



Application Note AN-NIR-127

# Futtermittelanalyse mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Einfache, schnelle Multiparameter-Bestimmung von Futtermitteln

## EINFÜHRUNG

Die Viehzucht ist ein komplexer Prozess, der viele unabhängige und integrierte Vorgänge umfasst. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) bilden die Verfügbarkeit von Futtermitteln und eine effiziente Fütterung die Grundlage für eine erfolgreiche Viehzucht. Die Qualitätskontrolle (QC) von Futtermitteln und Futtermittelbestandteilen ist von entscheidender Bedeutung, um die Herstellung von sicherem und nährstoffreichem Tierfutter zu gewährleisten. Typische QC-Parameter, die bei der Herstellung von Futtermitteln gemessen werden, sind

Fett, Feuchtigkeit, Protein, Fasern, Asche und Stärke. Die Analyse dieser Parameter erfolgt jedoch in der Regel mit Hilfe der Nasschemie und erfordert verschiedene zeitaufwändige Verfahren, komplexe Analysemethoden und teure chemische Reagenzien. Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ermöglicht eine schnelle und **zuverlässige Vorhersage** des Fett-, Feuchtigkeits-, Protein-, Faser-, Asche- und Stärkegehalts verschiedener Futtermittel in wenigen Sekunden ohne jegliche Probenvorbereitung.

## EXPERIMENTELLE AUSRÜSTUNG

Rund 500 Futtermittelproben (z.B. von Geflügel, Schweinen, Rindern, Ziegen und Schafen) wurden mit einem Metrohm NIR-Analysator untersucht. Alle Messungen wurden im Reflexionsmodus unter Verwendung des großen Bechers durchgeführt. Die Proben wurden in Rotation gemessen, um Spektraldaten von mehreren Bereichen zu sammeln.

Die spektrale Mittelwertbildung der Signale von verschiedenen Stellen half, die Einflüsse der Probeninhomogenität zu reduzieren. Für die gesamte Datenerfassung und die Entwicklung von Vorhersagemodellen wurde die Metrohm-Software verwendet.

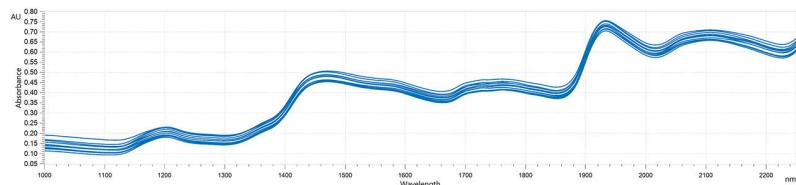
## ERGEBNISSE

Alle gemessenen NIR-Spektren wurden zur Erstellung von Prognosemodellen für die Quantifizierung der wichtigsten Qualitätsparameter für Futtermittel verwendet.

Zusätzlich wurden Prognosemodelle für Feuchtigkeit, Stärke, Faser, Protein, Fett und Asche für einzelne Futtermittel erstellt, z. B. für Rinder-, Geflügel- und Schweinfutter.

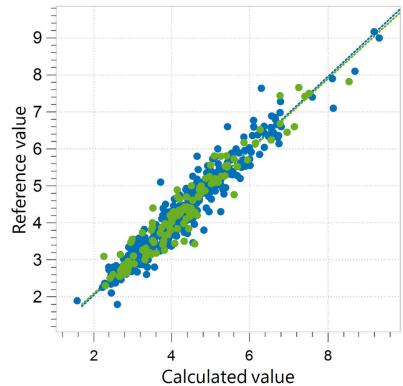
Die Qualität der Vorhersagemodelle wurde anhand

von Korrelationsdiagrammen (**Abbildungen 2-7**) 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 von NIR-Futtermitteltests (**Tabelle 1** Geflügelfutter, **Tabelle 2** Schweinfutter und **Tabelle 3** Rinderfutter).



