

## Bewertung von Gleichungen zur Schätzung der Energiekonzentration von Schweinemischfutter

A. Grümpel-Schlüter<sup>1</sup>, A. Berk<sup>1</sup>, M. Schäffler<sup>2</sup>, H. Spiekers<sup>2</sup> und S. Dänicke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesallee 37, 38116 Braunschweig

<sup>2</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing-Grub

### Einleitung

Schätzgleichungen zur Berechnung der Energiekonzentration werden verwendet, um den Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) in Schweinemischfutter zu bestimmen. Gleichung 1 nutzt als Basis die verdaulichen Nährstoffe (GfE, 2006; ME<sub>VQ</sub>, Gleichung 1).

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 1} \quad \text{ME}_{VQ} \text{ (MJ/kg TS)} = & \\ & 0,0205 \times \text{verdauliches Rohprotein (g/kg TS)} \\ & + 0,0398 \times \text{verdauliches Rohfett (g/kg TS)} \\ & + 0,0173 \times \text{Stärke (g/kg TS)} \\ & + 0,0160 \times \text{Zucker (g/kg TS)} \\ & + 0,0147 \times \text{verdaulicher Rest (g/kg TS)} \end{aligned}$$

wobei der verdauliche Rest die Differenz zwischen der verdaulichen Substanz und der Summe aus verdaulichem Rohprotein, verdaulichem Rohfett, Stärke und Zucker ist.

Da die Bestimmung der verdaulichen Nährstoffe sehr aufwändig ist, wurde Gleichung 2 abgeleitet, die die Rohnährstoffe als Basis zur Bestimmung der Energiekonzentration verwendet (Bulang und Rodehutsord, 2009; GfE, 2008; ME<sub>roh</sub>, Gleichung 2).

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 2} \quad \text{ME}_{roh} \text{ (MJ/kg TS)} = & \\ & 0,021503 \times \text{Rohprotein (g/kg TS)} \\ & + 0,032497 \times \text{Rohfett (g/kg TS)} \\ & - 0,021071 \times \text{Rohfaser (g/kg TS)} \\ & + 0,016309 \times \text{Stärke (g/kg TS)} \\ & + 0,014701 \times \text{organischer Rest (g/kg TS)} \end{aligned}$$

wobei der organische Rest die Differenz zwischen der organischen Substanz und der Summe aus Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und Stärke ist.

Für die Ableitung von ME<sub>roh</sub> wurde ein Datensatz mit 290 Beobachtungen verwendet, wodurch sich einige Limitierungen ergeben. Bei der Evaluierung der Gleichung haben mit einem größeren Datensatz haben sich Schwächen gezeigt (Grümpel-Schlüter et al., 2019). Daher war es Ziel des vorliegenden Beitrags, die Schätzgleichung zur Bewertung des ME-Gehalts auf Basis der Rohnährstoffe zu überarbeiten.

### Material und Methoden

Zur Ableitung einer überarbeiteten Schätzgleichung wurde der Datensatz, der zur Ableitung von ME<sub>roh</sub> verwendet wurde, mit aktuelleren Daten ergänzt, sodass sich eine Gesamtzahl von 518 Beobachtungen ergeben hat, wobei 145 Aufzucht- und 373 Mastmischungen berücksichtigt waren (Grümpel-Schlüter et al., 2019). Im Datensatz sind Angaben zu Gehalten an Trockensubstanz, Weender Rohnährstoffen, Stärke und Zucker und die zugehörigen Verdaulichkeiten enthalten (Tabelle 1). Der Gehalt an ME<sub>VQ</sub> betrug im Median 15,2 MJ/kg TS (Minimum: 10,4 | Maximum: 18,4), der Gehalt an ME<sub>roh</sub> lag im Median bei 14,6 MJ/kg TS (8,6 | 16,0).

Die Methodik zur Ableitung der Schätzgleichung ist angelehnt an das Vorgehen von Bulang und Rodehutsord (2009). Zunächst wurde die Spearman-Korrelation zwischen ME<sub>VQ</sub> und den Nährstoffgehalten berechnet.

