

Einfluss der Witterung auf Ertrag und Futterqualität von Silomais – eine Simulationsstudie

S. Kruse, A. Herrmann, A. Kornher und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau

Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahrzehnten ist Silomais zu einem wichtigen Rationsbestandteil in der Rinderfütterung geworden, begründet durch ein hohes Ertragspotential und eine hohe Silagequalität. Abgesehen vom Genotyp, der eine wichtige Determinante der Silomaisqualität darstellt, spielen Umweltbedingungen eine entscheidende Rolle für die Ertrags- und Qualitätsentwicklung, insbesondere in Grenzregionen des Silomaisanbaus. Trotz oftmals optimaler Nährstoff- und Wasserversorgung limitieren niedrige Temperaturen und Einstrahlungsintensitäten in sensitiven Phasen der vegetativen und generativen Entwicklung die Abreife und reduzieren somit Ertrag und Qualität (u.a. BOS ET AL., 2000; WILSON ET AL., 1995; STRUIK 1983). Der im Vergleich zu wärmeren Klimaten längeren Entwicklungs- und Kornfüllungsphase steht vor allem eine reduzierte Entwicklungsrate gegenüber, die die vollständige Ausnutzung des genetischen Potentials verhindert.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die umweltbedingte Variation des Trockenmasse-Ertrages und ausgewählter Futterqualitätsparameter (Trockensubstanzgehalt, Gerüstsubstanzen, wasserlösliche Kohlenhydrate, Stärke) anhand einer Simulationsstudie mit den Modellen FOPROQ und FONSCH (KORNHER et al., 1991; WULFES et al., 1999) zu quantifizieren. Dies ermöglicht auch eine Risikoabschätzung der Silomaisproduktion in marginalen Regionen Norddeutschlands.

Material und Methoden

Die vorgestellte Simulation beruht auf Daten, die in einem dreijährigen Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel im Rahmen des Projektes ‚Regionale Erntezeitprognose Silomais‘ (HERRMANN et al., 2005) an einer frühen (Oldham, S 220/-) und einer mittelfrühen Maissorte (Fuego, S 250/K220, stay-green) erhoben wurden. An 6 Terminen (ein Termin vor, fünf nach der Blüte) wurden jeweils zehn Maispflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert und gehäckselt. Für die Qualitätsanalytik wurden Unterproben gefriergetrocknet. Mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) wurden die Gehalte an Gerüstsubstanzen (NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber), Hemicellulose und Cellulose), wasserlöslichen Kohlenhydraten (WSC) und Stärke im Kolben bzw. in der Restpflanze ermittelt. Zur näheren Beschreibung der Probenahme, der nasschemischen Analysen der Kalibrations- und Validationssubsets bzw. zur Güte der NIRS-Schätzung siehe KRUSE et al., 2004, 2005. Mit den Modellen FOPROQ und FONSCH wurde eine Simulation unter Verwendung historischer Wetterdaten (1976-2005) des Standortes Kiel (Schleswig-Holstein) durchgeführt. Als Kriterium für die Siloreife wurde ein Trockensubstanz (TS)-Gehalt von 35% angenommen. Falls die Siloreife aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse nicht erreicht werden konnte, wurde der spätest mögliche Erntetermin auf den 10. Oktober festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Um die umweltbedingte Variation des Trockenmasse (TM)-Ertrages und der Futterqualitätsparameter der untersuchten Sorten zu quantifizieren, wurden die Häufigkeitsverteilungen der 30-Jahre Simulation analysiert. Die Verteilungen waren zum Teil nicht symmetrisch, sondern rechts- oder linksschief. Die Lage der Verteilungen wurde daher jeweils über den Mittelwert und zusätzlich über den Median charakterisiert, s. Abb. 1 und 2. Die Dispersion der Verteilungen wurde über den Variationskoeffizienten, die Schiefe und die Kurtosis beschrieben. Positive Werte der Schiefe zeigen eine rechtsschiefe, negative Werte eine linksschiefe Verteilung an, während positive Kurtosis-Werte einen zu steilen und negative Werte einen zu flachen Peak im Vergleich zur Normalverteilung anzeigen, d.h. ein Risiko erhöhter Instabilität.

