

Neue Versorgungsempfehlungen für Milchkühe aus Sicht der Futtermittelanalytik



WER WEITER **DENKT**, WIRD WEITER KOMMEN - - - - -

S. Hoedtke

LMS Agrarberatung GmbH - LUFA Rostock

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen (GfE, 2023)

Inhalte/Kapitel

- Energie
- Protein und Aminosäuren
- Einflüsse auf die Futter- und Wasseraufnahme sowie Aspekte der Fütterungshygiene
- Strukturbewertung und –versorgung
- wiederkäuergerechte Ernährung (Leistungsphasen, KH, Fette und Öle, etc.)
- Mengen- und Spurenelemente
- Vitamine
- besondere Ernährungsmaßnahmen (Pansenacidose/-alkalose, Hypomagnaesemie, etc.)
- Einfluss der Fütterung auf die Milchzusammensetzung
- Ernährung und Methanproduktion

GfE

12

Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen



Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere



GfE (2023) – Grundlegendes

- Energiebewertung erfolgt auf Stufe der **umsetzbaren Energie (ME)**
→ NEL findet keine Anwendung mehr
- neue **Vorgehensweise** zur **Schätzung** des Gehalts an **ME** in Futtermitteln
- Proteinbewertung als „**dünndarmverdauliches Protein**“ (**sidP**)
→ nXP findet keine Anwendung mehr
- **Verdaulichkeit** der Organischen Masse (**OMD**) ist zentrale Größe für Energie- und Proteinbewertung
- **dynamisches System** - Futterwert kann sich in Abhängigkeit von der **Futteraufnahme** verändern
- Begriffe und Abkürzungen in Englisch

6 Schritte zur Ermittlung der Umsetzbaren Energie (ME)

1. Bestimmung des Brennwertes (Bruttoenergie, GE)
2. Bestimmung der Verdaulichkeit der OM (OMD, %)
3. Berechnung der Energieverdaulichkeit (ED, %)
4. Berechnung der Harnenergieverluste (UE, MJ/kg OM)
5. Berechnung der CH₄-Energieverluste (CH₄-E, MJ/kg OM)
6. Berechnung des ME-Gehaltes



Konstanten

Ermittlung des Gehaltes an Bruttoenergie (GE, gross energy)

1. Bestimmung mittels Bombenkalorimeter

- Verbrennung der zu untersuchenden Matrix
- entstehende Wärme wird an das die Bombe umgebende Wasser abgegeben
- Temperaturerhöhung gibt Rückschluss auf Brennwert (= Bruttoenergie)

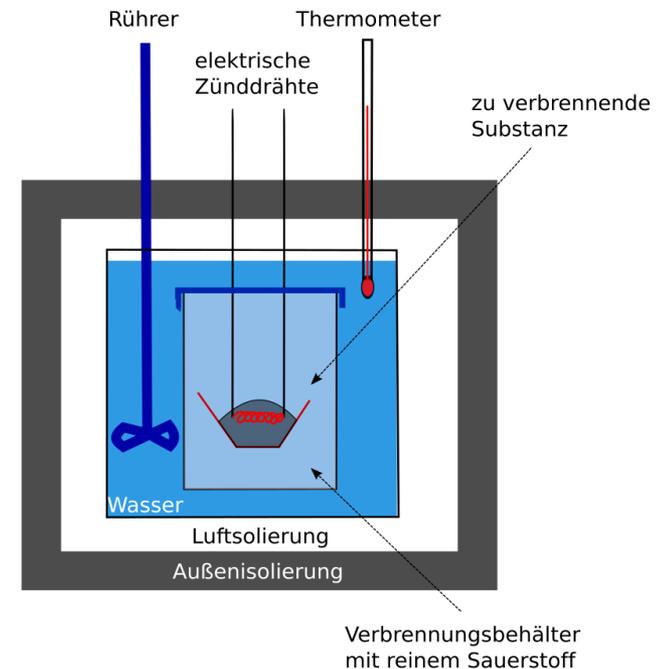
+ hohe Genauigkeit

- hoher analytischer Aufwand

- Etablierung in Laboren?