**Abbildung 1.** NIR-Spektren verschiedener Tierfutterproben, analysiert mit einem Metrohm NIR Analyzer

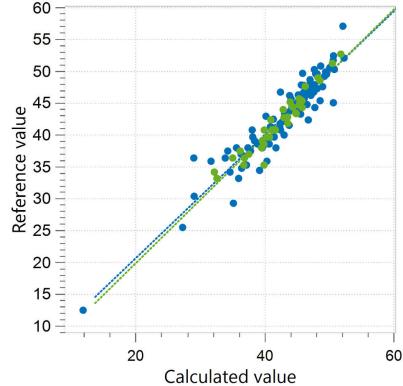
## Ergebnis Fettgehalt



**Abbildung 2.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage von Fett (roh) in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.923 | 0.30    | 0.33     | 0.34    |

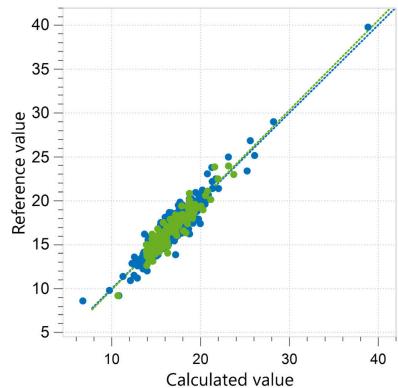
## Ergebnis Stärkegehalt



**Abbildung 3.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage von Stärke in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.927 | 1.80    | 2.06     | 1.27    |

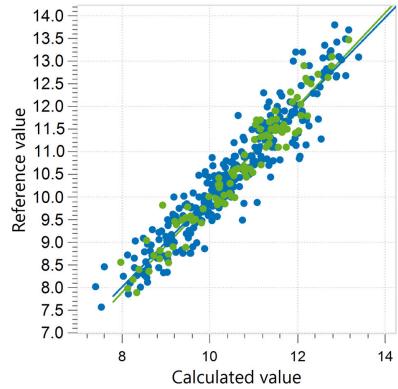
### Ergebnis Proteingehalt



**Abbildung 4.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage von Eiweiß in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.873 | 0.81    | 0.86     | 0.80    |

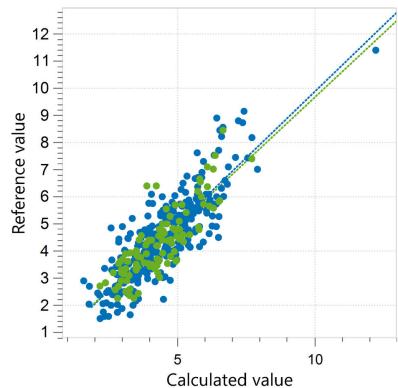
### Ergebnis Feuchtigkeitsgehalt



**Abbildung 5.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage der Feuchtigkeit in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.938 | 0.41    | 0.42     | 0.31    |

### Ergebnis Fasergehalt

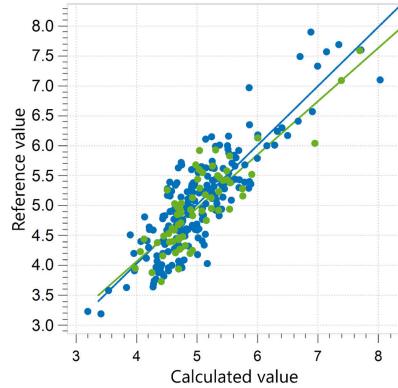


**Abbildung 6.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage von Rohfasern in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.650 | 0.77    | 0.80     | 0.70    |

## ERGEBNISSE

### Ergebnis Aschegehalt



**Abbildung 7.** Korrelationsdiagramm und die entsprechenden Leistungszahlen für die Vorhersage von Asche in Futtermitteln.

| $R^2$ | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) |
|-------|---------|----------|---------|
| 0.720 | 0.39    | 0.43     | 0.39    |

## Gütezahlen / Figures of merit

In den folgenden Tabellen sind die Gütezahlen für die Prognosemodelle für bestimmte Futtermittel

aufgeführt: Geflügelfutter (**Tabelle 1**), Schweinefutter (**Tabelle 2**) und Rinderfutter (**Tabelle 3**).

