

# Vorhersage des Rohproteingehaltes von Grassilagen in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial und den Silierbedingungen

<sup>1</sup>J. PICKERT, <sup>2</sup>D. BRÜNING UND <sup>3</sup>G. WEISE

<sup>1</sup>ZALF, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

<sup>2</sup>agrathaer GmbH, Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

<sup>3</sup>PAGF, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

Juergen.Pickert@zalf.de

## Einleitung und Problemstellung

Die Energiekonzentration und der Rohproteingehalt zählen zu den wichtigsten Kenngrößen der Grassilage in der Rationsberechnung. Unter bestimmten Bedingungen kann es für die Praxis von Vorteil sein, wenn die zu erwartenden Gehalte der Grassilage aus dem Siliergut geschätzt werden. Somit könnte der Landwirt bereits zu Beginn der Konservierung verlässliche Aussagen zur Qualität der zukünftigen Silage erhalten. Dies ermöglicht zum einen eine frühzeitige Futterplanung, zum anderen ist die Beprobung des Siliergutes einfacher und es werden womöglich weniger Proben als bei der konventionellen Beprobung des Silos benötigt (Udén, 2018). Basierend auf umfangreichen Silierversuchen aus den 1980er Jahren, wurde das Modell „Normative Silokartei“ von Weise und Rambusch (1988) entwickelt, um den Energie- sowie Rohproteingehalt von Grassilage unmittelbar nach der Silobefüllung vorherzusagen.

Das Modell wurde in den Jahren 2002 und 2004 erneut in Praxisbetrieben getestet (Pickert und Weise, 2014). Dabei ließ sich die Energiekonzentration der Silage in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial (Siliergut) und von den Silierbedingungen sicher vorhersagen. Die Vorhersage des Rohproteingehaltes war noch nicht Gegenstand jener Prüfung.

Basierend auf diesen Testergebnissen wurde das Modell als Microsoft-Excel basierte Kalkulationshilfe „SiloExpert“ implementiert und auf Praxisbetrieben angewendet. Inzwischen wurden erste Ergebnisse zur Bewertung der Eignung der Kalkulationsmaske für die Vorhersage der Energiekonzentration der Silage aus den Jahren 2015/16 mitgeteilt (Pickert *et al.*, 2018). Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Erprobungsergebnisse im Hinblick auf den Rohproteingehalt zu bewerten und die Kalkulationshilfe auch dafür zu validieren.

Im Beitrag werden Ergebnisse der Vorhersage des Rohproteingehaltes aus den Versuchsjahren 2015/16, ergänzt durch im Versuchsjahr 2017 im Rahmen der EIP Maßnahme „Q2GRAS“ (Q2GRAS, 2017; gefördert durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes (ELER) und das Land Brandenburg. [www.eler-brandenburg.de](http://www.eler-brandenburg.de)) gewonnene Ergebnisse gezeigt und diskutiert.

## Material und Methoden

Das Modell wurde in sieben Praxisbetrieben unterschiedlicher Größe und Gegebenheiten im Land Brandenburg mit weidelgrasdominierten Beständen im ersten und zweiten Aufwuchs während der herkömmlichen Silierkampagne getestet. In diesen Betrieben wurde für die Versuche eine im zuvor ausgesuchte, im Pflanzenbestand homogene Fläche innerhalb der jeweiligen Schläge verwendet. Von dieser wurde ein etwa 30 m langes Schwad mit dem betriebseigenen Häcksler innerhalb des normalen Ernteablaufes geerntet. In einigen Fällen wurden Siliermittel nach den Herstellerangaben appliziert.

Zur Anwendung kam die Bilanzbeutelmethode, die einen direkten Vergleich zwischen einsiliertem Siliergut und ausgelagerter Silage erlaubt. Hierzu wurden pro Versuch nach der

