

Verdaulichkeit von Futter in Mischrationen

Yves Arrigo

Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Yves Arrigo, E-Mail: yves.arrigo@agroscope.admin.ch



Die Verdaulichkeit eines Futters kann sich ändern, wenn es mit einem anderen Futter gemischt wird. (Foto: Yves Arrigo, Agroscope)

Einleitung

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) eines Futters lässt sich anhand von Gleichungen schätzen, die auf der chemischen Zusammensetzung des Futters beruhen, und /oder anhand von *In-vivo*-Versuchen mit Schafen bestimmen (Daccord 2006). *In-vitro*-Labormethoden führen ebenfalls zu interessanten Ergebnissen im Hinblick auf die Schätzung der vOS (Aufrère 1982; Schübiger 2001; Paceco 2018). Geschätzt oder *in vivo* gemessen, ist die Verdaulichkeit ein Wert, der sich auf das Futter bezieht, wenn es als Reinration vorgelegt wird. In den meisten Fällen bestehen die Rationen jedoch aus einer Mischung mehrerer Rau- und Kraftfutter. Um den Einfluss der Zusammensetzung der Ration zu berücksichtigen, schlägt das neue französische Futterbewertungssystem für Wiederkäuer (Systali-System; Nozière *et al.* 2016) eine Unterscheidung vor zwischen Tabellenwerten für das Einzelfuttermittel und Werten der Ration, welche die Proteinbalance des Pansens, den Futterverzehr und den Kraftfutteranteil berücksichtigen. Anhand der üblichen Futterarten wurde untersucht, wie dieZusam-

mensetzung der Ration die vOS der verwendeten Futter in *In-vivo*-Versuchen mit Schafen beeinflusst. Es wurden einfache, aus zwei Futterkomponenten bestehende Mischungen verfüttert. Mit den Ergebnissen lässt sich zunächst das Additivitätsprinzip für die Berechnung des Nährwertes einer Mischung überprüfen. In einem zweiten Schritt können die erhaltenen Nährwerte den mittels Gleichungen geschätzten vOS-Werten gegenübergestellt werden.

Tiere, Material und Methoden

Der *In-vivo*-Verdaulichkeitsversuch wurde mit adulten, kastrierten, rationiert gefütterten Hammeln durchgeführt (4 Tiere / Behandlung; $90,5 \pm 16,1$ kg LG; $0,380 \text{ MJ/kg}^{0,75} \times 1,1$ oder mindestens 40 g TS/kg^{0,75}). Die Rationen wiesen einen Mindestrohproteingehalt von 110 g/kg Trockensubstanz (TS) auf, der über die Zufuhr von Sojaextraktionsschrot sichergestellt wurde.

Die Tiere wurden drei Wochen vor den Bilanztagen (2 × 4 Tage, an denen Kot quantitativ von jedem Tier gesammelt wurde) an ihre Futterration gewöhnt.

Als Futter wurden eine Charge Grünfutter, drei Chargen Heu und eine Charge Emd sowie zwei Gras- und zwei Maissilagen verwendet. Das Grünfutter wurde mit einem Versuchstrockner innerhalb von 48 h von 22 ± 4 % TS auf 86 ± 8 % TS getrocknet. Mechanisch wurde das Futter – abgesehen vom Wasserentzug – nicht bearbeitet, womit seine Eigenschaften mit denen des Grünfutters vergleichbar sind.

Heu und Emd wurden konventionell produziert und mittels Heubelüftung getrocknet. Die Gras- und Maissilagen wurden ohne Siliermittel konserviert. Die Tiere erhielten das Futter entweder in Form von 100 % Alleinfutter oder gemischt mit einem anderen Futter zu Anteilen von 20–80 %, 50–50 % oder 80–20 % TS der Ration.

Die folgenden Mischungen wurden verwendet:

- Mischung 1** Heu Charge 42, Ernte 2014,
Typ GR*, Stadium 3
Grassilage S2, Ernte 2014,
1. Aufwuchs, Typ GR*, Stadium 3
- Mischung 2** Grassilage S3, Ernte 05.05.2014,
1. Aufwuchs, Typ GR*, Stadium 3
Maissilage S41, Ernte 02.10.2014,
Sorte Milésim
- Mischung 3** Heu Charge 57, Ernte 12.05.2015,
Typ A*, Stadium 3
Grünfutter 1A, im 1. Aufwuchs geerntet
am 12.05.2015, Typ GR, Stadium 3
- Mischung 4** Grünfutter 3A, im 3. Aufwuchs geerntet
am 09.07.2015, Typ L*, Stadium 4
Emd 3A Charge 70, im 3. Aufwuchs ge-
erntet am 09.07.2015, Typ L*, Stadium 4
- Mischung 5** Heu Charge 58, Ernte 12.05.2015,
Typ GR*, Stadium 3
Emd 3A Charge 70, im 3. Aufwuchs
geerntet am 9.07.2015, Typ L*, Stadium 4
- Mischung 6** Heu Charge 58, Ernte 12.05.2015,
Typ GR*, Stadium 3
Maissilage S40, Ernte 07.09.2015,
Sorte Milésim

* Botanische Zusammensetzung und Stadium gemäss AGFF-Typologie, GR gräserreich > 70 % Gräser, davon > 50 % Raigras; L leguminosenreich > 50 % Weiss- und Rotklee; A ausgeglichen, 50–70 % Gräser.

