

Leitfaden zur Berechnung der Energiekonzentration

von Einzel- und Mischfuttermitteln für
die Schweine- und Wiederkäuerfütterung



Leitfaden zur Berechnung der Energiekonzentration

von Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Wiederkäuerfütterung

Autoren

- Dr. Elisabeth Gerster, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei, Baden-Württemberg, Aulendorf
- Dr. Bernd Losand, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Sanitz
- Dr. Detlef Kampf, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt am Main
- Dr. Jochen Krieg, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf

Co-Autoren:

- Dr. Thomas Guggenberger, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, Österreich
- Dr. Sandra Hoedtke, LMS Agrarberatung – Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Rostock
- Dr. Michael Lüke, Deutscher Verband Tiernahrung, Bonn
- Frederike Pfau, Deutsche Tiernahrung Cremer, Düsseldorf
- Sarah Rehberg, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dummerstorf
- Dr. Hubert Schuster, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub
- Gerald Stögmüller, Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer, St. Pölten, Österreich
- Prof. Dr. Andreas Susenbeth, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Hendrik Wöhle, Haneberg & Leusing, Schöppingen
- Prof. Dr. Hubert Spiekers, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub
- Larissa Waltenberg, Deutsche Tiernahrung Cremer, Düsseldorf
- Carsten Pohl, Bio Eichenmühle, Stavenhagen/Basepohl

Erarbeitet von der AG

„Umsetzbare Energie zur Umsetzung GfE (2023)“
des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung

Zitiervorschlag:

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2025.
Leitfaden zur Berechnung der Energiekonzentration
von Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine-
und Wiederkäuerfütterung. DLG-Arbeitskreis
Futter & Fütterung. DLG-Merkblatt 503, DLG e.V.,
Frankfurt am Main.

Titelbild: © Adobe Stock (JackF, Atmospheric stock,
SINNBILD Design, Lala)

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e.V.

Fachzentrum Landwirtschaft und Lebensmittel
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

1. Auflage, Stand 10/2025

© 2025

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder (auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung) sowie Bereitstellung des Merkblattes im Ganzen oder in Teilen zur Ansicht oder zum Download durch Dritte nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel. +49 69 24788-209, m.biallowons@dlg.org



Info



Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	4
1. Grundlagen	5
1.1 Einführung	5
1.2 Energieberechnung bei Schweinefutter	5
1.3 Energieberechnung bei Wiederkäuerfutter	7
1.4 Fazit	14
2. Anwendung	15
2.1 Berechnung der Energiekonzentration von Einzelfuttermitteln und deren Mischungen für Schweine	15
2.2 Berechnung der Energiekonzentration fertiger Futtermischungen für Schweine ohne Kenntnis bzw. Berücksichtigung der Komponenten	16
2.3 Berechnung der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln bei deren Optimierung für Wiederkäuer	16
2.4 Berechnung der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln für Wiederkäuer ohne Kenntnis bzw. Berücksichtigung der Komponenten	19
3. Häufig gestellte Fragen	21
4. Quellenverzeichnis	27

Abkürzungsverzeichnis

ADFom	Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (acid detergent fibre expressed exclusive residual ash)
AfBN	Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE
aNDFom	Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (neutral detergent fibre assayed with a heat stable amylase and expressed exclusive residual ash)
CA	Rohasche (crude ash)
CH ₄ E	Methanenergie(-verluste)
CF	Rohfaser (crude fibre)
CL	Rohfett (crude lipid)
CP	Rohprotein (crude protein) [N • 6,25]
DCL	verdauliches Rohfett (digestible crude lipid)
DCP	verdauliches Rohprotein (digestible crude protein)
DE	verdauliche Energie (digestible energy) [in MJ; MJ/kg]
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DOM	verdauliche Organische Masse (digestible organic matter) [in g; g/kg]
DOR	verdaulicher organischer Rest (digestible organic residue)
ED	Verdaulichkeit der Energie (energy digestibility) [in %]
ELOS	enzymlösliche organische Substanz
EuLOS	enzymunlösliche organische Substanz
FAN	Futteraufnahmeniveau
FAN1	Futteraufnahmeniveau auf Erhaltungsniveau [50 g TM/kg ^{0,75} KM]
FANi	realisiertes Futteraufnahmeniveau [Vielfaches von 50 g TM/kg ^{0,75} KM]
GB	Gasbildung (24 h im Hohenheimer Futterwerttest)
GE	Bruttoenergie (gross energy) [in MJ; MJ/kg]
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
kg ^{0,75}	metabolische Körpergröße [in kg ^{0,75} KM]
KM	Körpermasse [in kg]
ME	Umsetzbare Energie (metabolizable energy) [in MJ; MJ/kg]
MF	Mischfuttermittel
MJ	Megajoule
N	Stickstoff (nitrogen)
NFC	Nicht-Faser-Kohlenhydrate (Non-Fibre Carbohydrates)
NIRS	Nahinfrarotreflexionsspektroskopie
OM	Organische Masse (organic matter) [OM = TM – CA; g/kg]
OMD	Verdaulichkeit der Organischen Masse (organic matter digestibility) [in %]
OR	organischer Rest
ST	Stärke
TM	Trockenmasse
UE	Harnenergie(-verluste) (urea energy)
ZU	Zucker

1. Grundlagen

1.1 Einführung

Die sachgerechte Einschätzung der Energiekonzentrationen bei Einzel- und Mischfuttermitteln ist Voraussetzung für die Rationsplanung, die Futteroptimierung¹ und die Rations- bzw. Futtermittelkontrolle. Zur Energiebestimmung und zur Schätzung der Energiekonzentration gibt es klare Empfehlungen des Ausschusses für Bedarfsnormen (**AfBN**) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (**GfE**). Mit der Anwendung der neuen Empfehlungen wird zur Beschreibung der Menge eines Nährstoffs in einem kg Trockenmasse (g/kg **TM**) der Begriff „Konzentration“, anstatt wie bisher „Gehalt“, verwendet. Für die Überprüfung der deklarierten Energiekonzentration in Mischfuttermitteln sind Energie-Schätzgleichungen futtermittelrechtlich vorgegeben. Grundsätzlich sollte soweit möglich, diejenige Energieberechnung Verwendung finden, die den Umsetzungen im Tier am nächsten kommt. Sowohl futtermittelrechtlich (Futtermittelverordnung Anlage 2 (zu § 6 Absatz 1)) als auch fachlich sind Futtermittel für Schweine, entsprechend der Stellungnahme der GfE (GfE 2017b), auf Basis der Umsetzbaren Energie (**ME**) beim Schwein zu bewerten. Futtermittel für Wiederkäuer werden, den Empfehlungen der GfE (GfE 2023) folgend, ebenfalls auf Basis der ME beim Wiederkäuer bewertet.

Eine Bestimmung der Energiekonzentration kann nur auf Basis der konkret ermittelten Verdaulichkeit von Futtermitteln bzw. den enthaltenen Nährstoffen erfolgen. Daher ist es sehr wichtig, dass kontinuierlich Verdaulichkeitsbestimmungen von Einzel- und Mischfuttermitteln an der entsprechenden Zieltierart erfolgen. Die Durchführung an Schweinen und Hammeln (Hammel stellvertretend für Wiederkäuer) sollte sich dabei an den methodischen Vorgaben der GfE orientieren (GfE 1991, GfE 2005). Im Vergleich zur bisherigen Vorgehensweise ist bei Wiederkäuern nun die Bruttoenergie (**GE**) und die Verdaulichkeit der Organischen Masse (**OMD**) entscheidend für die Bestimmung bzw. Schätzung der Energiekonzentration und nicht mehr die verdaulichen Nährstoffe. Aus der GE und der OMD wird über ein *dreistufiges Verfahren* die Konzentration an ME berechnet. Die Durchführung von Verdaulichkeitsbestimmungen am Zieltier empfiehlt sich zur Ergänzung von Fütterungsversuchen, zur Ableitung von mittleren Verdaulichkeitskoeffizienten für Einzelkomponenten und zur Ableitung von OMD-Schätzgleichungen.

1.2 Energieberechnung bei Schweinefutter

Beim Schweinefutter erfolgt die Bestimmung bzw. Schätzung der Energiekonzentration für alle Futtermittel mit folgender Gleichung (GfE 2006):

$$\begin{aligned}\text{Gleichung 1:} \quad \text{ME [MJ/kg]} &= 0,0205 \cdot \text{DCP} \\ &+ 0,0398 \cdot \text{DCL} \\ &+ 0,0173 \cdot \text{ST} \\ &+ 0,0160 \cdot \text{ZU} \\ &+ 0,0147 \cdot \text{DOR}\end{aligned}$$

[alle Angaben in g/kg TM]

ME = Umsetzbare Energie; DCP = verdauliches Rohprotein; DCL = verdauliches Rohfett; ST = Stärke; ZU = Zucker;
DOR = verdaulicher organischer Rest [hier = DOM – DCP – DCL – ST – ZU]

In die Gleichung gehen somit die Mengen an verdaulichem Rohprotein (**DCP**), verdaulichem Rohfett (**DCL**), Stärke (**ST**), Zucker (**ZU**) und dem „verdaulichen organischen Rest“ (**DOR**) ein. Dieser DOR ergibt sich rechnerisch aus der Differenz zwischen der verdaulichen Organischen Masse (**DOM**) und der Summe aus DCP, DCL, ST und ZU. Er besteht im Wesentlichen aus verdaulichen Faser-Kohlenhydraten. Zur Berechnung sind die Konzentrationen an Rohprotein (**CP**), Rohfett (**CL**), ST, ZU und Organischer Masse (**OM**), sowie die Verdaulichkeiten von CP, CL und OM erforderlich.

Grundsätzlich ist diese Gleichung für Rationen bestimmt, sie kann aber auch zur Berechnung der Energiekonzentration in Einzelfuttermitteln angewandt werden. Rohnährstoffe, ST und ZU sollten analytisch ermittelt werden. Bei der Verdaulichkeit der Nährstoffe ist auf Tabellenwerte zurückzugreifen. Hierzu ist eine genaue Einordnung der

¹ Mischfutter werden neben der Einhaltung der Nährstoffvorgaben auf ‚Preis‘ optimiert. Im Merkblatt bezieht sich ‚Optimierung‘ ausschließlich auf die optimale Nährstoffbilanzierung der Mischfuttermittel.

Futtermittel und die Anwendung einer möglichst zutreffenden Verdaulichkeit zu empfehlen. Die Verdaulichkeit der Nährstoffe sollte in den Futteroptimierungsprogrammen entsprechend hinterlegt und regelmäßig gepflegt werden.

Bei Futtermitteln, deren Verdaulichkeit auf Grund einer größeren Bandbreite der Qualität stärker schwankt, ist eine Abschätzung der Verdaulichkeit z. B. in Abhängigkeit der Faserkonzentration zu empfehlen. Basis sollten gezielt angelegte und ausgewertete Verdaulichkeitsbestimmungen sein. Ein Weg ist auch die Ableitung separater Schätzgleichungen auf Basis von Verdaulichkeitsbestimmungen, wie beim Wiederkäuer z. B. für Maisskornsilage (synonym Feuchtmals, früher CCM), wenn die Datengrundlage es erlaubt.

