

# Vorhersage der Welkedauer vom Mähen bis zum Silieren bei unterschiedlichen Grünlandbeständen

J. PICKERT<sup>1</sup>, T. HOFFMANN<sup>2</sup>, A. HERRMANN<sup>3</sup>, J. THAYSEN<sup>4</sup>, G. WEISE<sup>5</sup>, K.-H. WELLENBROCK<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Leibniz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung,  
Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg

<sup>2</sup> Leibniz Institute für Agrartechnik Potsdam-Bornim,  
Max-Eyth-Allee 100, 14 469 Potsdam

<sup>3</sup> Grass and Forage Science/Organic Agriculture, Kiel University,  
Herrmann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

<sup>4</sup> Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,  
Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

<sup>5</sup> Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V.,  
Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

pickert@zalf.de

## Einleitung und Problemstellung

In Abhängigkeit vom Anteil an Leguminosen und von Weidelgräsern in der Grünlandnarbe und vom Ernteverfahren werden die gemähten Grünlandbestände (Mähgut) nach dem Mähen auf einen bestimmten Trockenmasse (TM) – Gehalt angewelkt, bevor sie als Siliergut in das Silo oder einen Folienschlauch eingebracht oder als Ballen eingewickelt werden. Damit sollen der Gärverlauf gesichert und die Silierbarkeit verbessert werden. Der optimale TM-Gehalt wird daher als Spanne angegeben und beträgt zumeist 30 bis 40 %. In den meisten Regionen Deutschlands liegen die Durchschnittswerte zwar im optimalen Bereich, umfassen aber meist nur 50 % und weniger der Grassilagen. Im Rest überwiegt je nach Jahreswitterung zu feuchtes oder zu trockenes Siliergut. Die TM-Gehalte der Grassilagen im Bereich des Futtermittellabors Waldsieversdorf des Landeskontrollverbandes Brandenburg e. V. in den letzten Jahren verdeutlichen beispielhaft die Situation für Brandenburg und Teile von Sachsen-Anhalt (Tab. 1).

Tab. 1: Anteil der Grassilagen (in %) nach TM-Gehalten im Einzugsbereich des Futtermittellabors des Landeskontrollverbandes Brandenburg e.V. (Quelle: Landeskontrollverband Brandenburg e.V.)

Jahr	< 350 g/kg OS	350 – 450 g/kg OS	451 - 600g/kg OS	> 600g/kg OS
2007	38	33	22	7
2008	41	34	20	5
2009	38	38	20	4
2010	51	28	16	5
2011	40	35	20	5
2012	38	34	22	6
2013	45	37	13	5
2014	49	31	15	5
2015	49	33	15	3

Das Problem ist nicht neu. Von 1981 bis 1986 wurden am damaligen Institut für Futterproduktion Paulinenaue (52°41' N, 12°43' E, Brandenburg) an mehr als 1.400 Parzellen der Verlauf des TM-Gehaltes nach dem Mähen des Grünlandes bis zur Silierung untersucht. Die errechneten Funktionsgleichungen ermöglichten die Beschreibung des Welkeverlaufes in Abhängigkeit vom Sättigungsdefizit bzw. von der Verdunstung sowie vom Mähgut (Frischmasse (FM) – Ertrag, TM-Gehalt, aufbereitet oder nicht aufbereitet, gewendet oder nicht gewendet, Verhältnis Mäh- zu Ablagebreite). Aus den Gleichungen wurde ein Modell entwickelt, dass zur Vorhersage der Welkedauer der jeweiligen Grünlandbestände herangezogen werden konnte und der Produktionssteuerung der sich meist über einen längeren Zeitraum hinziehenden Grassilierung in den größeren landwirtschaftlichen Betrieben dienen sollte (RÜBENSAM & BOCKHOLDT, 1987, THÖNS *et al.* 1989). Die Praxiseinführung des Modelles hatte begonnen (THÖNS & RÜBENSAM, 1987), wurde aber

nach der deutschen Wiedervereinigung mit den Veränderungen in den Strukturen der landwirtschaftlichen Betriebe und der landwirtschaftlichen Beratung nicht vollendet.

Es war das Ziel der Untersuchungen, die Eignung des in den 1980er Jahren entwickelten Modelles unter den aktuellen Produktionsbedingungen zu überprüfen. Die vorliegende Arbeit teilt die Ergebnisse mit, die bei der Validierung die Funktionsgleichungen zur Beschreibung des Welkeverlaufes von Grünlandbeständen ermittelt worden sind. Nach der erfolgreichen Validierung sollen die Modellstrukturen im Hinblick auf eine On-Farm-Anwendung erarbeitet werden. Schließlich soll das Modell in der Praxis erprobt und wenn möglich eingeführt werden.

