

F. W. Schnell und H. C. Becker

INDEX-SELEKTION BEI MAIS, DISKUTIERT AN EINER  
PRÜFUNGSERIE MIT EXPERIMENTALHYBRIDEN

---

1. Einleitung

Wie bei anderen Pflanzenarten, wird auch bei Mais in der züchterischen Praxis wohl nicht allzuoft mit einem Selektionsindex gearbeitet. Trotzdem sind zu Fragen der Index-Selektion bei Mais schon ziemlich viele wissenschaftliche Arbeiten geschrieben worden. Ihre Zahl ist jedenfalls zu groß, als daß wir hier auch nur die wichtigeren Publikationen besprechen könnten. Einen guten Überblick über diese Arbeiten vermittelt z.B. die Einleitung der lesenwerten Dissertation von de WOLFF (1972). Weitere Einführungen in die diesbezügliche Literatur und Problematik findet man bei MOLL et al. (1975), SUWANTARADON et al. (1975), SMITH et al. (1981), MOTTO und PERENZIN (1982) u.a..

Was einer allgemeineren Anwendung der Index-Selektion bei Mais entgegensteht, ist wie bei anderen Pflanzenarten vor allem die Schwierigkeit, den Auslesemerkmalen ökonomische Gewichte zuzuordnen. Diese Schwierigkeit hängt eng mit dem Umstand zusammen, daß sich in der Pflanzenzüchtung Fortschritte in verschiedenen Merkmalen nur selten gegenseitig vertreten können. Am ehesten ist das noch möglich, wenn mehrere Merkmale zum Gesamtertrag beisteuern. Beispielsweise gehen bei Silomais in den Ertrag die Leistungsmerkmale "Kolbentrockenmasse" und "Restpflanzentrockenmasse" ein, die sich offenbar in dem Merkmal "Gesamtrockenmasse" und damit im Silageertrag gegenseitig vertreten können. Denn ein etwaiges Minus in dem einen Merkmal kann in gewissen Grenzen durch ein Plus in dem anderen Merkmal ausgeglichen werden. Dabei verlangt natürlich die unterschiedliche Wertigkeit der Merkmale, daß ihre Beiträge zum Silageertrag in geeigneter Weise gewichtet werden, etwa durch Umrechnung in Kilostärkeeinheiten. Die Möglichkeit einer derartigen Umrechnung bildet zugleich die Basis für die Zuordnung ökonomischer Gewichte zur Aufstellung eines Selektionsindex. Ganz anders verhält es sich z.B. bei Körnermais mit den Merkmalen "Kornertrag" und "Standfestigkeit". Eine Neuzüchtung hat heute nur dann Aussicht, als Sorte zugelassen zu werden, wenn sie sowohl im Kornertrag wie auch in der Standfestigkeit dem derzeitigen hohen Standard entspricht. Dabei würde ein offensichtliches Defizit in einem der beiden Merkmale wohl auch durch eine besonders hohe Ausprägung des anderen Merkmals nicht auszugleichen sein. Diese beiden Merkmale können sich also hinsichtlich notwendiger Selektionsfortschritte kaum gegenseitig vertreten, und ihre ökonomische Gewichtung für einen Selektionsindex muß schon deshalb auf Schwierigkeiten stoßen.

Im weiteren soll aus der Gesamtproblematik der Index-Selektion bei Mais nur ein enger Ausschnitt näher betrachtet werden, - ein Ausschnitt, der auch für die Züchtung anderer Objekte von Interesse sein dürfte. Und zwar wollen wir mit züchterischer Blickrichtung einige Ausleseverfahren diskutieren, bei denen die Aufstellung der Selektionsindices keine ökonomischen Gewichte erfordert. Eine eigene, mit Experimentalhybriden durchgeführte Prüfungsserie wird uns die Grundlage für die Untersuchungen und Erörterungen liefern.

## 2. Material und Methoden

Zum Aufbau der geprüften Experimentalhybriden dienten Inzuchtlinien, die je zur Hälfte aus einem Flint- und einem Dent-Synthetik unter ausschließlicher visueller Selektion entwickelt worden waren. Durch faktorielle Kreuzungen von 8 so erhaltenen Flintlinien mit 8 Dentlinien wurden 64 Einfachhybriden hergestellt. Mit diesen Experimentalhybriden wurden Leistungsprüfungen auf je 2 Standorten (Groß-Gerau und Hohenheim) in 2 Jahren (1980 und 1981) durchgeführt. Jeder einzelne Versuch wurde als eine 8x8-Gitteranlage mit 3 Wiederholungen angelegt und ausgewertet. Für jedes Prüfungsjahr gesondert wurden dann die gitter-korrigierten Mittelwerte von beiden Standorten einer zusammenfassenden Analyse unterzogen, so daß für unsere Diskussion zwei verschiedene Sätze von Leistungsdaten der 64 Hybriden zur Verfügung standen, nämlich zum einen die Leistungen aus der zweiortigen Prüfung 1980, und zum anderen die Leistungen aus der zweiortigen Prüfung 1981.

