

# Die Verwendung gewichteter Mittelwerte als Mittel zur effizienteren Differenzierung ordinalskaliertter Boniturdaten am Beispiel des Ausdauerindexes bei Deutschem Weidelgras für bayerische Grenzlagen

Stephan Hartmann<sup>1</sup> und Birgit Haringer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Am Gereuth 4, 85354 Freising;

<sup>2</sup>Fachbereich Land- und Ernährungswirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan; Am Hofgarten 1; 85350 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. Es besteht daher der stetige Impuls zur weiteren Optimierung der Sortendifferenzierung in diesem Bereich.

## 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 Daten 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. Da es sich im folgenden um in Klassen erhobene Bonituren handelt wird das einfache und nichtparametrische Streuungsmaß „Range“ angewendet.

Als Datengrundlage dienen die im Rahmen der „Überprüfung der Anbaueignung von Sorten des Deutschen Weidelgrases in Grenzlagen“ an der LfL erhobenen Bonituren. Für jedes Prüfmerkmal ist ein Notenschema vorhanden. Darin wird jeder Note ein bestimmter Prozentanteil des Prüfmerkmals zugeordnet. Die Bonitur erfolgt nach einer Ordinalskala von 1 bis 9, wobei die Note 1 für eine sehr geringe, die Note 5 für eine mittlere und die Note 9 für eine sehr starke Ausprägung steht. Alle im folgenden dargestellten Bonituren sind Sichtbonituren und somit Schätzungen. Daher gehören die hier verwendeten Boniturskalen zu den subjektive Rangreihen.

„Eine subjektive Rangreihe gewinnt man durch Anwendung subjektiver Schätzverfahren auf Merkmale, die nicht direkt messbar sind oder nicht gemessen werden. In der Regel wird gefordert, dass diese Schätzung für alle N Individuen (oder Objekte) vom selben Beurteiler vorgenommen wird, der als kompetent für die Beurteilung des betreffenden Merkmals anerkannt sein soll.“ (BORTZ, LIENEERT UND BOEHNKE 1990)

Bei der Bonitur anhand einer Ordinalskala ( hier: Noten von 1 bis 9) handelt es sich um daher um qualitative Prüfmerkmale (MUNZERT,1992), auch wenn quantitative Sachverhalte zugrunde liegen. Dies bedeutet, dass vor einer statistischen Bearbeitung geprüft werden muss, ob die gewählte Anwendung zulässig und sinnvoll ist (HAUFE, 1988). Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass grundsätzlich absolut bonitiert wird, d.h. entsprechend dem tatsächlichen Stand oder Befall. (ANONYMUS, 2000) „Dies bedeutet, dass z.B. in Jahren höherer Ausprägung des zu bonitierenden Merkmals die höheren Noten zu vergeben sind. Nur so lassen sich Unterschiede zwischen den Varianten in ihrer Ausprägung weitgehend „objektiv“ (vergleichbar) darstellen.“ (WAGNER und PREDIGER 1989).

Die dieser Auswertung zugrundeliegende Versuchsreihe wird alle zwei Jahre mit allen in diesem Zeitraum neu zugelassenen Sorten mit jeweils vier Wiederholungen an Standorten, an denen es regelmäßig zu Auswinterungsschäden bei Deutschem Weidelgras kommt, neu angelegt. Die Versuchsdauer beträgt Anlagejahr plus vier Hauptnutzungsjahre. Die erhobenen Bonituren werden jeweils zu

einem Jahresindex und nachfolgend 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.

$$Mw_{SyM_xO_z} = \frac{(\phi W DANW_{WDH_{1-4}} + \dots + \phi W DAVS_{-3_{WDH_{1-4}}} + \dots + \phi W DAVW_{WDH_{1-4}})}{\text{Anzahl der Erhebungen}}$$

**Formel II : Gewicht für Ort z des Merkmals 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  $GeO_zM_x$  gebildet.

$$GeO_zM_x = \frac{(Max_{O_zM_x} - Min_{O_zM_x})}{\sum_{i=1}^n (Max_{O_iM_x} - Min_{O_iM_x})}$$

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

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.