Für die anschließende multiple Regressionsanalyse wurde  $ME_{VQ}$  als abhängige Variable gewählt, als unabhängige Variablen gingen entsprechend die Gehalte an Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Stärke und Zucker und der organische Rest (entspricht der Differenz aus organischer Substanz und der Summe aus Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und Stärke) ein, soweit eine signifikante Korrelation für diese gefunden worden ist. Im Modell wurde kein Intercept integriert, da die Variation allein durch die fixen Faktoren und den Restfehler erklärt werden soll. Zur Bestimmung der Modellgüte wurde das korrigierte Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) und die Reststandardabweichung (RSD) herangezogen. Zur Evaluierung der neu abgeleiteten Schätzgleichung ( $ME_{neu}$ ) wurde die Regression zwischen  $ME_{neu}$  und  $ME_{VQ}$ , sowie zwischen  $ME_{neu}$  und  $ME_{roh}$  und vergleichend zwischen  $ME_{roh}$  und  $ME_{VQ}$  berechnet. Die Berechnungen erfolgten in SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2016).

Tabelle 1: Median (Minimum | Maximum) der analysierten Gehalte an Nährstoffen und der Verdaulichkeit der Nährstoffe (n=518).

	Analysierte Gehalte (g/kg TS)	Verdaulichkeit (%)
Organische Substanz	946 (819   983)	87,8 (66,1   98,7)
Rohasche	54 (17   181)	-
Rohprotein	200 (106   259)	86,7 (62,0   99,9)
Rohfett	35 (9   145)	78,0 (-5,7   99,9)
Rohfaser	40 (16   131)	40,1 (8,2   99,5)
N-freie Extraktstoffe	681 (523   856)	91,8 (74,5   98,1)
Stärke	480 (95   679)	-
Zucker	40 (12   240)	-

## Ergebnisse und Diskussion

Zwischen  $ME_{VQ}$  und organischer Substanz ( $r_s = -0,26$ ), Rohasche ( $r_s = -0,26$ ), Rohprotein ( $r_s = 0,14$ ), Rohfett ( $r_s = 0,29$ ), Rohfaser ( $r_s = -0,59$ ) und Stärke ( $r_s = 0,27$ ) bestand eine signifikante Korrelation ( $p < 0,005$ ), sodass diese Rohnährstoffe und organischer Rest als fixe Faktoren in die Modellierung aufgenommen worden sind. Bei der Modellierung ergaben sich für alle Rohnährstoffe außer Rohasche signifikante Zusammenhänge. Die daraus ableitbare Schätzgleichung lautet wie folgt (Gleichung 3):

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 3} \quad ME_{neu} \text{ (MJ/kg TS)} = & \\ & 0,02287 \times \text{Rohprotein (g/kg TS)} \\ & + 0,04447 \times \text{Rohfett (g/kg TS)} \\ & - 0,00893 \times \text{Rohfaser (g/kg TS)} \\ & + 0,01568 \times \text{Stärke (g/kg TS)} \\ & + 0,01303 \times \text{organischer Rest (g/kg TS)} \end{aligned}$$

Die Reststandardabweichung im Modell beträgt 0,44 MJ/kg TS, das korrigierte Bestimmtheitsmaß liegt bei  $r^2 = 0,99$ , damit ist die Güte des Modells ausreichend. Die in die Schätzgleichung eingehenden Rohnährstoffgehalte sind dabei denen der Schätzgleichung für  $ME_{roh}$  identisch, wobei der partielle Regressionskoeffizient für Rohfett offenbar überschätzt ist. Eine Validierung der überarbeiteten Schätzgleichung ist bisher nicht erfolgt, da dafür kein passender Datensatz zur Verfügung stand. Die bisher verwendete Schätzgleichung zur Bestimmung der  $ME_{roh}$  wurde mit Hilfe eines Teildatensatzes des zur Ableitung verwendeten Datensatzes validiert (Bulang und Rodehutsord, 2009). Auf diesen Schritt wurde im der vorliegenden Beitrag verzichtet, da sich dadurch die Anzahl an Beobachtungen wieder reduziert hätte und die Ableitung auf Basis eines größtmöglichen Datensatzes erfolgen sollte.