Das Grünfutter 1A und das Heu der Charge 58 beziehungsweise das Grünfutter 3A und das Emd 3A wurden jeweils zur gleichen Zeit gemäht und stammten von derselben Parzelle.

Zusammenfassung

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) eines Futters, die entweder *in vitro* durch Modellrechnung geschätzt oder *in vivo* durch einen Versuch bestimmt wird, ist ein isoliert betrachteter Nährwert. Eine Ration besteht in der Regel jedoch aus einer Mischung verschiedener Raufutter und Kraftfutter. In diesem Versuch wird die Entwicklung der vOS verschiedener Futter (Grünfutter, Grassilage, Heu, Emd und Maissilage) *in vivo* mit Hammeln untersucht. Es wurden jeweils zwei Futterarten zu unterschiedlichen Anteilen vorgelegt (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, 0–100 %). Die vOS der Futterarten veränderte sich (ohne statistisch signifikante Unterschiede) in Abhängigkeit der jeweiligen Futteranteile in den Mischungen und je nachdem, welche Futterarten gemeinsam vorgelegt wurden. Die Standardabweichung der vOS der Futtermischungen betrug durchschnittlich 2,7 ± 1,1 %-Punkte. Die grössten Unterschiede (4,3 %-Punkte) traten bei der vOS von Heu in einer Mischung mit Emd oder Maissilage auf. In 42 % aller Fälle wurde die höchste vOS dann festgestellt, wenn das entsprechende Futter 80 % der Mischung ausmachte. Die vOS der Mischungen, die sich aus der Addition der *In-vivo*-vOS der Einzelkomponenten ergibt, wird leicht unterschätzt ($r = 0,92$). Betrachtet man die geschätzten vOS der einzelnen Futter, weicht die vOS der Mischungen mehr von den *In-vivo*-Werten ab ($r = 0,56$). Der Versuch zeigt, dass jedes Futter auf seine eigene Weise und in Abhängigkeit seines jeweiligen Anteils in den Mischungen interagiert.

Die Verdaulichkeit wurde für alle Rationen aus Alleinfutter oder Futtermischungen *in vivo* bestimmt. Bei den Mischrationen wurden die Verdaulichkeiten der beiden Futterarten durch Differenzbildung berechnet, um die Entwicklung in Abhängigkeit des prozentualen Anteils in der Ration zu berücksichtigen.

Die vOS durch Differenzbildung wurde berechnet, indem die verdauliche organische Substanz des in der Mischung verwendeten Futters subtrahiert wurde. Dabei wurde die Verdaulichkeit verwendet, die in der Reinration bestimmt worden war. Es kam die nachfolgende Formel zur Anwendung:

$$vOS_{\text{Futter 1}} = 100 \times \frac{(OS_{\text{verzehrt}} - OS_{\text{Kot}}) - vOS_{\text{Sojaextraktionsschrot}} - vOS_{\text{Futter 2}}}{OS_{\text{verzehrt}} - OS_{\text{Sojaextraktionsschrot}} - OS_{\text{Futter 2}}}$$

Tab. 1 | Chemische Zusammensetzung der Futter (g/kg TS)

