

**Institut für Nutzpflanzenwissenschaft und Ressourcenschutz
Professur für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Prof. Dr. J. Léon**

**BLUP – Zuchtwertschätzung bei selbstbefruchtenden Getreidearten
unter Berücksichtigung aller Verwandtschaftsinformationen und der
Inzuchtverhältnisse**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Agrarwissenschaften

(Dr. agr.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt am 03.11.2005

von

Dipl.-Ing. agr. Andrea Michaela Bauer

aus Bonn

Erster Berichterstatter: Prof. Dr. Jens Léon
Zweiter Berichterstatter: Prof. Dr. Karl Schellander
Tag der mündlichen Prüfung: 23.01.2006

Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenbau

Band 8/2006

Andrea Michaela Bauer

**BLUP-Zuchtwertschätzung bei selbst-
befruchtenden Getreidearten unter
Berücksichtigung aller Verwandtschafts-
informationen und der Inzuchtverhältnisse**

D 98 (Diss. Universität zu Bonn)

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4961-3

ISSN 1619-9456

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Abstrakt (in Deutsch)

In der Pflanzenzüchtung werden jedes Jahr oft mehrere hundert Kreuzungen durchgeführt. Dabei erfolgt die Selektion zwischen den Linien überwiegend anhand der phänotypischen Leistung. Diese Vorgehensweise führt jedoch besonders bei einer niedrigen Heritabilität des Merkmals oder unbalanzierten Daten zu einer eingeschränkten Aussage über den Genotyp. Außerdem ist es bisher nicht möglich, vorhandene Verwandtschaftsinformationen zwischen den Linien für die Selektionsentscheidungen zu nutzen. Eine statistische Methode, mit der diese Probleme gelöst werden könnten und die in der Tierzüchtung bereits breite Anwendung findet, ist die BLUP-Zuchtwertschätzung. Mit Hilfe des BLUP-Verfahrens kann, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Umweltverhältnisse und der Verwandtschaftsbeziehungen, die genetische Veranlagung der Linien abgeschätzt werden.

Das Ziel dieser Arbeit war es daher, das Zuchtwertschätzungsmodell des BLUP-Verfahrens an die Besonderheiten selbstbefruchtender Kulturarten anzupassen. Dazu wurden die Inzuchtverhältnisse der Kreuzungseltern in die Verwandtschaftsmatrix integriert. Außerdem wurden Dominanzeffekte in der Zuchtwertschätzung berücksichtigt, da es aufgrund der sich schnell wechselnden Inzuchtverhältnisse zu Änderungen in der Dominanzvarianz kommen kann. Da bei den Kreuzungseltern meist keine Verwandtschaftsbeziehungen bekannt sind, wurde außerdem untersucht, wie sich die Einbeziehung von genetischen Ähnlichkeiten zwischen den Kreuzungseltern in die Zuchtwertschätzung auf das Selektionsergebnis auswirkt. Anschließend wurde überprüft, ob eine Selektion anhand von Zuchtwerten gegenüber der herkömmlichen Vorgehensweise in der Pflanzenzüchtung einen Vorteil bietet. Dazu wurden typische Situationen in der Pflanzenzüchtung modellhaft am Computer simuliert.

Der Einsatz der BLUP-Zuchtwertschätzung führte im Vergleich zu einer rein phänotypischen Selektion zu einer signifikanten Erhöhung des Selektionserfolges. Nur bei Merkmalen mit sehr hoher Heritabilität oder wenn bereits in frühen Generationen eine Parzellenbildung von Nachkommenschaftsgruppen, die auf eine bestimmte Einzelpflanze zurückgehen, stattfand, konnte der Vorteil der BLUP-Zuchtwertschätzung gegenüber einer rein phänotypischen Selektion nicht statistisch abgesichert werden. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Berücksichtigung aller Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Linien für ein optimales Schätzergebnis unbedingt erforderlich ist. Dies war unabhängig davon, ob die Verwandtschaftsbeziehungen anhand von Abstammungskoeffizienten oder genetischen Ähnlichkeiten ermittelt wurden. Demgegenüber brachte die Einbeziehung von Dominanzeffekten in die Zuchtwertschätzung aufgrund eines zu geringen Anteils der Dominanzvarianz an der gesamten genotypischen Varianz der simulierten Merkmale keine weitere Verbesserung des Selektionsergebnisses.

Abstract (in English)

In plant breeding often hundreds of crosses are carried out every year. Thereby the selection among the lines is mainly based on the phenotypic performance. However, especially if the regarded trait has a low heritability or the data set is unbalanced, the phenotypic performance of a line does not give an appropriate estimate of the genotype. Additionally it is not possible till now to include the genetic relationship among the lines in the selection decision. The prediction of BLUP-breeding values is a widely used statistical method in animal breeding which could be able to manage these problems. Considering different environmental conditions and the relationship information among the lines, the BLUP-method leads to an estimation of the genetical disposition of the lines.

The objective of this study was to adapt the BLUP-procedure to the conditions in self-fertilized crop plants. For that the coefficient of inbreeding of the parental lines was integrated in the relationship matrix. Furthermore, dominance effects were taken into account in the prediction of breeding values, since there could be a decrease in dominance variance due to the increasing coefficient of inbreeding. As the relationship information of the parental lines often is not known, the effect of considering genetic similarities among the parental lines in the prediction was examined. Then it was tested if the selection based on breeding values is more advantageous than the conventional approach in plant breeding. Therefore typical situations in plant breeding were generated by computer simulation.