Die Regressionsanalyse zwischen  $ME_{VQ}$  und  $ME_{neu}$  zeigte eine hochsignifikante Regression (Abbildung 1). Die Regression zwischen  $ME_{VQ}$  und  $ME_{roh}$  war ebenfalls hochsignifikant, allerdings waren sowohl die Reststandardabweichung (0,43 MJ/kg TS vs. 0,45 MJ/kg TS) als auch das korrigierte Bestimmtheitsmaß (0,72 vs. 0,69) günstiger für  $ME_{neu}$ . Daraus kann geschlossen werden, dass der Zusammenhang zwischen  $ME_{VQ}$  und  $ME_{neu}$  stärker ist als zwischen  $ME_{VQ}$  und  $ME_{roh}$ . Bei der Berechnung der Regression zwischen  $ME_{roh}$  und  $ME_{neu}$  zeigte sich wiederum ein hochsignifikanter Zusammenhang mit sehr guten Güteparametern, was darauf hindeutet, dass der Zusammenhang zwischen beiden Schätzgleichungen auf Basis der Rohnährstoffe sehr stark ist. Durch die guten Werte der Güteparameter für die Regression zwischen  $ME_{VQ}$  und  $ME_{neu}$  und das Beibehalten der gleichen Rohnährstoffe in der Schätzgleichung zeigt sich deutlich, dass die neu abgeleitete Schätzgleichung sinnvoll ist und durch die Verwendung des größeren Datensatzes die Passgenauigkeit der Schätzgleichung zur Bewertung der Energiekonzentration auf Basis von Rohnährstoffen deutlich erhöht werden konnte.