	Gras 1. Aufw. (P3)	Gras 3. Aufw. (P3)	Grassilage (S2)	Grassilage (S3)	Heu Charge 42	Heu Charge 57	Heu Charge 58 (P3)	Emd 3. Aufw. (P3)	Maissilage (S 40)	Maissilage (S41)
Trockensubstanz, in %	17,2	24,1	35,7	34,0	87,3	84,9	85,3	85,6	36,9	32,7
Rohprotein	130	147	124	120	78	128	124	129	84	64
Rohfaser	284	238	259	277	262	253	262	264	170	215
Asche	85	97	86	81	59	89	81	92	29	29
Lignozellulose, ADF	298	263	282	265	289	271	289	286	205	232
Zellwände, NDF	515	429	473	437	491	486	515	466	378	408
Kalcium	5,5	11,1	5,4	5,0	2,7	4,6	4,1	9,0	1,6	1,0
Phosphor	3,7	3,8	3,6	3,4	2,7	3,6	3,9	3,6	2,1	2,2
Magnesium	1,5	2,3	1,5	1,3	1,1	1,4	1,3	2,0	1,6	0,8
Kalium	31,1	30,9	33,3	28,2	24,9	31,7	33,3	32,4	7,4	8,7
Bruttoenergie, in MJ	18,2	18,9	19,0	19,3	18,3	18,4	18,6	18,8	19,3	19,1
Wasserlöslicher Zucker	107	80	85	131	202	136	–	85	–	18
Ethanollöslicher Zucker	116	47	85	80	139	120	–	67	–	8
Stärke	–	–	–	–	–	–	–	–	353	353
Fett	30	35	33	28	17	32	26	35	41	33
Alanin	7,7	8,2	8,8	8,2	4,7	7,5	6,9	7,3	6,5	5,1
Arginin	5,3	7,1	2,4	1,8	3,3	5,7	5,4	6,3	1,6	1,1
Asparatin	15,3	15,3	10,6	9,3	7,1	12,3	13,2	13,7	5,8	4,7
Cystin	1,2	1,5	0,7	0,7	0,8	1,3	1,3	1,4	1,0	0,8
Glutaminsäure	12,4	13,9	8,9	6,3	7,5	12,7	12,0	12,4	11,7	7,2
Glycin	5,6	7,1	5,8	4,7	3,5	5,9	5,4	6,4	3,3	2,6
Histidin	2,4	3,4	2,1	1,7	1,3	2,3	2,7	3,0	1,9	1,3
Isoleucin	5,0	6,1	5,4	4,9	3,0	5,2	4,6	5,4	3,2	2,4
Leucin	8,6	10,7	9,0	8,0	5,2	9,0	8,4	9,6	8,8	6,5
Lysin	5,7	7,7	6,5	4,9	3,6	6,0	5,0	6,8	2,5	1,9
Méthionin	2,0	2,3	2,0	1,8	1,2	2,1	1,8	2,1	1,4	1,2
Phenylalanin	5,7	7,2	5,6	4,6	3,3	5,8	5,5	6,3	3,5	2,5
Prolin	14,2	9,6	17,4	13,4	10,0	12,3	11,0	9,0	6,2	9,2
Serin	4,7	5,8	4,7	3,2	3,1	4,8	4,2	5,0	3,5	2,4
Threonin	5,0	6,1	5,2	4,1	3,1	5,2	4,7	5,5	3,1	2,3
Tryptophan	1,9	2,6	2,0	1,2	1,2	2,0	2,0	2,2	0,6	0,4
Tyrosin	3,5	4,8	3,6	3,0	1,8	3,5	3,3	4,1	3,3	1,3
Valin	6,5	7,6	6,9	6,1	3,9	6,6	6,0	6,8	4,1	3,2
C18:1 (Ölsäure)	0,5	0,8	0,6	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7	10,1	8,0
C18:2 (Linolsäure)	3,2	4,6	4,0	3,4	2,0	4,5	3,0	4,0	18,9	17,3
C18:3 (α-Linolensäure)	11,1	10,2	12,6	11,9	5,7	10,9	10,4	9,1	2,1	2,0

1c: 1. Aufwuchs; 3c: 3. Aufwuchs; (P3): Parzelle 3; (S2-3-40-41): Bezeichnung des Silos.

Die durch Differenzbildung erhaltene vOS der Futterarten, die nur zu einem Anteil von 20% beigemischt wurden, wurde in den Vergleichen nicht berücksichtigt, da das entsprechende Futter in der Ration in zu geringen Anteilen vorhanden war und keine repräsentative vOS ergab (Rymer 2000).

Basierend auf den Nährstoffen der Futterarten wurden die vOS und vRP mit spezifischen Gleichungen geschätzt (Konserven- und Futtertyp) und die Aufwüchse und Stadien wurden gemäss Grünem Buch (Agroscope 2017) korrigiert. Die Nährwerte der Mischungen wurden basierend auf den ermittelten oder geschätzten Werten durch Additivität berechnet.

Resultate

Die chemischen Zusammensetzungen der Futter sind in Tabelle 1 ersichtlich. Bemerkenswert sind die geringeren Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten (WSC) und ethanollöslichen Kohlenhydraten (ESC) in den Wiederaufwüchsen, die 1,6 respektive 2,2-mal tiefer waren als in den Futtern des 1. Aufwuchses (Grünfütter 1A und Heu). Das Heu der Charge 42 wies Protein- und Fettwerte (RP und RL) auf, die 40 bis 50 % unter den Werten der übrigen Wiesenfutter lagen. Die Maissilagen unterschieden sich von den Grünfuttern in Bezug auf die Mineralstoff-, Rohprotein-, Aminosäuren-, Fett- und Fettsäuregehalte.

