

Wärmesummenmethode zur Silomais-Reifeprognose - Blühzeitpunkt bestimmt Erntetermin

(Autoren: Dr. Frank Hertwig, Dr. Rudolf Schuppenies)

Silomais ist die Futterpflanze, die bei einmaliger Schnittnutzung im Jahr die höchste Energiekonzentration und den größten Trockenmasseertrag liefert. Für eine leistungsgerechte und effiziente Versorgung von Tieren mit hohen Leistungen sollte der Stärkegehalt in der Maissilage mehr als 300 g/kg TM und die Energiekonzentration mehr als 6,5 MJ NEL/ kg TM betragen. Die Entwicklung des Futterwertes der untersuchten Maissilagen im Land Brandenburg zeigt, wie stark die Qualität in den einzelnen Jahren dabei schwanken kann (Abb. 1).

Die Energie kommt vor allem aus dem Korn. Deshalb sind pflanzenbauliche Maßnahmen, die eine kräftige Entwicklung der Einzelpflanze und eine gute Kolbenausbildung gewährleisten von besonderer Bedeutung. Außerdem spielt der Erntetermin eine wichtige Rolle. Silomais erreicht ein optimales Reifestadium für die Silierung, wenn der Trockenmassegehalt (TM) im Kolben 50 % überschreitet. Nach der erweiterten BBCH-Skala „Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen“ muss dazu BBCH 85, das bedeutet „Teigreife (= Siloreife) Körner gelblich bis gelb; teigige Konsistenz; ca. 55 % TM im Korn“ vorliegen. Allerdings ist bei dieser Ausreife die Kornentwicklung noch nicht abgeschlossen, sondern liegt erst bei ca. 60 % des möglichen Kornertrages (ZSENGEL 1986). Erst wenn BBCH 87 „Physiologische Reife: Schwarze(r) Punkt/Schicht am Korngrund; ca. 60 % TM im Korn“, das entspricht einem TM-Gehalt im Kolben von etwa 55 %, erreicht ist, kann mit einer Ausschöpfung des möglichen Kornertrages von über 80 % gerechnet werden. Die Silomaisernte sollte bei BBCH 89: „Vollreife: Körner durchgehärtet und glänzend; ca. 65 % TM im Korn“ (etwa 60 % TM im Kolben) abgeschlossen sein.

Die richtige Einschätzung des TM-Gehaltes im Korn bzw. Kolben ist am zuverlässigsten durch die Trocknung zu bestimmen. Nach langjährigen Untersuchungen am Standort Paulinenaue bietet sich aber die Wärmesummenmethode, wie sie zuerst von dem französischen Maisanbauverband (AGPM) für die Beurteilung der Ausreife von Körnermais genutzt wurde, auch für die Beurteilung der Ausreife von Silomais an.

Die tägliche Wärmesumme nach AGPM (°C) wird folgendermaßen berechnet:

$$\begin{aligned} T_{AGPM} &= t_x - t_b \\ t_x &= (T_{min} + T_{max})/2 \text{ (} ^\circ\text{C)} \\ t_b &: \text{Basistemperatur (6 } ^\circ\text{C)}; \text{ wenn } t_x < 6 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ dann } t_x - t_b = 0 \\ T_{min} &: \text{Tagesminimum (} ^\circ\text{C)} \\ T_{max} &: \text{Tagesmaximum (} ^\circ\text{C)}; T_{max} = 30, \text{ wenn } T_{max} > 30 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Durch Summierung der Tageswerte können die Wärmesummen für bestimmte Perioden oder für den gesamten Zeitraum von der Saat bis zur Ernte berechnet werden. In den Untersuchungen am Standort Paulinenaue wird für die Schätzung des Erntetermins von Silomais der Berechnung der Wärmesumme nach der Vollblüte der Vorrang vor der Erfassung des Zeitraumes von der Saat bis zu Ernte gegeben. Damit werden Entwicklungsperioden, die sich durch Wärmesummen nicht so sicher repräsentieren lassen und außerdem größeren jährlichen Schwankungen unterliegen, von der eigentlichen Reifeperiode getrennt. Für den Standort Paulinenaue machen die Werte in Tabelle 1 an ausgewählten Sorten deutlich, wie hoch die jährlichen Schwankungen der Wärmesummen für die Periode von der Saat bis zur Vollblüte in den Jahren 2000 bis 2005 ausgefallen sind und dass sowohl zwischen den Jahren als auch zwischen den Sorten erhebliche Unterschiede bestehen. In dem geprüften Sortiment betrug der mittlere Unterschied in der Wärmesumme zwischen der frühesten und der spätesten Sorte etwa 100 °C bzw. 9 Tage. Dieser Unterschied, der zum Zeitpunkt der Blüte besteht, wirkt sich auf den Erntetermin aus, wenn beide Sorten die gleiche Ausreife, z. B. BBCH 87 erreichen sollen.

