

# Langjährige Untersuchungen zur Ökostabilität von Silomais auf einem nordostdeutschen Diluvialstandort

K. Schmaler<sup>1)</sup>, F. Krüger und G. Barthelmes<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Humboldt-Universität zu Berlin,

<sup>2)</sup>Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg  
[Katrin.Schmaler@agrar.hu-berlin.de](mailto:Katrin.Schmaler@agrar.hu-berlin.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die prognostizierten Klimaveränderungen könnten sich auf den landwirtschaftlichen Pflanzenbau in Nordostdeutschland besonders stark auswirken, da hier bereits jetzt im Mittel höhere Temperaturen und geringere Niederschläge als in anderen Gebieten Deutschlands verzeichnet werden und leichte diluviale Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit verbreitet sind. Zunehmende Witterungsextreme werden in den letzten Jahren wahrgenommen. Unter derartigen Bedingungen besitzt eine möglichst hohe Ökostabilität Priorität für die Landwirtschaft. In einer Praxisumfrage unter Brandenburger Landwirten zur Sortenwahl wurde die Wichtigkeit dieses Merkmals vor Trockentoleranz und Ertragsleistung genannt [7].

Silomais nimmt hinsichtlich der Anbaufläche in Brandenburg den zweiten Rang ein und weist hier vor allem in Abhängigkeit von der Wasserversorgung stärkere Ertrags- und Qualitätsschwankungen zwischen den Jahren auf. Neben produktionstechnischen Maßnahmen sind regional geeignete Sorten gefragt, die stabile Leistungen unter verschiedenen Umweltbedingungen auf möglichst hohem Niveau erbringen [1].

In der vorliegenden Untersuchung wird daher der Frage nachgegangen, wie die Ökostabilität verschiedener Leistungsmerkmale und Sortengruppen unter den gegebenen Standortbedingungen zu beurteilen ist und wie sich der Einfluss der Jahreswitterung auf die Ausprägung von Ertrags- und Qualitätsparametern auswirkt. Ziel dieser Sekundärauswertung ist dabei, Schlussfolgerungen für die regionale Sortenempfehlung abzuleiten.

## 2 Material und Methoden

Auf einem nordostdeutschen Diluvialstandort (Berge, Kreis Havelland, Ackerzahl 40, 502 mm, 9,2 °C, Boden-Klima-Raum 102 – sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefenlandes) werden in Zusammenarbeit zwischen dem Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) Brandenburg und der Humboldt-Universität zu Berlin seit dem Jahr 1995 Brandenburger Landessortenversuche mit Silomais durchgeführt. Die langjährigen Ergebnisse wurden für die vorliegende Arbeit hinsichtlich der Prüfglied-Umwelt-Wechselwirkung wichtiger Leistungsmerkmale ausgewertet.

In die Auswertung wurden die Merkmale Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt von Sorten der Reifegruppen früh (Jahre 1995 bis 2011) und mittelfrüh (Jahre 1995 bis 2012) einbezogen. Gleiches erfolgte für die Merkmale Energie- und Stärkegehalt der Jahre 1996 bis 2012. Die Berechnung des Energiegehaltes in der Trockenmasse geht für den gesamten Prüfzeitraum von der Schätzgleichung für den Gehalt an umsetzbarer Energie von Silomais und Maissilagen auf Grundlage der Rohnährstoffparameter Rohfaser und Rohasche aus, die vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) 1998 vorgeschlagen wurde [5]. Die Rohfasergehalte lie-

ferte die NIRS-Bestimmung der Inhaltsstoffe für Silomais [9], die vom LELF Brandenburg durchgeführt wurde.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem „Planungs-, Informations- und Auswertungssystem Feldversuche“ (PIAF) und dem neu entwickelten Modul Ökostabilität für das Statistikprogramm PIAFSTAT [6].