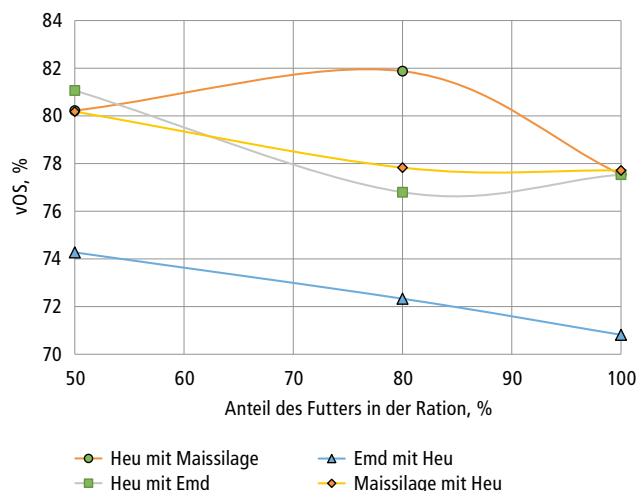


Abb. 1 | Entwicklung der *In-vivo*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (vOS) eines Futters in einer Mischung.

In-vivo-Verdaulichkeiten der Futter als Reinrationen

Die *In-vivo*-Verdaulichkeiten der Grünfütter unterschieden sich je nach Aufwuchs (Tab. 2). Die Wiederaufwüchse wiesen signifikant tiefere Werte auf als die ersten Aufwüchse hinsichtlich der vOS, der Verdaulichkeit der Rohfaser (vRF), der Lignocellulose (vADF) und der Zellwände (vNDF) ($p < 0,01$ – $p < 0,001$). Dieser Unterschiede untermauern die Ergebnisse von Baumont *et al.* (2009), die von Werten der folgenden Aufwüchse sprachen,

Tab. 2 | *In-vivo*-Verdaulichkeiten der Futter (als Reinration verfüttert), in %

	vOS	vRP	vRF	vADF	vNDF	vBE
Grünfütter 1A	79,0 ^a	69,8 ^a	80,0 ^a	80,1 ^a	78,5 ^a	74,8 ^a
Grünfütter 3A	70,9 ^c	66,6 ^{ac}	67,8 ^b	65,7 ^b	66,3 ^b	67,0 ^b
Grassilage S2	78,3 ^a	61,1 ^{acde}	84,6 ^a	83,1 ^a	80,5 ^a	74,3 ^a
Grassilage S3	76,9 ^a	56,1 ^{bd}	84,9 ^a	81,7 ^a	78,1 ^a	74,0 ^a
Heu, Charge 42	79,6 ^a	54,6 ^e	81,0 ^a	80,8 ^a	77,8 ^a	75,8 ^a
Heu, Charge 57	76,6 ^{ac}	65,4 ^{ac}	81,5 ^a	81,3 ^a	78,6 ^a	71,5 ^{ab}
Heu, Charge 58	77,5 ^a	63,9 ^{acde}	81,6 ^a	81,4 ^a	80,2 ^a	73,6 ^{ab}
Emd 3A, Charge 70	70,8 ^{bc}	64,2 ^{acd}	68,2 ^b	66,4 ^b	66,1 ^b	66,9 ^b
Maissilage S40	77,7 ^a	59,7 ^c	71,5 ^b	68,0 ^b	66,6 ^b	74,4 ^a
Maissilage S41	76,1 ^{abc}	49,2 ^b	69,8 ^b	66,3 ^b	65,7 ^b	73,9 ^a
S_x	1,2	1,8	1,4	1,5	1,5	1,4
p	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01

vOS: Verdaulichkeit organische Substanz; vRP: Verdaulichkeit Rohprotein; vRF: Verdaulichkeit Rohfaser; vADF: Verdaulichkeit Lignocellulose; vADN: Verdaulichkeit Zellwände; vBE: Verdaulichkeit Bruttoenergie.

S_x = Standardabweichung; p = Signifikanzschwelle.

Mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichnete Werte in derselben Spalte sind statistisch verschieden.

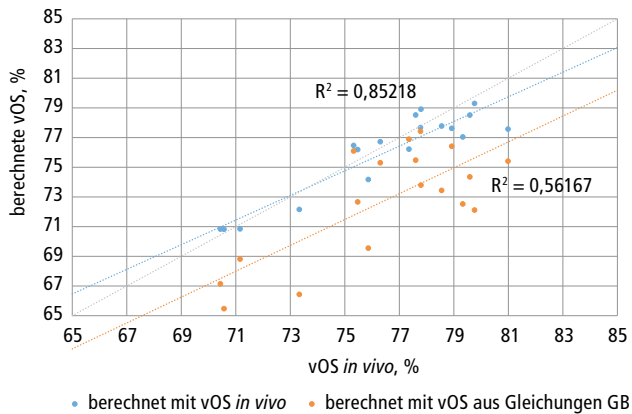
Tab. 3 | *In-vivo*-Verdaulichkeiten der Futter je nach Höhe ihres Anteils in der Mischung, in %

