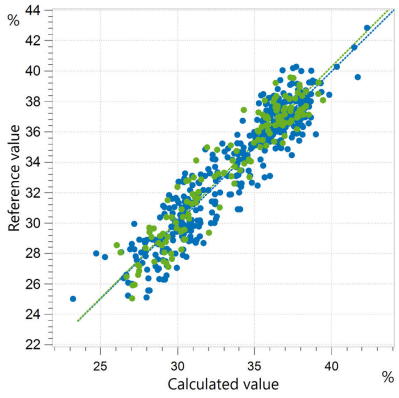

Abbildung 4. Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage des Gehalts an sauren Detergentienfasern (ADF) in Luzernepellets.

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.906	1.27	1.32	1.22

Ergebnis NDF-Gehalt

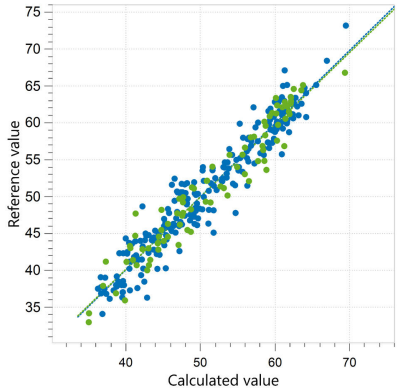

Abbildung 5. Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage des Gehalts an neutralen Detergentienfasern (NDF) in Luzernepellets

R^2	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)
0.935	2.02	2.24	2.16

Gütezahlen / Figures of merit

Die folgenden Tabellen enthalten die Leistungszahlen für die Vorhersagemodelle für Luzernepellets (Tabelle 1), Luzerne-Würfel (Tabelle 2) und frische Luzerne (Tabelle 3).

Tabelle 1. Gütezahlen für die Vorhersage von Faser, Feuchtigkeit, Rohprotein, sauren und neutralen Detergenzienfasern (ADF und NDF), Asche und mittlerer Partikelgröße (MPS) in Luzernepellets.

Parameter (Bandbreite)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R^2
Faser (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Feuchtigkeit (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Rohprotein (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922
ADF (23–43%)	633	1.27	1.32	1.22	0.906
NDF (33–73%)	336	2.02	2.24	2.16	0.935
Asche (7–17%)	216	0.78	0.86	0.81	0.723
MPS (14–23 mm)	43	0.40	0.47	N/A	0.888

Tabelle 2. Gütezahlen für die Vorhersage von Asche, Faser, Protein, Feuchtigkeit, neutralen Detergenzfasern (NDF) und sauren Detergenzfasern (ADF) in Luzerne-Würfeln.

Parameter (Bandbreite)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R^2
Asche (8–14%)	72/23	0.33	0.36	0.30	0.887
Faser (20–37%)	86/27	1.38	1.63	1.48	0.758
Protein (10–21%)	101/34	0.58	0.63	0.65	0.857
Feuchtigkeit (10–20%)	87/28	0.23	0.30	0.29	0.974
NDF (34–56%)	96/22	1.73	2.11	1.44	0.918
ADF (25–43%)	102/35	1.38	1.65	1.44	0.837

Tabelle 3. Gütezahlen für die Vorhersage von Faser, Feuchtigkeit und Rohprotein in frischer Luzerne.

Parameter (Bandbreite)	No. Spectra	SEC (%)	SECV (%)	SEP (%)	R^2
Faser (18–35%)	385	1.24	1.35	1.34	0.714
Feuchtigkeit (16–34%)	976	0.50	0.50	0.60	0.893
Rohprotein (10–21%)	1577	0.51	0.52	0.52	0.922

FAZIT

Diese Application Note zeigt, dass es möglich ist, mehrere Schlüsselparameter von Luzernefutter mit NIR-Spektroskopie zu bestimmen. In der Regel sind mehrere Analysemethoden erforderlich, um wichtige Qualitätsparameter für Futter zu messen (Tabelle 4). Die NIRS-Futtermittelanalyse bietet eine sehr genaue, kostengünstige und schnelle Alternative.

Tabelle 4. Übersicht über die ISO-Normen, die zur Bestimmung der Referenzwerte für die verschiedenen Parameter der Luzerneproben verwendet wurden.

Parameter	Methode
Stärke	ISO 6493:2000 Futtermittel - Bestimmung des Stärkegehalts - Polarimetrisches Verfahren
Rohasche	ISO 5984:2022 Tierfuttermittel - Bestimmung der Rohasche
Rohfaser	ISO 6865:2000 Futtermittel - Bestimmung des Rohfasergehalts - Verfahren mit Zwischenfiltration
Rohprotein	ISO 5983-1:2005 Futtermittel - Bestimmung des Stickstoffgehalts und Berechnung des Rohproteingehalts - Teil 1: Kjeldahl-Verfahren
Feuchtigkeit	ISO 6496:1999 Futtermittel - Bestimmung des Gehalts an Feuchtigkeit und anderen flüchtigen Bestandteilen
Fett	ISO 6492:1999 Futtermittel - Bestimmung des Fettgehalts

REFERENZEN

1. Saracen Horse Feeds. *The Importance of Forage*. Saracen Horse Feeds. https://saracenhorsefeeds.com/sports/feeding-the-ex-racehorse/the-importance-of-forage (abgerufen am 09.07.2025).
2. Douliere Hay France. *Alfalfa Hay - Lucerne hay for beef and dairy cow, sheep, goat, broadmare and chicken.* https://douliere hayfrance.com/en/produit/alfalfa-hay/ (abgerufen am 09.07.2025).

CONTACT

Metrohm Schweiz AG
Industriestrasse 13
4800 Zofingen
info@metrohm.ch