Liegen aufgrund fehlender Verdaulichkeitsversuche keine Tabellenwerte zur Verdaulichkeit vor, sollte die Verdaulichkeit anhand der Rohnährstoffzusammensetzung und der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe ähnlich zusammengesetzter Futtermittel abgeschätzt werden. Sofern die Rohnährstoffzusammensetzung solcher Futtermittel innerhalb der Grenzen der für die Ableitung der Schätzgleichung für Mischfuttermittel (siehe unten) herangezogener Mischfuttermittel liegt, kann behelfsweise auch diese Schätzgleichung zur Kalkulation der Energiekonzentration herangezogen werden. In beiden Fällen ist mit einem größeren Schätzfehler zu rechnen.

Die beschriebenen Energieberechnungen sind dann Basis für die Futteroptimierung, sowohl bei Eigenmischungen auf dem Betrieb als auch bei Mischfuttermitteln für den Handel.

Ergänzend ist es möglich bzw. im Rahmen der Kennzeichnung futtermittelrechtlich vorgeschrieben, bei **Mischfuttermitteln** die Berechnung der Energiekonzentration über die in der Futtermittelverordnung hinterlegte Schätzgleichung für Mischfuttermittel (Mischfuttergleichung) vorzunehmen. Diese aus Verdaulichkeitsbestimmungen mit Mischfuttermitteln abgeleitete Schätzgleichung basiert auf den Konzentrationen an Rohnährstoffen und ST. Die Verdaulichkeit ist nicht enthalten, da für Mischfuttermittel mit stark wechselnder Zusammensetzung unterschiedlichster Einzelkomponenten eine Tabellierung nicht erfolgen kann.

Seit dem 01.09.2010 ist folgende Schätzgleichung (GfE 2008) futtermittelrechtlich zur Angabe der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln verbindlich:

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 2:} \quad \text{ME [MJ/kg TM]} = & 0,021503 \cdot \text{CP} \\ & + 0,032497 \cdot \text{CL} \\ & - 0,021071 \cdot \text{CF} \\ & + 0,016309 \cdot \text{ST} \\ & + 0,014701 \cdot \text{OR} \end{aligned}$$

[alle Angaben in g/kg TM]

ME = Umsetzbare Energie; CP = Rohprotein; CL = Rohfett; CF = Rohfaser; ST = Stärke;
OR = organischer Rest [hier = OM – CP – CL – CF – ST]

Im Gegensatz zur obigen Definition wird der organische Rest (**OR**) hier als Differenz aus TM minus Rohasche (**CA**), CP, CL, Rohfaser (**CF**) und ST definiert. Er besteht in erster Linie aus Nicht-Stärke-Kohlenhydraten.

Die Autoren der Schätzgleichung weisen darauf hin, dass, sofern mit dieser Gleichung die Energiekonzentration von Mischfuttermitteln geschätzt wird, die mehr als 60 g CL, 80 g CF oder 250 g CP bzw. weniger als 150 g CP/kg TM enthalten, der Schätzfehler der Gleichung höher ausfallen kann (Schätzfehler dann größer als 0,25 MJ/kg TM bzw. 1,7%). Der Verordnungsgeber gibt jedoch gegenwärtig keine Beschränkungen für die Anwendung der Schätzgleichung vor.

Eine Evaluierung auf Basis aktueller Verdaulichkeitsbestimmungen mit **524** Mischfuttermitteln hat ergeben, dass die Gleichung weiterhin voll anwendbar ist (Grümpel-Schlüter et al. 2021, GfE 2022).

Die Gleichung eignet sich nicht zur Berechnung der Energiekonzentration in Einzelfuttermitteln, da diese Futtermittel in der Ableitung nicht berücksichtigt sind. Die Schätzgleichung für Mischfuttermittel ist für folgende Anwendungsbereiche vorgesehen:

- Abgleich der Energiekonzentration bei Mischungen auf Basis der Optimierung mit „Einzelfuttergleichung“
- Angabe der Energiekonzentration bei Mischfuttermitteln
- Kontrolle der Energieangabe bei amtlicher und sonstiger Prüfung
- Rationskontrolle im Betrieb

Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Gleichungen ist die Zielsetzung. Die Gleichung unter Einbeziehung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe erlaubt eine möglichst genaue Bewertung der Futtermittel und der daraus hergestellten Futtermischungen, so dass eine sachgerechte Futteroptimierung erfolgen kann. Mit der Mischfuttergleichung können Mischungen ohne Kenntnis der Mischanweisung mit geringerer, jedoch noch ausreichender Genauigkeit innerhalb bestimmter Nährstoffkonzentrationsgrenzen bewertet werden.

1.3 Energieberechnung bei Wiederkäuerfutter

Die Berechnung der Energiekonzentration für Wiederkäuerfutter erfolgt im *dreistufigen Verfahren* (GfE 2023). Die Bewertung folgt den Energiestufen und ermittelt die Energieverluste des Futters von der GE über die Verdauliche Energie (**DE** = GE minus Energieverluste über Kot) bis zur ME (ME = DE minus Energieverluste über Harn und Methan).

Das Vorgehen im dreistufigen Verfahren wird nachfolgend Schritt für Schritt beschrieben und anhand des Beispiels in Tabelle 1 veranschaulicht.

Hinweise zur Energieberechnung

*Dabei erfolgt die Schätzung der Energiekonzentration der eingesetzten Futterkomponenten für ein Tier, das in etwa auf dem energetischen Erhaltungsbedarf versorgt wird (= Futteraufnahmeniveau 1, **FAN1** = 50 g TM pro Einheit metabolischer Körpergröße [in kg^{0,75} KM]). Bei der späteren Rationsplanung und -optimierung ist der zusätzliche Bedarf der Tiere, z. B. für Leistung, zu berücksichtigen. Die Versorgung der Tiere muss infolge der deutlich höheren Futteraufnahme in Abhängigkeit des ermittelten realisierten Futteraufnahme-niveaus (FANi) erfolgen. Hierbei sind insbesondere die Änderungen in der Verdaulichkeit und den Verlusten an Harn- und Methanenergie zu berücksichtigen. Die Energieverluste über den Kot steigen auf Grund einer schnelleren Futterpassage und einer damit geringeren Verweilzeit des Futters im Verdauungstrakt, die Methanenergieverluste hingegen sinken. Der Einfluss des FANi ist bei der Milchkuh generell zu berücksichtigen, bei den anderen Wiederkäuern auf Grund des geringeren FAN weniger relevant und daher bislang nicht Standard in der Rationsplanung und -kontrolle.*

Tabelle 1: Nährstoffkonzentration von Maissilage, stärkeereich (nach Futterwerttabellen Wiederkäuer (DLG 2025a), DLG-Datenbank Futtermittel) und enzymlösliche organische Substanz (ELOS; Beispiel nach Futterwertattest)

TM	CA	CP	CL	ST	ZU	aNDFom	ADFom	ELOS
g/kg	g/kg TM							
356	38	78	31	358	10	381	203	632

TM = Trockenmasse; CA = Rohasche; CP = Rohprotein; CL = Rohfett; ST = Stärke; ZU = Zucker; aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung; ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung; ELOS = enzymlösliche organische Substanz

Flüchtige organische Verbindungen (*beispielsweise ein Teil der Gärssäuren und Alkohole in Silagen*) gehen bei der TM-Bestimmung wie beispielsweise bei der Ofentrocknung verloren. Diese Verluste sind bei der Ermittlung der TM sowie der Energie- und Nährstoffkonzentrationen nach den gängigen Empfehlungen (Weißbach und Kuhla 1995) zu berücksichtigen (*weitere Infos siehe Abschnitt 3 „Häufig gestellte Fragen“*).

Grundsätzlich liefert nur die OM im Futtermittel Energie für das Tier, weshalb die Energiebewertung auf Basis der OM erfolgt. Bei Anwendung der nachfolgend genannten Schätzgleichungen wird deshalb die Konzentrationen der Nährstoffe in der Regel in g je kg OM benötigt. Für die Umrechnung von TM auf OM und die abschließende Berechnung der Energiekonzentration in der TM ist die Analyse der CA notwendig. Liegt die Nährstoffkonzentration

je kg TM vor, kann diese je kg OM mittels Division durch $(1 - (CA \div 1.000)) = (OM \div 1.000)$ berechnet werden (mit CA oder OM in g/kg TM).

Beispiel Maissilage:

$$\begin{aligned}\text{ADFom} &= 203 \text{ g/kg TM} \\ &= 203 \div (1 - (38 \div 1.000)) \\ &= \mathbf{211 \text{ g/kg OM}}\end{aligned}$$

Berechnung der Energiekonzentration nach dem *dreistufigen Verfahren*:

Zu Beginn muss die GE des Wiederkäuerfutters bekannt sein (erste Stufe). Als „Goldstandard“ und am sichersten wird diese mittels Bombenkalorimetrie bestimmt. Für pektinhaltige Futtermittel (beispielsweise Rübenschnitzel, Apfeltrester), Silagen mit hohen Konzentrationen an Gärsäuren sowie Nicht-Protein-Stickstoff und Futterharnstoff enthaltende Futtermittel ist dieses Vorgehen für die Bestimmung der Bruttoenergie in jedem Fall erforderlich, da bei Anwendung der GE-Schätzgleichung (Gleichung 3) bei diesen Futtermitteln der Schätzfehler im Bereich 0,5 bis 1,0 MJ ME/kg TM liegen kann. Für andere Futtermittel ist die nachfolgende Schätzgleichung **3** (GfE 2023) anwendbar:

$$\begin{aligned}\text{Gleichung 3: GE [MJ/kg OM]} &= ((23,6 \cdot \text{CP} + 39,8 \cdot \text{CL} + 17,3 \cdot \text{ST} + 16,0 \cdot \text{ZU} + 18,9 \cdot \text{OR}) \\ &\quad \div (1 - (CA \div 1.000))) \\ &\quad \div 1.000^*\end{aligned}$$

[alle Angaben in g/kg TM]

* Zur Umrechnung von kJ in MJ wird das Ergebnis noch durch 1.000 dividiert.

GE = Bruttoenergie; CP = Rohprotein; CL = Rohfett; ST = Stärke; ZU = Zucker;

OR = organischer Rest [hier = OM – CP – CL – ST – ZU]; CA = Rohasche

Hierbei wird der OR als Differenz aus TM minus CA, CP, CL, ST und ZU definiert. Der OR besteht in erster Linie aus Faser-Kohlenhydraten, aber auch aus organischen Säuren wie den Gärsäuren. Es ist zu beachten, dass die Schätzgleichung **3** nur anwendbar ist, wenn alle in die Schätzung eingehenden Nährstoffe bekannt sind. Sofern sie nicht analysiert werden, ist die Nutzung von Tabellenwerken wie den Futterwerttabellen Wiederkäuer (DLG 2025a) zu empfehlen.