		vOS	vRP	vRF	vADF	vADN	vBE
Mischung 1 Heu 42 und Grassilage S2	100% Heu Charge 42	79,6	54,6	81,0	80,8	77,8	75,8
	80% Heu Charge 42	80,1	53,9	82,7	82,8	79,5	76,5
	50% Heu Charge 42	77,3	50,3	77,5	79,9	73,9	74,3
	S _x	1,1	2,4	1,8	1,7	1,8	1,3
	p	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	0,5
	100% Grassilage S2	78,3	61,1	84,6	83,1	80,5	74,3
	80% Grassilage S2	77,1	59,8	82,7	80,5	78,4	73,7
	50% Grassilage S2	76,0	58,4	81,2	82,2	76,6	72,9
	S _x	1,1	1,6	1,6	1,5	1,5	1,3
	p	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,8
Mischung 2 Grassilage S3 und Maissilage S41	100% Grassilage S3	76,9	56,1	84,9	81,7	78,1	74,0
	80% Grassilage S3	76,4	55,8	82,8	80,5	75,6	73,2
	50% Grassilage S3	74,5	54,7	79,3	73,7	68,7	71,7
	S _x	1,6	1,9	2,4	2,9	3,1	1,6
	p	0,5	0,9	0,3	0,2	0,1	0,6
	100% Maissilage S41	76,1	49,2	66,4	63,1	63,0	73,9
	80% Maissilage S41	77,5	49,0	70,2	68,1	64,8	74,5
	50% Maissilage S41	74,0	46,9	63,1	58,0	56,5	71,8
	S _x	1,3	2,1	2,9	3,4	3,1	1,3
	p	0,2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,3
Mischung 3 Heu 57 und Grünfutter 1c	100% Heu Charge 57	76,6	65,4	81,5b	81,3	78,6	71,5
	80% Heu Charge 57	79,4	68,1	86,7ab	84,6	81,6	74,5
	50% Heu Charge 57	78,1	66,4	86,7a	83,8	81,2	73,7
	S _x	1,3	2,3	1,4	1,3	1,4	1,7
	p	0,3	0,7	0,04	0,2	0,3	0,4
	100% Grünfutter 1A	79,0	69,8	80,0	80,1	78,5	74,8
	80% Grünfutter 1A	80,4	68,1	84,6	83,3	81,0	75,8
	50% Grünfutter 1A	80,5	70,7	84,7	82,5	80,9	77,0
	S _x	1,4	1,8	1,8	1,7	1,8	1,7
	P	0,7	0,6	0,2	0,4	0,5	0,7
Mischung 4 Grünfutter 3c und Emd 3c	100% Grünfutter 3A	70,9	66,6	67,8	65,7	66,3	67,0
	80% Grünfutter 3A	71,2	66,5	69,2	69,1	68,2	67,6
	50% Grünfutter 3A	70,1	65,2	63,3	61,2	65,3	65,6
	S _x	1,0	1,0	1,8	2,3	1,8	1,3
	P	0,7	0,5	0,1	0,1	0,5	0,6
	100% Emd 3A Charge 70	70,8	64,2	68,2	66,4	66,1	66,9
	80% Emd 3A Charge 70	70,5	62,6	67,8	65,9	68,0	64,9
	50% Emd 3A Charge 70	70,0	62,5	64,2	62,3	65,1	65,5
	S _x	0,9	1,8	1,4	2,1	1,5	1,4
	P	0,8	0,8	0,2	0,3	0,4	0,6
Mischung 5 Heu 58 und Emd 3c	100% Heu Charge 58	77,5	63,9	81,6	81,4	80,2	73,6
	80% Heu Charge 58	76,8	59,8	83,6	82,4	81,3	72,3
	50% Heu Charge 58	81,1	69,3	87,1	83,5	84,1	76,2
	S _x	1,7	2,8	2,7	2,4	2,3	1,9
	p	0,2	0,2	0,4	0,8	0,5	0,4
	100% Emd 3A Charge 70	70,8	64,2	68,2	66,4	66,1	66,9
	80 Emd 3A Charge 70	72,3	66,1	71,4	66,6	67,7	68,3
	50% Emd 3A Charge 70	74,3	67,2	73,2	68,5	70,3	69,4
	S _x	1,5	2,2	2,4	2,3	2,3	1,7
	p	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6
Mischung 6 Heu 58 und Maissilage S40	100% Heu Charge 58	77,5	63,9	81,6	81,4	80,2	73,6
	80% Heu Charge 58	81,9	69,2	85,3	85,3	82,6	78,5
	50% Heu Charge 58	80,2	63,6	81,8	84,1	79,7	77,8
	S _x	1,9	2,5	2,7	2,6	2,7	1,8
	p	0,3	0,3	0,6	0,6	0,7	0,2
	100% Maissilage S40	77,7	56,6	67,3	64,4	62,8	74,4
	80% Maissilage S40	77,8	55,7	66,3	66,7	62,0	75,0
	50% Maissilage S40	80,2	59,3	71,8	71,9	66,0	78,3
	S _x	1,8	3,2	4,0	3,8	3,7	1,8
	p	0,6	0,7	0,6	0,4	0,7	0,3

S_x = Standardabweichung; p = Signifikanzschwelle

Mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichnete Werte in derselben Spalte sind statistisch verschieden.