Diskutieren und vergleichen wollen wir die in Abbildung 1 nach einer Grafik von SCHWARZBACH (1979) schematisch dargestellten Verfahren zur gleichzeitigen Auslese auf 2 Merkmale. Jedes der drei Schemata ist ein Korrelationsdiagramm mit einem angenommenen Korrelationskoeffizienten von Null, weshalb der Punkteschwarm der Sorten, Zuchtstämme oder sonstigen "Kandidaten" durch einen Vollkreis angedeutet ist. Die jeweils schraffierte Fläche kennzeichnet in ihrer Form die Lage von Punkten, die nach dem betreffenden Ausleseverfahren selektiert werden würden.

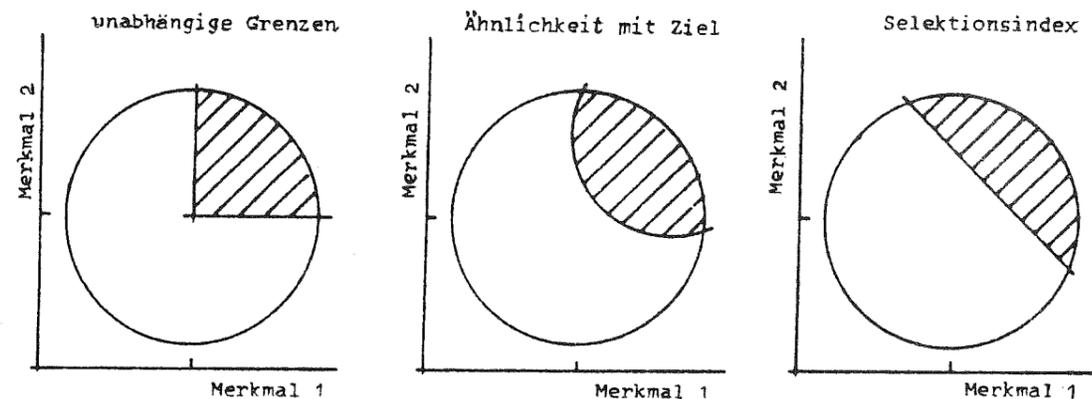


Abbildung 1

Drei Ausleseverfahren für 2 Merkmale. Nach SCHWARZBACH (1979)

Das Diagramm auf der linken Seite zeigt die in der Praxis sehr verbreitete Auslese mit unabhängigen Grenzen ("independent culling levels"). Endgültig mitgenommen werden solche Kandidaten, die in jedem Auslesemerkmal einen als Selektionsgrenze irgendwie festgelegten Merkmalswert erreichen oder übertreffen. Die auszulesenden Kandidaten liegen daher in einem rechtwinkligen Kreisabschnitt. Das Diagramm in der Mitte skizziert ein von SCHWARZBACH (1972) vorgeschlagenes Verfahren, das er als Auslese auf "Ähnlichkeit mit Ziel" bezeichnet. Er geht von einem standardisierten Korrelationsdiagramm aus (in dem also die Maßeinheiten der Achsen den Standardabweichungen der betreffenden Merkmale entsprechen) und ermittelt darin grafisch oder rechnerisch die Abstände der Kandidatenpunkte zu dem ebenfalls eingetragenen Zielpunkt der Selektion. Die so ermittelten Abstände werden als Ma-

ße der "Ähnlichkeit" zum Ziel interpretiert und als Selektionskriterien benutzt. Die im mittleren Diagramm schraffierte Fläche mit den auszulesenden Kandidatenpunkten wird gegen den nicht selektierten Rest durch einen Kreisbogen abgegrenzt, der um den (rechts oben zu denkenden) Zielpunkt geschlagen ist, denn auf einem solchen Bogen liegen ja Punkte gleichen Abstandes zum Ziel. Im Diagramm der rechten Seite endlich wird nach einem linearen Selektionsindex ausgelesen, und deshalb begrenzt eine Gerade die schraffierte Fläche mit den auszulesenden Kandidaten. Dieses Diagramm soll hier für eine Auslese nach dem von PEŠEK und BAKER (1969) vorgeschlagenen Selektionsindex stehen. Die Konstruktion des PEŠEK-BAKER-Index erfordert bekanntlich keine ökonomischen Gewichte der Zielmerkmale, sondern stattdessen die Vorgabe der in diesen Merkmalen "gewünschten Gewinne", d.h. eines Zielpunktes im Korrelationsdiagramm. Wir können daher bei der Anwendung auf unsere Experimentalhybriden dem PEŠEK-BAKER-Index und dem SCHWARZBACH'schen Verfahren, wie auch der Auslese mit unabhängigen Grenzen, die gleichen Zielpunkte zugrunde legen.