Beispiel Maissilage:

$$\begin{aligned}\text{GE [MJ/kg OM]} &= ((23,6 \cdot 78 + 39,8 \cdot 31 + 17,3 \cdot 358 + 16,0 \cdot 10 + 18,9 \cdot (1.000 - 38 - 78 \\ &\quad - 31 - 358 - 10)) \div (1 - (38 \div 1.000))) \div 1.000 \\ &= \mathbf{19,3 \text{ MJ/kg OM}}\end{aligned}$$

Bei der Mischfutteroptimierung wird die GE eines Mischfuttermittels aus der GE seiner Einzelfuttermittel abgeleitet. Dabei ist auf die korrekte Gewichtung zu achten. Details zur Anwendung bei Mischfuttermitteln sind *im Abschnitt 2.3 „Anwendung“* beschrieben.

Es besteht eine konstante Differenz zwischen der Energieverdaulichkeit (**ED**) und der **Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD)** ($\text{ED} (\%) = \text{OMD} (\%) - 3,3$). Deshalb kann bei Wiederkäuerfuttern die Bestimmung der ED über die OMD erfolgen, um den Energieverlust über den Kot und damit die Verdauliche Energie (**DE**) (zweite Stufe) mit Schätzgleichung **4** zu berechnen.

Gleichung 4:
$$DE_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} = GE \text{ [MJ/kg OM]} \cdot ((OMD_{FAN1} [\%] - 3,3) \div 100)$$

DE = Verdauliche Energie; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; OM = Organische Masse; GE = Bruttoenergie;

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse

Die Bestimmung der OMD erfolgt durch einen Verdaulichkeitsversuch, beim Wiederkäuer gewöhnlich mit Hammeln. Der Hammel wird dem Rind aus versuchstechnischen Gründen in der Regel vorgezogen. Vorteile sind die geringere Futtermenge, die günstigere Kotkonsistenz und die wie beim Rind gute Standardisierbarkeit des FAN. Alternativ kann die OMD mit verschiedenen Methoden geschätzt werden. Welche alternativen Verfahren/Methoden zu empfehlen sind, hängt vom Futtermittel (Einteilung der Futtermittel nach DLG 2025a) und den methodischen Möglichkeiten im Labor ab.

• Grobfutter

Bei den Grobfuttermitteln ist die Bandbreite der OMD innerhalb gleich bezeichneter Futtermittel, z. B. bei den Grasprodukten, sehr groß. Um diese zu fassen, wurden auf der Basis vieler OMD-Bestimmungen an Hammeln eigene Schätzgleichungen entwickelt. Diese beinhalten neben den Rohnährstoffen auch spezielle Kenngrößen bezüglich der Faserbestandteile (Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (**ADFom**), Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (**aNDFom**)) und die Nährstoffumsetzungen in den Vormägen (24 h Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest (**GB**) bzw. enzymlösliche organische Substanz (**ELOS**)). In der Laborpraxis werden die Ausgangsgrößen mittels der Referenzverfahren chemisch bzw. über Nahinfrarotreflexionsspektroskopie (**NIRS**) gemessen. Die NIRS-Methodik erlaubt eine schnellere und kostengünstigere Vorgehensweise als die entsprechende chemische bzw. *in-vitro*-Methode.

Für **grasbetonte Grünlandaufwüchse** (Leguminosenanteil ≤ 50 %) kann die OMD mittels Gleichung **5a** oder **5b** geschätzt werden (GfE 2024). Die Gleichungen sind für frisch geerntetes, siliertes und getrocknetes Material anwendbar. Beide Gleichungen sind zur Abschätzung der OMD geeignet. Bei der Gleichung auf Basis der GB ergibt sich der Vorteil einer besseren „Robustheit“ in der Anwendung unter anderem auf Grund von mehr Parametern. Wenn die labortechnischen Möglichkeiten es erlauben, ist daher die Gleichung auf Basis GB zu bevorzugen. Darüber hinaus ist bei der Anwendung zu berücksichtigen, dass ein möglicher Unterschied in einem Futtermittel nach Gleichung **5a** bzw. **5b** erst ab größeren Differenzen korrekt angezeigt werden kann, da noch kein nennenswerter Unterschied besteht, wenn sich lediglich die Standardabweichungen überlagern.

Gleichung 5a:
$$OMD_{FAN1} [\%] = 12,3 + 0,245 \cdot CL \text{ [g/kg OM]} + 0,0733 \cdot ELOS \text{ [g/kg OM]}$$

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; CL = Rohfett; ELOS = enzymlösliche organische Substanz

Gleichung 5b:
$$OMD_{FAN1} [\%] = 58,3 + 0,0926 \cdot CP \text{ [g/kg OM]} - 0,0487 \cdot aNDFom \text{ [g/kg OM]} + 0,502 \cdot GB \text{ [mL/200 mg OM]}$$

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; CP = Rohprotein; aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung; GB = 24 h Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest

Die Gleichungen **5a** und **5b** sind jeweils mit dem geringsten Schätzfehler behaftet, wenn das Grasprodukt 330–740 g ELOS/kg TM; 20–65 mL GB/200 mg TM; 150–490 g ADFom/kg TM; 300–740 g aNDFom/kg TM; bis 60 g CL/kg TM; bis 270 g CP/kg TM und bis 230 g CA/kg TM aufweist. Wird die Schätzgleichung außerhalb der genannten Bereiche angewandt, steigt der Schätzfehler und es ist auf den eigentlichen Anwendungsbereich hinzuweisen.

Für **Grobfutterleguminosen** (Leguminosenanteil > 50%), unabhängig davon, ob als Grünfutter geerntet oder als Silage, Heu oder Trockengrün konserviert, gelten die nachfolgenden Gleichungen (**6a** bis **6d**) für die Schätzung der OMD (GfE 2017a). Die OMD von Folgeaufwüchsen bzw. von Futter ohne Aufwuchsangabe wird mit den Gleichungen **6c** oder **6d** geschätzt. Eine Aufwuchsangabe sollte aber unbedingt angestrebt werden, um die Gleichung sachgerecht anwenden zu können.

Gleichung 6a: $OMD_{FAN1} [\%] = 81,71$
 1. Aufwuchs $- 0,0711 \cdot ADFom [g/kg OM]$
 $+ 0,0195 \cdot ELOS [g/kg OM]$

Gleichung 6b: $OMD_{FAN1} [\%] = 95,72$
 1. Aufwuchs $- 0,0859 \cdot ADFom [g/kg OM]$
 $+ 0,0964 \cdot GB [mL/200 mg OM]$

Gleichung 6c: $OMD_{FAN1} [\%] = 70,77$
 $\geq 2.$ Aufwuchs $- 0,0683 \cdot ADFom [g/kg OM]$
 $+ 0,0302 \cdot ELOS [g/kg OM]$

Gleichung 6d: $OMD_{FAN1} [\%] = 77,90$
 $\geq 2.$ Aufwuchs $- 0,0711 \cdot ADFom [g/kg OM]$
 $+ 0,2997 \cdot GB [mL/200 mg OM]$

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung; ELOS = enzymlösliche organische Substanz; GB = 24 h Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest

Der Geltungsbereich für die Gleichungen **6a** bis **6d** ist angegeben für CA mit bis 280 g/kg TM, CP mit bis 270 g/kg TM, CL mit bis 38 g/kg TM, aNDFom mit 185–600 g/kg TM, ADFom mit 140–410 g/kg TM, GB mit 30–51 mL/200 mg TM und ELOS mit 460–740 g/kg TM. Wird die Schätzgleichung außerhalb der genannten Bereiche angewandt, ist darauf hinzuweisen.

Für **frische und silierte Maisprodukte** (Silomais, Maissilage, Restpflanze) dient Gleichung **7** zur Schätzung der OMD (GfE 2020).

Gleichung 7: $OMD_{FAN1} [\%] = 64,45$
 $- 0,03814 \cdot ADFom [g/kg OM]$
 $+ 0,02677 \cdot ELOS [g/kg OM]$

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; ADFom = Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung; ELOS = enzymlösliche organische Substanz

Die Gleichung **7** ist mit dem geringsten Schätzfehler behaftet, wenn das Maisprodukt 325–825 g ELOS/kg TM; 145–435 g ADFom/kg TM; 5–105 g CL/kg TM; 55–105 g CP/kg TM und 25–75 g CA/kg TM aufweist. Wird die Schätzgleichung außerhalb der genannten Bereiche angewandt, nimmt die Schätzungsgüte ab und es ist darauf hinzuweisen.

Beispiel Maissilage:

$$\begin{aligned}\text{OMD}_{\text{FAN1}} [\%] &= 64,45 \\ &\quad - 0,03814 \cdot (203 \div (1 - (38 \div 1.000)))^{1)} \\ &\quad + 0,02677 \cdot (632 \div (1 - (38 \div 1.000)))^{1)} \\ &= \mathbf{74,0\%}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{DE}_{\text{FAN1}} [\text{MJ/kg OM}] &= 19,3 \\ &\quad \cdot (74,0 - 3,3) \div 100 \\ &= \mathbf{13,7 \text{ MJ/kg OM}}\end{aligned}$$

¹⁾ Rechenschritt in Klammern dient der Umrechnung von g/kg TM in g/kg OM

Für **andere Grobfutter** ist aus den Futterwerttabellen (z. B. DLG 2025a) die tabellierte OMD_{FAN1} eines in seiner Zusammensetzung ähnlichen Futtermittels für die weitere Berechnung der Energiekonzentration anzunehmen.

Liegt „Sandwich-Silage“ (*Silierung verschiedener Futtermittel in Schichten*) oder liegen vergleichbare Grobfutter-Mischungen vor, sind die Grobfutter einzeln zu beproben und im Labor separat zu analysieren. Für beide Komponenten ist die Energiebewertung im Labor von der GE bis zur ME getrennt durchzuführen und auf dem Attest separat auszuweisen. Beispielsweise bei einer Gras-/Mais-Sandwichsilage wendet das Labor zur Schätzung der OMD für die Grassilageprobe Gleichung (5a oder 5b), für die Maissilageprobe Gleichung 7 an.

• Konzentrate

Für **Saffutter** (Teile von Pflanzen und Verarbeitungsprodukten mit < 55 % TM sowie > 11,5 MJ ME/kg TM und/oder > 22 % CP in der TM) sowie **Feuchtkonzentrate** (> 55 % und < 86 % TM) und **konzentrierte, trockene Einzelfutter** (> 86 % TM) kann die tabellierte OMD_{FAN1} eines in seiner Zusammensetzung ähnlichen Futtermittels für die weitere Berechnung der Energiekonzentration aus DLG (2025a) angenommen werden. Bei den Konzentraten ist dies relativ gut möglich, da die Heterogenität im Vergleich zum Grobfutter gering ist. Aber auch bei diesen Futtermitteln werden mehrere OMD-Bestimmungen benötigt, um eine mittlere OMD ableiten zu können. Dies gilt insbesondere für Co-Produkt (= synonym für Verarbeitungs-, Neben- bzw. Koppelprodukt oder -erzeugnis), die auch auf Grund von Änderungen in den Produktionsprozessen und dem Ausgangsmaterial Veränderungen in der OMD aufweisen können. In den Futterberechnungs- und -optimierungsprogrammen ist daher eine sachgerechte Pflege und Weiterentwicklung der angesetzten OMD wichtig.