Validierung - Verifizierung – Akkreditierung

- Einbindung in NIRS-Kalibrationen möglich?



Ermittlung des Gehaltes an Bruttoenergie (GE, gross energy)

2. Berechnung auf Basis von Rohnährstoffen

GE (kJ/kg OM) =

$$(23,6 \text{ CP} + 39,8 \text{ CL} + 17,3 \text{ ST} + 16,0 \text{ ZU} + 18,9 \text{ OR}) / (1 - \text{CA} / 1000)$$

wobei $OR = OM - CP - CL - ST - ZU$ (g/kg TM)

OM - organische Masse (organic matter)

CP - Rohprotein (crude protein)

CL - Rohfett (crude lipid)

ST - Stärke

ZU - Zucker

OR - organischer Rest (organic residue)

CA - Rohasche (crude ash)

+ Routineanalytik

- Abweichung zur
Bombenkalorimetrie bei
einzelnen Futtermitteln?

Ermittlung der Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD, *organic matter digestibility*)

1. *in vivo*-Verdauungsversuch, *in situ*-Methoden
2. *in vitro*-Methoden
3. Schätzgleichungen
 - Grobfutterleguminosen, 1. Aufwuchs (GfE, 2017)
 - Grobfutterleguminosen, Folgeaufwüchse (GfE, 2017)
 - Maisprodukte (GfE, 2020)
 - grasbetonte Grünlandaufwüchse (GfE, 2024)
 - Mischfuttermittel (*in Bearbeitung*)

Schätzgleichungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD)

Maisprodukte (GfE, 2020)

OMD (%) = 64,45

+ 0,02677 **ELOS** (g/kg OM)

- 0,03814 **ADFom** (g/kg OM)

(n=156; RSD=2,4; Bereich 56-82 % OMD)

+ Routineanalytik

+ abgedeckt durch

NIRS-Kalibrationen

Schätzgleichungen zur Ermittlung der Verdaulichkeit der organischen Masse (OMD)

grasbetonte Grünlandaufwüchse (GfE, 2024)

$$\text{OMD (\%)} = 12,3$$

$$+ 0,245 \text{ CL (g/kg OM)}$$

$$+ 0,0733 \text{ ELOS (g/kg OM)}$$

($n=682$; $RSD=4,8$; $R^2=0,71$; Bereich 42-86 % OMD)

$$\text{OMD (\%)} = 58,3$$

$$+ 0,0926 \text{ CP (g/kg OM)}$$

$$- 0,0487 \text{ aNDFom (g/kg OM)}$$

$$+ 0,502 \text{ Gb (ml/200 mg OM)}$$

($n=535$; $RSD=5,0$; $R^2=0,70$; Bereich 42-86 % OMD)

+ Routineanalytik

+ abgedeckt durch

NIRS-Kalibrationen

- Äquivalenz der Gleichungen?

Die Konstanten im dreistufigen Verfahren zur Bestimmung der ME

1. Differenz zwischen der Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD) und der Energie (ED) beträgt konstant

$$\text{OMD (\%)} - \text{ED (\%)} = 3,3 \quad \Longrightarrow \quad \text{ED (\%)} = \text{OMD (\%)} - 3,3$$

2. Harnenergieverluste (UE) betragen

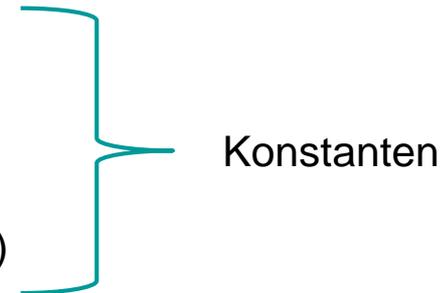
$$3,7 \text{ kJ/g Rohprotein (CP)} \quad \Longrightarrow \quad \text{UE (MJ/kg OMD)} = 0,0037 \text{ CP (g/kg OM)}$$