Den Vergleich zwischen den drei Ausleseverfahren verbinden wir mit der Untersuchung von einigen zusätzlichen Einflüssen. Erstens sollen auch die Auswirkungen einer Korrelation der Zielmerkmale erfaßt werden. Zu diesem Zweck nehmen wir als Modellfall an, daß auf "Wuchshöhe" und "Kornertrag" auszulesen ist, - also auf zwei Merkmale, die im allgemeinen positiv korreliert sind. Zweitens studieren wir dabei zwei verschiedene Zielrichtungen, nämlich a) eine Auslese auf weniger Höhe und mehr Ertrag, wie sie bei der Züchtung von reinen Körnermaissorten in Betracht käme, und b) eine Auslese auf mehr Wuchshöhe und mehr Ertrag, wie sie bei der Züchtung von Universalisorten für Körner- und Silagenutzung angebracht sein könnte. Bei der Zielrichtung a) hat man im Effekt eine negative Korrelation der Auslesemerkmale, bei der Zielrichtung b) jedoch eine positive. Drittens sollen die Auslesemerkmale unterschiedlich gewichtet werden, indem sie - wie von SCHWARZBACH (1972) vorgeschlagen - bei der Platzierung der Zielpunkte ungleiche Berücksichtigung finden. Wir setzen hier die beiden Zielpunkte so, daß sie in der Wuchshöhe um 1 Standardabweichung unter bzw. über dem Mittelwert aller geprüften Experimentalhybriden liegen, im Kornertrag aber den entsprechenden Mittelwert um 3 Standardabweichungen übertreffen.

Für die zwei soweit beschriebenen Situationen, die wohlgerne um ihrer Symmetrie willen als Modellfälle gewählt und untersucht wurden, lassen sich Selektionsgrenzen bzw. -indices für die drei Ausleseverfahren nach den Formeln berechnen, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Ohne auf die Formeln der Tabelle näher einzugehen, sei darauf hingewiesen, daß in der Spalte für "unabhängige Selektionsgrenzen" die Koordinaten des Zielpunktes für "Ertrag und weniger Wuchshöhe" mit unterbrochenen Unterstreichungen und die des Zielpunktes für "Ertrag und mehr Wuchshöhe" mit durchgezogenen Unterstreichungen kenntlich gemacht sind. Diese Zielkoordinaten erscheinen jeweils auch (mit umgekehrten Vorzeichen) in dem nicht-linearen Selektionsindex nach SCHWARZBACH (mittlere Spalte). Hingegen gehen in den Selektionsindex nach PEŠEK und BAKER (rechte Spalte) anstelle der Zielkoordinaten nur die entsprechenden Verhältnisse der gewünschten Gewinne ein. Obwohl also die gewünschten Gewinne als solche einen Zielpunkt festlegen, wird hier im Effekt auf eine Zielrichtung hin ausgelesen, d.h. auf ein bestimmtes Größenverhältnis der Verbesserungen in den zwei Merkmalen. Zur Konstruktion des PEŠEK-BAKER-Index sind außerdem das Verhältnis der genotypischen Standardabweichungen und der genotypische Korrelationskoeffizient der beiden Merkmale erforderlich.

Tabelle 1

Selektionsgrenzen bzw. -indices \*) für 3 Verfahren zur Auslese auf Ertrag und weniger bzw. mehr Wuchshöhe, Z(H<sub>-</sub>) und Z(H<sub>+</sub>)

	Unabhängige Selektionsgrenzen	Selektionsindex nach SCHWARZBACH (1979)	Selektionsindex nach PESEK und BAKER (1969)
Z(H <sub>-</sub> )	$x_i \leq (\bar{x} - s_x + k s_x)$ $y_i \geq (\bar{y} + 3s_y - k s_y)$	$I_i = \sqrt{\left(\frac{x_i - \bar{x} + s_x}{s_x}\right)^2 + \left(\frac{y_i - \bar{y} - 3s_y}{s_y}\right)^2}$	$I_i = x_i + \frac{(-3s_y/s_x) - p_G r_G}{p_G^2 - p_G r_G (-3s_y/s_x)} y_i$
Z(H <sub>+</sub> )	$x_i \geq (\bar{x} + s_x - k' s_x)$ $y_i \geq (\bar{y} + 3s_y - k' s_y)$	$I_i = \sqrt{\left(\frac{x_i - \bar{x} - s_x}{s_x}\right)^2 + \left(\frac{y_i - \bar{y} - 3s_y}{s_y}\right)^2}$	$I_i = x_i + \frac{(3s_y/s_x) - p_G r_G}{p_G^2 - p_G r_G (3s_y/s_x)} y_i$

\*)  $x_i, y_i$  = Wuchshöhe (cm) bzw. Kornertrag (dt/ha) der i-ten Hybride  
 $\bar{x}, \bar{y}, s_x, s_y$  = Mittelwerte bzw. phänotypische Standardabweichungen  
 $k, k'$  = Koeffizienten zur Festlegung der Anzahl auszulesender Hybriden  
 $p_G$  = Verhältnis der genotypischen Standardabweichung von  $y$  zu der von  $x$   
 $r_G$  = genotypische Korrelation der Variablen  $x$  und  $y$

### 3. Experimentelle Ergebnisse und Diskussion

Ehe wir über die Anwendung der verschiedenen Ausleseverfahren auf die geprüften Experimentalhybriden berichten, geben wir in Tabelle 2 die in den einzelnen Prüfungsjahren erhaltenen Mittelwerte und phänotypischen bzw. genotypischen Standardabweichungen für Wuchshöhe und Kornertrag, sowie die entsprechenden Korrelationen zwischen diesen Merkmalen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen lagen 1980 und 1981 in jeweils ähnlichen Bereichen, während die Korrelationen zwischen Wuchshöhe und Ertrag im zweiten Prüfungsjahr deutlich höhere Werte erreichten. Erwähnt sei noch, daß, bezogen auf die Leistungen der Hybriden aus der zweiortigen Prüfung eines Jahres, operative Heritabilitäten von 84 % für die Wuchshöhe und von 61 % für den Ertrag errechnet werden.

