

Optimierung des Ausdauerindex bei Deutschem Weidelgras für bayerische Grenzlagen

S. Hartmann¹ und B. Haringer²

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; ²Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan; Freising

Einleitung

Das ursprünglich wahrscheinlich aus dem Mittelmeergebiet stammende (HOFFMANN 1985) Deutsche Weidelgras vereinigt wie keine andere Art eine Reihe von Vorteilen: Hoher Ertrag und hohe Futterqualität bei rechtzeitiger Nutzung, gute Beweidungseignung, Vielschnittverträglichkeit und sehr gute Verwertung von Gülle (RIEDER 1983). Dies drückt sich z. B. bereits in den Einstufungen durch DE VRIES et al. (1942) und KLAPP et al. (1953) aus. Weltweit zählt es zu den am intensivsten züchterisch bearbeiteten Futtergräsern. Daraus resultiert eine große Sortenvielfalt und es ist heute fast in allen gemäßigten Klimazonen der Erde zu finden.

Für das Dauergrünland Bayerns sind Winterfestigkeit und Ausdauer unter den regionalen Bedingungen entscheidende, wenn nicht die wichtigsten Eigenschaften ausdauernder Gräserarten. Diese Ausdauerleistung wird aber zum Beispiel in Höhenlagen über 600 m mit manchmal dreimonatiger Schneebedeckung und bei extremen Spätfrösten anders gefordert, als im Durchschnitt der in Deutschland vorhandenen Versuchsorte oder gar in den günstigen Naturräumen Norddeutschlands, der Niederlande, Großbritanniens oder Frankreichs. So führt das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) schon seit mehr als 30 Jahren Sortenversuche bei Deutschem Weidelgras an Standorten durch, an denen nach langjähriger Erfahrung regelmäßig nach dem Winter größere Schäden zu erwarten sind, also das Ausdauervermögen extrem gefordert wird. Die an diesen Standorten erhobenen Daten dienen in Bayern als Schlüsselkriterium für die amtliche Sortenempfehlung bei Deutschem Weidelgras für Grünland.

Zielstellung

Für eine differenzierende Sortenbeurteilung sind sowohl (ein fehlender oder) ein zu geringer wie auch ein zu hoher Druck für ein optimales Ergebnis ungünstig. Entweder können sich Träger potenziell hoher Ausprägungsstufen nicht vom übrigen Sortiment abheben oder bei zu hohem Druck die Träger mittlerer Ausprägungsstufen nicht von den Trägern niedriger Ausprägungsstufen. Bei Freilandversuchen ist jedoch auch bei sorgfältigster Standortwahl das Ausmaß der Differenzierung quantitativer Merkmale von der deutlich schwankenden Interaktion von Standort und Jahr abhängig. Fasst man nun Boniturdaten von gut und weniger gut differenzierenden Standorten oder Jahren gleichgewichtig zusammen, werden vorhandene Unterschiede mit dem Anteil der geringer differenzierenden Standorte oder Jahre und deren Grad an geringerer Differenzierung undeutlicher. Dies ist jedoch unerwünscht.

Ziel der Arbeit war es, einen von Hartmann vorgeschlagenen allgemeinen Algorithmus auf seine Anwendbarkeit zur Gewichtung unterschiedlich differenzierender Orte und Jahre zu

prüfen. Dabei sollte dieser konkret zur Optimierung des Indexwertes für die „Sorteneignung für Grenzlagen in Bayern“ verwendet werden.

Material und Methoden

Zur Umsetzung kommt jeweils angewendet auf die zu gewichtende Datenherkunft (Ort oder Jahr) folgender Gedanke:

Die einzelne Datenherkunft H wird mit dem Ausmaß ihrer Differenzierung R für das betrachtete Merkmal M im Verhältnis zu den übrigen Datenherkünften bei der Bildung eines gewichteten Mittels einbezogen.

Für die einzelne Sorte werden dabei jeweils bereits aggregierte Daten verwendet; also z. B. arithmetische Mittel über die Wiederholungen am Einzelort oder Teilindizes bei der Bildung von höher aggregierten Indizes. Hierdurch wird der Effekt von Ausreißern weitgehend eliminiert und das einfache und nichtparametrische Streuungsmaß „Range“ kann angewendet werden.

