

## Schlag-orientierte Qualitätssicherung in der Grassilageproduktion – ein Paradigmenwechsel?

Pickert, J.<sup>1</sup>, Herrmann, A.<sup>3</sup>, Hoffmann, T.<sup>2</sup>, Mersch, F.<sup>4</sup>, Thaysen, J.<sup>5</sup>, Weise, G.<sup>6</sup>, Weiß, K.<sup>7</sup> und Wellenbrock, K.-H.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.  
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg

<sup>2</sup> Grass and Forage Science/Organic Agriculture, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Herrmann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel

<sup>3</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)  
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam

<sup>4</sup> Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich 53/Ökologischer Landbau  
Versuchszentrum Gartenbau, Gartenstraße 11, 50765 Köln-Auweiler

<sup>5</sup> Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Grüner Kamp 15–17, 24768 Rendsburg

<sup>6</sup> Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Gutshof 7, 14641 Paulinenaue  
<sup>7</sup> Humboldt-Universität zu Berlin

Albrecht Daniel Thaeer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften  
Invalidenstraße 42, 10115 Berlin

[pickert@zalf.de](mailto:pickert@zalf.de)

### Einleitung und Problemstellung

Grassilage ist bekanntlich neben Maissilage das wichtigste Grundfutter in der Rinderhaltung. Etwa 40 bis 60 % der in der Milchviehhaltung eingesetzten Silagen sind Grassilagen. Eine hohe Futterqualität der Grassilage ist eine Voraussetzung für hohe Tierleistungen, Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Leistungsdauer sowie für geringe Futterkosten. Milchkühe sind auf besonders hohe Futterqualität angewiesen. Aus physiologischen, aber auch aus betriebswirtschaftlichen Aspekten ist daher eine Fütterung mit wirtschaftseigener Grassilage anzustreben. Die Futterkosten machen in hochleistenden Milchviehherden etwa 60 % der jährlich 2.300–2.500 € je Milchkuh umfassenden Direktkosten aus. Knapp 50 % der Futterkosten entfallen auf das Grundfutter, zumeist Silagen. Die Bereitung hochwertiger Grassilage basiert auf einem sehr komplexen Verfahrensablauf und erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Einflussfaktoren, angefangen bei den Standortverhältnissen und der Zusammensetzung der Grünlandnarbe, über die Nährstoffversorgung des Grünlandbestandes, das morphologische Entwicklungsstadium zum Mähzeitpunkt, die Mäh- und ggf. Mähgutbearbeitungstechnik, der Trockenmassegehalt zum Silierzeitpunkt, der Siliermitteleinsatz, die Einlagerungs-, Verdichtungs- und Hermetisierungsbedingungen bis hin zu den Abläufen bei der Siloentnahme und Futtervorlage.

Die Analyse der Grassilagequalität im Einzugsbereich des Labors des Landeskontrollverbandes Berlin-Brandenburg (LKV) zeigt, dass es in den letzten 10 Jahren nicht gelungen ist, den Energiegehalt der Grassilagen zu verbessern. Diese Situation ist in anderen norddeutschen Regionen nicht anders (Kalzendorf 2015). Im Mittel werden konstant ca. 6,0 MJ NEL kg TM<sup>-1</sup> erreicht, allerdings bei einem Variationsbereich von ca. 5 bis 7. Betrachtet man nur die besten 25 % der Grassilagen so werden seit 2007 im Durchschnitt stets mindestens 6,3 MJ NEL kg TM<sup>-1</sup> ausgewiesen, wobei in einigen Jahren auch 6,5 MJ NEL kg TM<sup>-1</sup> errechnet worden sind.

Durch den Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V. werden seit 2007 in der „Reifeprüfung Grünland“ der Reifeverlauf des ersten Grünlandaufwuchses für das Land Brandenburg untersucht und Empfehlungen zum Schnittbeginn veröffentlicht. Das hat sich bewährt und trug zu einer deutlichen Verbesserung beim Schnittzeitpunkt in der Grassilageproduktion bei. So stieg der Anteil von Grassilagen mit einem Rohfasergehalt unter 250 g kg TM<sup>-1</sup> von ca. 15 % im Jahre 2007 auf über 40 % im Jahre 2016 (Weise *et al.* 2017). Damit wird in vielen Betrieben bereits hochwertiges Siliergut in der Grassilageproduktion eingesetzt.