Anwelkphase, während der Silobefüllung vom gehäckselten Siliergut sechs Proben á ca. 500 g entnommen und gleichzeitig sechs Bilanzbeutel (30 x 60 cm, Polypropylen) mit je ca. 3 kg Siliergut befüllt. Die Beprobung und Bilanzbeutelbefüllung erfolgten entweder direkt am Silo oder am Feldrand, nachdem die zu beprobende Charge (ca. 150 kg) vom Häcksler auf einen separaten Hänger geladen und anschließend durchmischt worden war. Die Bilanzbeutel wurden unmittelbar nach der Befüllung gewogen, in die Horizontalsilos eingelegt, mit dem restlichen Siliergut der Versuchsfläche siliert, nach der Öffnung der Silos ausgelagert, erneut gewogen und bei -18 °C eingefroren. Die Einlagerung der Beutel erfolgte über die gesamte Breite der Silos (über eine Linie) mit einem Mindestabstand von 1 m von der Silowand sowie mindestens 0,5 m unter der aktuellen Futterstapeloberfläche. Zur Wiederfindung der Bilanzbeutel wurde jeder Beutel mit einem 3 m langen, farbigen Polyurethanband versehen, das entgegen der geplanten Entnahmerichtung ausgerichtet wurde. Die Verweilzeit der Bilanzbeutel war verschieden, je nachdem wann die Silos durch den Landwirtschaftsbetrieb für die Verfütterung geöffnet wurden. Von den bei 60 °C für 2 Tage getrockneten und anschließend vermahlenden Siliergut- und Bilanzbeutelproben wurden der Trockenmasse (TM) – Gehalt sowie mittels NIRS (Nahinfrarotspektroskopie, Foss Analytical Systems, Hillerød, Dänemark) die Gehalte an Rohprotein (XP) und weiteren Rohnährstoffen nach VDLUFA (2012) bestimmt. Die aus den schlagbezogenen Siliergutproben ermittelten Gehalte an XP, die Siliereignung des Siliergutes (Pflanzenbestand, TM-Gehalt und Siliermitteleinsatz) sowie die vom Landwirt erfassten Silierbedingungen (Füll- und Verdichtungsleistung, Abdeckung) dienten als Modelleingangsgroßen (Abbildung 1). Aus den eingegebenen Werten wurden dann die Bewertungskategorien schlecht, mittel oder gut ausgewiesen und daraufhin eine Note für die zu erwartende Silage (von 1 – 5) vergeben, die die Siliereignung und die Silierbedingungen sowie das Risiko für die Verschlechterung der Futterwertparameter bei der Silierung insgesamt charakterisiert.

Anhand dieser Benotung wurde ein nach der „Normativen Silokartei“ bestimmter Prozentsatz vom Rohproteingehalt des Siliergutes abgezogen. Dieser beinhaltet die durch Abbauprozesse bei der Silierung auftretenden Verluste an Rohprotein. Rutzmoser *et al.* (2001, 2002) versuchten aus zahlreichen Silierversuchen mit Gras-, Klee- und Luzernegrassilagen mithilfe von Bilanznetzen Schätzgleichungen für die Vorhersage der Rohnährstoffe aus dem Siliergut abzuleiten. Aus den Versuchen wurde ein mittlerer TM-Verlust von 8 % ermittelt, der sich aus dem Abbau bzw. der Vergärung von wasserlöslichen Kohlenhydraten ergab. Für die Schätzung des Rohproteingehaltes in der Silage wurden eine Anreicherung des Rohproteins durch den TM-Verlust (relative Zunahme) und andererseits der Abbau zu Ammoniak bedacht. Da Ammoniak bei der Trocknung der frischen Silagen bei der Analyse im Labor entweicht, wird das Rohprotein aus Ammoniak vom Rohprotein nach der Anreicherung abgezogen. In der „Normativen Silokartei“ bzw. der Kalkulationshilfe „SiloExpert“ wurden entsprechend der Benotung die XP-Gehalte des Siliergutes um entsprechend 3, 5, 8, 13 bzw. 15 % vermindert und dann als Vorhersageergebnis für die Silage ausgewiesen.

Zur Modellvalidierung wurden die mit Hilfe des Modells vorhergesagten Gehalte an XP mit den in den Bilanzbeuteln ermittelten Gehalten verglichen. Einige Bilanzbeutel gingen während der Entnahme mit z.T. sehr leistungsstarker Entnahmetechnik verloren und waren nicht aufzufinden, weshalb nur Versuche mit einer Mindestanzahl von drei Bilanzbeuteln ausgewertet wurden.

## Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Bilanzierung von Siliergut und Silage sowie die durch das Modell vorhergesagten Rohproteingehalte dargestellt. Im Mittel der Versuche betrug der XP-Gehalt im Siliergut 167 g kg TM<sup>-1</sup>, in vier Versuchen traten hohe Rohproteingehalte von > 180 g kg TM<sup>-1</sup> auf. Insgesamt ist erkennbar, dass sich im Mittel in der Silage nahezu die gleichen Rohproteingehalte feststellen ließen wie im Siliergut. Ähnliche Ergebnisse teilt Udén (2018) mit, der Rohprotein, Rohasche, aNDFom und Rohfett zu nahezu 100 % in verschiedenen Silagen wiederfand und feststellte, dass unter strikt anaeroben Bedingungen, die genannten Rohnährstoffe vollständig überführt werden können. Die in den Versuchen von den Landwirten realisierten Silierbedingungen unterstützten diesen Sachverhalt, da sämtliche Silierbedingungen in den Betrieben mit gut eingestuft wurden, so dass tatsächlich anaerobe Bedingungen in den Silos für die entsprechenden Chargen bestanden haben dürften. Ob sich in den vorliegenden Versuchen eine Anreicherung des Proteins in der Silage durch Gärverluste ergab, muss noch in der weiteren Auswertung der Versuche geklärt werden.