Als Datengrundlage dienen die im Rahmen der „Überprüfung der Anbaueignung von Sorten des Deutschen Weidelgrases in Grenzlagen“ an der LfL erhobenen Bonituren. Diese Versuchsreihe wird alle zwei Jahre mit allen in diesem Zeitraum neu zugelassenen Sorten mit jeweils vier Wiederholungen an Standorten, an denen es regelmäßig zu Auswinterrungsschäden bei Deutschem Weidelgras kommt, neu angelegt. Die Versuchsdauer beträgt Anlagejahr plus vier Hauptnutzungsjahre. Die erhobenen Bonituren werden jeweils zu einem Jahresindex und über alle Jahre zu einem Gesamtindex zusammengefasst. Dadurch erhält man eine Rangfolge für die Eignung der einzelnen Sorten in Grenzlagen, woraus schließlich die Sortenempfehlung für diese Lagen abgeleitet wird.

Zur Speicherung und Analyse der Versuchsdaten diente das Statistikprogramm SAS (Statistical Analysis System) Version 9.1.3. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit MS Office 2000. Das Betriebssystem der verwendeten Computer ist Microsoft Windows XP Professional Version 2002 mit Service Pack 2.

Die folgenden Formeln zerlegen die Bildung des Gesamtindex in seine einzelnen Arbeitsschritte, wobei mehrfach auf den oben dargestellten allgemeinen Algorithmus zurückgegriffen wird.

Formel I : Mittelwert der Sorte y für das Merkmal x am Ort z:

Es wird für einzelne Merkmale der arithmetische Mittelwert über die Wiederholungen und die jeweiligen Einzelerhebungen am Ort z gebildet. So gehen z. B. für das Merkmal „Weidelgrasanteil“ alle Bonituren vor und nach den durchgeführten Schnitten (WDAVS_i bzw. WDANS_i, i = 1 bis n) sowie vor und nach Winter (WDANW bzw. WDAVW) in diesen Mittelwert ein.

$$Mw_{S_y M_x O_z} = \frac{(WDANW_{WDH_1} + \dots + WDAVS_{-3_{WDH_1}} + \dots + WDAVW_{WDH_4})}{\text{Anzahl der Erhebungen}}$$

Formel II : Gewicht für Ort z des Merkmals x:

$$GeO_z M_x = \frac{(Max_{O_z M_x} - Min_{O_z M_x})}{\sum_{i=1}^n (Max_{O_i M_x} - Min_{O_i M_x})}$$

Für jeden Ort z wird nach dem Ausmaß der Sortendifferenzierung an diesem Ort (ausgedrückt im Range für das betrachtete Merkmal x im Verhältnis zu den übrigen Datenherkünften) ein Gewicht $GeO_z M_x$ gebildet.

Formel III : Gewichtetes Mittel für Merkmal x über Orte einer Sorte y:

$$GwMM_{x,aOS_y} = \frac{\sum_{j=1}^n (Mw_{SyM_xO_j} \times GeO_jM_x)}{\sum_{i=1}^n GeO_jM_x}$$

Für jede Sorte y wird für jedes Merkmal x ein gewichtetes Mittel ($GwMM_{x,aOS_y}$) über die Orte gebildet. Hierbei erhält je nach Differenzierungsgrad des einzelnen Merkmals am einzelnen Ort, dieser für das betrachtete Merkmal einen auf dieses Merkmal bezogenes Gewicht.

Formel IV : Indexwert für die Sorte y für das Jahr a:

Für jede Sorte y wird für alle in den Jahresindex $IndexJ_aS_y$ einbezogenen Merkmale i ein gewichtetes Mittel gebildet. Hierbei sind die einbezogenen Merkmale und Gewichte fest definiert (siehe Tabelle).

$$IndexJ_aS_y = \frac{\sum_{i=1}^n (GwMM_i aOS_y \times GeM_i)}{\sum_{i=1}^n GeM_i}$$

