

# MaisProg – Abreife und Ernte von Silomais schätzen

## Beste Futterqualität über Prognosemodell sichern

Jürgen Rath, Bonn, Antje Herrmann, Kiel und Frank Höppner, Braunschweig

*Die Sortenwahl wie auch die Entscheidung über den optimalen Erntezeitpunkt eines Silomaisbestandes sollten stets mit dem Ziel getroffen werden, die höchstmögliche Futterqualität zu erreichen. In der landwirtschaftlichen Praxis und im Feldversuchswesen sind in den letzten Jahren zunehmend verspätete Erntetermine mit Trockenmassegehalten über 35 Prozent festzustellen. Daneben werden nach wie vor verfrühte Erntetermine beobachtet, die zu Problemen im Hinblick auf eine erhöhte Sickersaftbildung führen. In beiden Fällen wird das genetische Leistungspotential einer Sorte nicht optimal ausgenutzt bzw. bewertet.*

Neben den Witterungseinflüssen liegt die Ursache für eine unsichere Einschätzung der Abreife u. a. in der Einführung von Sorten, die eine weitgehend entkoppelte Abreife von Kolben und Restpflanze aufweisen oder von Sorten, die bei noch weitgehend grünem Blattapparat eine fortgeschrittene physiologische Restpflanzabreife aufweisen. Besonders bei Trockenstress und hohem Fusariumdruck ist mit einer raschen Verstrohung der Restpflanze, wie im Jahr 2003 zu beobachten war, zu rechnen. In ungünstigen Lagen reift bei diesen Sortentypen die Restpflanze allerdings deutlich langsamer ab als in günstigen Lagen. Im Jahr 1999 sind z. B. rund 400.000 ha Silomais zu spät geerntet worden. Die ökonomischen Einbußen wurden mit 40 Mio. Euro bewertet.

### Warum ein Prognosesystem?

Neben einer Erntezeitprognose bietet die Modellierung des genotypen- bzw. sortentypenspezifischen Abreifeverhaltens (langsame versus schnelle Restpflanzabreife) auch die Möglichkeit, eine differenzierte Beschreibung der Sortentypen zu entwickeln. Die in Frankreich und den USA eingesetzten Temperatursum-

menmodelle liefern zufriedenstellende Prognosen für Körnermais. Für Silomais konnte in Frankreich aus Sicht der Autoren keine akzeptable Prognosegüte ( $r^2 = 0,75$ ) erreicht werden. Versuche von Landwirtschaftskammern, Landesanstalten und wissenschaftlichen Instituten in Deutschland zeigten den Handlungsbedarf auf, das Abreifeverhalten von Mais modellmäßig zu quantifizieren. Erste Voruntersuchungen des DMK zur Beschreibung von Anbaubereichen auf Basis agroklimatischer Parameter (DMK, 1994) deuten jedoch darauf hin,

dass die Temperatur als alleinige Erklärungsgröße nicht ausreichend zu sein scheint.

Um die bisherigen Arbeiten zu bündeln bzw. zusammenzuführen hat das DMK gemeinsam mit der Christian-Albrechts-Universität Kiel und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig das Projekt „Abreife, Qualität und Ertragsbildung von Silomais in Abhängigkeit von der Temperatursumme und weiteren klimatologischen Parametern“ im Jahr 2000 initiiert. Fachlich begleitet wurden die Arbeiten über die DMK-Arbeitsgruppe Sortenwesen, in der Länderdienststellen, Saatgutwirtschaft und das Bundessortenamt seit vielen Jahren effektiv zusammenarbeiten. Die Entwicklung eines praxisgerechten Prognosesystems ist das Gesamtziel, um eine regionale Vorhersage der Abreife von Silomais zu ermöglichen. Für das Sortenversuchswesen ergibt sich hiermit die Möglichkeit, den Abreifefortschritt an verschiedenen Versuchsorten zu überprüfen und die Ernteplanung zeitgerecht vorzunehmen.

In dem Beitrag werden drei verschiedene Modellansätze auf ihre Anwendbarkeit in der Praxis hin bewertet: (1) Temperatursummenmethode nach Association Générale des Producteurs de Mais (AGPM), (2) Temperatursummenmethode nach Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK) und (3) das am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel entwickelte Modell Forage Production Quality (FOPROQ) für Grünland, das neben der Temperatur weitere wichtige Einflussgrößen wie den Bodenwasserhaushalt und die Einstrahlung berücksichtigt. Das Modell FOPROQ ist für die Kulturart Mais innerhalb der Jahre 2000 bis 2004 zum heutigen Modell MAISPROG weiterentwickelt worden.