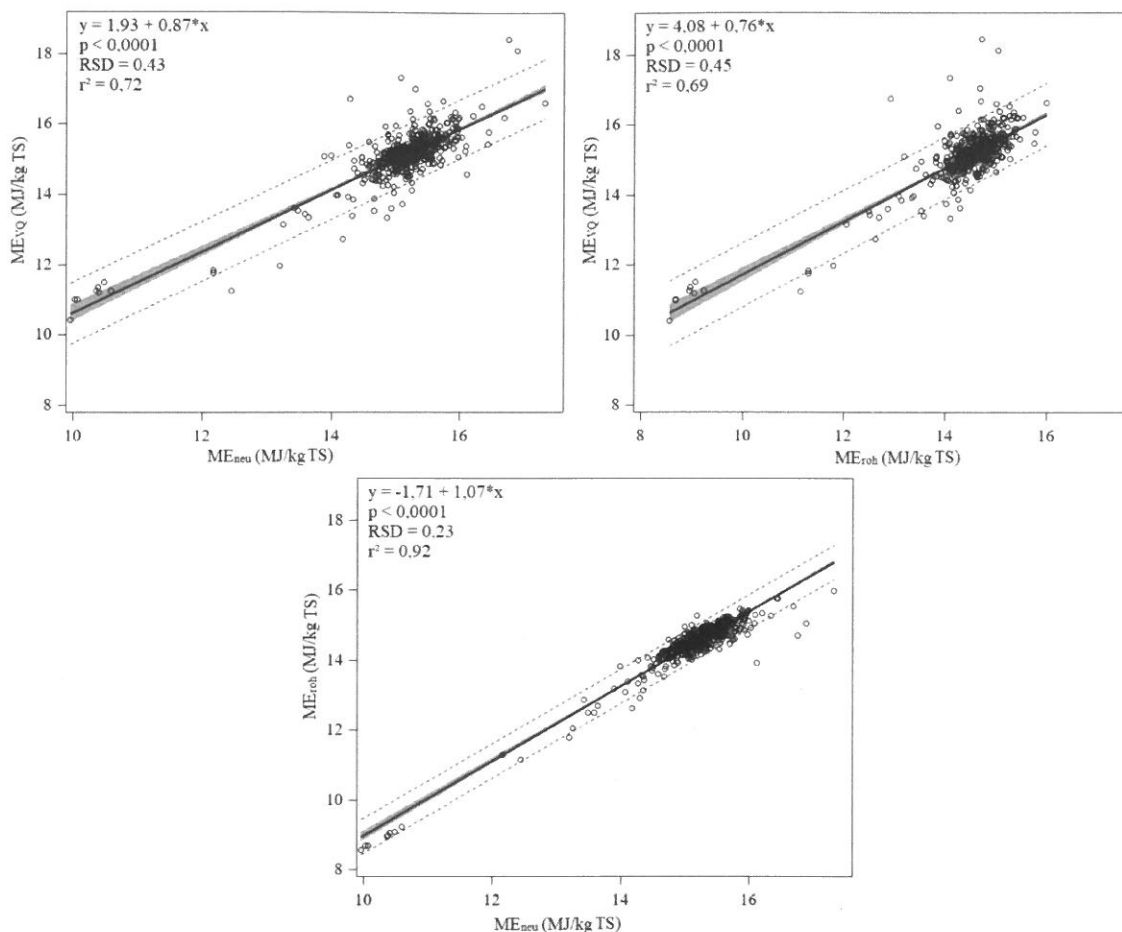


Abbildung 1: Darstellung der Regressionsgeraden (schwarze Linie, Anpassung) zwischen  $ME_{neu}$  und  $ME_{VQ}$  (oben links) bzw.  $ME_{roh}$  und  $ME_{VQ}$  (oben rechts) bzw.  $ME_{neu}$  und  $ME_{roh}$  (unten Mitte). Die Kreise zeigen die einzelnen Beobachtungen des Datensatzes, der grau hinterlegte Bereich das 95 % Konfidenzintervall, die gestrichelten Linien das 95% Vorhersageintervall. RSD entspricht der Reststandardabweichung,  $r^2$  zeigt das korrigierte Bestimmtheitsmaß.

## Schlussfolgerungen

Die Überarbeitung der bisher verwendeten Schätzgleichung zur Bewertung der Energiekonzentration zu führt zu einer besseren Anpassung. Bei der Überarbeitung und Neu-Ableitung sollte ein Datensatz zu Grunde gelegt werden, der möglichst weite Bereiche an Rohnährstoff-Gehalten und Verdaulichkeiten abdeckt und zudem eine ausreichende Anzahl an Beobachtungen enthält, sodass die partiellen Regressionskoeffizienten genauer geschätzt werden können und ergänzend eine Validierung der Schätzgleichung möglich ist. Die vorgestellte Gleichung ist an weiteren Daten aus Verdaulichkeitsbestimmungen zu validieren und an Praxismischungen zu plausibilisieren bevor eine allgemeine Anwendung empfohlen werden kann.

## Literatur

- Bulang, M., Rodehutsord, M., 2009. Development of equations for predicting metabolisable energy concentrations in compound feeds for pigs. *Archives of Animal Nutrition* 63, 442-454.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie], 2006. Empfehlung zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie], 2008. Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pigs. In: *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, pp. 199-204.
- Grümpel-Schlüter, A., Berk, A., Schäffler, M., Spiekers, H., Dänicke, S., 2019. Schätzgleichungen zur Berechnung der Energiekonzentration von Schweinemischfutter. *VDLUFA-Schriftenreihe* 76/2019, im Druck.
- SAS Institute Inc., 2016. Copyright (c) 2016 SAS institute Inc. SAS and all other SAS Institute Inc. product or service names are registered trademarks or trademarks of SAS Institute Inc. , Cary, NC, USA.