Definition der Gewichte der in den Index berücksichtigten Merkmale (GeM_i):		
i	Merkmal	Gewicht
1	Weidelgrasanteil	4
2	Dichtigkeit	4
3	Stand nach Winter	1
4	Fusariumresistenz	1
5	Rostresistenz	1

Formel V : Gewichte des Einzeljahres a über alle Sorten:

$$GeJ_a = \frac{(Max_a - Min_a)}{\sum_{i=1}^n (Max_i - Min_i)}$$

Für jedes Jahr a wird nach dem Ausmaß der Differenzierung der Jahressortenindizes $IndexJ_aS_y$ für die betrachteten Jahre (ausdrückt im Range für $IndexJ_aS_y$ im Verhältnis zu den übrigen Jahren) ein Gewicht GeJ_a für das Einzeljahr a gebildet.

Formel VI : Gesamtindex für die Sorte y über alle Jahre :

$$GesIndex_y = \frac{\sum_{i=1}^n (IndexJ_iS_y \times GeJ_i)}{\sum_{i=1}^n GeJ_i}$$

Damit ergibt sich der Gesamtindex $GesIndex_y$ für die Sorte y als gewichteter Mittelwert aus den Jahresindizes für diese Sorte. (Analog zur Bildung der gewichteten Merkmalsmittel über Orte)

Abkürzungen :

Max = größter Wert
 Min = kleinster Wert
 O = Ort
 M = Merkmal
 S = Sorte
 Index = Winterhärteindex für ein Jahr

GesIndex = Winterhärteindex über alle Jahre des Versuchs
 Mw = Mittelwert
 Ge = Gewicht
 GwM = Gewichtetes Mittel
 WDA = Weidelgrasanteil

Ergebnis und Diskussion

Wie in der Beispielberechnung zu sehen treten an den verschiedenen Standorten (Ort1 bis Ort3) für die einzelnen Merkmale unterschiedliche Streuungen auf. So kann man am Ort1 für das Merkmal Weidelgrasanteil (WDA) die größte Differenzierung (gemessen als Range) feststellen. Hierdurch erhält Ort1 auch das größte Gewicht für dieses Merkmal. Ort2 hat auf Grund der im Ortsvergleich geringsten Differenzierung auch das geringste Gewicht. Betrachtet man nun das Merkmal Rost so wird erstens deutlich, dass die Orte für

dieses Merkmal neu gewichtet werden und zweitens, dass für einzelne Merkmale nicht differenzierende Orte von der Bewertung für dieses Merkmal konsequenterweise kein Gewicht (bzw. das Gewicht 0) erhalten und damit keinen Beitrag zur Sortenbewertung für dieses Merkmal leisten.

Veranschaulichung der Formeln an einem Beispiel

Gewichtetes Mittel für das Merkmal WDA über die Orte Ort1 bis Ort3 für die Sorten S1 bis S3:							
Ort	Sorte	MwS _y WDAO _z	Grenzen	Range	GeO _z WDA	Sorte	GMwWDAS _y
Ort1	S1	4	⇒min	3	0,50 ③	S1	4,17 ②
Ort1	S2	6				S2	5,67
Ort1	S3	7 ②	⇒max			S3	6,50 ①
Ort2	S1	5	⇒min	1	0,17 ⑤	① = (②x③+④x⑤+⑥x⑦)/⑧ (Anwendung der Formel III auf das Merkmal WDA im Bsp.)	
Ort2	S2	6	⇒max				
Ort2	S3	6 ④	⇒max				
Ort3	S1	4	⇒min	2	0,33 ⑦		
Ort3	S2	5					
Ort3	S3	6 ⑥	⇒max				
Summe	-	-	-	6	1,00 ⑧		

Gewichtetes Mittel für das Merkmal DICH über die Orte Ort1 bis Ort3 für die Sorten S1 bis S3:							
Ort	Sorte	MwS _y DICH O _z	Grenzen	Range	GeO _z Dich	Sorte	GMwDichS _y
Ort1	S1	3	⇒min	4	0,50	S1	3,25 ④
Ort1	S2	4				S2	4,00
Ort1	S3	7	⇒max			S3	6,25
Ort2	S1	4	⇒min	2	0,25	(Anwendung der Formel III auf das Merkmal DICH im Bsp.)	
Ort2	S2	4	⇒min				
Ort2	S3	6	⇒max				
Ort3	S1	3	⇒min	2	0,25		
Ort3	S2	4					
Ort3	S3	5	⇒max				
Summe	-	-	-	8	1,00		