Die Optimierung der **Mischfuttermittel** erfolgt auf der Basis der Nährstoffkonzentrationen in den Einzelfuttermitteln und deren OMD_{FAN1} . Insbesondere für den Zweck der Mischfütteroptimierung wird für Einzelfuttermittel, neben der Nutzung von Tabellenwerten, der Einsatz von Methoden zur Abschätzung der OMD empfohlen, etwa mit Hilfe der in GfE (2023) zitierten Schätzgleichungen von Menke und Steingaß (1987; für Konzentrat-/Mischfuttermittel $\text{OMD} [\%] = 28,49 + 0,7967 \cdot \text{GB} [\text{mL}/200 \text{ mg TM}] + 0,0325 \cdot \text{CP} [\text{g/kg TM}]$; für Grobfutter- und Konzentratfuttermittel $\text{OMD} [\%] = 14,88 + 0,8893 \cdot \text{GB} [\text{mL}/200 \text{ mg TM}] + 0,0448 \cdot \text{CP} [\text{g/kg TM}] + 0,0651 \cdot \text{CA} [\text{g/kg TM}]$). Weitere Untersuchungen zum optimalen Einsatzbereich der Gleichungen und ihrer Validität sind notwendig. Darüber hinaus ist deren Weiterentwicklung anzustreben. Wie, von den Einzelfuttermitteln kommend, die OMD des Mischfuttermittels berechnet wird, zeigt das *Beispiel im Abschnitt 2.3 „Anwendung“* auf.

Zur Überprüfung der deklarierten ME-Konzentration der Mischfuttermittel nach Futtermittelrecht wird für die Schätzung der OMD zukünftig die Gleichung 8 genutzt (GfE 2025).

Gleichung 8:

$$\begin{aligned} \text{OMD}_{\text{FAN1}} [\%] = & 26,9 \\ & + 0,0342 \cdot \text{CP} [\text{g/kg OM}] \\ & + 0,0706 \cdot \text{CL} [\text{g/kg OM}] \\ & - 0,0254 \cdot \text{aNDFom} [\text{g/kg OM}] \\ & + 0,842 \cdot \text{GB} [\text{mL/200 mg OM}] \end{aligned}$$

OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; CP = Rohprotein; CL = Rohfett; aNDFom = Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung; GB = 24 h Gasbildung im Hohenheimer Futterwerttest

Die Gleichung 8 ist mit dem geringsten Schätzfehler behaftet, wenn das Mischfuttermittel 40–70 mL/200 mg TM GB; 70–245 g ADFom/kg TM; 145–420 g aNDFom/kg TM; bis 80 g CL/kg TM; bis 420 g CP/kg TM; 30–510 g ST/kg TM; 20–140 g ZU/kg TM und bis 120 g CA/kg TM aufweist. Wird die Schätzgleichung außerhalb der genannten Bereiche angewandt, ist darauf hinzuweisen.

Der Einsatz von Futterharnstoff in Mischfuttermitteln bewirkt eine nicht sicher quantifizierbar geringere GB im Hohenheimer Futterwerttest (**HFT**). Bei Mischfuttermitteln mit höheren Anteilen an Futterharnstoff ist daher eine verminderte Genauigkeit der OMD-Schätzung mit der Gleichung 8 zu erwarten.

Zur Ermittlung der GE aus den Rohnährstoffen wird für Mischfuttermittel mit Zusatz von Futterharnstoff nachfolgende Gleichung 8a empfohlen (GfE 2025):

Gleichung 8a:

$$\begin{aligned} \text{GE} [\text{MJ/kg OM}] = & [23,6 \cdot ((\text{Gesamt-N} - \text{Harnstoff-N}) \cdot 6,25) \\ & + 10,5 \cdot \text{Harnstoff} \\ & + 39,8 \cdot \text{CL} + 17,3 \cdot \text{ST} + 16,0 \cdot \text{ZU} + 18,9 \cdot \text{OR}] \\ & \div (1 - \text{CA} \div 1.000) \\ & \div 1.000 \end{aligned}$$

Wobei OR = OM – (Gesamt-N – Harnstoff-N) • 6,25 – Harnstoff – CL – ST – ZU
[alle Angaben in g/kg TM]

GE = Bruttoenergie; OM = Organische Masse; N = Stickstoff; CL = Rohfett; ST = Stärke; ZU = Zucker; OR = organischer Rest

Bei Mischfuttermitteln wird zur Berechnung der DE bei der Überprüfung der deklarierten Werte die mit Gleichung 8 geschätzte OMD_{FAN1} genutzt. Bei der Optimierung von Mischfuttermitteln wird zunächst durch korrekte Gewichtung der OMD_{FAN1} der Einzelfuttermittel die OMD_{FAN1} des Mischfuttermittels berechnet. Erst in einem zweiten Schritt wird aus der OMD_{FAN1} des Mischfuttermittels dessen Konzentration an DE berechnet (*weitere Infos siehe Beispiel im Abschnitt 2.3 „Anwendung“*).

Um die **Umsetzbare Energie (ME)** zu bestimmen bzw. zu schätzen und damit die dritte Stufe der Energiebewertung bei Wiederkäuerfutter zu erreichen, ist zunächst die Schätzung der Harnenergieverluste (**UE**) und der Methanenergieverluste (**CH₄E**) erforderlich. Die Schätzung dieser beiden Verluste erfolgt mit Gleichung 9 für die UE und Gleichung 10 für die CH₄E.

Gleichung 9:

$$\begin{aligned} \text{UE} [\text{MJ/kg OM}] = & 0,0037 \\ & \cdot \text{CP} [\text{g/kg OM}] \end{aligned}$$

UE = Harnenergieverluste; OM = Organische Masse; CP = Rohprotein

Gleichung 10:

$$\begin{aligned} \text{CH}_4\text{E}_{\text{FAN1}} [\text{MJ/kg OM}] = & 0,7 \\ & + 0,014 \cdot \text{OMD}_{\text{FAN1}} [\%] \end{aligned}$$

CH₄E = Methanenergieverluste; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; OM = Organische Masse; OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse

Im letzten Schritt werden die UE und CH₄E von der DE abgezogen, um die ME zu bestimmen (Gleichung 11).

Gleichung 11:
$$ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} = DE_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} \\ - UE \text{ [MJ/kg OM]} \\ - CH_4E_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]}$$

ME = Umsetzbare Energie; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; OM = Organische Masse; DE = Verdauliche Energie;
UE = Harnenergieverluste; CH₄E = Methanenergieverluste

Beispiel Maissilage:

$$\begin{aligned} ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} &= 13,7 \\ &- 0,0037 \cdot (78 \div (1 - (38 \div 1.000)))^{1)} \\ &- (0,7 + 0,014 \cdot 74) \\ &= \mathbf{11,6 \text{ MJ/kg OM}} \end{aligned}$$

¹⁾ Rechenschritt in Klammern dient der Umrechnung von g/kg TM in g/kg OM

Um die Umsetzbare Energie pro kg TM zu kalkulieren, ist Gleichung 12 anzuwenden.

Gleichung 12:
$$ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg TM]} = ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} \\ \cdot (1 - (CA \text{ [g/kg TM]} \div 1.000))$$

ME = Umsetzbare Energie; FAN1 = Futteraufnahmeniveau 1; TM = Trockenmasse; OM = Organische Masse; CA = Rohasche

Beispiel Maissilage:

$$\begin{aligned} ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg TM]} &= 11,6 \\ &\cdot (1 - (38 \div 1.000)) \\ &= \mathbf{11,2 \text{ MJ/kg TM}} \end{aligned}$$

Das dargelegte Vorgehen ist grundsätzlich bei der Energieberechnung bei allen Futtermitteln für Wiederkäuer (Milchkuh, wachsendes Rind, Schaf, Ziege, ...) anzuwenden.

Um die Laborergebnisse oder die Angaben zum Mischfuttermittel für die Betrachtung der Energieversorgung in der Rationsberechnung nutzen zu können, sind nachfolgende Merkmale (Tabelle 2) zwingend erforderlich.

Tabelle 2: Notwendige Angaben zur Energiebewertung auf Laborattesten und Deklarationen von Mischfuttermitteln zur sachgerechten Anwendung in der Rationsoptimierung

Merkmal	Abkürzung	Bezugsgröße
Trockenmasse	TM	g/kg
Rohasche	CA	g/kg TM
Rohprotein	CP	g/kg TM
Bruttoenergie	GE	MJ/kg TM
Verdaulichkeit der Organischen Masse bei FAN1	OMD _{FAN1}	%

Um die Werte direkt für die Rationsberechnung nutzbar zu machen, sollten die für die Merkmale genannten Bezugsgrößen in Tabelle 2 eingehalten werden. Andernfalls wird eine Umrechnung der Merkmale auf die genannten Bezugsgrößen notwendig. Dieser Schritt birgt Fehlerpotential und ist deshalb zu vermeiden.

Beispiel Maissilage:

TM		356	g/kg
CA		38	g/kg TM
CP		78	g/kg TM
GE	$19,3 \cdot (1 - (38 \div 1.000)) =$	18,6	MJ/kg TM
OMD_{FAN1}		74,0	%

Neben den genannten Angaben sollte bei Mischfuttermitteln die ME_{FAN1} -Konzentration deklariert werden, um das Futter zu charakterisieren und den Maßgaben des Futtermittelrechts zu entsprechen.

Das FAN und die dadurch veränderte Verweildauer des Futterbreis im Verdauungstrakt nimmt Einfluss auf die Energieverluste über Kot und Methan (GfE 2023). Der Einfluss des FAN auf die ME von Rationen ist bei der hier vorgestellten Energiebewertung ME_{FAN1} einzelner Futtermittel nicht zu berücksichtigen, da es sich um die einheitliche Bewertung der Futtermittel auf Basis FAN1 handelt. Erst bei der Berechnung der ME-Versorgung (innerhalb der Rationsberechnung) der Milchkühe (Milch, Trächtigkeit, etc.) und der darauf abgestimmten Rationskontrolle ist das konkrete FANi in Ansatz zu bringen (*weitere Infos siehe Abschnitt 3. „Häufig gestellte Fragen“ und DLG 2025c*).

1.4 Fazit

Zur Energieberechnung bei Futtermitteln für die Schweine- und Wiederkäuerfütterung stehen wissenschaftlich abgesicherte und validierte Gleichungen zur Verfügung. Die Anwendung der jeweiligen Gleichungen hat sich am Gültigkeitsbereich zu orientieren. Bei den futtermittelrechtlich fixierten Gleichungen für Mischfuttermittel handelt es sich um eine Energieberechnung, die lediglich das fertige Futter richtig bewerten kann. Die Anwendung ist für die Deklaration und die mögliche Überprüfung vorgesehen. Für Einzelfuttermittel sind diese Gleichungen nicht konzipiert.