Abb. 1: Versuchsstandorte 2000–2004

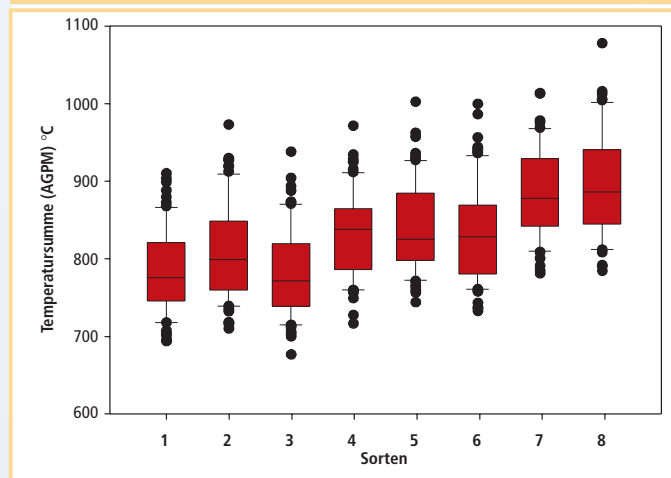


**Datenbasis**

Die Entwicklung eines bundesweit anwendbaren Prognosemodells setzt die hinreichend genaue Erfassung der genotypisch bedingten Variation der Abreife innerhalb eines bestimmten Spektrums an Sorten voraus. Hierzu wurden acht Genotypen untersucht. Diese Genotypen wurden so ausgewählt, dass sie hinsichtlich der Reifegruppe und des Abreifeverhaltens (schnelle bzw. langsame Restpflanzenabreife) sowie der zu erwartenden Inhaltsstoffzusammensetzung das aktuelle Sortenspektrum möglichst repräsentieren.

Die Durchführung der Feldversuche erfolgte in Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftskammern, Länderdienststellen und Züchtungsunternehmen an bis zu 22 Standorten pro Jahr. Diese decken die verschiedenen Umwelten im Hinblick auf Bodeneigenschaften, Niederschlags- und Temperaturverhältnisse ab (Abb. 1). Die Ernteparzellen wurden an insgesamt sieben Terminen beprobt. Die beiden ersten Probenahmeterminale lagen, den Erfordernissen des Modells MAISPROG entsprechend, in sehr frühen Entwicklungsstadien. Die restlichen fünf Beprobungen wurden so gelegt, dass ein zeitlich hochauflösendes Abreifemonitoring des optimalen TM-Gehaltes möglich war. Ertrag und TM-Gehalt wurden je Parzelle ermittelt, wobei die Pflanzen zusätzlich in Kolben und Restpflanze fraktioniert wurden. Die Qualitätsuntersuchungen erfolgten mit der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS). Die Durchführung des Versuches (Bonituren, Zählungen, etc.) orientierte sich dabei grundsätzlich an den „Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen“, Ausgabe 2000 des Bundessortenamtes, ergänzt durch Vorschläge der Arbeitsgruppe Sortenwesen. Die Witterungsdaten (Tagesminimum- und Tagesmaximumtemperatur, Niederschlag, Verdunstung, Globalstrahlung) wurden, soweit möglich, in direkter Nähe zum Versuchsfeld erhoben. War dies nicht möglich, wurden die Daten von der nächstgelegenen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Zusätzlich sind Bodenart, Feldkapazität und Grundwasserstand erhoben worden. In den Jahren 2004 und 2005 wurden auf zehn Standorten Versuche für die Validie-

**Abb. 2: Variation der Temperatursumme (AGPM 6 °C) von Aussaat zur bonitierten Blüte (2000-2003; n = 391)**



halten, dass die Verwendung von Temperatursummen zur Prognose der weiblichen Blüte als kritisch zu betrachten ist. Das Blühverhalten der Sorten wird zwar im Median des Temperatursummenbedarfs widergespiegelt, die große Streuung mit bis zu 200 Temperatureinheiten könnte aber zu starken Prognosefehlern führen (Abb. 2).