3. Methanenergieverluste betragen:

$$\text{CH}_4\text{-E (MJ/kg OM)} = 0,7 + 0,014 \text{ OMD (\%)}$$

6 Schritte zur Ermittlung der Umsetzbaren Energie (ME)

1. Bestimmung des Brennwertes (Bruttoenergie, GE)
2. Bestimmung der Verdaulichkeit der OM (OMD, %)
3. Berechnung der Energieverdaulichkeit (ED, %)
4. Berechnung der Harnenergieverluste (UE, MJ/kg OM)
5. Berechnung der CH₄-Energieverluste (CH₄-E, MJ/kg OM)
6. Berechnung des ME-Gehaltes:



Konstanten

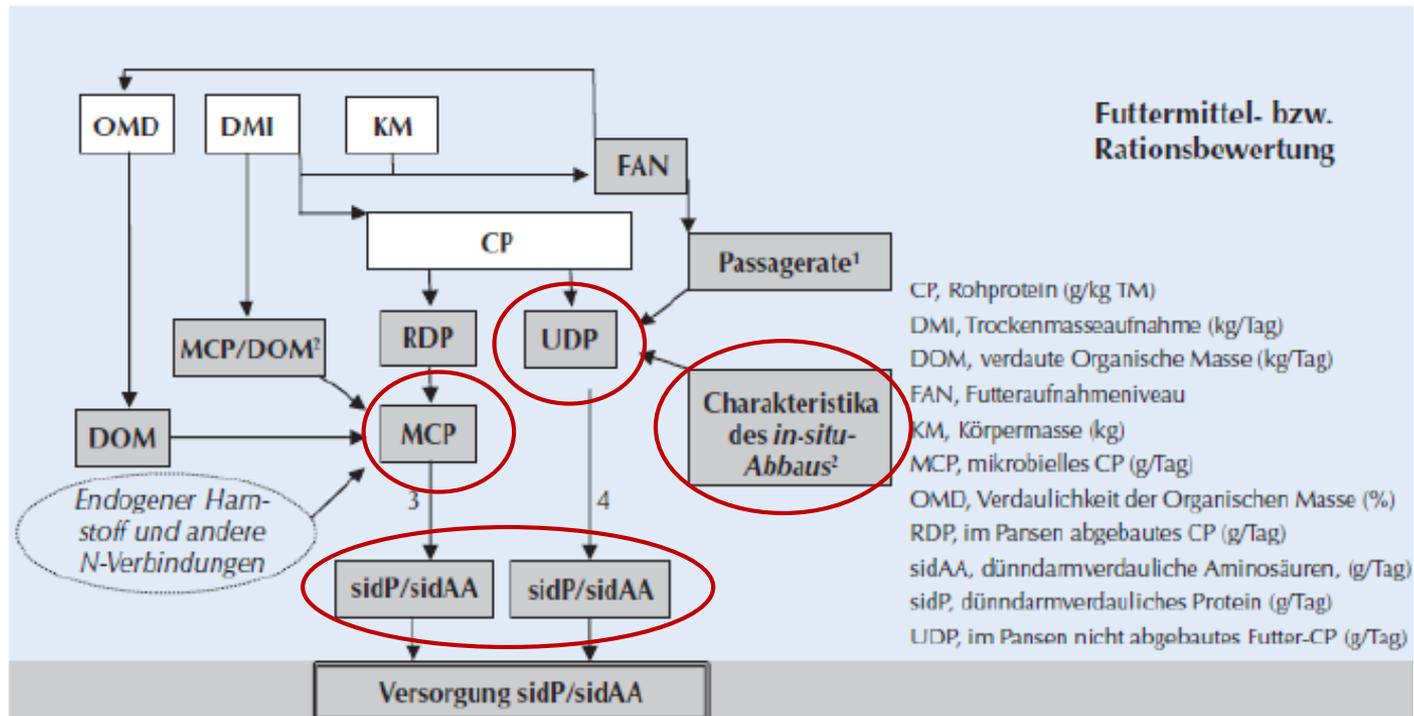
ME (MJ/kg OM) =

GE (MJ/kg OM) · ED (%) / 100 – UE (MJ/kg OM) – CH₄-E (MJ/kg OM)