Für die Bewertung der Ökostabilität wurden die Parameter Ökovalenz  $s\%$  sowie die Komponenten der Ökoregression (Regressionskoeffizient  $b$  sowie Abweichung von der Regressionsgeraden  $s\%$ ) gewählt ([12], [11], [3], [4], [11]). Die Bewertung dieser Parameter folgt dem Vorschlag von [2].

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Im Untersuchungszeitraum lag das mittlere Niederschlagsangebot von Aussaat bis Ernte des Silomais bei 252 mm und variierte zwischen 117 und 454 mm. Niederschläge unter 200 mm traten dabei in den Jahren 1998, 1999, 2003, 2006, 2008 und 2009 auf. Sehr hohe Niederschlagsangebote von über 300 mm lagen in den Jahren 2002, 2007 und 2011 vor. Ausgehend von diesen Unterschieden wurde untersucht, ob zwischen Sortengruppen gleicher Siloreifezahl (S 210 bis S 250) Unterschiede in der Ökostabilität wichtiger Leistungsmerkmale bestehen.

Der Faktor Umwelt (Jahre) beeinflusste die Ausprägung der Ertrags- und Qualitätsmerkmale am stärksten (Abb. 1). Dabei traten sehr große Differenzen zwischen den Extremwerten der Prüfmerkmale auf.