**Das Erntegut im Blickpunkt**

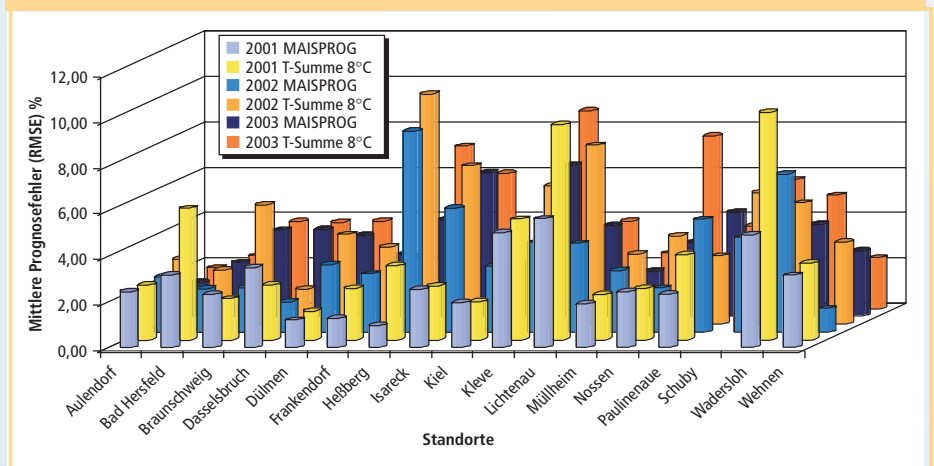
Die Modellierung des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze wird für die Zeiträume „Aussaat bis Siloreife“ und „weibliche Blüte bis Siloreife“ untersucht. Die bisherigen Ergebnisse (vier Jahre) zeigen, dass eine Prognose des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze prinzipiell, jedoch mit unterschiedlicher Fehlerrate, mit allen drei Modellen möglich ist. Die Resultate der beiden Temperatursummenmodelle unterscheiden sich nur geringfügig. Die Temperatursummenansätze (AGPM) wie auch MAISPROG liefern bei der Berechnung ab Aussaat für die acht Referenzsorten mit mittleren Fehlern von ca. 4 Prozent bzw. 3 Prozent akzeptable Werte. Durch die Einbeziehung der Einstrahlung und vor allem des Bodenwasserhaushaltes im Modell MAISPROG konnte der Prognosefehler (Abb. 3) jedoch im Mittel über alle Sorten (n = 391) um 9 Prozent – im Einzelfall bis zu 71 Prozent – gegenüber dem Temperatursummenmodell reduziert werden. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei 90 Prozent. Auch bei der Modellierung des TM-Gehal-

runge des Modells angelegt. Das Sortenspektrum wurde um drei Sorten ergänzt, die Anzahl der Erntetermine auf fünf reduziert.

**Modellentwicklung**

Die Modellierung des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze und verschiedener Futterqualitätsparameter kann prinzipiell auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen: Zum einen ab dem tatsächlichen bzw. prognostizierten Aussaattermin und zum anderen ab dem bonitierten oder prognostizierten Blühtermin der jeweiligen Sorte. Da die genaue Bonitur der Blüte einige Erfahrung voraussetzt und relativ zeitaufwendig ist, erschien es sinnvoll, im Hinblick auf die spätere praktische Anwendung des Prognosemodells die Möglichkeiten der Blühterminprognose zu untersuchen. Es lässt sich fest-

**Abb. 3: Prognosegüte zur Schätzung des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze ab Aussaat der Modelle MAISPROG und Temperatursummenansatz (DMK 8 °C) (2001–2003; Auswahl von Standorten)**

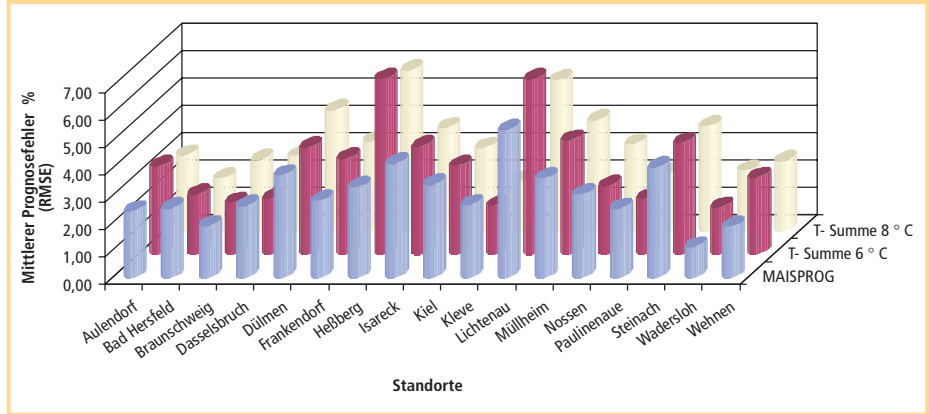


tes der Gesamtpflanze ab weiblicher Blüte konnte mit dem neu entwickelten Modell MAISPROG der Prognosefehler im Mittel über alle Sorten um 12 Prozent reduziert werden. Grundsätzlich ist der Fehler gegenüber der Prognose ab Aussaat aber höher. Die Ergebnisse der Modellvalidierung im Jahr 2004 bestätigen die prinzipielle Eignung der untersuchten Modelle. So weisen alle drei untersuchten Modelle für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze einen absoluten Prognosefehler – ab Aussaat – von lediglich ca. 2 Prozent auf. Die geringen Unterschiede in der Güte der Modellanpassung zwischen den Modellen beruhen wahrscheinlich darauf, dass im Versuchsjahr 2004 an keinem der Standorte ein stärkerer Wassermangel zu verzeichnen war. Nichtsdestotrotz konnte der Prognosefehler für die Berechnung des TM-Gehaltes ab Aussaat mit dem Model MAISPROG geringfügig vermindert werden.