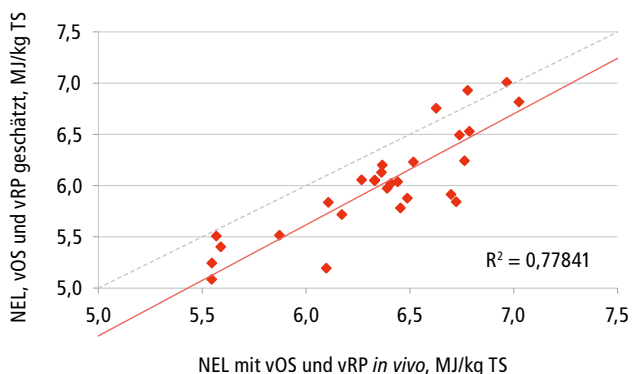
vOS: Verdaulichkeit organische Substanz; vRP: Verdaulichkeit Rohprotein; vRF: Verdaulichkeit Rohfaser; vADF: Verdaulichkeit Lignocellulose;
vADN: Verdaulichkeit Zellwände; vBE: Verdaulichkeit Bruttoenergie.



vOS: Verdaulichkeit organische Substanz; R²: Bestimmtheitsmass.

Abb. 2 | vOS von Futtermischungen – *in vivo* vs. durch Additivität berechnet oder geschätzt

die immer etwa 3 bis 5 Punkte unter den Werten der Erstaufwüchse im gleichen Wachstumsstadium lagen. In diesem Versuch lag die vOS des Grünfutters 1A um 8,1 Punkte höher als beim Grünfutter 3A. Das Heu der Charge 58 wies eine um 6,7 Prozentpunkte höhere vOS auf als das Emd 3A. Diese Futter stammten von derselben Parzelle und wurden im selben Jahr gemäht. Die Verdaulichkeiten der verschiedenen Heuchargen waren ähnlich, mit Ausnahme der Verdaulichkeit des Rohproteins (vRP) des Heus der Charge 42. Die beiden Grassilagen wiesen untereinander keine Unterschiede auf. Die Maissilagen unterschieden sich bezüglich der vOS nicht von den anderen Futtern, zwischen der vRP der beiden Maissilagen gab es hingegen eine Differenz von 10 Prozentpunkten. Die Verdaulichkeiten der Zellwandbestandteile waren bei den Maissilagen recht tief und entsprachen den Werten der Grünfutter des dritten Schnitts.



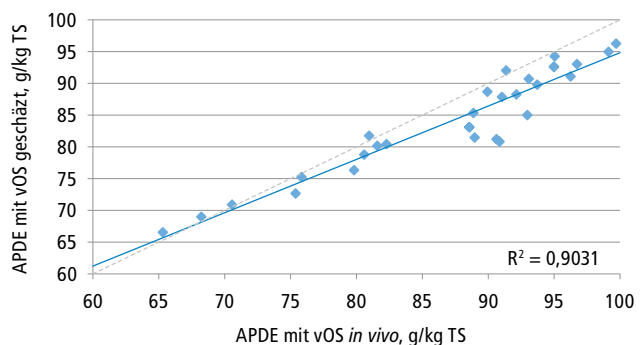
NEL: Nettoenergie Laktation; R²: Bestimmtheitsmass.

Abb. 3 | Mit *In-vivo*-Verdaulichkeiten berechnete Energiewerte vs. geschätzte Energiewerte.

***In-vivo*-Verdaulichkeiten des Einzelfutters in einer Mischung**

Die durch Differenzbildung in Mischrationen berechneten Verdaulichkeiten sind in Tabelle 3 ersichtlich. Die Verdaulichkeit eines Futters entwickelt sich je nach beigemischem Futter und je nach Anteil in der Mischung. Diese Interaktionen sind jedoch relativ schwach angesichts der Ähnlichkeit der untersuchten Futter. Die in den Reinrationen oder durch Differenzbildung in 80/20 und 50/50 Mischungen erhaltenen Verdaulichkeiten sind statistisch nicht verschieden ($p > 0,1$). Die mittlere Amplitude (grösste vOS – kleinste vOS eines Futters) liegt bei der Gesamtheit aller Futter bei $2,7 \pm 1,1$ Prozentpunkte. Die grössten Unterschiede der vOS (4,3 Prozentpunkte) treten bei Heu auf, wenn es mit Emd oder Maissilage gemischt wird (Abb. 1). Bei den 6 untersuchten Mischungen war die vOS in 42 % aller Fälle dann am höchsten, wenn das jeweilige Futter in der Mischung zu einem Anteil von 80 % vorlag, in 33 % der Fälle, wenn es zu einem Anteil von 50 % vorlag und nur in 25 % der Fälle in Reinrationen.