ME (MJ/kg TM) =

ME (MJ/kg OM) · [1 – CA (g/kg TM) / 1000]

Konzept der Proteinbewertung (GfE, 2023)



sidP = small intestinal digestible Protein
 = dünn darmverdauliches Protein

sidAA = small intestinal digestible Amino Acids
 = dünn darmverdauliche Aminosäuren

sidAA MCP = \emptyset 85 %

UDAA = 40 % (Kleien) bis 95 % (SES)

Ruminaler Rohprotein- und Aminosäureabbau

- Passagerate bzw. Verweildauer der Ingesta im Pansen
 - Änderung im UDP und in den UDAA entsprechend Abbaukinetik des CP

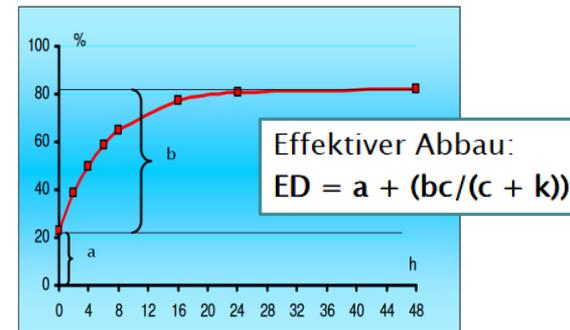
- *in situ*-Methode (GfE, 2022)

Recommended protocol for the determination of nutrient disappearance *in situ* for estimation of ruminal degradation

Empfohlenes Protokoll zur Durchführung der in-situ-Methode zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus

Suggested citation:

GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2022): Recommended protocol for the determination of nutrient disappearance *in situ* for estimation of ruminal degradation. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 31: 177-189.



Ruminaler Rohprotein- und Aminosäureabbau

- Labormethoden

→ **erweiterter Hohenheimer Futterwerttest (eHFT)**

erweitert um die Bestimmung von N bzw. NH_3 -N-Konzentration (Steingäß et al., 2001)

→ **chemische Rohproteinfraktionierung** nach CNCPS

(Licitra et al., 1996; VDLUFA, 2023),

Fraktionen A, B1, B2, B3, C mit sinkender Abbaubarkeit;

Schätzgleichungen für UDP

→ **enzymatischer Rohproteinabbau**

(Steingäß und Südekum, 2013)

+ Ermittlung des ruminalen Proteinabbaus mit Labormethoden möglich

- nicht ausreichend etabliert in Laboren (einheitliche, standardisierte Methodik Voraussetzung)

Ruminaler Rohproteinabbau (Titze et al., 2023)

Published August 14, 2023 | Version 1.1

Dataset  Open

Literaturdaten zum ruminalen Abbau des Rohproteins

Titze, Natascha¹ ; Wild, Katharina¹ ; Gressner, Nina²; Südekum, Karl-Heinz² ; Rodehutscord, Markus¹ 

Show affiliations

List of data on ruminal crude protein degradation of feeds

Files

Files (88.0 kB) 		
Name	Size	 Download all
Zusammenstellung In situ Rohproteinabbau_V1.1 upload.xlsx <small>md5:fc9904d0d456ca10a15273020a9c58ab </small>	88.0 kB	 Download

Literaturdaten abrufbar:

<https://zenodo.org/records/8245758>

in situ-Abbauparameter für
Grobfutter unvollständig

Dünndarmverdaulichkeit des Gesamt-N und der Aminosäuren in Mikroorganismen sowie im pansenstabilen Rohprotein von Futtermitteln