Bei der Entwicklung des TM-Gehaltes, als dem entscheidendsten Verfahrensparameter in der Welksilageproduktion, konnte hingegen keine Verbesserung erzielt werden (Abbildung 1).

Nur ca. 30–35 % der Grassilagen weisen einen TM-Gehalt zwischen 350 und 450 g kg FM<sup>-1</sup> auf, ca. 40 % liegen darunter, und 25–30 % sind zu stark angewelkt. Im Verfahren der Silageerzeugung erfährt das Mähgut somit meist nicht die erforderliche qualitätssichernde Weiterentwicklung. In der Abbildung 2 ist dem Rückgang der Rohfasergehalte die Stagnation bei der Energiekonzentration (EK) und dem TM-Gehalt der Grassilagen gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass in der Verfahrensgestaltung der Welksilageproduktion nach dem Schnitt dringender Handlungsbedarf besteht.

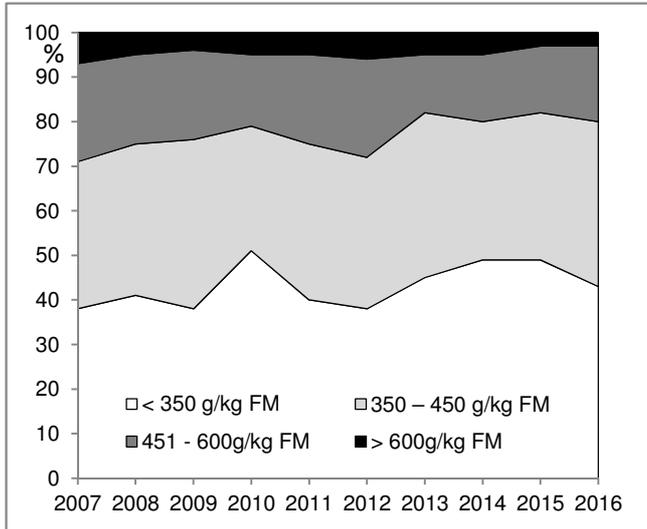


Abbildung 1: Entwicklung des TM-Gehaltes der Grassilagen von 2007 bis 2016 im Bereich des LKV Berlin-Brandenburg (Quelle: Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg)

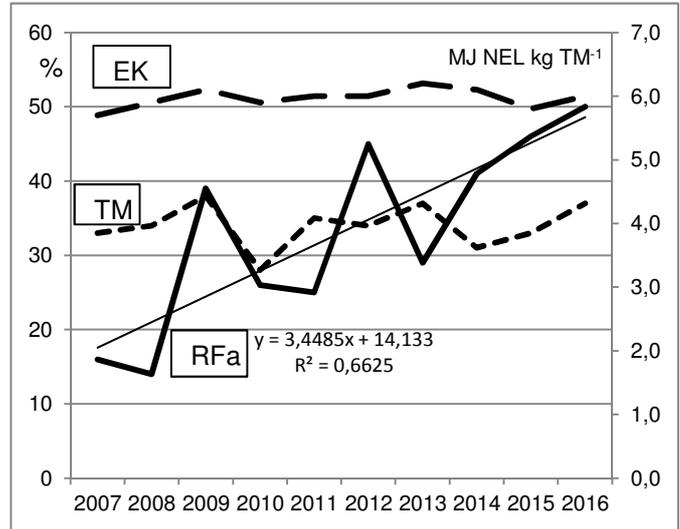


Abbildung 2: Entwicklung des Anteils der Grassilagen mit einem Rohfasergehalt (RFA) < 250 g kg TM<sup>-1</sup>, mit einem TM-Gehalt 350–450 g kg FM<sup>-1</sup> sowie Entwicklung der Energiekonzentration (EK) von 2007 bis 2016 im Bereich des LKV Berlin-Brandenburg (Quelle: Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg)



Abbildung 3: Anschnittfläche eines Horizontalsilos mit visuell unterschiedlichen Silagepartien, die auf Unterschiede in der Silagequalität hindeuten (Foto: Chr. Kalzendorf)

Bei der Analyse der Silagequalität und etwaiger Schwachstellen werden vielfach die einzelnen Einflussfaktoren wenn überhaupt, dann eher isoliert voneinander betrachtet. Nicht selten befasst sich der Betriebsleiter nur mit dem Futtermittelattest der bei der Fütterung an der Anschnittfläche entnommenen Silage. Dabei stellt sich der Silo als Black Box dar.