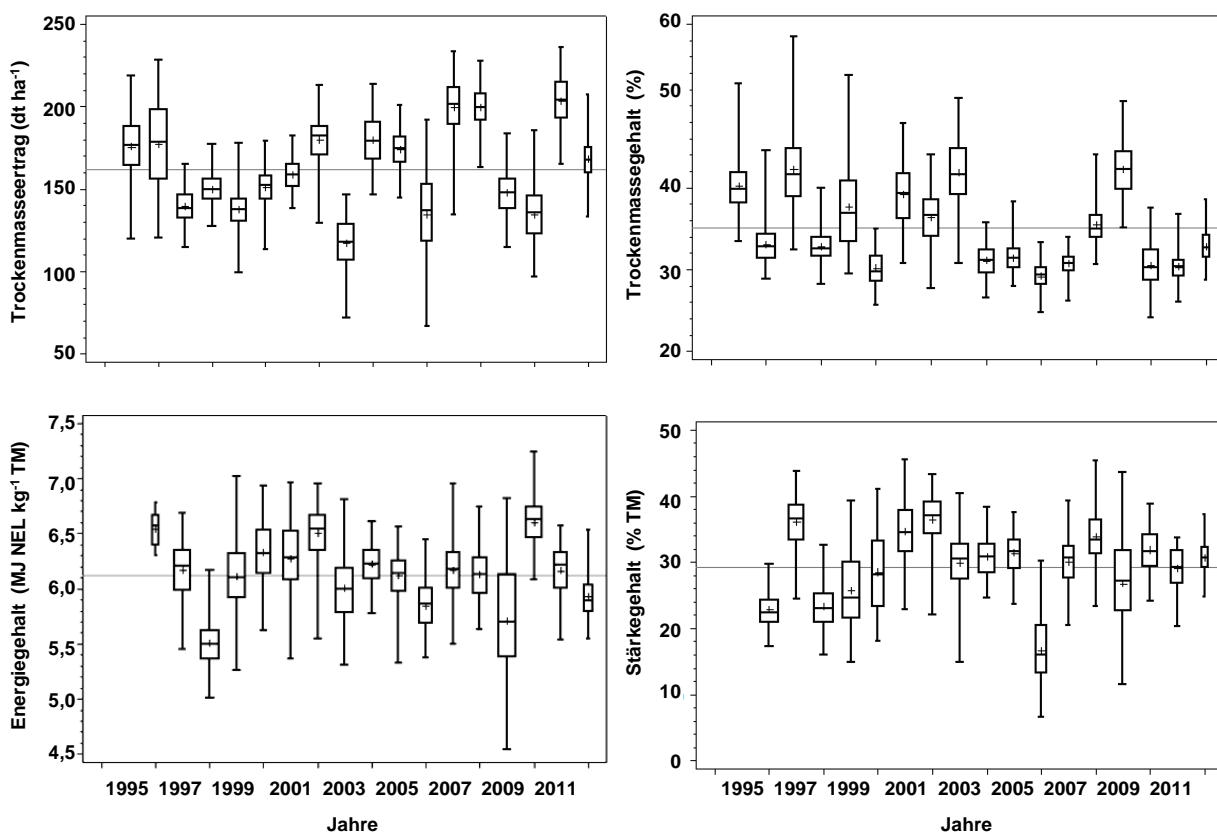


Abb. 1: Boxplots auf Basis der Parzellenwerte für Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt (Jahre 1995 bis 2012) sowie Energie- und Stärkegehalt (Jahre 1996 bis 2012)

Der Einfluss der Siloreife (Sortengruppe) auf die Prüfmerkmale blieb im Vergleich zum Einfluss der Umwelt (Jahre) geringer (Tab. 1). Prüfglieder mit einer Ökovalenz  $s\% < 2,5$  haben nach [2] dabei einen sehr geringen Anteil an der Prüfglied-Umwelt-Wechselwirkung, die mit einer Ökovalenz von  $s\% > 10$  dagegen einen sehr hohen Anteil. Ein Regressionskoeffizient von  $b < 1$  bzw.  $b > 1$  zeigt Prüf-

glied-Umwelt-Wechselwirkungen an. Wie aus Tab. 1 ersichtlich, nahm die Ökovalenz der untersuchten Merkmale in der Reihenfolge Stärkegehalt, Trockenmassegehalt, Trockenmasseertrag und Energiegehalt ab bzw. deren Ökostabilität zu. Die Sorten mit den Siloreifezahlen S 230 und S 240 zeigten gegenüber den anderen Sortengruppen in den Merkmalen Trockenmasseertrag und Stärkegehalt eine etwas höhere Ökostabilität. Der Regressionskoeffizient  $b$  der Ökoregression lag mit wenigen Ausnahmen im Bereich von 0,9 bis 1,1 und wies damit für die Sortengruppen auf eine hohe Ökostabilität hin. Werte von  $b < 1$  bei den Sorten der Reifegruppe mittelfrüh (S 230 bis S 250) können so interpretiert werden, dass unter ungünstigen Umweltbedingungen (z.B. Trockenheit) hier der Trockenmasseertrag ökostabiler war als bei Sorten der Reifegruppe früh (bis S 220). Im Falle des Trockenmassegehaltes zeigten die Regressionskoeffizienten von  $b < 1$  an, dass mit Sorten der Siloreifezahlen S 240 bzw. S 250 der für die Silierung anzustrebende Optimalbereich des Trockenmassegehaltes von 28 bis 35 % sicherer einzuhalten war als mit früher reifenden Sorten. Diese hatten unter den gegebenen Umweltbedingungen den optimalen Bereich häufiger schon deutlich überschritten. Sorten mit Siloreifezahlen von S 210 bis 230 lieferten mit Werten von  $b > 1$  in Jahren mit höherem Niederschlagsangebot während der Vegetationszeit, also günstigeren Umweltbedingungen für die Ausprägung der Merkmale Trockenmasseertrag, Energie- und Stärkegehalt mit größerer Wahrscheinlichkeit Trockenmassegehalte im optimalen Bereich.

Tab. 1: Prüfmerkmalsmittelwerte, Ökovalenz und Ökoregression in Abhängigkeit von den Sortengruppen unterschiedlicher Siloreifezahl (Jahre 1995 bzw. 1996 bis 2011)