Tabelle 2

Allgemeine Mittelwerte und Standardabweichungen für Wuchshöhe (in cm) und Ertrag (in dt/ha), sowie Korrelationen dieser Merkmale, aus den je über beide Versuchsorte zusammengefaßten Analysen der Leistungsprüfungen 1980 und 1981

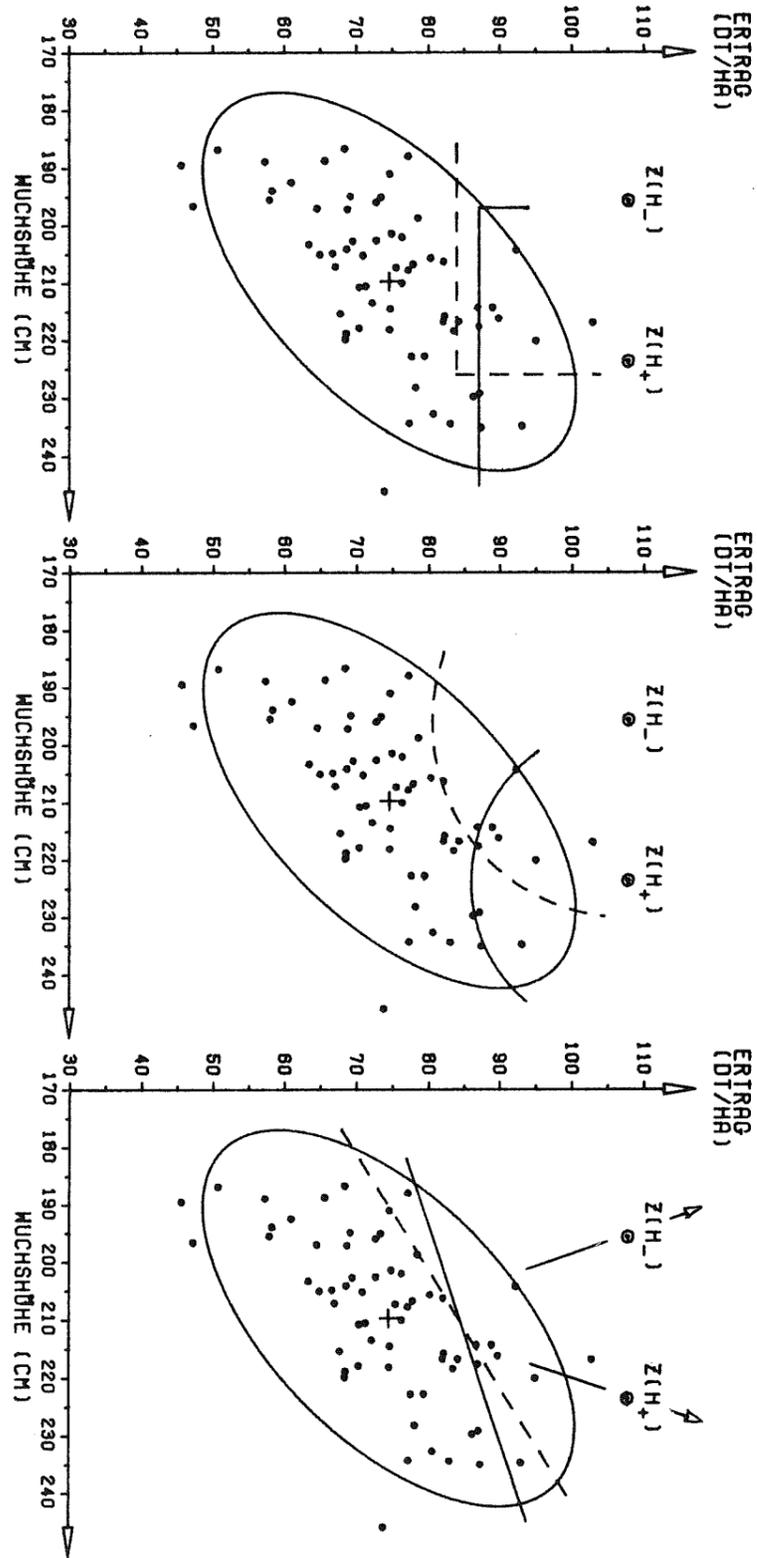
Jahr	Merkmal	Mittelwert	Standardabweichung		Korrelation	
			phänotyp.	genotyp.	phänotyp.	genotyp.
1980	Wuchshöhe	210	13,98	12,72	0,599**	0,653 <sup>++</sup>
	Ertrag	74,6	11,09	9,76		
1981	Wuchshöhe	206	13,58	12,62	0,669**	0,822 <sup>++</sup>
	Ertrag	75,3	12,37	10,54		