Selbst wenn visuell festgestellte Bereiche unterschiedlicher Qualität separat beprobt und analysiert werden, kann die Verbindung zur Herkunftsfläche und damit zu wichtigen Einflussfaktoren der Silagequalität meist nicht mehr hergestellt werden (Abbildung 3). Diese Herangehensweise kann daher bei größeren Silos, in das Siliergut unterschiedlicher Flächen eingebracht wird, nicht zielführend sein. Dies ist gerade für größere Betriebe bedeutsam. Zudem fallen die Ergebnisse erst unmittelbar bei der Fütterung an. Weisen die Befunde eine unzureichende Qualität aus, kann i.d.R. im selben Jahr nicht mehr durch Erzeugung betriebseigener hochwertigerer Silage reagiert werden.

Die Arbeiten hatten das Ziel, die Grassilageproduktion in mehreren Landwirtschaftsbetrieben auf der Grundlage von schlagbezogenen Daten zum Verfahrensablauf und zur Futterqualität zu organisieren und zu analysieren. Der vorliegende Beitrag vermittelt die Ergebnisse aus zwei Untersuchungsjahren (2015–2016) und stellt ein schlag-orientiertes Qualitätssicherungskonzept vor.

### Material und Methoden

Der optimale Schnitttermin des ersten Aufwuchses wurde mittels der „Reifeprüfung Grünland“ ermittelt. Zur Sicherung und Vorhersage des erreichten TM-Gehaltes in Abhängigkeit der Mähbedingungen und Witterung wurde das Modell WELKEN eingesetzt. Die Prognose der Silagequalität erfolgte über das Modell SILO. Das Modell WELKEN geht auf umfangreiche Forschungsarbeiten des damaligen Institutes für Futterproduktion Paulinenaue zurück (Rübensam und Bockholdt 1987, Thöns und Rübensam 1987), ebenso wie das Modell SILO (Weise und Rambusch 1988). Beide Modelle wurden auch als Maßnahmenpaket zusammengeführt (Rübensam *et al.* 1991). Während die Welkesteuerung nicht mehr in die Praxis eingeführt wurde, liegen für die Vorhersage der Silagequalität auf der Grundlage des Siliergutes und der Silierbedingungen einzelne Praxiserfahrungen aus Großbetrieben der Region vor. Die Modelle wurden in Excel umgesetzt (Abbildung 4 und Abbildung 5) und auf Basis der neu erhobenen Daten validiert.

Eingaben						VERDUNSTUNGSWERTE (mm/d)				Regen Fall 1	
Mahd-Termin:	15.05. 12:00		Datum	Verdunstung	Bodenkorrektur	Schwadbeh.	Mahd				
Mahd-TS:	20,0%		15.05.	3,7	2,814	3,069	Welken				
Soll-TS:	35,0%		16.05.	3,7	2,814	3,069	Regen				
Bodenbedingungen:	2		17.05.				Regen verdunstet zu 100%				
Ertrag:	150	kg/100m <sup>2</sup>	18.05.				Welken fortsetzen				
Mähbreite:	7,5	m	19.05.				bis zum nächstem Regen				
Schwadbreite:	5,5	m	20.05.				bzw. bis zur Ernte				
Massebelag:	2,045	kg/m <sup>2</sup>	21.05.								
Schwadbehandlung:	3		Ernte ohne Regen: 16.05. 09:43				Aktueller Erntetermin: 16.05. 12:10				
Regen			Erforderliche Regenverdunstung				Neuer Welkbeginn		Neuer Erntetermin	Bemerkungen	
Beginn	Ende	Menge (mm)	Windstärke	aktueller Regen (mm)	Rest letzter Regen (mm)	Verdunstung gesamt (mm)	TS vor Regen (%)	Zeit			
15.05. 18:30	15.05. 18:59	0,5	1	0,578		0,578	32,38%	16.05. 10:52	16.05. 12:10	( Regen Fall 1 )	