Compared to phenotypical selection, the application of the BLUP-method resulted in a significantly enhanced breeding success. Only if the trait has a high heritability or if in early generations progeny families, which arise from a specific single plant, are planted in a plot, the prediction of BLUP-breeding values was not significantly different from a phenotypic selection. Moreover, the consideration of all relationship information among the lines in the prediction of breeding values is absolutely necessary to obtain an optimal result. This does not depend on the fact if the relationship information was calculated by coefficient of coancestry or by genetic similarities. In contrast, the inclusion of the dominance effects in the prediction of breeding values does not improve the breeding success further since the ratio of dominance variance to total genotypic variance of the simulated traits was too low.

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRAKT (IN DEUTSCH)	I
ABSTRACT (IN ENGLISH)	II
1. EINLEITUNG	1
1.1 GRUNDLAGEN DER POPULATIONS- UND QUANTITATIVEN GENETIK	3
1.1.1 <i>KOMPONENTEN DES PHÄNOTYPS UND DES GENOTYPS</i>	3
1.1.2 <i>QUALITATIVE UND QUANTITATIVE MERKMALE</i>	8
1.1.3 <i>KOVARIANZ ZWISCHEN GENOTYP UND UMWELT</i>	9
1.1.4 <i>HERITABILITÄT</i>	11
1.1.5 <i>INZUCHT</i>	12
1.1.6 <i>MATHEMATISCHE DEFINITION DES ZUCHTWERTES</i>	15
1.2 EINFÜHRUNG IN DIE ZUCHTWERTSCHÄTZUNG	17
1.3 EINSATZ DER ZUCHTWERTSCHÄTZUNG IN DER PFLANZENZÜCHTUNG	19
1.3.1 <i>FREMDBEFRUCHTER</i>	20
1.3.2 <i>SELBSTBEFRUCHTER</i>	22
1.4 ZUCHTMETHODIK BEI SELBSTBEFRUCHTENDEN GETREIDEARTEN	23
2. THEORIE	25
2.1 BLUP-METHODE ZUR ZUCHTWERTSCHÄTZUNG	25
2.1.1 <i>DAS LINEARE MERKMALSMODELL</i>	25
2.1.2 <i>MIXED MODEL EQUATIONS (MME)</i>	27
2.1.3 <i>VARIANZ-KOVARIANZ-MATRIZEN DER ADDITIV- UND DOMINANZEFFEKTE</i>	30
2.1.3.1 <i>VERWANDTSCHAFTSMATRIX A</i>	31
2.1.3.2 <i>DOMINANZMATRIX D</i>	35
2.2 BEISPIEL AUS DER PFLANZENZUCHT	37
2.3 ARBEITSHYPOTHESEN	42
3. METHODEN	45
3.1 COMPUTERSIMULATION	45
3.1.1 <i>GRUNDLAGEN DER COMPUTERSIMULATION</i>	45
3.1.2 <i>SIMULIERTE POPULATIONEN</i>	46
3.1.2.1 <i>POPULATIONEN DER KREUZUNGSELTERN</i>	47
3.1.2.2 <i>POPULATION DER KREUZUNGSNACHKOMMEN</i>	51
3.2 STATISTISCHES MODELL FÜR DIE ZUCHTWERTSCHÄTZUNG	55
3.3 BERECHNUNG DER HERITABILITÄT	57

3.4	SELEKTIONSMETHODEN	57
3.5	VARIANZANALYSE	59
4.	ERGEBNISSE	61
4.1	POPULATIONEN DER KREUZUNGSELTERN	61
4.1.1	<i>KREUZUNGSELTERPOPULATION OHNE VERWANDTSCHAFTSINFORMATIONEN.....</i>	<i>61</i>
4.1.2	<i>KREUZUNGSELTERPOPULATION MIT GENETISCHEN ÄHNLICHKEITEN.....</i>	<i>63</i>
4.2	POPULATION DER KREUZUNGSNACHKOMMEN	65
4.2.1	<i>SELEKTION NACH F₃-FAMILIEN.....</i>	<i>65</i>
4.2.2	<i>SELEKTION NACH F₂-FAMILIEN.....</i>	<i>67</i>
5.	DISKUSSION	69
5.1	COMPUTERSIMULATION TYPISCHER SITUATIONEN IN DER PFLANZENZÜCHTUNG	69
5.2	ANPASSUNG DES BLUP-ZUCHTWERTSCHÄTZUNGSMODELLS AN DIE GEBENHEITEN IN DER PFLANZENZÜCHTUNG.....	70
5.2.1	<i>BERÜCKSICHTIGUNG DER INZUCHTVERHÄLTNISSE DER KREUZUNGSELTERN IN DER VERWANDTSCHAFTSMATRIX A.....</i>	<i>71</i>
5.2.2	<i>BEACHTUNG VON DOMINANZEFFEKTEN ZWISCHEN DEN LINIEN IN DER ZUCHTWERT- SCHÄTZUNG</i>	<i>72</i>
5.2.3	<i>EINBEZIEHUNG VON GENETISCHEN ÄHNLICHKEITEN ZWISCHEN DEN KREUZUNGSELTERN IN DER ZUCHTWERTSCHÄTZUNG.....</i>	<i>75</i>
5.3	VERGLEICH DER BLUP-ZUCHTWERTSCHÄTZUNG MIT DER HERKÖMMLICHEN VORGEHENSWEISE IN DER PFLANZENZÜCHTUNG	77
6.	ZUSAMMENFASSUNG	85
7.	LITERATURVERZEICHNIS.....	87
8.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	91
9.	TABELLENVERZEICHNIS.....	92
10.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	93
11.	DANKSAGUNG.....	95
12.	LEBENS LAUF.....	97