## Material und Methoden

Die Validierung der Regressionsgleichungen wurde an sechzehn Versuchen vorgenommen. Sie wurden 2015 in sechs konventionellen Milchviehbetrieben Norddeutschlands, darunter vier in Brandenburg und je einer in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein, durchgeführt. Die einbezogenen Grünlandflächen waren intensiv geführt, enthielten weidelgrasreiche Grünlandnarben und wurden vor dem Schieben der Blütenstände gemäht. Zehn Versuche wurden im ersten und sechs im zweiten bzw. dritten Aufwuchs durchgeführt. In der Hälfte der Versuche fiel Niederschlag, zwischen 0,5 und 6 mm.

Alle Erntebedingungen wurden erfasst und in die Modellanwendung eingebracht (siehe Abb. 1):

- Mähtermin und Erntetermin (Datum, Uhrzeit)
- Mahd mit oder ohne Aufbereiter, mit oder ohne Schwadbearbeitung (Zetten, Wenden)
- geschätzter Frischmasseertrag (in dt ha<sup>-1</sup>, im Modellbeispiel betragsgleich als kg 100m<sup>-2</sup>)
- TM-Gehalt (in %) des Mähgutes (Probenahme unmittelbar nach der Mahd) und des Siliergutes (Probenahme während der Silierung an der Entnahmestelle des Mähgutes auf dem Schlag oder am Silo)
- Tägliche Verdunstung (in mm d<sup>-1</sup>) und Niederschläge (Datum, Uhrzeit, mm) während der Welkedauer an der zum Betrieb nächst gelegenen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und ggf. Abgleich mit betrieblichen Niederschlagsaufzeichnungen

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		
Soil-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	
			1						( Regen Fall1 )	

Abb. 1 Erfassungs- und Ergebnismaske des Modells (Stand 2015)

Bei der Modellanwendung diente der jeweilige gemessene TM-Gehalt des Mähgutes als Eingangs-TM-Gehalt und der gemessene TM-Gehalt des Siliergutes als Ziel-TM-Gehalt. Die vom Eingangs- bis zum Ziel-TM-Gehalt erforderliche Zeitspanne (Welkedauer) wurde mit dem Modell für jeden Versuch errechnet und der tatsächlich benötigten Welkedauer gegenüber gestellt. Die tägliche Welkezeit wurde auf 9 bis 19 Uhr begrenzt. Die Verdunstung blieb innerhalb der täglichen Welkezeit konstant. Die Vorhersageeignung des Modells wurde anhand des MAE (Mean Absolute Error), des RSME (Root Mean Square Error) und der EF (Modelling Efficiency) bewertet.

## Ergebnisse und Diskussion

Im Durchschnitt aller Versuche betrug die Welkedauer ca. 2.000 Minuten (ca. 33 Stunden). Die Modellierung Efficiency betrug 0,99 über alle Versuche (Abb. 2). Die Vorhersage der Welkedauer war gekennzeichnet durch einen mittleren absoluten Fehler (MAE) von 108 Minuten, bei einem RSME von 129 Minuten.