\*\* signifikant für  $P = 1\%$

<sup>++</sup> Wert übersteigt das Doppelte seiner Standardabweichung

Nächstens vergleichen wir in Abbildung 2 die drei Ausleseverfahren in Graphiken, die mit den Leistungsdaten aus dem Prüfungsjahr 1980 hergestellt sind. Die Korrelationsdiagramme sind sämtlich mit standardisierten (aber nach Merkmaleinheiten beschrifteten) Achsenmaßstäben gezeichnet und stimmen auch insofern überein, als sie neben den Leistungspunkten der 64 Hybriden noch den allgemeinen Mittelpunkt und die beiden Zielpunkte für weniger und mehr Wuchshöhe enthalten. Außerdem sind nach den verschiedenen (im Untertitel genannten) Verfahren die Selektionsgrenzen für 8 auszulesende beste Hybriden eingetragen, und zwar mit unterbrochenen Linien für das Ziel "weniger Höhe" und mit durchgezogenen Linien für das Ziel "mehr Höhe". Wie erwartet, schneiden die Selektionsgrenzen aus den Korrelations-ellipsen immer ein dem jeweiligen Zielpunkt direkt zugewandtes Stück heraus, - mit einer Ausnahme jedoch: Beim PESEK-BAKER-Index ist die Selektionsgrenze auch bei Auslese auf mehr Wuchshöhe nach links geneigt, obwohl der durch den Zielpunkt laufende Pfeil nach oben rechts weist. Diese Ausnahme hat ihren Grund darin, daß der PESEK-BAKER-Index als einziges der drei Verfahren eine Korrelation der Merkmale berücksichtigt. Um nämlich trotz der positiven Korrelation von Wuchshöhe und Ertrag den Selektionsgewinn bei der Wuchshöhe im Verhältnis zum Gewinn beim Ertrag entsprechend der Zielrichtung zu begrenzen, muß der Index "gegenhalten", indem die Selektionsgrenze nach links geneigt wird, - wenn auch nicht so weit geneigt wie bei Auslese auf weniger Wuchshöhe. Ein solches "Gegenhalten" gibt es in den beiden anderen Ausleseverfahren, die keine Merkmalskorrelationen berücksichtigen, nicht.

Abbildung 2  
 Korrelationsdiagramme der im Jahre 1980 ermittelten Leistungsdaten von 64 Hybriden, mit Selektionsgrenzen für die bezeichneten drei Ausleseverfahren. Erklärung im Text



Die eben besprochenen Unterschiede zwischen den drei Ausleseverfahren haben interessante Auswirkungen auf die mit ihnen zu erreichenden Merkmalsveränderungen. Dies können wir bereits anhand der genutzten Selektionsdifferentiale untersuchen. Unter dem mit irgendeinem Verfahren genutzten Selektionsdifferential verstehen wir die Differenz zwischen der mittleren Merkmalsausprägung der ausgelesenen Hybriden und derjenigen aller 64 Hybriden im Jahr der Auslese. Wir haben die in der Wuchshöhe und im Kornertrag genutzten Selektionsdifferentiale für die Leistungen und Auslesen in jedem Prüfungsjahr gesondert errechnet und daraus Durchschnittswerte über beide Jahre gebildet. In Abbildung 3 sind diese Durchschnittswerte graphisch dargestellt, und zwar für 16, 8 und 4 ausgelesene Hybriden, für die untersuchten 2 Ziele und für die 3 verglichenen Verfahren.