In den Versuchen wurde durchweg die Silagenote 1 vergeben. Entsprechend der Benotung wurden vom Rohproteingehalt des Siliergutes 3 % abgezogen und als Vorhersage ausgewiesen. Aus der Abbildung 2 kann die Übereinstimmung der vorhergesagten Rohproteingehalte und der tatsächlich gemessenen Gehalte in der Grassilage entnommen werden. In mehreren Fällen waren die in der Silage gemessenen Gehalte leicht höher als die durch das Modell vorhergesagten. Insgesamt ließ sich eine hohe Übereinstimmung feststellen, was auf eine gute Anwendbarkeit des Modells als Prognosetool hinweist. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Rutzmoser *et al.* (2002), die bei Anwendung ihres Modells und bei guter Vergärung eine geringe Abweichung zwischen den geschätzten und den gemessenen Werten beobachteten.

Tab. 1: Gegenüberstellung der mittleren Rohproteingehalte aus Siliergut und Silage sowie der Vorhersage der XP-Gehalte in der Silage durch die Kalkulationsmaske

Betrieb	Schlag, Schnitt	Termin	n	g XP kg TM <sup>-1</sup>			Silage/ Silier- gut (%)	Silage / Vorher- sage (%)
				Silier- gut	Vorher- sage	Silage		
E	An der Bahn	1 11.5.15	4	158	153	171	108	112
D	Schinderhütte	1 13.5.15	6	168	163	181	108	111
F	Hinter Wegner	1 16.5.15	6	169	164	177	105	108
C	Geradezu	1 18.5.15	6	192	186	183	95	98
D	Schinderhütte	2 15.6.15	5	167	162	173	104	107
C	Dreieck	2 29.6.15	6	153	148	142	93	96
A	1200	1 09.5.16	6	156	151	170	109	112
A	1200	1 17.5.17	6	128	124	139	109	112
B	4. TVH	1 18.5.17	5	183	178	188	102	105
C	Geradezu	1 20.5.17	6	194	188	187	96	99
D	Horstgraben	2 08.6.17	5	150	146	148	99	102
D	Weidezentrale	2 08.6.17	3	150	146	146	97	100
B	Quasinge 5	2 10.6.17	6	206	200	201	97	100
Mittel				167	162	169	104	107
MAE	g XP kg TM <sup>-1</sup>						7,78	8,80
RMS	g XP kg TM <sup>-1</sup>						8,80	11,02
E								
EF	( -- )						0,78	0,68

XP = Rohprotein, \* Anzahl wiedergefundener und analysierter Bilanzbeutel

Angesichts eines MAE (mittlerer absoluter Fehler) von ca. 9, eines RMSE (Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme) von ca. 11 g XP kg TM<sup>-1</sup> und einer Modelling Efficiency (EF) von ca. 0,7 besitzt „SiloExpert“ eine gute Eignung für die Vorhersage des XP-Gehaltes in der Grassilage (vgl. Tab. 1). Allerdings bleibt bei der Vorhersage des Rohproteingehaltes die Modelling Efficiency gegenüber der Vorhersage der Energiekonzentration (EF = 0.93) (Pickert *et al.*, 2018) etwas zurück.

In den nächsten Arbeitsschritten sollen die Gärsäuren der Silagen, Ammoniak sowie die TM-Verluste ausgewertet werden, um präzisere Informationen zum Proteinabbau zu erhalten.

Um das Modell noch eingehender testen zu können, müssen Versuche durchgeführt werden, bei denen entweder die Siliereignung, die Silierbedingungen oder beides nur unzureichend sind, so dass mit stärkerem Proteinabbau zu rechnen ist (z.B. sehr feuchtes Siliergut).

### Schlussfolgerungen

Nachdem bereits die Mitteilung über die gute Eignung zur Vorhersage der Energiekonzentration erarbeitet worden ist, kann der Kalkulationshilfe „SiloExpert“ auch die Eignung zu einer sicheren Vorhersage des Rohproteingehaltes aus dem Siliergut unter der Beachtung der Siliereignung und der Silierbedingungen bescheinigt werden. Somit kann der Landwirt für seine Futterplanung frühzeitig Informationen auch zum zukünftigen Rohproteingehalt der Grassilage erhalten.