GfE (2023):
Tab. A.3.2

Substrat/Futtermittel Studiengruppe	Nr. ¹		Dünndarmverdaulichkeit (%)																				
			N	Ala	Arg	Asp	Cys	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val	TAA	AAN
Mikroorganismen																							
Pansenmikroorganismen ²	keine Angabe	MW	78	84	89	87	81	85	85	893	88	89	86	89	80	83	82	86	81	83	87		85
		SD		2,1	1,5	3,1	12	1,0	1,2		2,1	2,9	3,8	0,58	9,8	6,4	2,1	1,7		2,5	2,5		
										2	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3		2	
										4	88	86	87	82	88	69	76	80	85	81	81	84	85
										6	89	90	92	89	89	88	87	84	88	81	86	89	85
Grobfutter																							
Erbsenganzpflanzensilage	07.01.02																5	94			95	95	
1		N	1	1	1	1	1											1			1	1	
Gerstenheu ⁴	07.03.01	MW	36	28	43	16											0	29		23	32	26	
1		N	1	1	1	1												1		1	1	1	
Gras, frisch	07.01.01	MW	82	86	90	86	72	8									5	85			85	86	
2		N	2	2	2	2	2										2	2			2	2	
		Min	70	77	83	76	50										5	75			77	77	
		Max	95	94	96	96	94										4	95			94	94	
Gras, getrocknet	07.01.01	MW	80	80	85	83	78	8															
1		N	1	1	1	1	1																
Grassilage	07.01.01	MW	87	90	92	91	78	91	87	89	91	91	92	92	91								
1		N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
Klee-Gras-Mischung, frisch	07.01.02	MW	82	85	90	86	72	82	83	84	85	88	84	84	88								
2		SD	22	18	12	19	37	24	16	16	13	20	19	12									
		N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
		Min	57	64	76	64	29	55	64	66	66	72	61	62	74								

Literaturdaten

Datenlage zu Grobfutter sehr gering

Ergänzend laborbasierte Schätzmethoden?

„[...] Liegen für ein bestimmtes Futtermittel keine Daten vor, wird empfohlen, möglichst ähnliche Futtermittel für eine Einordnung heranzuziehen.“
(GfE, 2023)

Strukturbewertung - Bestimmung der peNDF

- adäquate Versorgung mit strukturgebenden Futtermitteln für funktionierendes Vormagensystem → Vermeidung einer SARA
- AfBN hatte vormals bereits Alternativen zur Strukturbewertung vorgenommen (GfE, 2014) → Ergebnisse validiert (GfE, 2023) und Eignung bestätigt
- peNDF-Konzept verbindet in der Vergangenheit separat behandelte Eigenschaften multiplikativ:
 - **physikalische Eigenschaften** (u.a. Partikelgröße und –länge, Partikelgrößenverteilung)
 - **chemische Zusammensetzung** (Summe der Zellwandbestandteile, repräsentiert als NDF)

Strukturbewertung - Bestimmung der peNDF



Schüttelbox bzw.
PSPS (Penn
State Particle
Separator)

peNDF =

Summe der Anteile



(nach Steingäß und Zebeli, 2001)

alternativ Siebweiten von:

4 mm, 8 mm, 19 mm

Strukturbewertung - Bestimmung der peNDF

$$\text{peNDF}_{>8} (\% \text{ der TM}) = \text{pef}_{>8} (\% \text{ der TM}) \cdot \text{aNDFom} (\% \text{ der TM}) / 100$$