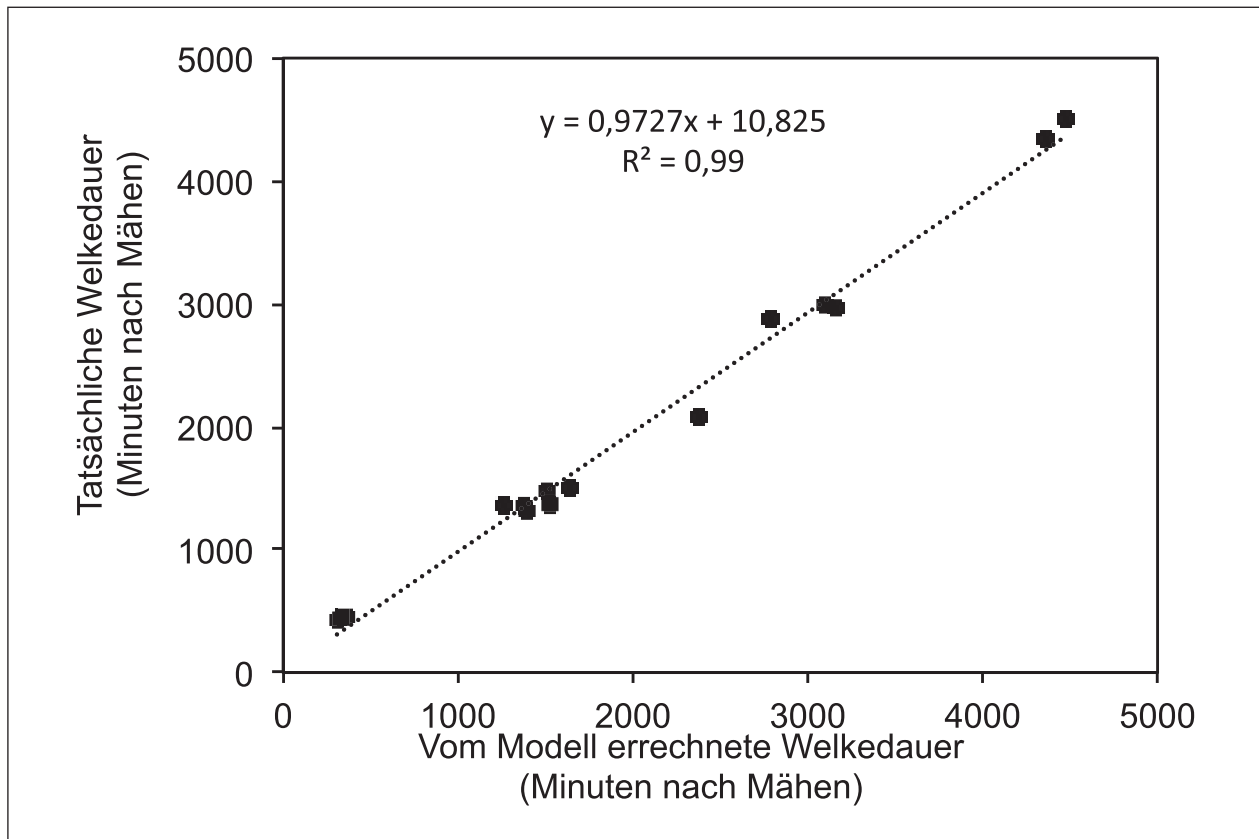


Abb. 2: Vergleich der tatsächlichen mit der im Modell errechneten Welkedauer (alle Versuche) (PICKERT *et al.*, 2016).

Auch bei Gruppierung in Versuche des ersten und der Folgeschnitte, sowie mit und ohne Regen während der Welkedauer, werden vergleichbare Ergebnisse zwischen der tatsächlichen und der mit dem Modell errechneten Welkedauer erzielt (Tab. 2).

Tab. 2: Vorhersageeignung des Modells (PICKERT *et al.*, 2016).

Versuche	n	Regen	TM-Gehalt		Vorhersageeignung des Modells		
			Mähgut	Siliergut	MAE	RMSE	EF
	--	mm	g kg FM <sup>-1</sup>	g kg FM <sup>-1</sup>	Minuten	Minuten	--
alle	16		220,3	402,1	108	129	0,99
Ohne Regen	8		248,5	448,5	130	147	0,98
Mit Regen	8	3,2	192,1	355,8	87	110	0,99
1. Schnitt	10	2,8	210,2	379,1	103	119	0,99
2. / 3. Schnitt	6	6,0	237,2	440,5	118	145	0,99

MAE - Mean Absolute Error, RMSE - Root Mean Square Error, EF - Modelling Efficiency

In den Versuchen ist ein tendenzieller Zusammenhang zwischen dem TM-Gehalt des Mähgutes und des Siliergutes erkennbar (Abb. 3). Ungeachtet des offenkundigen Probenahmefehlers beim Mäh-TM-Gehalt von 36% gingen auch die für die Thematik sensibilisierten Betriebsleiter eher von konstanten Welkeperioden aus. Im Hinblick auf das Erreichen eines TM-Gehaltes zwischen 30 und 40 % wäre in der Hälfte der Versuche eine z.T. erheblich kürzere Welkedauer ausreichend.