$$GwMM_x aOS_y = \frac{\sum_{i=1}^n (Mw_{SyM_xO_i} \times GeO_iM_x)}{\sum_{i=1}^n GeO_iM_x}$$

**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 <sub>i</sub> ):		
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  $IndexJ_a S_y$  für die betrachteten Jahre (ausdrückt im Range für  $IndexJ_a S_y$ ) 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 :**

$$GesIndex_y = \frac{\sum_{i=1}^n (IndexJ_i S_y \times GeJ_i)}{\sum_{i=1}^n GeJ_i}$$
 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	GesIndex	= Winterhärteindex über alle Jahre des Versuchs
Min	= kleinster Wert	Mw	= Mittelwert
O	= Ort	Ge	= Gewicht
M	= Merkmal	GwM	= Gewichtetes Mittel
S	= Sorte	WDA	= Weidelgrasanteil
Index	= Winterhärteindex für ein Jahr		

### **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.

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). Durch iterative Anpassung der aus diesem Gesamtindex resultierenden Sortenreihungen an die bekannten Sortenreihungen des bisherigen Indexes wurde die Gewichtung der Merkmale weiter optimiert.

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 <sub>y</sub> WDAO <sub>z</sub>	Grenzen	Range	GeO <sub>z</sub> WDA	Sorte	GMwWDAS <sub>y</sub>
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 <sub>y</sub> DICHO <sub>z</sub>	Grenzen	Range	GeO <sub>z</sub> Dich	Sorte	GMwDichS <sub>y</sub>
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 <sub>y</sub> RostO <sub>z</sub>	Grenzen	Range	GeO <sub>z</sub> Rost	Sorte	GMwRostS <sub>y</sub>
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
GeDICH	4 ⑤	S1	3,85 ①
GeRost	1 ⑦	S2	5,04
Summe	9 ⑧	S3	6,30

① = (2x3+4x5+6x7)/8  
(Anwendung der Formel IV im Bsp.)

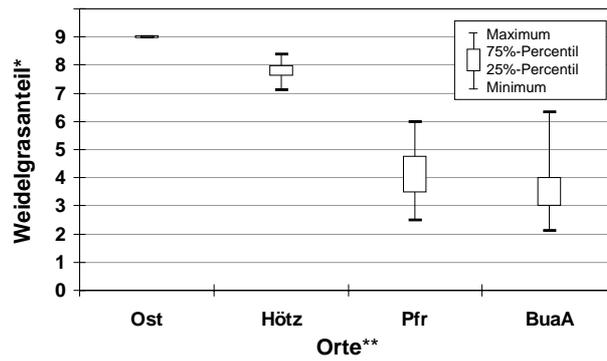
Bildung des Gesamtindex (incl. Jahresgewichte) für die Sorten S1 bis S3:														
Jahr	Sorte	Index	Grenzen	Range	GeJ <sub>a</sub>									
Jahr1	S1	5,40 ②				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sorte</th> <th>GesIndex<sub>Sy</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>4,14 ①</td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td>4,92</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>6,26</td> </tr> </tbody> </table>	Sorte	GesIndex <sub>Sy</sub>	S1	4,14 ①	S2	4,92	S3	6,26
Sorte	GesIndex <sub>Sy</sub>													
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			$\textcircled{1} = (\textcircled{2} \times \textcircled{3} + \textcircled{4} \times \textcircled{5} + \textcircled{6} \times \textcircled{7} + \textcircled{8} \times \textcircled{9}) / \textcircled{10}$ (Anwendung der Formel VI im Bsp.)								
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									

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

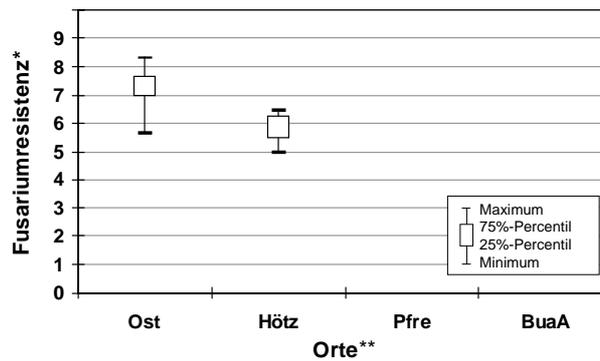
Sorte	neu	Sorte	alt
Limona	6,48	Limona	7,39
Alligator	5,85	Picaro	6,94
Picaro	5,82	Alligator	6,86
Bree	5,74	Bree	6,84
Montando	5,64	Option	6,62
Proton	5,57	Telstar	6,60
Aubisque	5,54	Proton	6,58
Pastoral	5,50	Montando	6,57
Turandot	5,50	Respect	6,52
Acento	5,46	Aubisque	6,51
Bargala	5,45	Pastoral	6,48
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.