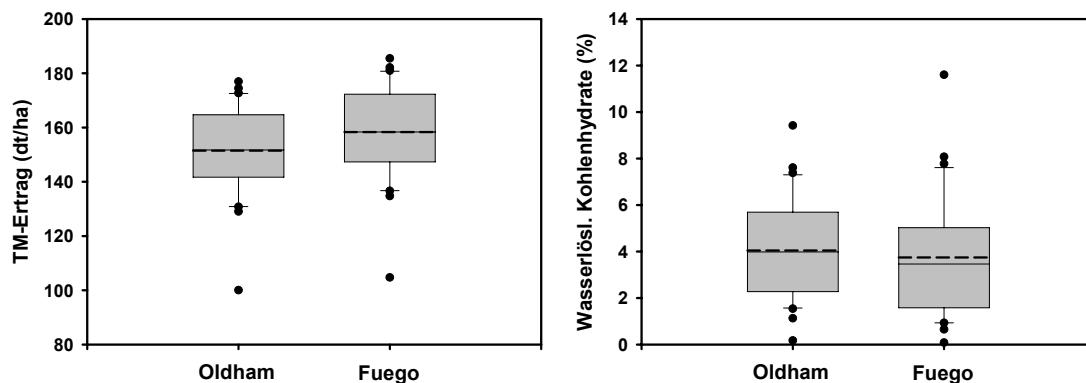


Abb. 1: Ergebnis der Simulationsstudie (1976-2005) für den TM-Ertrag (dt/ha) und den Gehalt wasserlöslicher Kohlenhydrate (%) als Boxplots mit 10, 25, 50, 75 und 90% Quantilen, Ausreißer (●) und Mittelwert (---).

Für den TM-Ertrag zeigen beide Sorten ähnliche Verteilungen auf mit vergleichbaren Werten für Variationskoeffizient (CV), Schiefe und Kurtosis (Abb. 1, Tab. 1). Erwartungsgemäß weist die mittelfrühe Sorte Fuego ein etwas höheres Ertragspotential auf als die frühe Sorte Oldham. Die geringsten Erträge werden für beide Sorten im Jahr 1987 simuliert, hervorgerufen durch geringe Temperaturen in der Vegetationsperiode (12.9°C) im Vergleich zum langjährigen Mittel (1976-2005: 14.6°C). Die höchsten Erträge werden im Jahr 2002 erzielt, welches sich durch hohe Temperaturen bei ausreichenden Niederschlagsmengen auszeichnet. Auch für den TS-Gehalt weisen beide Sorten ähnliche Verteilungen auf, obwohl sie unterschiedlichen Reifegruppen angehören und die Sorte Fuego als stay-green Typ anzusprechen ist. Variationskoeffizienten von 16% belegen einen größeren Witterungseinfluss auf den TS-Gehalt verglichen zum TM-Ertrag. Der Ziel-TS-Gehalt von 35% wird bei beiden Sorten in über 90% der Jahre nicht erreicht. Dies ist jedoch nicht mit einem Produktionsausfall gleichzusetzen, da sich die simulierten Werte für eine Reihe von Jahren nahe dem Zielwert bewegen. Betrachtet man 29% als den unteren Grenzwert für eine erfolgreiche Silierung, liegen für Oldham 53% und für Fuego 57% der Werte darunter. In den letzten 15 Jahren sinkt der Prozentanteil aufgrund höherer Temperaturen auf jeweils 40% ab. Was den Stärkegehalt betrifft, weist Oldham mit einem Median von 32.8% erwartungsgemäß höhere Werte auf als Fuego (29.6%). Negative Werte der Schiefe belegen eine linksschiefe Verteilung, d.h. einen höheren Anteil geringer Stärkegehalte. Variationskoeffizienten von 15.8% (Oldham) und 19.1% (Fuego) deuten auf eine etwas höhere Sensitivität bezüglich Witterungsbedingungen von Fuego hin. So liegt bei Fuego in 57% aller Jahre der Stärkegehalt unter 30%, während dies für Oldham nur in 37% der Jahre der Fall ist.