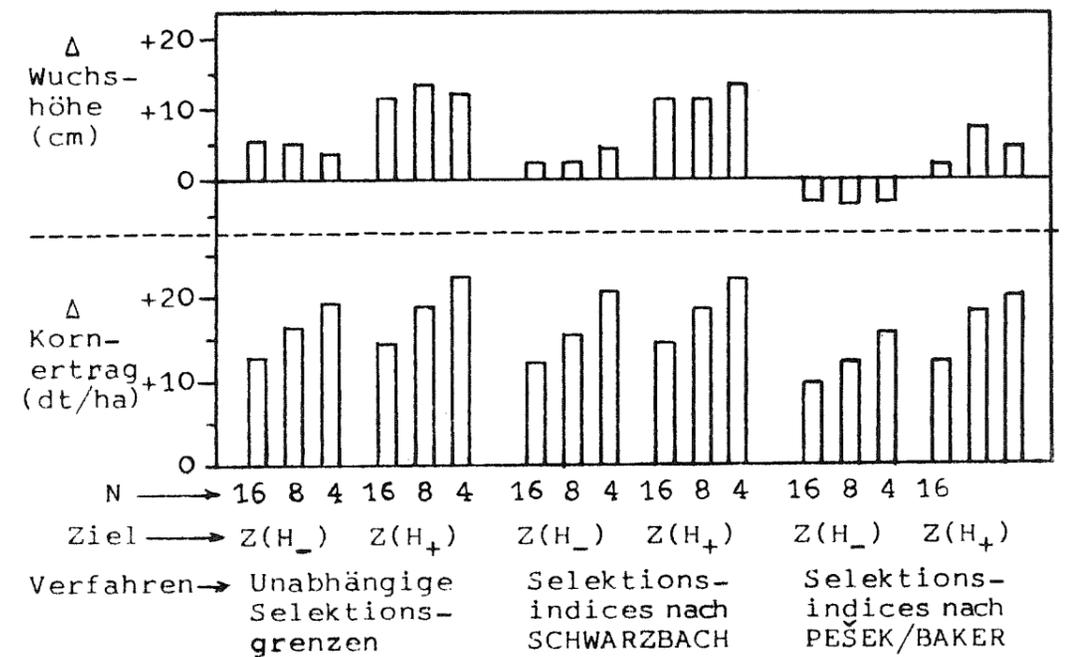


Abbildung 3  
 Genutzte Selektionsdifferentiale  $\Delta$ , für N ausgelesene Hybriden, 2 Ziele und 3 Verfahren. Erklärung im Text

Wenn wir zuerst den Einfluß der Selektionsintensität ins Auge fassen, sehen wir, daß mit ihrer Vergrößerung (d.h. mit der Verringerung der Anzahl ausgelesener Hybriden) die Selektionsdifferentiale für Ertrag erwartungsgemäß stark ansteigen. Die Selektionsdifferentiale für Wuchshöhe werden hingegen erklärlicherweise viel weniger und in unterschiedlicher Richtung verändert. Wenn wir als nächstes die Unterschiede zwischen den Auslesen auf weniger und auf mehr Wuchshöhe betrachten, so finden wir für das zweite Ziel natürlich stets erheblich größere mittlere Wuchshöhen, aber auch durchweg etwas größere mittlere Erträge. Letzteres ist eine notwendige Folgeerscheinung der bei diesem Ziel positiv wirkenden Korrelation der Merkmale. Wenn wir schließlich die Ausleseverfahren selbst vergleichen, so

fällt vor allem auf, daß beim PEŠEK-BAKER-Index der Ertrag immer und die Wuchshöhe zumeist deutlich kleinere genutzte Selektionsdifferenziale zeigen als beim SCHWARZBACH-Index oder bei der Auslese mit unabhängigen Selektionsgrenzen. Die letzteren Verfahren scheinen also generell die höheren Selektionsgewinne zu versprechen. Bei genauerem Hinsehen freilich erweist sich der PEŠEK-BAKER-Index als das einzige Verfahren, bei dem die Auslese auf weniger Wuchshöhe wirklich zu einer (wenn auch geringen) Abnahme der Wuchshöhe führt. Und beim PEŠEK-BAKER-Index entsprechen die Selektionsdifferenziale für Höhe und Ertrag auch in ihren Größenverhältnissen noch am ehesten den angenommenen Zielen (1 Standardabweichung Änderung der Höhe auf 3 Standardabweichungen Ertragsverbesserung). Diese bessere "Ziel-treue" würde, infolge der größeren Heritabilität der Wuchshöhe, bei den in irgendeinem anderen Jahr realisierten Selektionsgewinnen noch deutlicher in Erscheinung treten. Es dürfte einleuchten, daß der PEŠEK-BAKER-Index seine bessere Ziel-treue durch eben jenes "Gegenhalten" bei den Selektionsgrenzen erreicht, welches in Abbildung 2 zu beobachten war. Auch wird es nicht wundern, daß für solche Ziel-treue ein Preis bezahlt wird, -der Preis nämlich, daß die genutzten Selektionsdifferenziale kleiner ausfallen als bei den anderen beiden Verfahren.

Spätestens an dieser Stelle würde ein Maiszüchter wohl einwenden, daß Unterschiede in der Wuchshöhe von wenigen Zentimetern, wie sie die Abbildung zeigt, kaum praktische Bedeutung haben, wenn nur die Standfestigkeit bzw. bei Universalsorten der Silageertrag befriedigt. Es sei deshalb daran erinnert, daß wir die Merkmale Wuchshöhe und Kornertrag lediglich modellartig gewählt haben, um daran die Auswirkungen von zwei symmetrisch verschiedenen Zielrichtungen studieren zu können. Die Ergebnisse dieser Studie gelten aber für alle Merkmalspaare mit ähnlichen Variabilitäts- und Zielverhältnissen, und dies auch bei anderen Pflanzenarten.