Abbildung 4: Erfassungstableau im Projekt WELKEN

Zur Validierung der Welkeprognose wurden zunächst auf den einbezogenen Schlägen Mähgutproben entnommen (Probenahme aus dem Schwad unmittelbar beim Mähen), dann an gleicher die Siliergutproben (Probenahme vom Transportfahrzeug unmittelbar beim Feldhäcksler-, Ladewagen oder Rundballenpresseneinsatz im Rahmen von Bilanzbeutelversuchen, Schätzung der Futterqualität mittels NIRS für Frischgras) und letztlich die Silageproben (Probenahme aus den Bilanzbeuteln während der Siloentnahme bzw. aus dem Kern der Rundballen bei der Silagefütterung, Schätzung der Futterqualität mittels NIRS für Grassilagen).

Die Probenahmeterminale (Tag, Uhrzeit) wurden registriert. Die für die Anwendung der Modelle erforderlichen Parameter zur Verfahrensgestaltung sowie etwaige Niederschlagsmengen wurden von den Betrieben, die Witterungsdaten (tägliche Verdunstung) durch den DWD bereitgestellt.

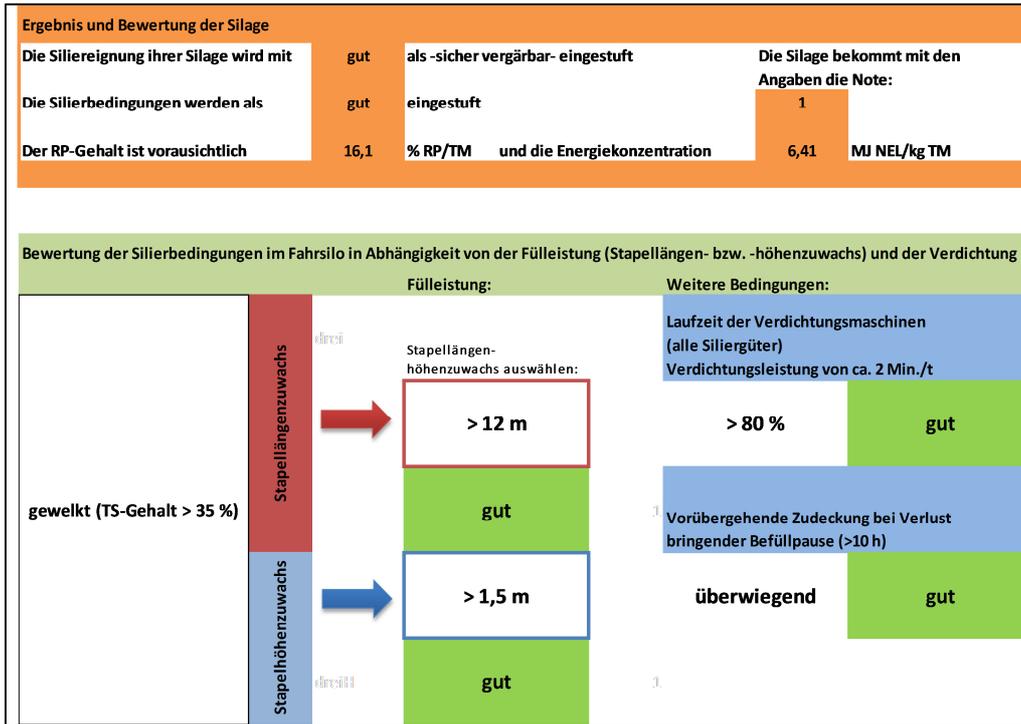


Abbildung 5: Erfassungstableaus im Projekt SILO (Auszug)

### Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe des Modells WELKEN konnte die Länge der Welkeperiode von der Mahd bis zur Einsilierung anhand des TM-Gehalts des Mähgutes, des Mähverfahrens sowie der aktuellen täglichen Verdunstung während der Welkeperiode sicher abgebildet werden (Abbildung 6). Der mittlere absolute Fehler betrug lediglich 108 Minuten (Pickert *et al.* 2016).