Hierzu sind die generellen Gleichungen unter Ermittlung der Verdaulichkeit der Rohnähstoffe beim Schwein bzw. der Organischen Masse beim Wiederkäuer oder speziell abgeleitete Gleichungen auf der Basis von Verdaulichkeitsbestimmungen zu verwenden.

Zur Sicherung und Verbesserung der Futterbewertungen sind kontinuierliche Untersuchungen zur Verdaulichkeit an Schwein und Hammel und deren übergreifende Auswertung daher weiter unverzichtbar.

2. Anwendung

Grundsätzlich gilt es bei der Energieberechnung zu unterscheiden, ob die Energiekonzentration für ein Einzel- oder ein Mischfuttermittel berechnet werden soll.

2.1 Berechnung der Energiekonzentration von Einzelfuttermitteln und deren Mischungen für Schweine

Die Berechnung der Energiekonzentration von Einzelfuttermitteln und deren Mischungen für Schweine erfolgt nach der im Jahr 2006 von der GfE eingeführten Gleichung 1. In die Berechnung gehen die Nährstoffkonzentrationen und die Verdaulichkeitskoeffizienten für dieses Einzelfuttermittel ein. Die Verdaulichkeitskoeffizienten können den DLG-Futtermittelwerttabellen Schweine (DLG 2014) oder der DLG-Datenbank Futtermittel (<http://datenbank.futtermittel.net>) entnommen werden. Dies stellt eine zuverlässige Vorgehensweise dar, da die Nährstoffkonzentration in der Regel stärker streut als die Verdaulichkeit des jeweiligen Nährstoffs. Ohne Kenntnis der Verdaulichkeit für jedes Futtermittel und jede der benötigten Nährstoffkonzentrationen ist die Berechnung nicht möglich.

Die Gleichung 1 ist für die Bewertung von Einzelfuttermitteln und für die Hochrechnung auf die Energiekonzentration von geplanten Futtermischungen heranzuziehen. Dabei wird die Zusammensetzung aus der Rezeptur abgelesen und so für jede einzelne Komponente die Energiekonzentration berechnet und dann mit dem Anteil in der Mischung gewichtet die Gesamtenergiekonzentration der Mischung durch Aufaddieren errechnet.

Dazu folgendes vereinfachtes Beispiel:

Eine Futtermischung für Mastschweine im Gewichtsbereich von 28 bis 40 kg Körpermasse aus Getreide, Sojaextraktionsschrot, Mineralfutter und Pflanzenöl. Die Daten wurden aus Tabellenwerten aus DLG (2014) „DLG Futterwerttabellen – Schweine“ berechnet und um Daten zu handelsüblichem Mineralfutter mit Aminosäurensupplementierung ergänzt.

Tabelle 3: Inhaltstoffe einer modellhaften Futtermischung für Mastschweine bei Eigenmischern (alle Angaben in % (VQ) bzw. g/kg oder MJ/kg)

Komponente	Anteil (%)	Konzentration bzw. VQ	CA	OM	CP	CL	ST	ZU	CF	ME (MJ/kg)
										nach G1
Gerste	35	(g/kg)	23	847	104	23	522	23	48	12,6
		(%)		84	73	53				
Weizen	45	(g/kg)	18	862	123	18	574	26	26	13,7
		(%)		89	90	50				
SES	16	(g/kg)	60	818	440	13	60	95	60	13,0
(ungeschälte Saat)		(%)		87	85	44				
Mineralfutter	3	(g/kg)	800	200	200					4,1
		(%)			95					
Pflanzenöl	1	(g/kg)		998		998				38,9
		(%)				98				
Mischung	100									13,2

CA = Rohasche; OM = Organische Masse; CP = Rohprotein; CL = Rohfett; ST = Stärke; ZU = Zucker; CF = Rohfaser;
ME = Umsetzbare Energie; G1 = Gleichung 1; VQ = Verdaulichkeit; SES = Sojaextraktionsschrot

Die Mischung aus 35 % Gerste + 45 % Weizen + 16 % Sojaextraktionsschrot + 3 % Mineralfutter und + 1 % Pflanzenöl enthält 13,2 MJ ME/kg ($12,6 \text{ MJ} \cdot 35\% + 13,7 \text{ MJ} \cdot 45\% + 13,0 \text{ MJ} \cdot 16\% + 4,1 \text{ MJ} \cdot 3\% + 38,9 \text{ MJ} \cdot 1\%$). Die Energiekonzentration des Mineralfuttermittels wurde aus den Energieangaben der darin enthaltenen Aminosäuren abgeleitet. Mögliche weitere energieliefernde Anteile an Öl oder Schälkleien sind im Beispiel nicht berücksichtigt. Diese können beispielsweise der LfL-Information „Futterberechnung für Schweine“ (2024) entnommen werden.

2.2 Berechnung der Energiekonzentration fertiger Futtermischungen für Schweine ohne Kenntnis bzw. Berücksichtigung der Komponenten

Um die Energiekonzentration in einem Mischfuttermittel für Schweine ohne Kenntnis der Anteile der Komponenten berechnen zu können, wird seit dem 1.9.2010 mit der Schätzgleichung für Mischfuttermittel gerechnet. Dank dieser Gleichung 2 ist es möglich, die Energiekonzentration nur auf Basis der Rohnährstoffe bzw. Inhaltsstoffe zu berechnen.

Die GfE (2008) nennt folgende Grenzen, in denen die Gleichung anzuwenden ist:

$CP \geq 150$ und ≤ 250 g/kg TM, $CL \leq 60$ g/kg TM, $CF \leq 80$ g/kg TM. Bei einem Mischfuttermittel mit Nährstoffkonzentrationen außerhalb dieser angegebenen Grenzen ist mit einem höheren Schätzfehler zu rechnen und es ist darauf hinzuweisen.

Beispiel: Folgende Nährstoffkonzentrationen wurden in einem **Mischfuttermittel** für Schweine analysiert:

163 g CP, 39 g CL, 430 g ST, 39 g ZU, 35 g CF, 42 g CA, [alle Angaben in g/kg TM]
sowie 876 g TM [Angabe in g/kg]

Die Energiekonzentration beträgt 13,5 MJ ME/kg TM nach der Mischfuttermittelleichung (siehe Gleichung 2). Diese Gleichung ist rechtsgültig, d. h. die amtliche Futtermittelüberwachung arbeitet und kontrolliert mit dieser Gleichung. Im Vertragsabschluss ist zur Einhaltung der Energiekonzentration diese Gleichung justiziabel.

2.3 Berechnung der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln bei deren Optimierung für Wiederkäuer

Im Falle der Berechnung der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln für Wiederkäuer sollte der Landwirt bzw. der Mischfutterhersteller wie in nachfolgendem Beispiel dargelegt vorgehen. Dieses Vorgehen ist grundsätzlich anzuwenden, wenn die Zusammensetzung des Mischfuttermittels und die Inhaltsstoffe der Komponenten bekannt sind.

Ausgangspunkt für die Berechnungen sind die Konzentrationen an CA, CP, GE und OMD_{FAN1} der Einzelkomponenten sowie die Anteile der Einzelfuttermittel im Mischfuttermittel. Die GE-Konzentrationen der Einzelfuttermittel können jeweils mit Gleichung 3 geschätzt werden. Für die OMD_{FAN1} der Einzelfuttermittel können tabellierte Werte aus DLG (2025a) eines in seiner Zusammensetzung ähnlichen Futtermittels genutzt werden.

Die rechnerische Ermittlung der Futterwertkennzahlen des Mischfuttermittels erfolgt durch Multiplikation der jeweiligen Futterwertkennzahl eines Futtermittels mit dessen Anteil im Mischfuttermittel (% der TM) und anschließender Aufsummierung aller Mischfuttermittelkomponenten, wie in folgendem Beispiel für CP dargestellt:

$$\begin{aligned} \text{CP}_{\text{MF}} &= \text{CP}_{\text{F1}} \\ &\quad \bullet \% \text{ der TM}_{\text{F1}} \div 100 \\ &+ \text{CP}_{\text{F2}} \\ &\quad \bullet \% \text{ der TM}_{\text{F2}} \div 100 \\ &+ \dots + \text{CP}_{\text{Fn}} \\ &\quad \bullet \% \text{ der TM}_{\text{Fn}} \div 100 \end{aligned}$$

CP = Rohproteinkonzentration in g/kg Trockenmasse (TM); MF = Mischfuttermittel;
F1, F2 und Fn = Komponenten des Mischfuttermittels;
% der TM_{Fn} = Anteil der Komponenten Fn im Mischfuttermittel in % der TM
siehe im Beispiel in Tabelle 4 Rechenweg in Fußnote 3)

Das Ergebnis dieser Berechnung ist der gewichtete Mittelwert einer Futterwertkennzahl in einem Mischfuttermittel. Dieser Wert wird später für die Energieberechnung benötigt.

Liegt die Zusammensetzung des Futtermittels in g/kg vor, ist zunächst die gewichtete TM der Mischung zu berechnen. Hierbei hat die Gewichtung nach dem Anteil der Einzelkomponenten zu erfolgen, wie nachfolgend dargestellt:

$$\begin{aligned} \text{TM}_{\text{MF}} &= \text{TM}_{\text{F1}} \\ &\quad \bullet \% \text{ im Futter}_{\text{F1}} \div 100 \\ &+ \text{TM}_{\text{F2}} \\ &\quad \bullet \% \text{ im Futter}_{\text{F2}} \div 100 \\ &+ \dots + \text{TM}_{\text{Fn}} \\ &\quad \bullet \% \text{ im Futter}_{\text{Fn}} \div 100 \end{aligned}$$

TM = Trockenmasse, MF = Mischfuttermittel;
F1, F2 und Fn = Komponenten der Futtermischung;
% im Futter_{Fn} = Anteil der Komponenten Fn im Mischfuttermittel in %

Danach kann, wie in Tabelle 4 dargestellt, der Anteil der Einzelkomponenten in % der TM berechnet werden ($\% \text{ der TM}_{\text{F1}} = \% \text{ im Futter}_{\text{F1}} \cdot \text{TM}_{\text{F1}} / \text{TM}_{\text{MF}}$) (siehe im Beispiel in Tabelle 4, Rechenweg in Zeile [10], Spalte [H]).

Für die Berechnung der OMD des Mischfuttermittels wird zunächst die DOM jedes Einzelfuttermittels ermittelt ($\text{DOM [g/kg TM]} = \text{OM [g/kg TM]} \cdot \text{OMD [\%]} \div 100$) und anschließend der gewichtete Mittelwert der Mischung berechnet (siehe im Beispiel in Tabelle 4 Rechenweg in Fußnote 7). Anschließend wird die OMD durch Division der DOM durch die OM berechnet: $\text{OMD [\%]} = \text{DOM [g/kg TM]} \div \text{OM [g/kg TM]} \cdot 100$ (siehe im Beispiel in Tabelle 4, Rechenweg in Fußnote 5). Eine Gewichtung der OMD nach dem TM-Anteil der Einzelkomponenten in der Mischung ist nicht korrekt und daher nicht sachgerecht!