**Tabelle 1.** Gütezahlen für die Vorhersage von Ballaststoffen, Asche, Stärke, Feuchtigkeit, Eiweiß und Fett in Geflügelfutter

| Parameter (Bandbreite)    | No. Spectra | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------|---------|----------|---------|----------------|
| Fasern (2.4–5.2%)         | 182         | 0.15    | 0.15     | 0.18    | 0.917          |
| Asche (3.9–5.9%)          | 159         | 0.18    | 0.19     | 0.17    | 0.790          |
| Stärke (41.7–48.2%)       | 158         | 0.66    | 0.75     | 0.79    | 0.667          |
| Feuchtigkeit (11.0–13.2%) | 171         | 0.09    | 0.09     | 0.10    | 0.943          |
| Protein (13.9–20.7%)      | 204         | 0.40    | 0.44     | 0.41    | 0.927          |
| Fett (2.7–6.0%)           | 207         | 0.17    | 0.17     | 0.16    | 0.968          |

**Tabelle 2.** Gütezahlen für die Vorhersage von Ballaststoffen, Asche, Stärke, Feuchtigkeit, Eiweiß und Fett in Schweinefutter.

| Parameter (Bandbreite)    | No. Spectra | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------|---------|----------|---------|----------------|
| Fasern (2.7–7.9%)         | 88          | 0.27    | 0.28     | 0.29    | 0.954          |
| Asche (4.3–5.2%)          | 115         | 0.14    | 0.14     | 0.15    | 0.816          |
| Stärke (38.4–48.1%)       | 96          | 0.76    | 0.86     | 0.92    | 0.922          |
| Feuchtigkeit (10.7–13.2%) | 106         | 0.08    | 0.08     | 0.11    | 0.961          |
| Protein (14.9–17.6%)      | 108         | 0.25    | 0.29     | 0.27    | 0.765          |
| Fett (2.4–6.0%)           | 121         | 0.10    | 0.12     | 0.13    | 0.986          |

**Tabelle 3.** Kennzahlen für die Vorhersage von Ballaststoffen, Asche, Stärke, Feuchtigkeit, Eiweiß und Fett in Rinderfutter.

| Parameter (Bandbreite)    | No. Spectra | SEC (%) | SECV (%) | SEP (%) | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------|---------|----------|---------|----------------|
| Rohfaser (3.3–10.8%)      | 319         | 0.34    | 0.44     | 0.57    | 0.876          |
| Asche (4.0–9.8%)          | 253         | 0.53    | 0.54     | 0.55    | 0.859          |
| Stärke (13.5–59.9%)       | 337         | 1.01    | 1.09     | 1.28    | 0.973          |
| Feuchtigkeit (10.4–13.0%) | 329         | 0.12    | 0.12     | 0.13    | 0.915          |
| Protein (9.9–33.7%)       | 336         | 0.53    | 0.55     | 0.56    | 0.988          |
| Fett (2.5–6.5%)           | 331         | 0.21    | 0.21     | 0.24    | 0.908          |

## FAZIT

Diese Application Note zeigt, dass es möglich ist, mehrere wichtige Qualitätsparameter von Futtermitteln mit der NIRs-Analyse zu bestimmen. Zur Messung von Stärke, Asche, Ballaststoffen, Protein, Feuchtigkeit und Fett in Futtermitteln sind in der

Regel mehrere Analysemethoden erforderlich (**Tabelle 4**). Die NIR-Futtermittelanalyse bietet eine einfachere Alternative mit hoher Genauigkeit und Ergebnissen in Echtzeit.

**Tabelle 4.** Überblick über die ISO-Normen, die zur Bestimmung der Referenzwerte für die verschiedenen Qualitätsparameter in den Futtermittelproben verwendet werden.

| Parameter    | Methode   |
|--------------|---|
| Stärke       | ISO 6493:2000 Futtermittel - Bestimmung des Stärkegehalts - Polarimetrisches Verfahren                                    |
| Rohe Asche   | ISO 5984:2002 Futtermittel - Bestimmung der Rohasche  |
| Rohfaser     | ISO 6865:2000 Futtermittel - Bestimmung des Rohfasergehalts - Verfahren mit Zwischenfiltration                            |
| Rohes Eiweiß | ISO 5983:1997 Futtermittel - Bestimmung des Stickstoffgehalts und Berechnung des Rohproteinangehalts - Kjeldahl-Verfahren |
| Feuchtigkeit | ISO 6496:1999 Futtermittel - Bestimmung des Gehalts an Feuchtigkeit und anderen flüchtigen Bestandteilen                  |
| Fett         | ISO 6492:1999 Futtermittel - Bestimmung des Fettgehalts   |

## **CONTACT**

Metrohm Schweiz AG  
Industriestrasse 13  
4800 Zofingen

info@metrohm.ch