

Mais - Modellbeschreibung und Interpretationshilfe

Anhand vorliegender Temperaturzeitreihen und beobachteter phänologischer Phasen werden Silage- und Körnerernte des Maises vorhergesagt. Diese Vorhersagen werden tabellarisch und grafisch dargestellt – wie werden diese Aussagen interpretiert?

1. Modellbeschreibung

Allen Ansätzen ist gemeinsam, dass Temperaturwerte ab einer speziellen Phase aufsummiert werden. Bei Überschreitung gewisser Temperaturschwellenwerte werden gute Silagebedingungen mit 32 - 35 % Gesamttrockenmasse und Körnerreife mit 65 % Gesamttrockenmasse erwartet. Hierbei werden die Tageswerte der Tagesmitteltemperatur minus Temperaturgrenzwert (hier werden 6 oder 8 °C benutzt) über die Tage aufsummiert. Als Beginn für die Summation wird entweder der Termin der Bestellung oder der Vollblüte des Maises herangezogen. Von den phänologischen Sofortmeldern des DWD werden die Termine des ersten Auftretens der jeweiligen Pflanzenphase gemeldet, so dass es sich hierbei in der Regel um frühe Maissorten handelt. In wärmeren Regionen muss allerdings die Einschränkung gemacht werden, dass hier aufgrund der guten klimatologischen Rahmenbedingungen eher mittelfrüh abreifende Sorten angebaut werden, die ein höheres Wärmebedürfnis haben und auch häufiger als Körnermais geerntet werden.

Die Überprüfung über die letzten 10 Jahre (ca. 1500 Fälle wurden berücksichtigt) zeigte, dass die unterschiedlichen Temperaturgrenzwerte lediglich unterschiedliche Wärmesummen (WS) produzierten, jedoch von der Streuung der Werte keine signifikanten Unterschiede aufwiesen, so dass wir ebenfalls den in der Literatur geläufigeren Temperaturgrenzwert von 6 °C in den nachfolgenden Untersuchungen verwendet haben. In der nachfolgenden Tabelle sind die Wärmesummen ab Bestellung und ab Beginn der Blüte gegenübergestellt.

Modell	mittlere WS bis Blüte	Streuung	mittlere WS bis Silageernte	Streuung	mittlere WS bis Körnerernte	Streuung
ab Bestellung	824	49	1459	96	1613	125
ab Blüte	0	0	635	76	789	107

Tabelle 1

Die mittleren Wärmesummen bis zur Silageernte für frühe Sorten decken sich genau mit den in der Literatur zu findenden Angaben von 1450 °C bei 32 % Gesamttrockenmasse bzw. 650 °C ab Blüte. Auch die mittleren Wärmesummen bis Körnerernte von 1580 °C bzw. 750 °C ab Blüte wurden nahezu bestätigt. Diese Bestätigung der mittleren Werte der Wärmesummenregel ist schon etwas überraschend, da die Erfassung der phänologischen Phasen sicherlich fehlerbehaftet ist und bei den Sofortmeldern eher die - nach Wärmesummenregel - zu früh geernteten Fälle erfasst werden. Die Ungenauigkeit bei der Erfassung mittelt sich sicherlich heraus, da einige Beobachter zu früh und andere zu spät melden. Außerdem mitteln sich die - nach Wärmesummenregel - falschen Erntezeitpunkte heraus, da einige Landwirte zu früh und andere zu spät ernten.

Die gute Übereinstimmung der gefundenen Mittelwerte sagt allerdings noch gar nichts über die Brauchbarkeit eines Modells aus, denn es soll schließlich auf definierte Stationen angewendet werden. Die Streuung der stationsbezogenen Wärmesummen zu den Mittelwerten sagt letztendlich erst etwas über die Anwendbarkeit des Modells. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Wärmesummen zu bestimmten phänologischen

Phasen je nach Witterung von Jahr zu Jahr in der Größenordnung von 150 °C schwanken können. Hierbei soll ein wesentlicher Faktor der Wasserstress der Maispflanzen vor der Vollblüte sein. Zusammen mit den Ungenauigkeiten bei der Phasenerfassung und den „falschen Erntezeitpunkten“ sind die in der Tabelle angegebenen Streuungen akzeptabel und bestätigen die Anwendbarkeit der Wärmesummenregel. Es fällt außerdem auf, dass die Bestimmung der Wärmesummenregel ab Blüte geringere Streuungen liefert und somit bei Kenntnis der Blütetermins zuverlässigere Ergebnisse liefert.