Tabelle 4: Modellhafte Zusammensetzung eines Mischfuttermittels und Berechnung der Kenngrößen der Futtermischung

Zeile [1]	Spalte [A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]	[I]	[J]
Zeile [2]	Komponente	Anteil	TM	CA	CP	GE	OMD _{FAN1}	Anteil	OM	DOM _{FAN1}
Zeile [3]		%	g/kg	g/kg TM		MJ/kg TM	% der OM	% der TM	g/kg TM	
Zeile [4]	Körnermais	30,3	880	17	93	18,9	85	30,0	983	836
Zeile [5]	Gerste	25,2	880	30	123	18,7	87	25,0	970	844
Zeile [6]	Melasseschnitzel	11,8	900	75	96	17,7	90	12,0	925	833
Zeile [7]	Rapsextraktionsschrot	15,0	890	79	385	19,6	79	15,0	921	728
Zeile [8]	Trockenschlempe	14,8	900	50	356	21,1	78	15,0	950	741
Zeile [9]	Mineralfuttermittel	2,8	960	904	0	3,7	70	3,0	96	67
Zeile [10]	Woher kommen die Werte? (Bsp. für Zeile [4])	–	analysiert			G 3	DLG (2025a)	$\frac{[B4] \cdot [C4]}{[C11]}$	$1.000 - [D4]$	$\frac{[I4] \cdot [G4]}{100}$
Zeile [11]	Mischung (berechnet)	100	889	68	181	18,7	84	100	932	784
Zeile [12]	Rechenweg	–	1)	2)	3)	4)	5)	–	6)	7)

TM = Trockenmasse; CA = Rohasche; CP = Rohprotein; GE = Bruttoenergie; OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse; OM = Organische Masse; DOM = verdauliche Organische Masse; FAN1 = Futteraufnahmeniveau auf Erhaltungsniveau

- 1) $[B4] \div 100 \cdot [C4] + [B5] \div 100 \cdot [C5] + \dots + [B9] \div 100 \cdot [C9]$
- 2) $[H4] \div 100 \cdot [D4] + [H5] \div 100 \cdot [D5] + \dots + [H9] \div 100 \cdot [D9]$
- 3) $[H4] \div 100 \cdot [E4] + [H5] \div 100 \cdot [E5] + \dots + [H9] \div 100 \cdot [E9]$
- 4) $[H4] \div 100 \cdot [F4] + [H5] \div 100 \cdot [F5] + \dots + [H9] \div 100 \cdot [F9]$
- 5) $[J9] \div [I9] \cdot 100$
- 6) $[H4] \div 100 \cdot [I4] + [H5] \div 100 \cdot [I5] + \dots + [H9] \div 100 \cdot [I9]$
- 7) $[H4] \div 100 \cdot [J4] + [H5] \div 100 \cdot [J5] + \dots + [H9] \div 100 \cdot [J9]$

Für die Berechnung der ME_{FAN1} eines Mischfuttermittels sind abschließend die Gleichungen **4** und **11** anzuwenden.

Beispiel Mischfuttermittel:

$$\begin{aligned} DE_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} &= 18,7 \\ &\div (1 - (68 \div 1.000))^{1)} \\ &\cdot (84,1 - 3,3) \div 100 \\ &= \mathbf{16,2 \text{ MJ/kg OM}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg OM]} &= 16,2 \\ &- 0,0037 \\ &\cdot (181 \div (1 - (68 \div 1.000)))^{1)} \\ &- (0,7 + 0,014 \cdot 84,1) \\ &= \mathbf{13,6 \text{ MJ/kg OM}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ME_{FAN1} \text{ [MJ/kg TM]} &= 13,6 \cdot (1 - (68 \div 1.000))^{1)} \\ &= \mathbf{12,7 \text{ MJ/kg TM}} \end{aligned}$$

¹⁾ Rechenschritt in Klammern dient der Umrechnung von g/kg TM in g/kg OM

Die Energiekonzentration des Mischfuttermittels im Beispiel beträgt 12,7 MJ ME_{FAN1} /kg TM bzw. 11,3 MJ ME_{FAN1} /kg.

2.4 Berechnung der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln für Wiederkäuer ohne Kenntnis bzw. Berücksichtigung der Komponenten

Um die Energiekonzentration in einem Mischfuttermittel für Wiederkäuer ohne Kenntnis der Anteile der Komponenten einschätzen zu können, werden zunächst die GE mit Gleichung **3** und die OMD_{FAN1} mit Gleichung **8** (für Mischfuttermittel) geschätzt. Dann wird mit den Gleichungen **4** und **11** nach dem dreistufigen Verfahren weiter bis zur ME gerechnet.

Beispiel anhand von Analyseenergieergebnissen eines Mischfuttermittels **für Milchkühe**:

TM	879	g/kg
CA	70	g/kg TM
CP	200	g/kg TM
CL	40	g/kg TM
ST	310	g/kg TM
ZU	80	g/kg TM
aNDFom	235	g/kg TM
GB	60,5	mL/200 mg TM

$$\begin{aligned}
 \text{GE [MJ/kg OM]} &= ((23,6 \cdot 200 \\
 &\quad + 39,8 \cdot 40 \\
 &\quad + 17,3 \cdot 310 \\
 &\quad + 16,0 \cdot 80 \\
 &\quad + 18,9 \cdot (1.000 - 70 - 40 - 200 - 310 - 80)) \\
 &\quad \div (1 - (70 \div 1.000)))^{1)} \\
 &\quad \div 1.000 \\
 &= \mathbf{20,0 \text{ MJ/kg OM}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{OMD}_{\text{FAN1}} [\%] &= 26,9 \\
 &\quad + 0,0342 \cdot 200 \div (1 - (70 \div 1.000))^{1)} \\
 &\quad + 0,0706 \cdot 40 \div (1 - (70 \div 1.000))^{1)} \\
 &\quad - 0,0254 \cdot 235 \div (1 - (70 \div 1.000))^{1)} \\
 &\quad + 0,842 \cdot 60,5 \div (1 - (70 \div 1.000))^{1)} \\
 &= \mathbf{85,6\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DE}_{\text{FAN1}} [\text{MJ/kg OM}] &= 20,0 \\
 &\quad \cdot (85,6 - 3,3) \div 100 \\
 &= \mathbf{16,5 \text{ MJ/kg OM}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ME}_{\text{FAN1}} [\text{MJ/kg OM}] &= 16,5 \\
 &\quad - 0,0037 \\
 &\quad \cdot (200 \div (1 - (70 \div 1.000)))^{1)} \\
 &\quad - (0,7 + 0,014 \cdot 85,6) \\
 &= \mathbf{13,8 \text{ MJ/kg OM}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ME}_{\text{FAN1}} [\text{MJ/kg TM}] &= 13,8 \cdot (1 - (70 \div 1.000))^{1)} \\
 &= \mathbf{12,8 \text{ MJ/kg TM}}
 \end{aligned}$$

¹⁾ Rechenschritt in Klammern dient der Umrechnung von g/kg TM in g/kg OM

Die Energiekonzentration beträgt 12,8 MJ ME_{FAN1}/kg TM bzw. 11,3 MJ ME_{FAN1}/kg nach der Mischfuttermittlergleichung (siehe Gleichung 8). Diese Gleichung ist rechtsgültig, d. h. die amtliche Futtermittelüberwachung arbeitet und kontrolliert mit dieser Gleichung. Im Vertragsabschluss ist zur Einhaltung der Energiekonzentration diese Gleichung justiziabel.

3. Häufig gestellte Fragen

Wie führe ich bei einer Silage im Labor die Trockenmassekorrektur (Verluste an flüchtigen Substanzen wie beispielsweise bei der Ofentrocknung) durch, wenn die Silage nicht auf flüchtige Substanzen wie Gärssäuren und Alkohol untersucht wurde?

- Dann ist eine vereinfachte Korrektur der TM und der analysierten Nährstoffkonzentrationen anhand der geschätzten mittleren Trocknungsverluste nach Weißbach und Kuhla (1995) durchzuführen.
- Dabei wird die TM der Probe um die Menge der flüchtigen Substanzen (niedermolekulare Fettsäuren, Milchsäure und Alkohole) der original vorliegenden Probe (Frischmasse) nach oben korrigiert. Vereinfacht geschieht das für
Maissilage: $TM_{\text{korrr.}} (\%) = 2,22 + 0,960 \cdot TM_{\text{unkorr.}} (\%)$
Grassilage: $TM_{\text{korrr.}} (\%) = 2,08 + 0,975 \cdot TM_{\text{unkorr.}} (\%)$

Für weitere, unter Bildung von flüchtigen Substanzen konservierte Substrate wie Zuckerrübenpressschnitzelsilagen oder Ganzpflanzensilagen wurden bisher keine vereinfachten Korrekturberechnungen erarbeitet. Hier empfiehlt es sich trotzdem, eine der beiden Korrekturgleichungen anzuwenden, um den durch Nichtberücksichtigung der Trocknungsverluste entstehenden Fehler gering zu halten.

- Da im Futtermittellabor die Roh Nährstoffe im getrockneten Material analysiert und auf die noch unkorrigierte TM bezogen werden, müssen auch die Nährstoffkonzentrationen auf die durch die Berücksichtigung der flüchtigen Substanzen höher ausfallenden TM korrigiert werden. Das betrifft ausschließlich die analysierten Nährstoffe CA, CP, CL, ST, ZU, aNDFom, ADFom sowie die Mineralstoffe. Deren Werte werden durch die Korrektur verringert, da diese Fraktionen in den flüchtigen Substanzen nicht enthalten sind. Die Korrektur betrifft auch die eigentlich analysierte enzymunlösliche organische Substanz (EuLOS) und die GB im HFT.

Die Korrektur erfolgt dann unter Nutzung des Quotienten $f = TM_{\text{unkorr.}} / TM_{\text{korrr.}}$:

$$\text{Nährstoff}_{\text{korrr.}} = \text{Nährstoff}_{\text{unkorr.}} \cdot f$$

$$GB_{\text{korrr.}} = GB_{\text{unkorr.}} \cdot f$$

GE, Nicht-Faser-Kohlenhydrate (**NFC**), OR und ELOS können ausschließlich unter Nutzung der korrigierten Nährstoffkonzentrationen berechnet werden:

$$GE_{\text{korrr.}} (\text{MJ/kg TM}) = 23,6 \cdot CP_{\text{korrr.}} + 39,8 \cdot CL_{\text{korrr.}} + 17,3 \cdot ST_{\text{korrr.}} + 16,0 \cdot ZU_{\text{korrr.}} + 18,9 \cdot (1.000 - CA_{\text{korrr.}} - CP_{\text{korrr.}} - CL_{\text{korrr.}} - ST_{\text{korrr.}} - ZU_{\text{korrr.}}) \div 1.000$$

$$NFC_{\text{korrr.}} = 1.000 - CA_{\text{korrr.}} - CP_{\text{korrr.}} - CL_{\text{korrr.}} - aNDFom_{\text{korrr.}}$$

$$OR_{\text{korrr.}} = 1.000 - CA_{\text{korrr.}} - CP_{\text{korrr.}} - CL_{\text{korrr.}} - ST_{\text{korrr.}} - ZU_{\text{korrr.}}$$

$$ELOS_{\text{korrr.}} = 1.000 - CA_{\text{korrr.}} - EuLOS_{\text{korrr.}}$$

Ich bin Eigenmischer, welche Gleichung soll ich zur Berechnung nehmen?