wobei pef = Faktor der physikalischen Wirksamkeit

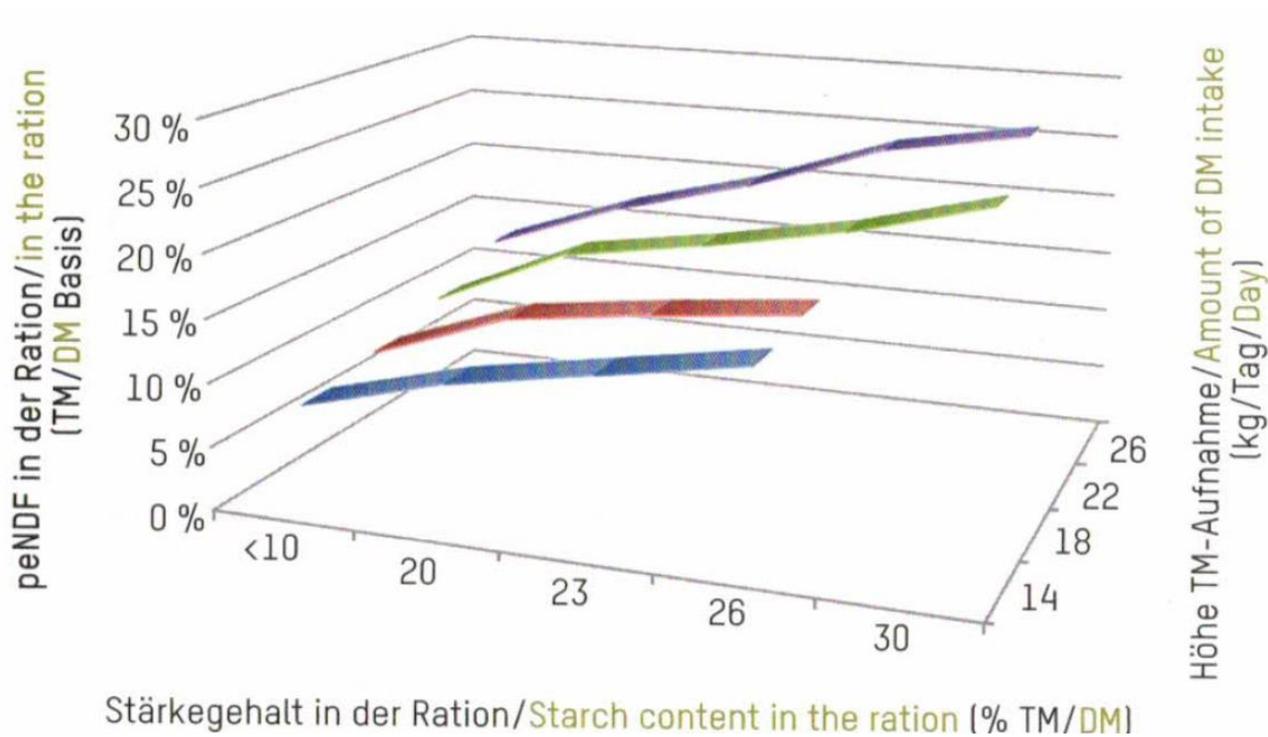
$$\text{pef}_{>8} \text{ mm} (\text{pef}_{>8}; \% \text{ der TM}) = \text{GP}_{\text{TM}} + \text{MP}_{\text{TM}}$$

wobei GP_{TM} und MP_{TM} die Anteile (% der TM) der Partikelfractionen 'grob' (> 19 mm) bzw. 'mittel' (8 – 19 mm) sind

+ Routineanalytik aNDFom

- Einfluss des Bedienenden
der Schüttelbox

Mindestbedarf an $\text{peNDF}_{>8 \text{ mm}}$ in Abhängigkeit vom Stärkegehalt der Ration und der zu erzielenden Höhe der TM-Aufnahme von Kühen



Fazit

- Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen war **aus wissenschaftlicher Sicht notwendig**
- Energiebewertung
 - **Methoden sind weitestgehend in Laboren etabliert** (Ausnahme: Bombenkalorimetrie, zu klären ist Notwendigkeit)
 - Berechnung der ‚neuen‘ ME ist im Wesentlichen Fleißarbeit
- Herausforderungen bei der Proteinbewertung
 - Erweiterung der **in situ-Daten zur Abbaucharakteristik**
 - verbesserte **Schätzgleichungen** zur Ermittlung des UDP aus CP?
 - **Etablierung weiterer in vitro-Methoden**, z.B. zur Dünndarmverdaulichkeit des UDP
- **weitere to-do's** außerhalb der Futtermittelanalytik (*Auswahl*)
 - Anpassung der Beratung und Ausbildung
 - Anpassung Rationsplanungsprogrammen
 - Anpassung des FM-Rechts für Mischfutter