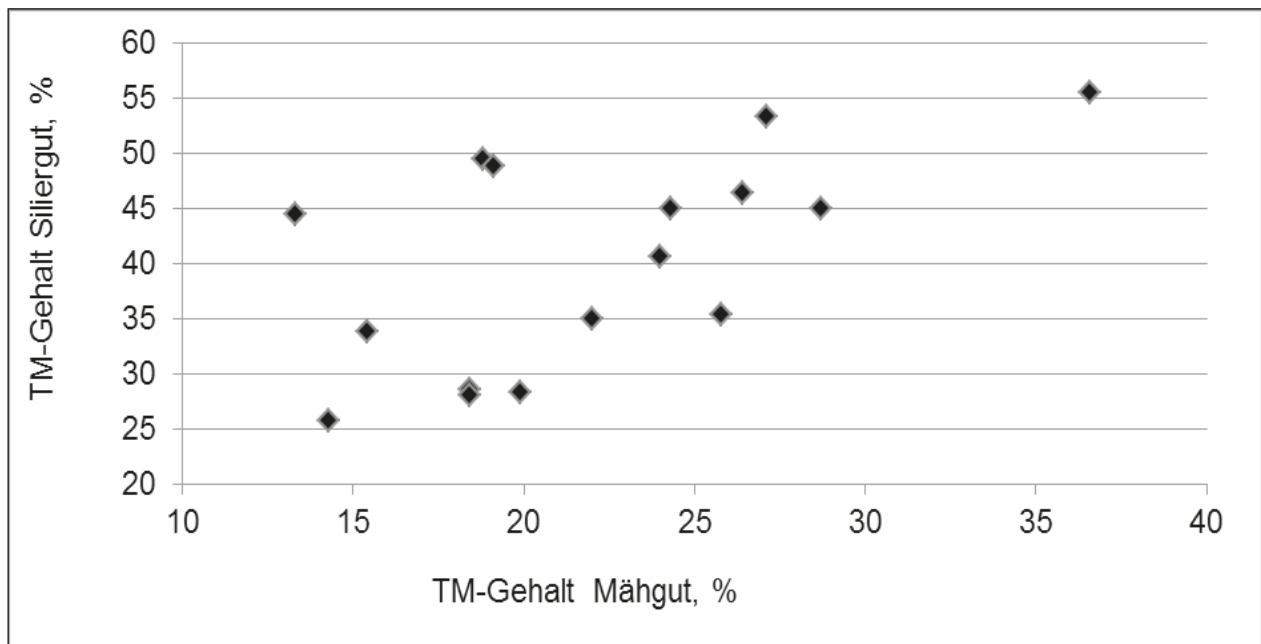


Abb. 3: Vergleich der TM-Gehalte des Mähgutes und des Siliergutes (alle Versuche)

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass das Modell in der Lage ist, die Welkedauer sicher vorherzusagen. Die vergleichbaren Ergebnisse in den gewählten Gruppen „ohne Regen“ vs. „mit Regen“ sowie „1. Schnitt“ vs. „2./3. Schnitt“ deuten darauf hin, dass kein systematischer Fehler vorliegt und das Modell die relevanten Erntebedingungen darstellen kann.

Ausgehend von diesen Ergebnissen kann das Modell weiterentwickelt werden. Eine mögliche Anwendung als App bietet sich an und ist vorgesehen. Folgende Schritte werden bearbeitet:

- Automatische Zuordnung der für die Verdunstungsprognose des DWD ausgewählten Wetterstation zum jeweiligen Schlag
- Anpassung der bisher über die tägliche Welkezeit konstanten Verdunstungsprognose an unterschiedliche Mäh- und Silierzeiten
- Stärkere Berücksichtigung der aktuellen Windverhältnisse
- Variationsmöglichkeit des Beginnes und des Endes der täglichen Welkezeit in Anhängigkeit von der Jahreszeit und der aktuellen Witterung
- Variationsmöglichkeit des Beginnes und des Endes der täglichen Welkezeit in Anhängigkeit von den standortbezogenen Erfahrungen des landwirtschaftlichen Betriebes

## Literatur

PICKERT, J., HOFFMANN, T., HERRMANN, A., THAYSEN, J., WEISE, G. & 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 (im Druck)

RÜBENSAM, A. & BOCKHOLDT, K. (1987): Weiterentwicklung der Welksilageproduktion durch Breitablage – Breitaufnahme und prozeßoptimierte Organisation. Promotionsarbeit. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Berlin, 302 S.

THÖNS, H. & RÜBENSAM, A. (1987): Welksilage – eine Instruktion zur Gestaltung des Ernteverfahrens. Paulinenaue, Institut für Futterproduktion, 64 S.

THÖNS, H., RÜBENSAM, A. & PICKERT, J. (1989): Computer-aided prediction of the wilting period of fodder crops. International Grassland Congress: 4 - 11 Oct. 1989, Nice, France, Vol. 2. Vol. 2, 967-968