- Nehmen Sie die Gleichungen für die Einzelfuttermittel und berechnen Sie die Gesamtenergiekonzentration durch gewichtete Addition der Werte aus den Einzelfuttermitteln (*Abschnitt 2.3 „Anwendung“ beachten*). Falls die Verdaulichkeitswerte nicht bekannt sind, sprechen Sie Ihren Partner in der Beratung an.

Kann die Energiekonzentration von Einzelfuttermitteln (Konzentraten) mit der Mischfuttermittelle Gleichung berechnet werden?

- Nein. Die Additivität der Mischfuttermittelle Gleichung (Gleichung 2 für Schweinefutter, Gleichung 8 für Wiederkäuerfutter) ist nicht zwingend gegeben. Sie wurde ausdrücklich für Mischfuttermittel entwickelt.

Für viele Einzelfuttermittel in flüssiger Form (Flüssigkomponenten) für Schweine, z. B. Kartoffeldampfschalen, kann ich keine Verdaulichkeitswerte finden. Wie können diese Futtermittel energetisch bewertet werden?

- Die Verdaulichkeitswerte liegen in der Tat noch nicht vor oder sind in zu geringem Umfang untersucht worden. Sprechen Sie Ihren Lieferanten an. Wenn das Futtermittel folgendem Roh Nährstoffrahmen entspricht: $CP \geq 150$ und ≤ 250 g /kg TM und $CL \leq 60$ g/kg TM und $CF \leq 80$ g/kg TM, kann ausnahmsweise mit der Mischfuttermittelle Gleichung (Gleichung 2) geschätzt werden. Hierbei ist von einem erhöhten Schätzfehler auszugehen.

Wie ist die Energiekonzentration von Silagen für Schweine zu ermitteln, z. B. für Corn-Cob-Mix oder Maiskornsilage?

- In DLG (2014) „DLG Futterwerttabellen – Schweine“ sind die Verdaulichkeitskoeffizienten für zahlreiche Grobfutterkonservate aufgeführt, auch Maiskornsilage oder Corn-Cob-Mix sind unter der Rubrik „Silagen“ zu finden. Auf dieser Basis wird die Energiekonzentration mit Gleichung 1 berechnet. Im Internet kursieren Excel-Datenblätter, die die Energiekonzentration von Corn-Cob-Mix mit der Mischfuttermittelleichung berechnen. Dies ist so nicht korrekt.

Mein Mischfutterlieferant verzichtet auf die Deklaration der Energiekonzentration von Mischfuttermitteln bei Eiweißkonzentraten bzw. eiweißreichen Ergänzungsfuttermitteln für Schweine, wie kann ich die Energiekonzentration meiner Ration nun berechnen?

- Rein rechtlich kann die Mischfuttermittelleichung Gleichung 2 für alle Mischfuttermittel für Schweine angewendet werden, es macht jedoch aus fachlicher Sicht Sinn, bei diesen eiweißreichen Ergänzern auf die Angabe der Energiekonzentration zu verzichten. Dennoch kann eine Berücksichtigung erfolgen. Zur Berechnung der Gesamtration sollte aus den Inhaltsstoffen der Gesamtration die Gesamtenergiekonzentration errechnet werden, dazu ist allerdings die Kenntnis der Stärkemenge in der Gesamtration wichtig. Diese Angabe sollte dann auch für den Ergänzer beim Mischfutterhersteller erfragt werden.

Mein Mischfutterhersteller hat mir Anteile im Mischfuttermittel genannt, kann ich die Energie nun auf Einzelfuttermittelbasis nachrechnen?

- Maßgeblich ist das Ergebnis, welches sich nach dem Untersuchungsergebnis zur Analyse der Inhaltsstoffe aus der Mischfuttermittelleichung ergibt und die deklarierte Energiekonzentration des Mischfutterlieferanten.

Wie kann ich die Analyseergebnisse meiner Futtermittel oder die Angaben zum Mischfuttermittel für die Rationsberechnung nutzen, um Milchkühe bedarfsgerecht mit Energie zu versorgen? Wie ist hierbei das konkrete FANi in Ansatz zu bringen? Und wie wirkt sich das FANi auf die Konzentration an Umsetzbarer Energie in der Ration aus?

Wie im Detail bei der Rationsberechnung für Milchkühe vorzugehen ist, wird ausführlich in DLG (2025c) beschrieben. An dieser Stelle soll deshalb nur auf die methodischen Besonderheiten im Zuge der bedarfsgerechten Versorgung mit ME eingegangen werden. Das nachfolgende Beispiel zeigt auf, wie, ausgehend von der Energiebewertung der Futtermittel bei FAN1, die Energieversorgung bei FANi gelingt.

Zunächst wird für jede Rationskomponente getrennt voneinander die Aufnahme an ME bei FANi berechnet. Zum Schluss werden die einzelnen ME-Aufnahmen aus den Rationskomponenten zur ME-Aufnahme der Gesamtration aufsummiert. Es wird darauf hingewiesen, dass abweichende Methoden zu abweichenden Ergebnissen führen können². Um die Vergleichbarkeit von Rationsberechnungen zu gewährleisten, wird daher abgeraten, andere als die hier beschriebene Methodik für Rationsberechnungen bzw. Rationskontrollen anzuwenden.

Wie wirkt sich die neue Bewertung in der Rationsgestaltung bei wachsenden Rindern aus?

Eine generell höhere Energiebewertung, insbesondere bei gut verdaulichen Grobfuttermitteln, führt zu einer geringeren vorzulegenden Futtermenge. Der Schätzfehler in der Vorhersage liegt im Vergleich zu älteren Versorgungsempfehlungen in einem zu vernachlässigendem Bereich (< 5 %). Eine Unterversorgung tritt unter normalerweise praktizierter *ad-libitum*-Gruppenfütterung nicht zu Tage.

2 Wird die ME der Ration aus der gewichteten, mittleren GE der Ration und der gewichteten, mittleren OMD der Ration minus 3,3 berechnet, so ergibt sich eine geringfügig abweichende ME-Konzentration. Bei üblichen Rationen beträgt die Differenz der ME_{FANi} in der Ration zwischen den unterschiedlichen Berechnungswegen < 0,05 MJ ME/kg TM, in der Beispielfütterung in Tabelle 5 liegt dieser Unterschied mit 0,002 MJ/kg TM noch deutlich darunter. Größere Unterschiede sind zu erwarten, je weniger Komponenten die Ration enthält, je ähnlicher deren Anteile in der Ration sind und je deutlicher sich GE und OMD_{FANi} der Komponenten unterscheiden.

Rationsbeispiel für eine laktierende Kuh (nicht trächtig) mit 650 kg Körpermasse und einer täglichen Milchleistung von 33 kg (mit 4,1 % Fett, 3,3 % Eiweiß und 4,7 % Laktose):

Der gesamte ME-Bedarf setzt sich zusammen aus:

- dem **ME-Bedarf für Erhaltung**
 $= 0,64 \cdot 650^{0,75}$
= 82,4 MJ/Tag
 - und dem **ME-Bedarf für Milch**
 $= (33 \text{ kg Milch/Tag} \cdot (0,385 \cdot 4,1 + 0,242 \cdot 3,3 + 0,165 \cdot 4,7)) \div 0,66$
= 157,6 MJ/Tag
- und beträgt im Beispiel
- **ME-Bedarf gesamt**
 $= 82,4 \text{ MJ/Tag} + 157,6 \text{ MJ/Tag}$
= 240 MJ/Tag

Bei trächtigen Tieren ist nach GfE (2023) zusätzlich der ME-Bedarf für Trächtigkeit, bei noch wachsenden Kühen (vor allem in der ersten Laktation) darüber hinaus der ME-Bedarf für Wachstum zu berücksichtigen (Beispielrechnung siehe DLG 2025c). Aufgrund der erhöhten körperlichen Bewegung beim Weidegang kann für diese Tiere pauschal ein um 10 % höherer Erhaltungsbedarf angenommen werden. Eine individuellere Ableitung des Mehrbedarfs, unter Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten, ermöglicht der Abschnitt zum Energiebedarf für körperliche Bewegung in GfE (2023).

Mit der zur Anwendung empfohlenen Futteraufnahme-Gleichung der DLG (2006), welche in GfE (2023) auf S. 281 angeführt wird, berechnet sich bei Fütterung einer Mischration eine tägliche Aufnahme von 23 kg TM für das Beispiel. Um den Einfluss des FAN bei der Rationsberechnung berücksichtigen zu können, ist dessen Berechnung erforderlich.

$$\begin{aligned}\text{FANi} &= 23 \text{ kg TM/Tag} \div (650^{0,75} \cdot 0,05 \text{ kg TM/Tag}) \\ &= 3,57\end{aligned}$$

Nach der Bedarfsermittlung und der Schätzung der Futteraufnahme folgt die Zusammenstellung der Ration. Die Zusammenstellung erfolgt schrittweise, beginnend mit der Grundration, bis zur bedarfsdeckenden Versorgung. Nachfolgend wird in Tabelle 5 vereinfacht das Ergebnis der schrittweisen Zusammenstellung gezeigt.

Tabelle 5: Beispielration Milchkuh bei einem Futteraufnahmeniveau von FAN_i = 3,57

Komponente	Anteil	TM	CA	CP	GE	OMD _{FAN1}	Anteil	OMD _{FANi}	ME _{FANi}	Futter	ME
	%	g/kg	g/kg TM	g/kg TM	MJ/kg TM	% der OM	% der TM	% der OM	MJ/kg TM	kg TM/Tag	MJ/Tag
Grassilage	20,8	350	107	161	18,3	71	15,2	66,4	9,94	3,50	34,8
Heu	8,5	860	107	161	18,4	71	15,3	66,4	10,01	3,52	35,2
Maissilage	54,5	343	38	78	18,6	74	39,1	69,0	10,84	9,00	97,5
Mischfuttermittel	12,0	889	68	181	18,7	84,1	22,3	77,8	12,16	5,13	62,5
Rapsextraktions-schrot	2,7	890	79	385	19,6	79	5	73,3	11,24	1,16	13,0
Mineralfutter-mischung	1,5	960	904	0	3,7	70	3	65,5	2,19	0,69	1,52
Ration (berechnet)	100	478	94	139	18,1	75,7	100	70,4	10,6	23,0	245

TM = Trockenmasse; CA = Rohasche; CP = Rohprotein; GE = Bruttoenergie; OMD = Verdaulichkeit der Organischen Masse;
 ME = Umsetzbare Energie; FAN₁ = Futteraufnahmeniveau auf Erhaltungsniveau; FAN_i = realisiertes Futteraufnahmeniveau

Der Rechenweg für die Berechnung der täglich aufgenommenen Menge an ME aus Maissilage für diese Beispielration bei FAN_i = 3,57 wird nachfolgend dargelegt. Die Rechenschritte sind eins zu eins für die **Berechnung der täglichen Aufnahme an ME aus jedem weiteren Futtermittel in der Ration** zu übertragen.