Interessant war weiterhin, dass die mittleren Wärmesummen für Silage- und Körnerernte von Jahr zu Jahr stark schwanken, was in nachfolgender Tabelle verdeutlicht werden soll.

Jahr	WS bis Blüte	Tag	WS bis Silageernte	Tag	WS bis Körnerernte	Tag
1992	819	17.7.	1507	11.9.	1673	2.10.
1993	821	21.7.	1405	26.9.	1531	13.10.
1994	852	23.7.	1535	21.9.	1652	9.10.
1995	830	26.7.	1465	22.9.	1621	11.10.
1996	805	3.8.	1310	5.10.	1428	26.10.
1997	830	28.7.	1492	20.9.	1632	9.10.
1998	831	26.7.	1434	27.9.	1587	20.10.
1999	824	22.7.	1501	17.9.	1698	7.10.
2000	832	20.7.	1493	23.9.	1666	16.10.
2001	795	25.7.	1447	25.9.	1638	16.10.

Besonders das sehr kalte Jahr 1996 mit durchschnittlichen Niederschlägen fällt extrem bei der Wärmesumme für Silage- und Körnerernte aus der Reihe. Hier stellt sich nun grundlegend die Frage, ob aufgrund der in weiten Teilen Deutschlands ungünstigen kühlen Witterung der Mais "notgeerntet" wurde, oder die Wärmesummen zum Erreichen der Phasen tatsächlich herabgesetzt waren. Für letztere Vermutung spricht, dass die Silage-Ernte im Mittel zwar spät im Jahr erfolgte, allerdings noch zu späteren Zeitpunkten hätte durchgeführt werden können. In den warmen Jahren werden die geforderten Grenzwerte zum Erreichen der Reife zum Teil stark überschritten, obwohl die Ernte vergleichbar früh im Jahr erfolgte. Dieses belegt zum einen, dass die Landwirte nicht stur nach Kalender ernten und zum anderen die Lehrmeinung, dass in warmen und trockeneren Jahren (Wasserstress) die geforderten Wärmesummen erhöht werden müssen. In der Literatur werden Zuschläge von über 100 °C gemacht, wenn Wasserstress aufgetreten ist. Dieses kann so nicht richtig sein, weil die Andauer des Wasserstress einen Einfluss auf den Zuschlag haben muss.

Die Auswertung über verschiedene Jahre lässt die Vermutung aufkommen, dass die Wärmesummen zum Erreichen der Reife in Abhängigkeit der Witterung begrenzt variabel sind, denn die Auswertung belegt, dass in kalten Jahren die Wärmesummen zum Erreichen der Reife niedriger und in warmen Jahren aus welchen Gründen auch immer höher sind.

In weiteren Untersuchungen wurde versucht, die Streuungen durch Hinzunahme anderer Einflussfaktoren zu reduzieren. Als entscheidender weiterer Einflussfaktor neben der Temperatur wurde bereits der Wasserstress erwähnt. Der Wasserstress wird durch Wassermangel hervorgerufen, so dass es nahe liegend ist, den Niederschlag in irgendeiner Form zu berücksichtigen. Alternativ hätte auch die Bodenfeuchte herange-

zogen werden können, was allerdings in dieser Untersuchung nicht gemacht wurde. Es wurden verschiedene Ansätze ausprobiert, bei denen die Niederschlagssumme (ab 1.4. des Jahres) als Betrag oder das Verhältnis aus Niederschlagssumme zu Wärmesumme einfließen. Besonders bei dem letzteren Ansatz konnte die Streuung um ca. 10 °C reduziert werden. Als bester und einfachster Einflussfaktor stellte sich allerdings der phänologische Eintrittstermin der Maisblüte und die Zeitspanne zwischen den Maisaussaat und -blüte heraus, weil indirekt schon die Information des Witterungseinflusses in diesen Terminen enthalten ist. Warme Jahre während der Vegetationszeit sind in der Regel auch trockenere Jahre und führen zu einer schnelleren phänologischen Entwicklung beim Mais und bei kalten Jahren ist es genau umgekehrt. Über die Jahre schwanken die Wärmesummen bis zur Blüte nur geringfügig, so dass hier ein konstanter Wert von 820 °C angenommen werden kann. Mit einer Phasenkorrektur von

$$\text{Phasenkorrektur} = 2 * (\text{Jahrestag Maisblüte}) - \text{Jahrestag Maisaussaat}$$

Berechnet sich der Wärmesummenbedarf bis Silage-Reife zu

$$WS_{\text{Silage}} = 1460 - (\text{Phasenkorrektur}_{\text{Stationsbeobachtung}} - \text{Phasenkorrektur}_{\text{Mittel}}) * 5.0$$

bzw.