Gewichtetes Mittel für das Merkmal ROST über die Orte Ort1 bis Ort3 für die Sorten S1 bis S3:							
Ort	Sorte	MwS _y RostO _z	Grenzen	Range	GeO _z Rost	Sorte	GMwRostS _y
Ort1	S1	5	⇒min	2	0,67	S1	5,00 ⑥
Ort1	S2	7	⇒max			S2	6,67
Ort1	S3	6				S3	5,67
Ort2	S1	5	⇒min	1	0,33	(Anwendung der Formel III auf das Merkmal ROST im Bsp.)	
Ort2	S2	6	⇒max				
Ort2	S3	5	⇒min				
Ort3	S1	8	⇒min/max	0	0,00		
Ort3	S2	8	⇒min/max				
Ort3	S3	8	⇒min/max				
Summe	-	-	-	3	1,00		

Indexwert für die Sorten S1 bis S3 über die Orte Ort1 bis Ort3 für ein Jahr:				
GeWDA	4 ③	Sorte	Index	1 = (2x3+4x5+6x7)/8 (Anwendung der Formel IV im Bsp.)
GeDICH	4 ⑤	S1	3,85 ①	
GeRost	1 ⑦	S2	5,04	
Summe	9 ⑧	S3	6,30	

Bildung des Gesamtindex (incl. Jahresgewichte) für die Sorten S1 bis S3:														
Jahr	Sorte	Index	Grenzen	Range	GeJ _a									
Jahr1	S1	5,40 ②				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sorte</th> <th>GesIndex_{Sy}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>4,14 ①</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>4,92</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>6,26</td> </tr> </tbody> </table> $\textcircled{1} = (\textcircled{2} \times \textcircled{3} + \textcircled{4} \times \textcircled{5} + \textcircled{6} \times \textcircled{7} + \textcircled{8} \times \textcircled{9}) / 10$ (Anwendung der Formel VI im Bsp.)	Sorte	GesIndex _{Sy}	S1	4,14 ①	S2	4,92	S3	6,26
Sorte	GesIndex _{Sy}													
S1	4,14 ①													
S2	4,92													
S3	6,26													
Jahr1	S2	5,30	⇒min	1,40	0,17 ③									
Jahr1	S3	6,70	⇒max											
Jahr2	S1	4,60 ④	⇒min											
Jahr2	S2	5,20		1,90	0,23 ⑤									
Jahr2	S3	6,50	⇒max											
Jahr3	S1	3,80 ⑥	⇒min											
Jahr3	S2	4,90		2,40	0,29 ⑦									
Jahr3	S3	6,20	⇒max											
Jahr4	S1	3,40 ⑧	⇒min											
Jahr4	S2	4,50		2,50	0,31 ⑨									
Jahr4	S3	5,90	⇒max											
Summe	-	-	-	8,20	1,00 ⑩									

Die Gewichte der Merkmale für die Jahresindizes wurden nach deren Bedeutung für das komplexe Merkmal „Sorteneignung für Grenzlagen in Bayern“ ausgewählt. Diese Bedeutung wurde abgeleitet aus Vorarbeiten (HOLLWECK 2000) und durch iterative Anpassung der aus diesem Gesamtindex resultierenden Sortenreihungen an die bekannten Sortenreihungen des bisherigen Indexes optimiert.