Zunächst ist die OMD_{FAN1} der Maissilage auf $FANi$ anzupassen, weil die OMD bei Milchkühen stark von der Futteraufnahme abhängig ist. Hierfür wird die Gleichung aus GfE (2023) auf S. 39 genutzt.

$$\begin{aligned} OMD_{FANi} [\%] &= OMD_{FAN1} [\%] - ((1,5 + 0,05 \cdot (OMD_{FAN1} [\%] - 65)) \cdot (FANi - 1)) \\ &= 74 - ((1,5 + 0,05 \cdot (74 - 65)) \cdot (3,57 - 1)) \\ &= \mathbf{69,0 \%} \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich wie folgt die DE_{FANi} :

$$\begin{aligned} DE_{FANi} [MJ/kg OM] &= GE [MJ/kg OM] \cdot ((OMD_{FANi} [\%] - 3,3) \div 100) \\ &= 18,4 \div (1 - (38 \div 1.000)) \cdot (69,0 - 3,3) \div 100 \\ &= \mathbf{12,70 MJ/kg OM} \end{aligned}$$

Neben dem Einfluss des FAN auf die OMD ist dessen Einfluss auf die CH_4E zu berücksichtigen (Gleichung aus GfE 2023, S. 41).

$$\begin{aligned} CH_4E_{FANi} [MJ/kg OM] &= (CH_4E_{FAN1} [MJ/kg OM] + 0,9 \cdot (FANi - 1)) \div FANi \\ &= ((0,7 + 0,014 \cdot 74) + 0,9 \cdot (3,57 - 1)) \div 3,57 \\ &= \mathbf{1,13 MJ/kg OM} \end{aligned}$$

Somit berechnet sich für die Maissilage in der Ration bei $FANi$ nachfolgende ME.

$$\begin{aligned} ME_{FANi} [MJ/kg TM] &= DE_{FANi} [MJ/kg OM] - UE [MJ/kg OM] - CH_4E_{FANi} [MJ/kg OM] \\ &= (12,7 - 0,0037 \cdot (78 \div (1 - (38 \div 1.000)))) - 1,13 \cdot (1 - (38 \div 1.000)) \\ &= \mathbf{10,84 MJ/kg TM} \end{aligned}$$

und diese tägliche ME-Aufnahme aus der Maissilage

$$\begin{aligned} ME [MJ/Tag] &= 10,84 \cdot 9,0 \\ &= \mathbf{97,5 MJ/Tag} \end{aligned}$$

In **Summe** werden mit der Beispieleration bei $FANi = 3,57$ täglich 245 MJ ME vom Tier aufgenommen. Das sind 4,5 MJ ME/Tag, bzw. 1,7% über den Empfehlungen zur Versorgung. Um abschließend auf die Energiekonzentration der Gesamtration zu kommen, ist die ME-Aufnahme durch die TM-Aufnahme zu dividieren. Auf dieselbe Weise kann auch die Konzentration aller anderen Nährstoffe in g/kg TM der Gesamtration ermittelt werden.

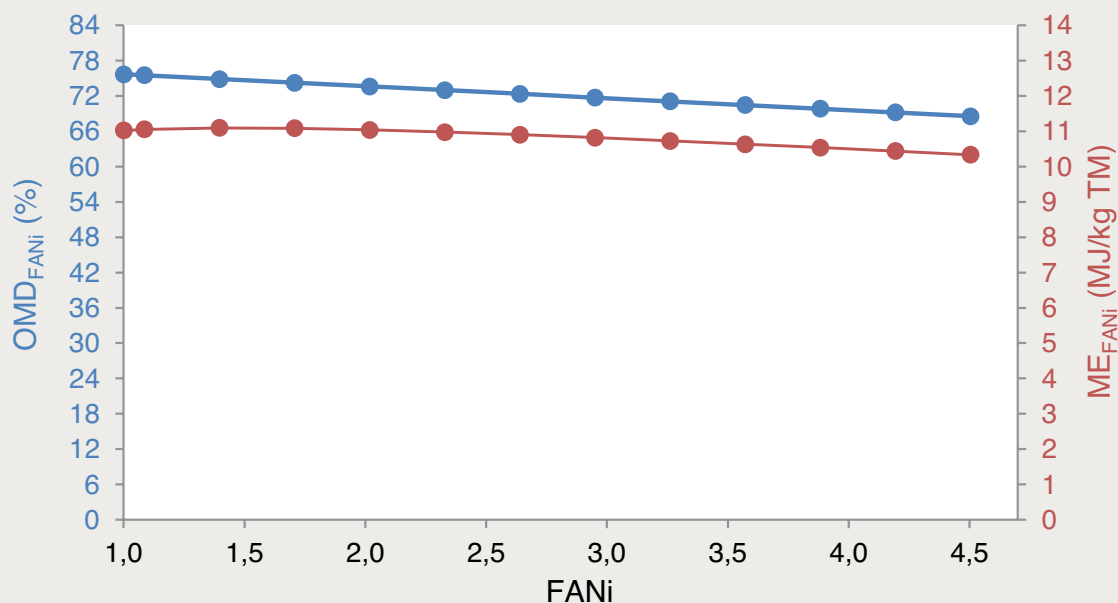


Abbildung 1: Beziehung zwischen dem Futteraufnahmeniveau (FANi) und der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, in %) auf der linken y-Achse bzw. Konzentration an Umsetzbarer Energie (ME, in MJ/kg TM) auf der rechten y-Achse für die Beispielration (OMD_{FAN1} (%) = 75,7) für Milchkühe

Abbildung 1 zeigt den Einfluss des FAN auf die ME und die OMD der Beispielration in Tabelle 5. Während die OMD kontinuierlich sinkt, geht die ME erst ab FANi $\geq 2,5$ sichtbar zurück, weil der Rückgang der CH₄E den Rückgang der OMD zunächst kompensiert. Von FANi = 2,5 bis FANi = 4,0 sinkt die ME der Beispielration um 0,44 MJ ME/kg TM. In GfE (2023) ist dieser Effekt detailliert nachzulesen.

4. Quellenverzeichnis

DLG-Datenbank Futtermittel (<http://datenbank.futtermittel.net>).

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2006. Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkühe. DLG-Information 1/2006, DLG e.V., Frankfurt am Main.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2014. DLG Futterwerttabellen Schweine, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2025a. DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, DLG e.V., Frankfurt am Main.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2025b. Leitfaden zur Proteinbewertung und -versorgung von Milchkühen nach den Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2023). DLG-Merkblatt 504, DLG e.V., Frankfurt am Main.

DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] 2025c. Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen. DLG-Information 01/2025, DLG e.V., Frankfurt am Main, in Vorbereitung.

Futtermittelverordnung (FuttmV). Kennzeichnung von Mischfuttermitteln nach § 6 Absatz 1 in Verbindung mit Anlage 2 GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 1991. Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65:229-234.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2005. Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 14:207-213.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2006. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 10. Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG Verlag, Frankfurt am Main.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2008. Prediction of Metabolisable Energy of compound feeds for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17:199-204.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2017a. Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie und der Verdaulichkeit der organischen Substanz von Grobfutterleguminosen für Wiederkäuer. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 26:194-202.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2017b. Stellungnahme zur energetischen Futterbewertung beim Schwein auf Basis Umsetzbarer Energie versus Nettoenergie. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 26:210-217.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2020. Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie und der Verdaulichkeit der Organischen Masse von Maisprodukten für Wiederkäuer. Proc. Soc. Nutr. Physiol., 29:171-175.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2022. Schätzung der Umsetzbaren Energie von Mischfuttermitteln für Schweine auf der Basis der Rohrnährstoffe – Fortschreibung des bisherigen Vorgehens und Forschungsbedarf. Proc. Soc. Nutr. Physiol 31:191-192.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2023. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2024. Gleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der Organischen Masse von grasbetonten Grünlandaufwüchsen für Wiederkäuer. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 33:155-160.

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] 2025. Gleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der Organischen Masse von Mischfuttermitteln für Wiederkäuer. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 34:145-151.

Grümpel-Schlüter A, Berk A, Schäffler M, Spiekens H, Dänicke S 2021. Evaluation of an equation for predicting metabolisable energy concentrations in compound feeds for pigs. Arch. Anim. Nutr. 75(4):251-262. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.19447066>.

LfL [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft] 2024. Futterberechnung für Schweine. 29. unveränderte Auflage, Freising-Weihenstephan.

Menke K-H, Steingäß H 1987. Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. Übers. Tierernährg. 15:59-94.

Zehnte Verordnung zur Änderung futtermittelrechtlicher Verordnungen, Deutscher Bundesrat, 873. Sitzung vom 9.7.2010, Downloadbereich im Bereich „Tagesordnung Plenum“ sowie Bundesanzeiger.

Weißbach F, Kuhla S 1995. Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg. 23:189-214.

DLG-Merkblätter. Wissen für die Praxis.

- DLG-Merkblatt 504
Leitfaden zur Proteinbewertung und -versorgung von Milchkühen
- DLG-Merkblatt 498
Wasserversorgung für Rinder
- DLG-Merkblatt 495
Futterhygiene bei der Grünlandnutzung in Futterbaubetrieben
- DLG-Merkblatt 491
Im Fokus: Methan bei der Milchkuh
- DLG-Merkblatt 471
Futterhygiene bei der Gülleausbringung im Grünland
- DLG-Merkblatt 466
Digitale Anwendungen für das Herdenmanagement in der Milchviehhaltung
- DLG-Merkblatt 464
Fütterung und Tierwohl beim Schwein – Teil B
- DLG-Merkblatt 463
Fütterung und Tierwohl beim Schwein – Teil A
- DLG-Merkblatt 462
Aktualisierung der Fütterungsverfahren in der Kälbermast
- DLG-Merkblatt 460
Arbeitsorganisation in Milchviehställen
- DLG-Merkblatt 459
Umgang mit kranken und verletzten Rindern
- DLG-Merkblatt 451
Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen
- DLG-Merkblatt 444
Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen
- DLG-Merkblatt 443
Berücksichtigung der Grobfutterleistung von Milchkühen
- DLG-Merkblatt 433
Düngung von Wiesen, Weiden und Feldfutter
- DLG-Merkblatt 417
Reduktion der Ammoniakemissionen in der Milchviehhaltung
- DLG-Merkblatt 416
Mengenmäßige Erfassung des wirtschaftseigenen Futters
- DLG-Merkblatt 404
Geburt des Kalbes – Empfehlungen zur Haltung und Fütterung in den ersten Lebenswochen
- DLG-Merkblatt 381
Das Tier im Blick – Milchkühe
- DLG-Merkblatt 375
Geburt des Kalbes – Empfehlungen zur Erstversorgung

Download unter dlg.org/merkblaetter



DLG e.V.
Mitgliederservice
Eschborner Landstraße 122 • 60489 Frankfurt am Main
Deutschland
Tel. +49 69 24788-205
info@dlg.org • dlg.org