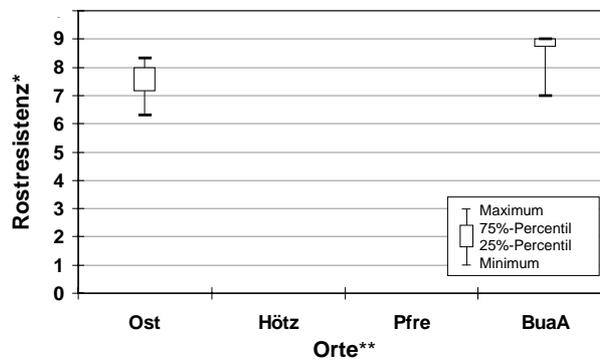
Bei dem konkreten Beispiel der Auswertung des Versuchs 404 Anlagejahr 2002 mit den Hauptnutzungsjahren 2003-2006 ist in der vorläufigen Beurteilung über die ersten drei Hauptnutzungsjahre 2003-2005 im Vergleich zur Auswertung nach der bisherigen Methode (arithmetisches Mittel über alle erhobenen Bonituren)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



Range	0	1,28	3,50	4,22
Ortsgewicht	0	0,14	0,39	0,47



Range	2,67	1,50		
Ortsgewicht	0,64	0,36		



Range	2,0			2,0
Ortsgewicht	0,5			0,5

\* Bonitur:

1 (geringste) – 9 (größte) Ausprägung

\*\* Orte

Ost            Osterseeon  
Hötz           Hötzelsdorf  
Pfr             Pfrentsch  
BuaA          Buchen a. Auerberg

Abb.1: Zusammenhang zwischen Streuung (Range) und Ortsgewicht für die Merkmale Weidelgrasanteil, Fusarium- und Rostresistenz am Beispiel des Rahmenplanversuches 404 (Anlagejahr 2002) im Hauptnutzungsjahr 2005

#### 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.

Der vorgestellte und in dem Index konkret umgesetzte Gedanke ist nach Meinung der Autoren grundsätzlich auf alle gleichartig erfassten Merkmale übertragbar, deren Ausprägung und Differenzierung stark von äußeren nicht vom Versuchsansteller normierbaren Einflüssen abhängen. Die Aufnahme von geeigneten Checks (z.B. anfällige Sorten), ist sicherlich ebenfalls ein weiterer Beitrag zur Verbesserung des Versuchsaufbaus und seiner späteren Auswertung.

#### **Literatur**

- ANONYMUS (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen (Hrg.: Bundesortenamt), Deutscher Landwirtschaftsverlag, GmbH, Hannover
- BORTZ, LIENEERT UND BOEHNE (1990): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik; Springer Verlag Berlin
- HAUFE, W. (1988): Feldversuche: Anlage – Auswertung – Interpretation, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main
- HOFFMANN, WALTHER (Hrsg.), (1985): Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen - Bd. 2: Spezieller Teil; 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- 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
- KLAPP, E. BOEKER, P. KÖNIG, F. UND STÄHLIN, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen, Grünland 2, S. 8-40
- MUNZERT, M. (1992): Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen, Schriftenreihe „Pareys Studententexte“ Nr. 71, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- RIEDER, J.-B. (1983): Dauergrünland, BLV Verlagsgesellschaft, Frankfurt
- VRIES, D.M. DE, EN'T HART, M.L., (1942): Een waardeering van grasland op grond van de plantkundige samenstelling, Landbouwk. Tijdschrift 54, S. 245-265
- WAGNER, F. und PREDIGER, G. (1989): Der Feldversuch – Durchführung und Technik, Selbstverlag Fritz Wagner, Bad Hersfeld, Loseblattsammlung