Tab. 1: Vergleich des Sortenrankings eines Sortimentes nach neuer bzw. alter Berechnung

Sorte	neu	Sorte	alt
Limona	6,48	Limona	7,39
Alligator	5,85	Picaro	6,94
Picaro	5,82	Alligator	6,86
Bree	5,74	Bree	6,84
Montando	5,64	Option	6,62
Proton	5,57	Telstar	6,60
Aubisque	5,54	Proton	6,58
Pastoral	5,50	Montando	6,57
Turandot	5,50	Respect	6,52
Acento	5,46	Aubisque	6,51
Bargala	5,45	Pastoral	6,48
Merkem	5,35	Acento	6,44
Option	5,24	Bargala	6,42
Telstar	5,23	Merkem	6,41
Litempo	5,21	Indiana	6,40
Gladio	5,17	Gladio	6,40
Meradonna	5,15	Turandot	6,36
Indiana	5,10	Meradonna	6,33
Respect	5,10	Litempo	6,25
Sambin	4,71	Sambin	6,25

max	6,48	max	7,39
min	4,71	min	6,25
Streuung	1,77	Streuung	1,14

Am Beispiel der Bildung des Gesamtindex wird deutlich, dass auch die Gewichtung der Nutzungsjahre dynamisch nach der in diesen auftretenden Sortendifferenzierung erfolgt. Da die in den einzelnen Jahren für einzelne Merkmale wie „Weidelgrasanteil“ (WDA) erhobenen Bonituren nicht unabhängig sind – eine Sorte, die im Vorjahr einen geringen WDA hatte, wird im Folgejahr kaum eine sehr hohe Bonitur für dieses Merkmal erhalten – kommt es naturgegeben zu einer zunehmenden Spreizung der Indexwerte im Laufe der Jahre und damit auch zu einer höheren Gewichtung späterer Jahre innerhalb des Versuchs.

Bei dem konkreten Beispiel der Auswertung des Versuchs 404 Anlagejahr 2002 mit den Hauptnutzungsjahren 2003-2006 ist in der vorläufigen Beurteilung über die ersten drei Hauptnutzungsjahre 2003-2005 im Vergleich zur Auswertung nach der bisherigen Methode (arithmetisches Mittel über alle erhobenen Bonituren einer Vegetationsperiode) eine deutlich stärkere Spreizung der Werte des Gesamtindex festzustellen, wobei die Sortenreihung weitgehend erhalten bleibt (Tab.1).

Vorteile des neuen Indexes:

- Der alte Index war in seiner Stabilität stark abhängig von der vorhandenen langjährigen Ortstreue der Versuchsanlage, da die Bonituren in ein rein arithmetisches Mittel eingingen, womit Orte mit höherer Schnittfrequenz mit mehr Erhebungen und damit prinzipiell höherem Gewicht eingingen als Orte mit geringerer Nutzungsfrequenz. Jetzt wird jeder Ort gemäß seiner Differenzierung für die jeweilige Merkmalsbeurteilung herangezogen. Damit ist das neue Modell leichter um Orte zu erweitern.
- Auf die Versuchsansteller wird ein Druck ausgeübt, Versuche an möglichst gut differenzierenden Standorten anzulegen.
- Die Gewichtung der Jahre erfolgt nicht auf Grund fester Vorgaben, sondern ebenfalls transparent aus den erhobenen Daten selbst.

Nachteile des neuen Indexes:

Es ist ein höherer Rechenaufwand als zuvor nötig, der heutzutage jedoch nicht ins Gewicht fällt.

Ausblick

Die vorgestellte Verrechnung wird seit 2006 in Bayern angewendet. Zur Zeit ist die Abbildung in PIAFStat in Arbeit und steht danach prinzipiell allen Nutzern von PIAF zur Verfügung.

Literatur

- HOFFMANN, W. (Hrsg.) (1985): Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen - Bd. 2: Spezieller Teil; 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 434 Seiten.
- HOLLWECK, I. (2000): Multivariate statistische Auswertung der 18 jährigen Versuchsreihe zur Eignung von Sorten Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne* L.) für weidelgrasunsichere Lagen (Ausdauerprüfung in Bayern) der LBP; Diplomarbeit Fachhochschule Regensburg Fachbereich Informatik und Mathematik 105 S.
- KLAPP, E., BOEKER, P., KÖNIG, F. und STÄHLIN, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen, Grünland 2, S. 8-40.
- RIEDER, J.-B. (1983): Dauergrünland, BLV Verlagsgesellschaft, Frankfurt, 192 Seiten
- VRIES, D.M. DE und EN'T HART, M.L. (1942): Een waardeering van grasland op grond van de plantkundige samenstelling, Landbouwk. Tijdschrift 54, S. 245-265.