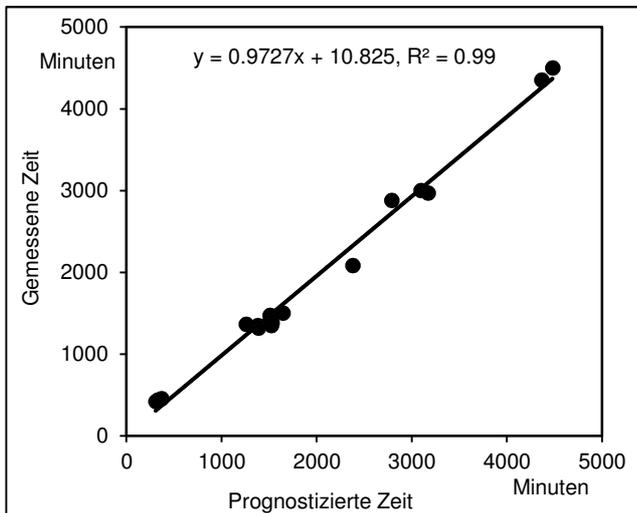


Abbildung 6: Prognostizierte und gemessene Zeit (Minuten) zwischen der Mahd und dem Erreichen bestimmter TM-Gehalte beim Silieren

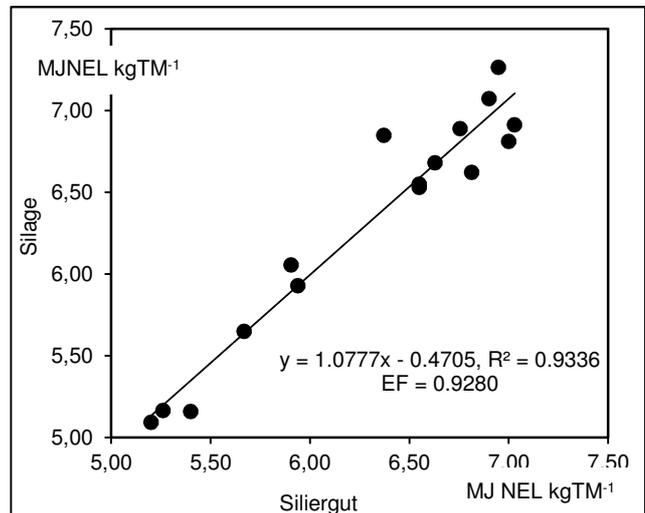


Abbildung 7: Energiekonzentration des Siliergutes und der Silage (MJ NEL kg TM<sup>-1</sup>) in verschiedenen Versuchen 2015/16

Mit Hilfe des Modells SILO konnte die Energiekonzentration der Silage anhand der Energiekonzentration, der Siliereignung des Siliergutes und der während der Silobefüllung ermittelten Bedingungen sicher prognostiziert werden (Abbildung 7).

Vor allem im Bereich sehr hoher Energiekonzentration lagen bei einigen Chargen die Werte der Silage über denen des Siliergutes, was noch näher zu untersuchen ist.

Der mittlere absolute Fehler betrug 0,14 MJ NEL kg TM<sup>-1</sup>. Die errechneten mittleren absoluten Fehler sind aus der Sicht der praktischen Verfahrensgestaltung als gering zu bezeichnen. Während die Verdunstungsdaten vom DWD bereitgestellt werden und lediglich geringer Aufwand bei der Dateneingabe entsteht, verlangt die Bereitstellung und Eingabe der verfahrenstechnischen Daten eine detaillierte Dokumentation für jeden Schlag. Ein Teil dieser Daten, wie Termine und Maschinenleistungen sind bereits jetzt Bestandteil der üblichen Schlagkarteien. Die Analyse der Siliergutqualität im Schlagraster ist eine neue Aufgabe, auf die sich Betriebsleiter einstellen müssen. Jedoch kann angesichts der sehr hohen Prognosesicherheit für die Silagequalität die Probenahme und Analyse der Silage vollständig entfallen oder sich auf jene Fälle beschränken, wo bei der In-Augenscheinnahme oder sensorischen Beurteilung der Silage während der Entnahme Widersprüche zum Prognoseergebnis bestehen.