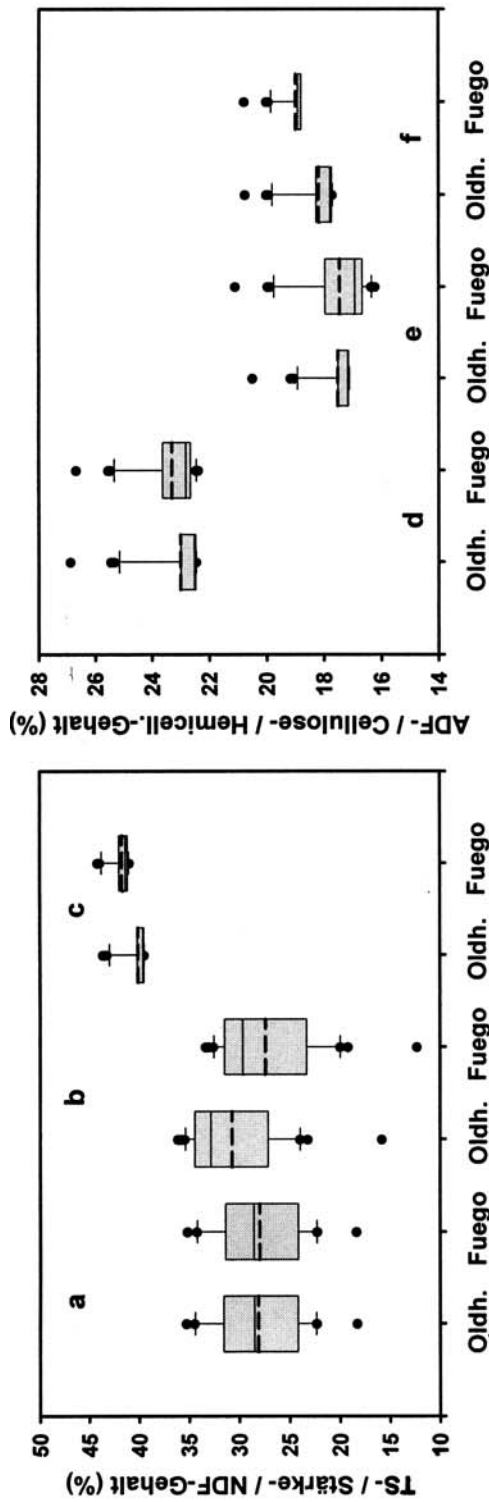


Abb. 2. Ergebnis der Simulationsstudie (1976-2005) für die Gehalte (%) von Trockensubstanz (a), Stärke (b), NDF (c), ADF (d), Cellulose (e) und Hemicellulose (f) als Boxplots mit 10, 25, 50, 75 und 90% Quantilen, Ausreißer (●) und Mittelwert (---).

Tab. 1. Ergebnis der Simulationsstudie (1976-2005), dargestellt als Minimum- und Maximumwert, Mittelwert, Median, Variationskoeffizient CV (%), Schiefe und Kurtosis.

	Ertrag (dt/ha)		TS-Gehalt (%)		NDF (%)		ADF (%)		Cellulose (%)		Hemicell. (%)		WSC (%)		Stärke (%)	
	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego	Oldh.	Fuego
Min.	100.0	104.7	18.2	18.3	39.4	40.9	22.4	22.4	17.1	16.2	17.7	18.8	0.2	0.1	15.8	12.3
Max.	176.9	185.5	35.2	35.1	43.6	44.1	26.9	26.7	20.5	21.1	20.7	20.8	9.4	11.6	36.1	33.3
Mittel	151.5	158.3	28.1	28.0	40.1	41.7	23.0	23.3	17.5	17.5	18.2	19.0	4.0	3.7	30.7	27.4
Median	151.7	158.4	28.5	28.6	39.6	41.4	22.5	22.8	17.2	16.9	17.8	18.8	4.0	3.5	32.8	29.6
CV (%)	11.2	11.2	16.2	16.1	2.9	2.1	4.6	4.4	4.3	6.8	4.2	2.4	54.1	68.9	15.8	19.1
Schiefe	-0.8	-0.8	-0.1	-0.1	2.3	1.8	2.6	1.8	2.8	1.5	2.2	3.0	0.5	1.0	-1.2	-1.1
Kurtosis	1.4	1.3	-0.8	-0.9	4.4	2.5	6.6	3.2	8.2	2.0	4.2	9.1	-0.2	1.5	1.4	0.7