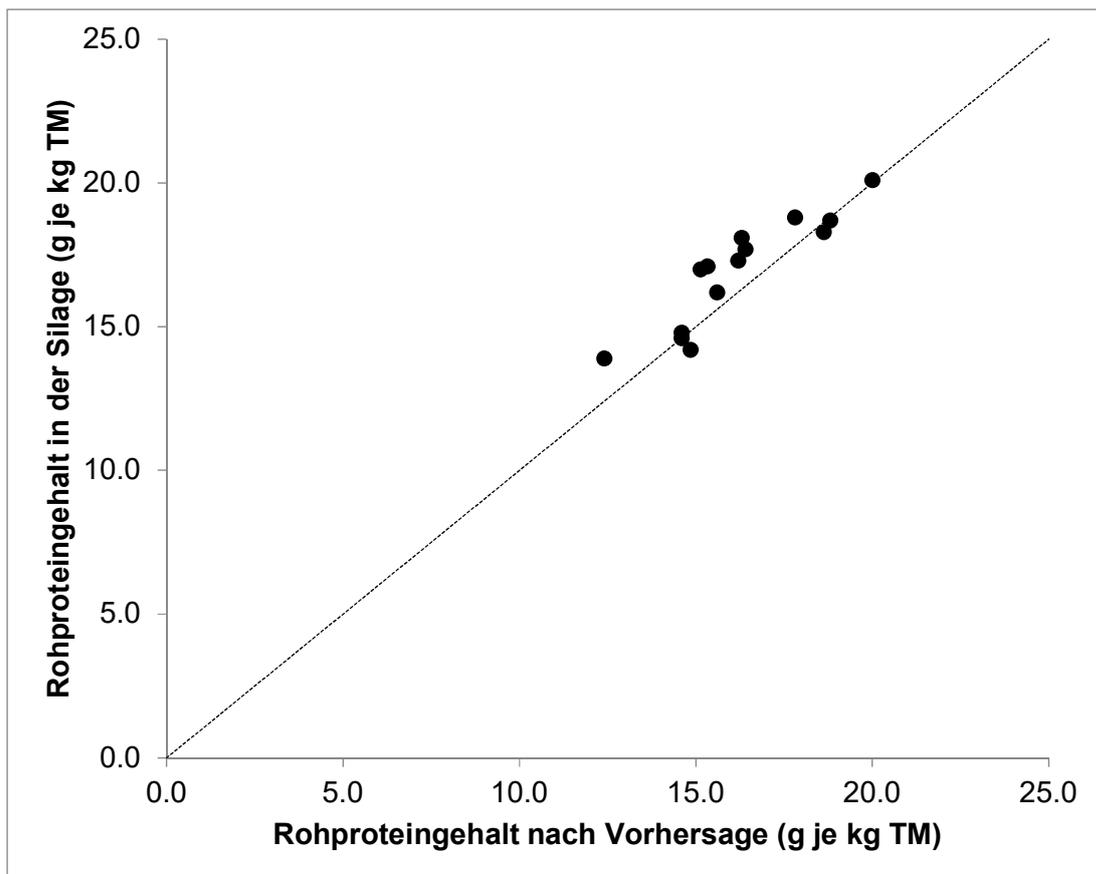


Abb. 1: Vergleich zwischen Rohproteingehalt nach der Vorhersage und dem tatsächlich gemessenen Gehalt in der Silage (gestrichelte Linie = Winkelhalbierende)

Obwohl die berichteten Versuche in verschiedenen Landwirtschaftsbetrieben mit praxisüblicher Siliertechnik und in mehreren Jahren durchgeführt worden sind, lagen

durchweg gute Silierbedingungen vor. Weitere Versuche werden angestrebt, um das Modell „Normative Silokarte“ mittels Kalkulationshilfe „SiloExpert“ auch unter ungünstigeren Silierbedingungen mit höheren zu erwartenden XP-Verlusten zu validieren.