$$WS_{\text{Silage}} = 640 - (\text{Phasenkorrektur}_{\text{Stationsbeobachtung}} - \text{Phasenkorrektur}_{\text{Mittel}}) * 5.0$$

und bis zur Körnerernte zu

$$WS_{\text{Körner}} = 1600 - (\text{Phasenkorrektur}_{\text{Stationsbeobachtung}} - \text{Phasenkorrektur}_{\text{Mittel}}) * 7.2$$

bzw.

$$WS_{\text{Körner}} = 780 - (\text{Phasenkorrektur}_{\text{Stationsbeobachtung}} - \text{Phasenkorrektur}_{\text{Mittel}}) * 7.2$$

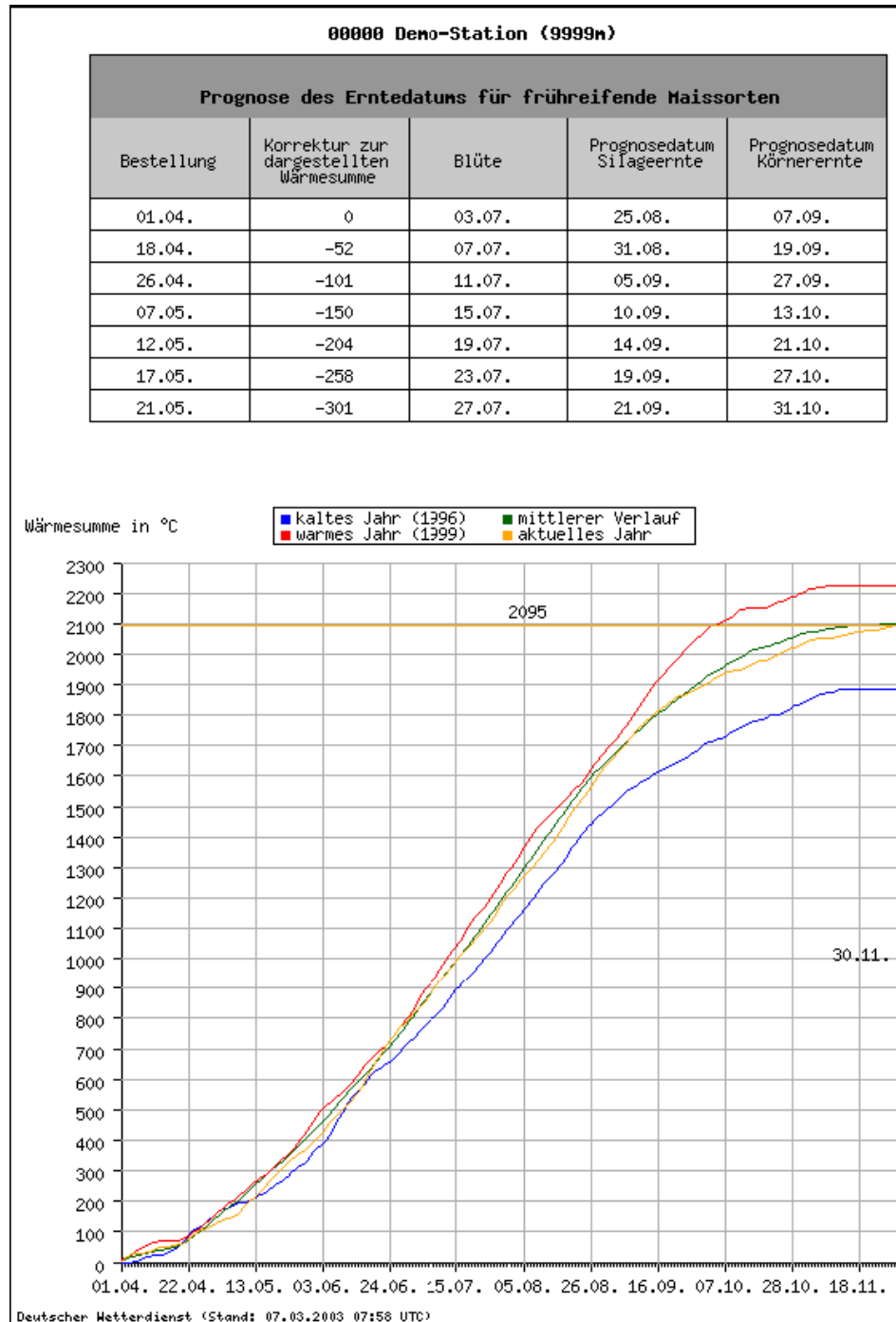
Als mittlere Phasenkorrektur wurde das langjährige Mittel aller Stationen genommen, wobei das Mittel der Aussaat beim 118ten Tag (28.4.) und das der Blüte beim 205ten Tag (24.7.) liegt. Mit diesen neuen Ansätzen ergeben sich folgende Ergebnisse.