In den Mischungen 5 (Heu Charge 58 und Emd 3A) und 6 (Heu Charge 58 und Maissilage) weisen die dem Heu der Charge 58 beigemischten Futter eine Verdaulichkeit ihrer Nährstoffe auf, die mit sinkendem Anteil des Futters in der Mischung ansteigt. Dies könnte auf die Verlangsamung des Digesta-Flusses zurückzuführen sein (Faichney 1995). Mit einem höheren Heuanteil in der Ration nimmt die für die Verdauung erforderliche Zeit zu. Diese Tendenz lässt sich bei Mischung 1, Heu der Charge 42 gemischt mit Grassilage, nicht erkennen. Hier nimmt die Verdaulichkeit der Mischung mit der Reduktion des Silageanteils ab. Zu bemerken bleibt, dass das Heu der Charge 42 geringere RP- und RF-Gehalte aufwies als das Heu der beiden anderen Chargen.



APDE: absorbierbares Protein im Darm, das aufgrund verfügbarer Energie im Darm aufgebaut werden kann; vOS: Verdaulichkeit der organischen Substanz; R²: Bestimmtheitsmass.

Abb. 4 | Mit *In-vivo*-Verdaulichkeiten berechnete Proteinwerte vs. geschätzte Proteinwerte.

Additivitätsprinzip zur Berechnung der Verdaulichkeit von Futtermischungen

Die vOS der Mischungen, die durch Additivität der *In-vivo*-vOS (Abb. 2) errechnet wurde, wird leicht unterschätzt ($r=0,92$). Die grösste Abweichung in Höhe von $-3,4\%$ -Punkten wurde bei der Mischung aus 80 % Heu und 20% Maissilage festgestellt. Wohingegen bei der gleichen Mischung im umgekehrten Verhältnis (20/80) die Abweichung nur $-0,1\%$ -Punkte betrug. In 77 % der Fälle beträgt die Differenz höchstens 1,1 %-Punkte. Bei Berechnungen mit den aus Schätzgleichungen hervorgegangenen vOS, unterscheiden sich die vOS der Mischungen deutlicher von den Beobachtungswerten ($r=0,75$). Die grösste Abweichung in Höhe von $-7,6\%$ -Punkten wurde bei der Mischung aus 80 % Heu und 20 % Grassilage beobachtet. Hier lag bei 44 % der Werte eine Unterschätzung von mehr als 5 %-Punkten vor.

Schätzung der Nährwerte der Mischungen

In den Abbildungen 3 (Nettoenergie Laktation, NEL) und 4 (absorbierbares Protein im Darm, APDE) wurden die aus den *In-vivo*-Verdaulichkeiten berechneten Werte mit den Werten verglichen, die mit den geschätzten vOS-Werten erhalten wurden. Die Nährwerte der Mischungen wurden basierend auf den geschätzten Nährwerten durch Additivität berechnet.

Vorhergesagte NEL-Werte werden unterschätzt. Die grössten Abweichungen traten bei den Mischungen auf, die Heu enthielten (1, 3 und 5). Diese Differenz resultiert aus den Abweichungen, die durch die Schätzungen der Heuchargen entstehen ($-5,3 \pm 2,9\%$ -Punkte) sowie durch die Interaktionen, die in der Berechnung durch Additivität nicht berücksichtigt werden.

Die geschätzten Proteinwerte (APDE) stimmen besser mit den *in vivo* erzielten vOS überein, wobei die hohen Werte tendenziell unterschätzt werden. Die Schätzwerte der Mischung 1, Heu und Grassilage in einer 50/50-Mischung, waren mit einer Unterschätzung von 10 g APDE/kg TS am schlechtesten.

Schlussfolgerungen

- Die Verdaulichkeit eines Futters verändert sich in Abhängigkeit des Anteils in der Mischung und der Art der verschiedenen Futterkomponenten in der Mischung.
- Bei einem Anteil eines Futters von 80 % in einer Mischung zweier verschiedener Futterarten war die Verdaulichkeit seiner Nährstoffe generell höher als wenn es als Reinration vorgelegt wurde.
- Die verschiedenen Interaktionen zwischen Futtertypen und -anteilen in Futtermischungen erschweren die Zuordnung eines genauen Nährwertes zu einer Mischung. Insbesondere dann, wenn die Ration noch weitere Futtermittel enthält.
- Die durch Additivität erhaltenen vOS- und vRP-Werte in Mischungen lagen nah bei den *in vivo* erzielten Werten. Die grössten Abweichungen lassen sich bei Mischungen mit Heu feststellen.
- Der durch Additivität auf der Grundlage von geschätzten Verdaulichkeiten oder Tabellenwerten bestimmte Nährwert kann deutlich von den tatsächlichen Werten abweichen und ist in Abhängigkeit der Reaktion der Tiere erneut zu bewerten. ■