	Siloreifezahl	Mittelwert	Ökovalenz s%	Ökoregression (Regressionskoeffizient $b$ )	Ökoregression (Abweichung von der Regressionsgeraden s%)
Trockenmasseertrag (dt ha <sup>-1</sup> )	S 210	154,1	4,65	1,02	4,63
	S 220	154,6	4,21	1,08	3,99
	S 230	164,2	2,56	0,97	2,51
	S 240	167,0	3,10	0,95	3,01
	S 250	169,9	3,95	0,98	3,93
Trockenmassegehalt (%)	S 210	35,9	5,30	1,07	5,21
	S 220	35,1	6,11	1,12	5,91
	S 230	35,8	3,65	1,06	3,56
	S 240	34,7	4,87	0,90	4,66
	S 250	33,2	4,07	0,85	3,50
Energiegehalt in der Trockenmasse (MJ NEL kg <sup>-1</sup> )	S 210	6,22	1,94	1,01	1,94
	S 220	6,22	1,89	0,94	1,87
	S 230	6,10	1,62	1,05	1,60
	S 240	6,10	1,88	1,10	1,82
	S 250	6,08	1,28	0,91	1,21
Stärkegehalt in der Trockenmasse (%)	S 210	29,2	9,18	1,01	9,81
	S 220	29,2	9,50	1,01	9,49
	S 230	29,9	6,16	1,09	5,95
	S 240	29,3	6,64	0,97	6,62
	S 250	28,7	7,88	0,92	7,75

## 4 Schlussfolgerungen

In der Praxis sind möglichst leistungsstarke und ökostabile Sorten mit geprüfter Eignung für definierte Anbaugelände gefragt. Die Auswahl von Sorten verschiedener Siloreifezahlen dient dabei der Verringerung des witterungsbedingten Ertrags- und Qualitätsrisikos. Der Kompromiss zwischen Ertrag und Qualität muss betrieblichen Erfordernissen wie der Verwendung für Silo-, Körner- sowie Biogasnutzung Rechnung tragen.

Mittelfrühe Sorten mit Siloreifezahlen von S 230 und S 240 erfüllen unter den gegebenen Standortbedingungen diese Forderungen am besten. Früh (S 210 und S 220) und später reifende (ab S 250) Silomaisorten sollten den Anbau ergänzen und bieten nur unter speziellen Jahresbedingungen Vorteile in Ertrag und Qualität. Sie tragen am Standort in geringerem Umfang zur Risikoabsicherung bei. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Sorten in der Mehrzahl der Jahre optimal für den Standort geeignet sind, ist als gering einzuschätzen.

Für die Einschätzung der Ökostabilität einzelner Sorten sind die Ergebnisse der Landessortenversuche nur bedingt geeignet, da die Prüfdauer der Sorten leistungsabhängig ist, den Zulassungsrhythmus beachtet und auch den unter Umständen kurzfristigen Entwicklungen am Sorten- und Saatgutmarkt Rechnung trägt, so dass die erforderliche Langjährigkeit der Untersuchungen für die konkrete Sorte meist nicht gegeben ist. Die Berechnung von Maßzahlen der Ökostabilität für die „Regelprüfdauer“ von drei Jahren besitzt dem gegenüber den Nachteil, dass extremere Sortenreaktionen in Einzeljahren zwar auffällig werden, aber nur für den Betrachtungszeitraum ein höheres Gewicht erlangen. Aufgrund fehlender Reproduzierbarkeit dieser Ergebnisse ist eine Verallgemeinerung der Aussagen nicht zulässig. Trotzdem lassen sich unter Beachtung der Tatsache, dass es sich um tendenzielle Reaktionsnormen der Sorten handelt, Risikoabschätzungen für die praktische Sortenwahl ableiten. Die Sicherheit solcher Schätzungen kann durch die Einbeziehung weiterer Versuche (Landessortenversuche, Wertprüfungen des Bundessortenamtes, EU-Sortenversuche aus demselben und vergleichbaren Anbaugeländen) erhöht werden. Die Untersuchungsverfahren hierzu werden gegenwärtig weiter entwickelt [8]. Dies setzt voraus, dass diese Versuche im erforderlichen Umfang, standardisiert und koordiniert in einem integrierten Prüfsystem durchgeführt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse zur Ökostabilität ist zu beachten, dass die im Landessortenversuch geprüften Sorten bereits einen langen Selektionsprozess auf Leistung und Leistungskonstanz durchlaufen haben, der zwischen Sortenentwicklung, Zulassungsprüfungen und regionaler Empfehlung bis zu ca. 15 Jahre beträgt. Insofern umfassen diese Sortimente die jeweils ca. 10 bis 20 % besten Sorten, die sich unter verschiedensten Umweltbedingungen durchgesetzt haben und dementsprechend eine höhere Wahrscheinlichkeit guter Ökostabilität vermuten lassen.