Modell	Mittlere WS bis Blüte	Streuung	Mittlere WS bis Silageernte	Streuung	mittlere WS bis Körnerernte	Streuung
ab Bestellung	820	49	1458	78	1611	96
ab Blüte	0	0	638	52	791	72

Die beobachteten Mittelwerte (Tabelle 1) werden sehr gut reproduziert und die Streuung ist um über 20 °C kleiner geworden und befindet sich bei der Wärmesummenregel ab Maisblüte in der Größenordnung der Streuung der Wärmesumme von Aufgang bis Blüte, die als Fehlerbandbreite der Auswertungsmethode angesehen werden kann.

2. Interpretationshilfe

In der Grafik werden neben der aktuellen - ab 1. April gebildeten - Wärmesumme auch die Verläufe eines kalten und warmen Jahres sowie das langjährige Mittel seit 1992 der jeweiligen Station dargestellt, um die diesjährigen Bedingungen im Vergleich zu zeigen.



In der Tabelle steckt die eigentlich interessante Information. Hier werden die verschiedenen Termine prognostiziert, bei denen die geforderten (siehe Hintergründe zum Modell) Wärmesummen für frühe Maissorten überschritten werden. Ab Bestellungs-termin wird die Wärmesumme jeden Tages bis zum aktuellen Tag anschließend über 7 Vorhersagetage sowie den darauf folgenden mittleren Wärmesummenzuwachsen bis zum 30.11. des Jahres aufaddiert. Wird die geforderte Wärmesumme der in der Tabelle angegebenen Maisphasen überschritten, so wird der zugehörige Tag der entsprechen-

den Maisphase in die Tabelle geschrieben. Wird die geforderte Wärmesumme nicht bis zum 30.11. erreicht, so entfällt eine Terminangabe. Die Angaben werden für verschiedene Bestelltermine zeilenweise angegeben, wobei die Termine beginnend ab 1.4. in Schritten von 50 °C Wärmesummenzuwachs festgelegt werden. Diese sind in der zweiten Zeile angegeben und geben die Korrektur zu der in der Grafik dargestellten momentanen Wärmesumme an, die ab 1.4. gebildet wurde (bei späterer Bestellung muss die Wärmesumme ab 1.4. bis zum Bestelltermin von der momentanen Wärmesumme abgezogen werden).

Um möglichst exakte Ernteterminprognosen zu bekommen, ist eigentlich nur die Kenntnis des Datums der Maisblüte und Art der Sorte erforderlich. Bei den Sorten kann zwischen frühreifenden oder mittelfrüh reifenden (Wärmesummenmehrbedarf von 50°C) unterschieden werden. Alle in der Tabelle angegebenen Erntetermine beziehen sich auf früh reifende Sorten. Für diese Sorten stehen die prognostizierten Erntetermine in der Zeile mit dem beobachteten Blütetermin. Für mittelfrüh reifende Sorten muss die nächste Zeile unter dem beobachteten Blütetermin genommen werden. Ist lediglich der Bestelltermin bekannt (Prognose ist dann nicht so genau), so muss die Zeile mit dem Bestelltermin genommen werden.

Beispiel:

Bestellung am 4.5. Blüte am 23.07. für eine früh-reifende Sorte

Bestellung	Korrektur zur dargestellten Wärmesumme	Blüte	Silageernte	Körnerernte
01.04.	0	19.07.	12.09.	30.09.
26.04.	-51	23.07.	21.09.	05.10.
04.05.	-110	27.07.	01.10.	13.10.
11.05.	-154	30.07.	06.10.	17.10.
16.05.	-208	03.08.	13.10.	-
23.05.	-254	06.08.	17.10.	-
28.05.	-304	11.08.	-	-
03.06.	-353	15.08.	-	-
12.06.	-401	18.08.	-	-

Da der Blütetermin mit 23.07. bekannt ist (grüne Felder), ergibt sich der früheste Erntetermin für Silage zum 21.09. und für Körnermais zum 05.10. (bei mittelfrüh abreifenden Sorten wären die Termine 01.10. bzw. 13.10.). Ist der Termin der Maisblüte unbekannt und nur der Termin der Bestellung bekannt (gelbe Felder), so ergäben sich für früh abreifende Sorten der 01.10. bzw. 13.10. als frühester Erntetermin für Silage bzw. Körnermais.