Wie sollen wir nun die drei Ausleseverfahren hinsichtlich ihres praktischen Wertes beurteilen, da der besseren Ziel-treue des PEŠEK-BAKER-Index generell größere Selektionsgewinne der anderen Verfahren gegenüberstehen? Angesichts dieser Situation ist es aufschlußreich, die in Abbildung 3 dargestellten Selektionsdifferenziale für beide Auslesemerkmale durch die alternativen Selektionsindices selbst bewerten zu lassen. In Tabelle 3 sind "relative Bewertungen" der Paare zusammengehöriger Selektionsdifferenziale zusammengestellt, die nach der im Tabellenkopf angegebenen Formel mittels des SCHWARZBACH-Index (oben) bzw. des PEŠEK-BAKER-Index (unten) errechnet wurden. Überblickt man die Zahlen, so erkennt man für die Faktoren "Ziel" und "Anzahl ausgelesener Hybriden" im Mittel über die jeweils restlichen Faktoren recht ähnlich abgestufte Bewertungen durch beide Selektionsindices. Hingegen beobachtet man zwischen dem Faktor "Ausleseverfahren" und den zwei Index-Bewertungen offensichtliche Interaktionen. Am deutlichsten erscheint diese Interaktion in den zwei Zeilen für Auslese auf "Ertrag und mehr Wuchshöhe", wo die einfach unterstrichenen Bewertungszahlen gegenüber den doppelt unterstrichenen besonders stark abfallen. Jeder Index bewertet also die mit dem anderen Index erzielten Selektionsergebnisse wesentlich niedriger als die eigenen. Das läßt sich nur daraus erklären, daß die in Rede stehenden Selektionsindices auch bei gleichplacierten Zielpunkten in Wirklichkeit verschiedenartige Selektionsziele verfolgen. Der PEŠEK-BAKER-Index ist so konstruiert, daß die auszulesenden Kandidaten möglichst nahe dem (in Abbildung 2 eingezeichneten) Richtungsstrahl liegen, der vom Mittelpunkt durch den Zielpunkt führt. Das Selektionskriterium "Ähnlichkeit mit Ziel" des SCHWARZBACH-Index strebt etwas durchaus

anderes an, nämlich möglichst geringe Abstände der Kandidaten vom Zielpunkt, in welcher Richtung auch immer. Damit wird in Kauf genommen, daß der Schwerpunkt der ausgelesenen Fraktion auch links oder rechts vom Zielpunkt liegen kann, und zwar umso weiter abseits, je kleiner der Selektionserfolg ausfällt.

Tabelle 3

Relative Bewertungen  $[I_{(x_s, y_s)} - I_{(\bar{x}, \bar{y})}] / [I_{(x_z, y_z)} - I_{(\bar{x}, \bar{y})}]$  der genutzten Selektionsdifferenziale durch SCHWARZBACH-Index und PEŠEK-BAKER-Index, für 3 Verfahren, 16, 8 und 4 ausgelesene Hybriden und 2 Ziele\*). Durchschnitte 80/81

Bewertung durch		Unabhängige Selektionsgrenzen			Selektionsindices nach SCHWARZBACH			Selektionsindices nach PEŠEK/BAKER		
		16	8	4	16	8	4	16	8	4
SCHWARZBACH-Index	Z(H <sub>-</sub> )	.25	.34	.41	.28	.35	.42	.27	.34	.42
	Z(H <sub>+</sub> )	.44	.56	.65	<u>.44</u>	<u>.55</u>	<u>.65</u>	<u>.33</u>	<u>.52</u>	<u>.55</u>
PEŠEK-BAKER-Index	Z(H <sub>-</sub> )	.20	.29	.38	.24	.31	.39	.26	.33	.40
	Z(H <sub>+</sub> )	.32	.43	.57	<u>.32</u>	<u>.46</u>	<u>.55</u>	<u>.40</u>	<u>.51</u>	<u>.63</u>

\*)  $I_{(x_s, y_s)}$  = Indexwert des Mittels der ausgelesenen Hybriden  
 $I_{(\bar{x}, \bar{y})}$  = Indexwert des Mittels aller 64 Hybriden  
 $I_{(x_z, y_z)}$  = Indexwert des jeweiligen Zielpunktes

Nach alledem können die zwei untersuchten Selektionsindices beide nicht voll befriedigen, obwohl sie gegenüber anderen Indices den Vorteil haben, keine ökonomischen Gewichte zu erfordern. Was die Auslese nach "unabhängigen Selektionsgrenzen" anbelangt, so erweist sich dieses relativ einfache Verfahren in seinen Selektionsergebnissen dem SCHWARZBACH-Index ähnlich und praktisch gleichwertig. Das hat seinen Grund u.a. darin, daß wir im Interesse der Vergleichbarkeit die Abstände der beiden Selektionsgrenzen von den entsprechenden Zielpunkt-Koordinaten auf das gleiche k-fache der jeweiligen Standardabweichungen festgesetzt hatten (vgl. Tabelle 1).