Riassunto

Digeribilità del foraggio in razioni miste

La digeribilità della sostanza organica (dSO) di un foraggio, che può essere stimata *in vitro* tramite un modello di calcolo oppure determinata *in vivo* mediante un esperimento, fornisce un valore nutrizionale considerato isolatamente. Tuttavia, una razione è generalmente costituita da una miscela di foraggi e di mangimi concentrati. In questo esperimento si studia lo sviluppo della dSO di diversi foraggi (foraggio verde, insilato di erba, fieno, grumereccio e insilato di mais) *in vivo* con i montoni. Agli animali, sono stati presentati differenti combinazioni di due tipi di foraggio a percentuali diverse (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, 0–100 %). La dSO per i diversi tipi di foraggio è cambiata (senza differenze significative sul piano statistico) a seconda delle rispettive proporzioni di foraggio nelle miscele e dei tipi di foraggio presentati insieme. La differenza delle dSO delle miscele e le dSO dei foraggi isolati della dSO delle miscele è stata in media di $2,7 \pm 1,1$ punti percentuali. Le differenze maggiori (4,3 punti percentuali) si sono avute nella dSO di fieno in miscela con grumereccio o con insilato di mais. Nel 42 % di tutti i casi, la dSO più elevata è stata riscontrata quando il foraggio in questione rappresentava l'80% della miscela. La dSO delle miscele ottenuta per addizione della dSO *in vivo* dei componenti è leggermente sottostimata ($r=0,92$). Se si considera la dSO stimata dei singoli foraggi, la dSO delle miscele devia maggiormente rispetto ai valori *in vivo* ($r=0,56$). L'esperimento dimostra che ogni foraggio interagisce diversamente e in funzione della sua rispettiva proporzione nelle miscele.

Summary

Digestibility of forage in mixed rations

The digestibility of the organic matter (DOM) of a forage, whether estimated *in vitro* via modelling or determined *in vivo* via experimentation, is a nutritive value considered in isolation. A ration, however, generally consists of a mixture of different forages and concentrates. This trial – consisting of an *in vivo* study with wethers – studies the changes in DOM of different forages (herbage, grass silage, hay, and maize silage) distributed in different proportions (100–0, 80–20, 50–50, 20–80, and 0–100 %, respectively) in two-component combinations. The DOM of the forage types changed (without statistically significant differences) as a function of the proportions in the mixture and the associated feed; the mean DOM deviation of the mixtures was 2.7 ± 1.1 percentage points. The greatest differences in DOM (4.3 percentage points) were found for mixtures of hay from different cuts or hay combined with maize silage. In 42 % of the cases the highest DOM was identified when the forage in question accounted for 80 % of a mixture. The DOM of the combinations obtained by adding the *in vivo* DMO of the individual components is slightly underestimated ($r=0.92$). Taking into account the estimated DOM scores of the forages, the DOM scores of the combinations move further away from the *in vivo* values ($r=0.56$). The experiment shows that each forage interacts differently in the combinations and as a function its proportions in the mixture.

Key words: digestibility, associated forages.

Literatur

- Agroscope, 2017. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch), Kapitel 15. Formeln und Regressionsgleichungen. Zugang: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html> [26.04.2018].
- Aufrère J., 1982. Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences* **31** (2), 111–130.
- Pacheco J., Pittet A., Ampuero Kragten S. & Arrigo Y., 2018. Verdaulichkeit der organischen Substanz: Vergleich von *In-vivo*- und *In-vitro*-Bestimmungen. *Agrarforschung Schweiz* **9** (3), 92–97.
- Daccord R., Arrigo Y. & Chaubert C., 2006. Formules et équations de prédiction. Dans: Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert Agroscope), chapitre 15, Ed. Agroscope, Posieux (date de consultation 23.03.2018).
- Nozière P., Delaby L., Sauvant D., et 30 co-auteurs, 2016. INRA Feed Unit System for Ruminants, le nouveau «Livre Rouge» de l'INRA, 23^e Journées 3R – 2016. Zugang: http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_4_affiche_Alimentation-revsyst_P-Noziere.pdf.
- Fainchney G. J., 1995. Transit des digesta dans le tube digestif des ruminants. Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA Editions Paris 431-464.
- Schubiger F. X., 2001. Valeur nutritive des plantes de prairie. 5: Digestibilité de la matière organique. *Revue suisse d'Agriculture* **33** (6), 275–279.