### Schlussfolgerungen und Ausblick

Bezogen auf den Grünlandbestand eines konkreten Schlages sind die Einhaltung des optimalen TM-Gehaltes auf der Grundlage witterungs- und verfahrensabhängiger Daten in der Periode Mahd und Welken sowie die Prognose der Energiekonzentration auf Grundlage der Siliergutqualität, der Siliereignung und der Silierbedingungen in der Periode der Silofüllung sicher möglich. Wird die Siliergutanalyse auf die Kationen- und Anionengehalte (Na, K, P, Cl, S) Gehalte erweitert, stehen unmittelbar schlagbezogene Daten zur Verfügung, die in die Planung der Grunddüngung des einzelnen Schlages und die Rationsgestaltung (z.B. DCAB-Werte) einfließen können. In der Verfahrensanalyse wird somit der Übergang von der Ebene des Silos auf die Ebene des Schlages ermöglicht und erlaubt die Ableitung von Optimierungsmaßnahmen auch für die relevanten pflanzenbaulichen und grünlandwirtschaftlichen Faktoren auf jedem einzelnen Schlag (Abbildung 8).

Arbeitsabschnitt	Bestandesführung	Mahd	Ernte	Silierung
Eingangsgröße	Grünlandnarbe	Grünlandbestand	Mähgut	Siliergut
Maßnahmen	Nach- / Neuansaat	Mähtermin	Bearbeitungsverfahren	Einlagerungsleistung
	Schadpflanzenbekämpfung	Schnitthöhe	Erntetermin	Verdichtungsleistung
	Pflege	Aufbereitungsverfahren	Siliermittel (Typ, Menge)	Hermetisierungstermin
	Düngung		Zerkleinerungsintensität	
Zielgröße (Optimum)	Futterpflanzenarten	Reifestadium	TM-Gehalt	Lager.dichte/Luftausschluss
Ausgangsgröße	Grünlandbestand	Mähgut	Siliergut	Silage
Ebene	(Teil-)Schlag	(Teil-)Schlag	(Teil-)Schlag	Silo
Ertrag	dtFM, dtTM/ha		●	●
	dtXP/ha		●	●
	MJNEL/ha		●	●
Futterwert	%TM	○	●	●
	%XF [%ADF]	○	●	●
	%XA		●	●
	%XP		○	●
	%Zucker		○	●
	MJNEL/kgTM		○	●
	Struktur		●	●
Mineralstoffgehalte, DCAB	%K, %P	○	●	●
	%Ca, %Mg		●	●
	%Na; %S, %Cl		●	●

Abbildung 8: Ermittlung wichtiger Verfahrensparameter in der Grassilageproduktion auf unterschiedlichen Ebenen

Unter Berücksichtigung der im Betrieb ohnehin vorhandenen Schlagdokumentation und der entfallenden Silageuntersuchung erscheint der Mehraufwand für den Übergang zur Anwendung der Modelle und zur schlagorientierten Bewertung gering und gerechtfertigt.

Die Erfahrungen bei der Anwendung der Modelle und der nachfolgend dargestellten Verfahrensabläufe in den betroffenen Landwirtschaftsbetrieben bestätigen diese Einschätzung.

In Abbildung 9 ist schematisch dargestellt, wie die Siliergutbeprobung als Bestandteil des Modells SILO in einem Horizontalsilo bei abschnittsweiser Befüllung abläuft. Über alle Flächen A bis G, von denen Grünlandaufwuchs ins Silo gebracht worden ist, entsteht anhand der Siliergutproben 1 bis 11 eine Schätzung der Silagequalität für den gesamten Silo. Wird während der Einlagerung eine Siloskizze mit der Lage der größten Parteien im Silo angefertigt, können im Bedarfsfall Chargen identifiziert werden, die eine vom Mittel abweichende Qualität erwarten lassen, im Beispiel ist das der Schlag D mit einer wesentlich geringeren Energiekonzentration.