## Literatur

- PICKERT, J. & WEISE, G. (2014): Prediction of energy content of grass silages depending on grass and ensiling conditions. *Grassland Science in Europe* 19, 613-615.
- PICKERT, J., MERSCH, F., HERRMANN, A., HOFFMANN, T., THAYSEN, J., WEISE, G., WEIß, K. & WELLENBROCK, K.-H. (2018) SiloExpert - A model for predicting grass silage quality. *Grassland Science in Europe* 23, (im Druck).
- Q2GRAS (2017): <https://eip-agri.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.447874.de>
- RUTZMOSER, K., RICHTER, W. & PFLAUM, J. (2001): Changes of nutrient contents of grass by ensiling. In: Jambor, V., Doležal, P., Zeman, L., Loučka, R., Rudolfová, Š. & Procházka, P. (ed.): *Proceedings of the 10th International Symposium Forage Conservation*, Brno, Czech Republic, 2001, 150-152.
- RUTZMOSER, K., SCHUSTER, M. & RICHTER, W. (2002): Inhaltsstoffe in der Grassilage abgeleitet aus den Gehalten im Grüngut. *VDLUFA-Schriftenreihe* 58, 343-345.
- UDÉN, P. (2018): Fresh and ensiled forage plants-total composition, silage losses and the prediction of silage composition from the crop. *Grass and Forage Science* 73, 420-431.
- VDLUFA (2012): Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WEISE, G. & RAMBUSCH, H. (1988): Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung. Normative Silokartei. Silierkatalog. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg.

<table border="1"> <tr> <td><b>Betrieb</b></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td><b>Schlag (Bezeichnung, ggf. Nr.)</b></td> <td>Weidezentrale</td> </tr> <tr> <td><b>Silo (Bezeichnung)</b></td> <td>1d</td> </tr> </table>		<b>Betrieb</b>	A	<b>Schlag (Bezeichnung, ggf. Nr.)</b>	Weidezentrale	<b>Silo (Bezeichnung)</b>	1d	<b>Ergebnis und Bewertung der Silage</b> Die Siliereignung ihrer Silage wird mit <b>gut</b> als -sicher vergärbär- eingestuft Die Silierbedingungen werden als <b>gut</b> eingestuft Der XP-Gehalt ist voraussichtlich <b>14,6 % XP/kg TM</b> und die Energiekonzentration <b>6,26 MJ NEL/kg TM</b>	
<b>Betrieb</b>	A								
<b>Schlag (Bezeichnung, ggf. Nr.)</b>	Weidezentrale								
<b>Silo (Bezeichnung)</b>	1d								
Bitte geben Sie den Rohproteingehalt und die Energiekonzentration an <table border="1"> <tr> <td><b>% XP/kg TM</b></td> <td>15,0</td> </tr> <tr> <td><b>MJ NEL/kg TM</b></td> <td>6,45</td> </tr> </table>		<b>% XP/kg TM</b>	15,0	<b>MJ NEL/kg TM</b>	6,45	<b>Die Silage bekommt mit den Angaben die Note:</b> <b>1</b>			
<b>% XP/kg TM</b>	15,0								
<b>MJ NEL/kg TM</b>	6,45								
<b>Bewertung der Siliereignung</b>									
<b>Pflanzenbestand</b>	<b>TS-Gehalt Siliermittel</b>	<b>Bewertung</b>							
<input type="radio"/> Weidegräser, 1. Aufwuchs	<input type="radio"/> unter 18 % <input checked="" type="radio"/> 18 bis 28 % <input type="radio"/> > 28 %	ohne							
<input checked="" type="radio"/> sonstige Gräser	<input type="radio"/> unter 25 % <input type="radio"/> 25 bis 35 % <input checked="" type="radio"/> > 35 %	ohne	gut						
<input type="radio"/> Leguminosen-Gras-Gemische	<input type="radio"/> unter 25 % <input type="radio"/> 25 bis 35 % <input checked="" type="radio"/> > 35 %	ohne							
<input type="radio"/> Leguminosen	<input checked="" type="radio"/> unter 30 % <input type="radio"/> 30 bis 40 % <input type="radio"/> > 40 %	ohne							
<input type="radio"/> Gräser, Gras-Leguminosen-Gemische, Leguminosen mit mittlerer Siliereignung		mit							
<b>Bewertung der Silierbedingungen in Abhängigkeit von der Fülleistung und der Verdichtung</b>									
<b>Fülleistung:</b> Stapellängen- höhenzuwachs auswählen: > 12 m gut > 1,5 m gut		<b>Weitere Bedingungen:</b> Laufzeit der Verdichtungsmaschinen Verdichtungsleistung von ca. 2 Min./t > 80 % gut Vorübergehende Zudeckung bei verlustbringender Befüllpause (>10 h) überwiegend gut							
gewelkt (TS-Gehalt > 35 %)									

Abb. 2: Eingabemaske und Bewertungsschema von „SiloExpert“