Für die Züchtung ist es unter den Bedingungen der Globalisierung und beschleunigten Sortenwechsels auch aus kommerziellen Gründen wichtig, Sorten mit möglichst hoher Ökostabilität zu entwickeln, die z.B. innerhalb der EU in größeren länderübergreifenden Regionen möglichst gute Leistungen erbringen. Für die Identifizierung von Sorten, die unter regionalen Standortbedingungen spezifische relative Leistungsvorteile zeigen, sind Untersuchungen zur Ökostabilität ebenso wichtig. Dies gilt besonders unter Beachtung der pflanzenbaulichen Herausforderungen des prognostizierten Klimawandels bzw. der Zunahme von extremen Witterungsverläufen.

## 5 Literatur

- [1] BARTHELMES, G. und MÄRTIN, M. (2013): Sortenratgeber Silomais, Körnermais, Sorghum. Fachinformation des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Güterfelde. [www.isip.de/Brandenburg](http://www.isip.de/Brandenburg).
- [2] BÄTZ, G. (1984): Empfehlungen zur weiteren Auswertung von Versuchsserien, insbesondere unter Berücksichtigung der Prüfglied/Umwelt-Wechselwirkung. *Feldversuchswesen* 87, 20-72.
- [3] EBERHART, S. A. and RUSSELL, W. A. (1966): Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6, 36-40.
- [4] HAUFE, W. und GEIDEL, H. (1978): Zur Beurteilung der Ertragssicherheit von Sorten und Zuchtstämmen. I. Definitionen, Stabilitätsparameter und deren Interpretationsmöglichkeiten. *Z. Pflanzenzüchtung* 80, 24-27.
- [5] HERTWIG, F., GREEF, J., JILG, T., KAISER, E., LOSAND, B., MEYER, U., PRIES, M., RODEHUTSCORD, M., SCHWARZ, F.-J., SPIEKERS, H., SÜDEKUM, K.-H. und WEIßBACH, F. (2007): Schätzung des Energiegehaltes von Maisernteprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 63, 413-419.
- [6] KRÜGER, F. und BARTHELMES, G. (2012): Retrospektive biostatistische Sekundärauswertung von Landessortenversuchen (LSV) Brandenburg zu Silomais und Winterraps. In: *Sortenstrategien für landwirtschaftliche Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel*. Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA-BB). Projektbericht.
- [7] MACHOLDT, J. C. (2013): Zur Sortenbewertung von Winterroggen und Winterweizen unter Standortbedingungen im nordostdeutschen Tiefland. Dissertation. Humboldt-Universität Berlin.
- [8] MICHEL, V. und ZENK, A. (2010): Eignung von Winterweizensorten unter speziellen Anbaubedingungen und Einführung neuer Parameter zur Bewertung von Sorten unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. *Forschungsbericht* 6/10. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow.
- [9] TILLMANN, P. (2002): Qualitätsuntersuchung an Maissilage. Anwendung der NIRS-Methode im Netzwerk des VDLUFA. *Mais* 30, Heft 1, 30-31.
- [10] WRICKE, G. (1964): Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Z. Pflanzenzüchtung* 52, 127-138.
- [11] WRICKE, G. und WEBER, W. E. (1980): Erweiterte Analyse von Wechselwirkungen in Versuchsserien. *Med. Inf. u. Stat.* 17, 87-95.
- [12] YATES, F. and COCHRAN, W. G. (1938): The analysis of groups of experiments. *J. Agr. Sci.* 28, 556-580.