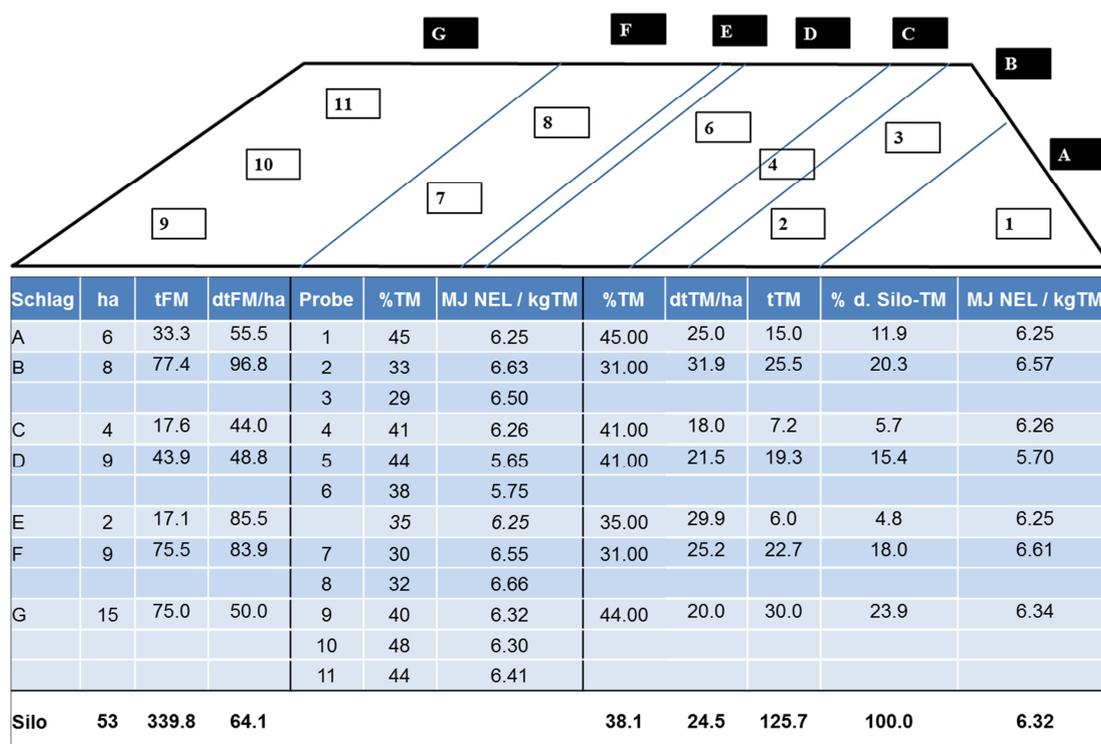


Abbildung 9: Beispiel für die Siliergutuntersuchung bei der abschnittsweisen Füllung eines großen Horizontalsilos

## Literatur

- Kalzendorf, C. (2015): Silierung von Dauergrünlandaufwüchsen. Deutscher Grünlandverband. Schriftenreihe Heft 1, S. 43ff.
- Pickert, J. und Weise, G. (2014): Prediction of energy content of grass silages depending on grass and ensiling technique. *Grassland Science in Europe* 19, 613–615.
- Pickert, J., Hoffmann, T., Herrmann, A., Thaysen, J., Weise, G. und Wellenbrock, K.-H. (2016): 'WiltExpert' – a model for on-farm prediction of grass wilting time from mowing to ensiling dry matter content. *Grassland Science in Europe* 21, 200–202.
- Pickert, J., Weise, G., Reichert, D. und Tesch, U. (2017): Der Termin für Qualität. 10 Jahre Grünland-Reifeprüfung in Brandenburg. *Bauernzeitung* 16, 26–27.
- Rübensam, A. und Bockholdt, K. (1987): Weiterentwicklung der Welksilageproduktion durch Breitablage – Breitaufnahme und prozeßoptimierte Organisation. Promotionsarbeit. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin, 302 S.
- Rübensam, A., Wellenbrock, K.-H., und Weise, G. (1991): Reduzierung der Umweltbelastung und Verluste in der Grobfutterkonservierung durch Vorhersagemodelle für Schnitt, Ernte und Konservierung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 4, 135–138.
- Thöns H. und Rübensam A. (1987): Welksilage – eine Instruktion zur Gestaltung des Ernteverfahrens. Paulinenaue, Institut für Futterproduktion, 64 S.
- Weise, G. und Rambusch, H. (1988): Produktionsüberwachung und Qualitätssicherung Normative Silokartei. Landwirtschaftsausstellung der DDR, Markkleeberg, DDR, 44 S.
- Weise, G., Pickert, J. und Tesch, U. (2017): 10 Jahre Reifeprüfung für den 1. Grünlandaufwuchs auf dem Niederungsgrünland in Brandenburg (im vorliegenden Tagungsband).