Eine deutlich höhere Umweltabhängigkeit wird für die WSC-Gehalte sichtbar mit Variationskoeffizienten von 55 bzw. 70%, wobei mittlere Gehalte von 3.5-4% ausgewiesen werden. Die höchsten Gehalte werden für das Jahr 2003 berechnet, welches sich durch hohe Temperaturen und frühe Erntetermine auszeichnet. Niedrige Gehalte im Bereich von 1% oder darunter treten beispielsweise in den Jahren 1980 und 1988 auf, die aber weder extreme Temperatur- noch Niederschlagsverhältnisse aufweisen. Im Gegensatz zu den Nichtstruktur-Kohlenhydraten zeigt die Variation der Gerüstsubstanzegehalte, d.h. NDF, ADF, Cellulose und Hemicellulose, nur einen vergleichsweise geringen Witterungseffekt, wie an Variationskoeffizienten unter 7% zu erkennen ist. Darüber hinaus sind die Verteilungen durch eine ausgeprägte rechtsschiefe und hohe Kurtosiswerte gekennzeichnet. Extreme Gerüstsubstanzegehalte treten vor allem in Jahren mit niedrigen Temperaturen in der Vegetationsperiode auf.

Fazit

Die Simulationsstudie dokumentiert für den Standort Kiel und damit für Grenzlagen der Silomaisproduktion in Norddeutschland eine starke witterungsbedingte Variation sowohl für den TM-Ertrag als auch für den TS-Gehalt, den Stärkegehalt und insbesondere den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Im Gegensatz dazu wird der Gehalt an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, Cellulose, Hemicellulose) in deutlich geringerem Umfang durch die Umweltbedingungen determiniert. Der Effekt der Sorte auf den TM-Ertrag und die Futterqualitätsparameter erscheint im Vergleich zu den Witterungsbedingungen als marginal.

Literatur

- BOS, H.J., TIJANI-ENIOLA, H. und STRUIK, P.C. (2000): Morphological analysis of leaf growth of maize: responses to temperature and light intensity. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 48, 181-198.
- HERRMANN, A., KORNER, A., HÖPPNER, F., RATH, J. und TAUBE, F. (2005): Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis. *Mitt. AG Grünland und Futterbau*, Band 7, 119-122.
- KORNER, A., NYMAN, P. und TAUBE, F. (1991): Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das Wirtschaftseigene Futter* 37, 232-248.
- KRUSE, S., HERRMANN, A., KORNER, A. und TAUBE, F. (2004): Modelling of water-soluble carbohydrates in forage maize. *Grassland Science in Europe* 9, 963-965.
- KRUSE, S., HERRMANN, A., KORNER, A. und TAUBE, F. (2005): Wetterbasierte Modellierung der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais. *Mitt. AG Grünland und Futterbau*, Band 7, 138-141.
- STRUIK, P.C. (1983): Effect of temperature on development, dry-matter production, dry-matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.). An analysis. *Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen. Nederland*. 83-3, 1-41.
- WULFES, R., NYMAN, P. und KORNER, A. (1999): Modelling non-structural carbohydrates in forage grasses with weather data. *Agricultural Systems* 61, 1-16.
- WILSON, D.R., MUCHOW, R.C. und MURGATROYD, C.J. (1995): Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. *Field Crops Research*, 43, 1-18.