## Das Korn nicht vergessen

Wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, besteht eine enge Beziehung zwischen der Ausreife der Körner im Kolben und der Temperatursumme. Durch die Fraktionierung aller Proben konnte parallel zur Prognoseentwicklung der Silomaisreife eine Kalibration zur Vorhersage des TM-Gehaltes des Kolbens erarbeitet werden. In den Versuchsjahren 2000 bis 2003 konnte über MAISPROG eine Fehlerreduktion zwischen 1 Prozent und 19 Prozent gegenüber der Temperatursumme erreicht werden. Die Abbildung 4 zeigt den Fehler je Versuchsstandort im Versuchsjahr 2003. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei 93 Prozent.

Abb. 4: Prognosegüte zur Schätzung des TM-Gehaltes des Kolbens (ab Blüte) nach Versuchsstandorten 2003



## Die Praxis entscheidet

Die Arbeitsgruppe Sortenwesen entschied im Mai letzten Jahres, dass das Modell MAISPROG in die landwirtschaftliche Praxis umgesetzt werden soll. Das Jahr 2004 wurde als Testphase für die Einführung genutzt. Die Abbildung 5 zeigt die technische Umsetzung. Es werden täglich von 240 Stationen die aktuellen Wetterdaten abgerufen. Die Daten werden zum Webserver des DMK übertragen, auf den die Nutzer (Landwirte, Berater, Züchter) zugreifen können. In der Testphase wurden die Prognosen als Mittelwert über die Reifegruppen für verschiedene Aussaattermine und Niederschlagsklassen berechnet.

Zum Erntejahr 2005 wird das System im Internet unter [www.maisprog.de](http://www.maisprog.de) bzw. [www.erntezeitprognose.de](http://www.erntezeitprognose.de) der Allgemeinheit zugänglich gemacht. Zusätzlich werden noch Wetterstationen verschiedener Länderdienststellen integriert. Das Prognose-system wird allen Nutzern in einer Basisversion zur Verfügung stehen. Diese Basisversion zeigt den durchschnittlichen TM-Gehalt für die jeweilige Reifegruppe im Anbaubereich an. Mit dem Premium LogIn kann für

jede Sorte (Abreifetyp) eine individuelle Prognose erstellt werden. Dem Benutzer wird die nächstgelegene Wetterstation in der Ergebnismaske angezeigt. Da lokale Witterungsereignisse, insbesondere Niederschläge, die entscheidende Rolle im Abreife-prozess spielen, werden über ein bestimmtes mathematisches Verfahren (IDW, Instant Distance Weight) die Prognosen der acht nächstgelegenen Wetterstationen in das Endergebnis einbezogen. Zusätzlich ist die Zuordnung zu Niederschlagsklassen möglich, um die lokalen Bedingungen noch präziser abbilden zu können. Alle Daten können gespeichert und rückwirkend betrachtet werden.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen der drei Modellansätze zur Prognose des TM-Gehaltes der Gesamtpflanze zeigen, dass mit dem Modell MAISPROG die Prognosegüte gegenüber den bekannten Temperatursummenmodellen deutlich verbessert werden kann. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Erträge und Inhaltsstoffe mit guter Genauigkeit – im Beitrag nicht näher erläutert – vorhersagen zu können. Für das Versuchswesen ergeben sich hiermit Möglichkeiten der Effizienzsteigerung in der logistischen Planung der Erntefolge von verschiedenen Versuchsorten und eine treffendere Sortenbeurteilung. Vor allem aber wird der Landwirtschaft ein Hilfsmittel an die Hand gegeben, die optimale Erntezeitspanne von Silomais entsprechend der verschiedenen Abreifetypen (stay green versus dry down) frühzeitig zu erkennen, um eine qualitativ hochwertige Maissilage erzeugen zu können.

Jürgen Rath, Deutsches Maiskomitee e.V., Bonn, Tel.: 0228-926580, Fax: 0228-9265820, E-Mail: [j.rath@maiskomitee.de](mailto:j.rath@maiskomitee.de); Dr. Antje Herrmann, Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Tel.: 0431-8807420, Fax: 0431-8804568, E-Mail: [aherrmann@email.uni-kiel.de](mailto:aherrmann@email.uni-kiel.de); Dr. Frank Höppner, FAL Braunschweig-Völkenrode, Institut für Pflanzenbau und Grünlandforschung, Tel.: 0531-5962313, Fax: 0531-5962399, E-Mail: [frank.hoepfner@fal.de](mailto:frank.hoepfner@fal.de)

Abb. 5: Technische Umsetzung der Erntezeitprognose für Silomais