## 4. Zusammenfassung

Einleitend wird dargelegt, daß einer allgemeineren Anwendung der Index-Selektion bei Mais vor allem die Schwierigkeit entgegensteht, den Auslesemerkmalen ökonomische Gewichte zuzuordnen. Drei Ausleseverfahren, die keine solchen Gewichte erfordern, wurden an Hand einer Prüfungsserie mit 64 Maishybriden für 2 korrelierte Merkmale (Kornertrag und Wuchshöhe) und mit 2 Zielrichtungen (weniger und mehr Wuchshöhe) verglichen. An den genutzten Selektionsdifferentialen zeigte sich, daß der PEŠEK-BAKER-Index die größere Zieltreue, aber die kleineren Selektionsgewinne verspricht. Umgekehrt brachten der SCHWARZBACH-Index sowie die Auslese mit unabhängigen Selektionsgrenzen infolge ihrer Nicht-Berücksichtigung der Merkmalskorrelation zwar die größeren Selektionsdifferentialen, die jedoch bei Auslese auf weniger Wuchshöhe entgegengesetzt zur Zielrichtung verliefen. Dem SCHWARZBACH-Index erwies sich die Auslese mit unabhängigen Grenzen als praktisch gleichwertig, was u. a. dadurch bedingt ist, daß durch geeignete Festlegung der Selektionsgrenzen volle Vergleichbarkeit der Verfahren hergestellt worden war.

Danksagung

Für Ihre Hilfe bei der Durchführung der Prüfungsserie möchten wir den Herren Prof. Dr. W. SCHUSTER, H. BÖHM, J. BÖHM und H. JAHNKE danken.

Literaturverzeichnis

- MOLL, R.H., C.W. STUBER, and W.D. HANSON, 1975: Correlated response and response to index selection involving yield and ear height of maize. *Crop. Sci.* 15: 243-248.
- MOTTO, M, and M. PERENZIN, 1982: Index selection for grain yield and protein improvement in an opaque-2synthetic maize population. *Z. Pflanzenzüchtg.* 89: 47-54.
- PEŠEK, J., and R.J. BAKER, 1969: Desired improvement in relation to selection indices. *Can. J. Plant Sci.* 49: 803-804.
- SCHWARZBACH, E., 1972: Einige Anwendungsmöglichkeiten elektronischer Datenverarbeitungsanlagen (EDV) für die Beurteilung von Zuchtmaterial. Bericht über die Arbeitstagung 1972 der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter in Gumpenstein: 277-287.
- SCHWARZBACH, E., 1979: Die gleichzeitige Auslese auf viele Merkmale bei der Züchtung autogamer Pflanzen. *Habilitationsschrift, Technische Universität München.*
- SMITH, O.S., A.R. HALLAUER, and W.A. RUSSELL, 1981: Use of index selection in recurrent selection programs in maize. *Euphytica* 30: 611-618.
- SUWANTARADON, K., S.A. EBERHART, J.H. MOCK, J.C. OWEN, and W.D. GUTHRIE, 1975: Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. *Crop. Sci.* 15: 827-833.
- WOLFF, F. de, 1972: Mass selection in maize composites by means of selection indices. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen* 72: 1-80.

Ch. Krump h u b e r

VERSUCHE ZUR BILDUNG EINES EINFACHEN MULTIPLLEN INDEX  
IN DER HYBRIDMAISZÜCHTUNG.

Der Phänotyp oder das Erscheinungsbild eines Organismus ist das Produkt aus seinem Genotyp und der Umwelt, in der sich der Organismus gebildet hat. Vorgegeben ist der Genotyp, der aber nur bestimmt, innerhalb welcher Grenzen die Eigenschaften des Individuums ausgebildet werden können. Für die endgültige Ausprägung der Merkmale ist die Umwelt verantwortlich, d.h. der Genotyp wird durch die Umwelt mehr oder weniger modifiziert.

Der Pflanzenzüchter ist natürlich interessiert, solche Typen zu selektieren, die auf unterschiedliche Umweltseinflüsse mit einer phänotypischen Ausprägung reagieren, die keine Einschränkung der angestrebten Produktivität zur Folge hat. Solche Pflanzen, die unter unterschiedlichen Umweltbedingungen ihre Leistungsfähigkeit bezüglich der wirtschaftlichen Eigenschaften behalten, sind gut angepaßt, sie besitzen eine große ökologische Streubreite. Ich habe nun versucht, eine Art ökologischer Stabilität als Selektionskriterium heranzuziehen. Es ergab sich dabei die Schwierigkeit, dieses Merkmal in irgend einer Form zu quantifizieren.

Die Daten eines vorliegenden Maiszuchtmaterials wurden in den Merkmalen Ertrag (14% Wassergehalt), Sommerlager und Stengelbruch untersucht. Es handelt sich dabei um eine Vielzahl von Inzuchtlinien, die im Rahmen des Kreuzungsprogrammes der OÖ Saatbau einer ersten Testung unterworfen wurden.

Bildung eines spezifischen Stabilitätswertes:

Um nun die Brauchbarkeit der einzelnen Kreuzungen in groben Zügen ermessen zu können, wurde eine Art Stabilitätswert errechnet. Dies erfolgte aus den Daten der zwei Standorte Ritzlhof und Enns. Es liegt auf der Hand, daß zwei Standorte zur genauen Beurteilung zu wenig sind, erlauben aber doch eine gewisse Grobeinstufung des Materials.

Abb. 1: Stabilitätswert für das Merkmal Ertrag (14% Wassergehalt)