Makrostadien der Blüte von Mais richtig erkennen! (Fotos: R. Schuppenies)



BBCH 63: Pollenschüttung beginnt, Spitzen der Narbenfäden sichtbar

Wenn die Spitze der Kolbenanlage aus der Blattscheide schiebt (BBCH 61) folgt unmittelbar das Erscheinen der Narbenfäden. Deren Färbung reicht von hell bis rot und ist sortenspezifisch. Trockenperioden können die Ausbildung verzögern



BBCH 65: Vollblüte; obere und untere Rispen- äste in der Blüte, Narbenfäden vollständig geschoben

Alle Rispenäste schütten Pollen und die Befruchtung setzt ein. Die Ausprägung der Länge der Narbenfäden ist sortenspezifisch und hängt außerdem von der Wasserversorgung ab. Das Datum der Bonitur dieses Entwicklungsstadiums ist wichtig, um unabhängig von der Sorte über Wärmesummen die weitere Kolbenausreife und damit den Erntetermin schätzen zu können. Auf einem Maisschlag sollten mindestens 50 % der Pflanzen dieses Entwicklungsstadium aufweisen.



BBCH 67: Blüte abgeschlossen, Narbenfäden beginnen zu vertrocknen

Das Eintrocknen der Narbenfäden zeigt das Ende der Befruchtung an. Der Kolben ist meist völlig aus der Blattscheide herausgewachsen. An einem freigelegten Kolben sind die Spindel und der Kornansatz erkennbar. Der TS-Gehalt beträgt nur etwa 10 %.

Nach langjährigen Untersuchungen kann unterstellt werden, dass ab der Blüte alle Sorten einen annähernd gleichen Wärmebedarf für die Ausreife der Körner zur Gewährleistung einer hohen Qualität des Silomaises haben und dass deshalb auf eine Unterscheidung nach Reifegruppen oder Aussaatterminen verzichtet werden kann. Die Bestimmung des Zeitpunktes der Blüte ist deshalb für die Berechnung der Wärmesumme bis zur Ernte von besonderer Bedeutung. Dabei kommt es vor allem auf die Erfassung des Stadiums der Vollblüte (BBCH 65) an. Die fotografische Darstellung der Makrostadien und ihre Beschreibung soll die Bestimmung erleichtern.

Der Darstellung des Zusammenhanges zwischen Wärmesumme und Trockenmassegehalt nach der Vollblüte von Silomais in Tabelle 2 liegen 1348 Einzelwerte aus den Untersuchungsjahren 1984 bis 2004 am Standort Paulinenaue zugrunde. Die Untersuchungen in einer Zeitspanne von 20 Jahren schließen dabei ganz verschiedene Sortentypen, aber auch unterschiedliche Saattermine bis hin zu Spätsaaten Mitte Mai, wie sie beim Anbau von Zweitfruchtmais in der DDR praktiziert wurden, ein. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 94 % weist die Schätzformel eine hohe Zuverlässigkeit auf. Danach wird die Teigreife BBCH 85 (ca. 55 % TM im Korn, ca. 50 % TM im Kolben) bei einer Wärmesumme von etwa 550 °C nach der Vollblüte erreicht. Die physiologische Reife BBCH 87 (ca. 60% TM im Korn, ca. 55 % im Kolben) erfordert eine Wärmesumme von etwa 630 °C nach der Vollblüte. Mit dem Überschreiten von 700 °C nach BBCH 65 wird die Vollreife BBCH 89 (ca. 65 % TM im Korn, ca. 60 % TM im Kolben) erreicht.

Die Schätzung des TM-Gehaltes im Kolben über Wärmesummen nach der Blüte ermöglicht in der Umkehrung aus der Bestimmung des TM-Gehaltes im Kolben zu einem beliebigen Zeitpunkt den Rückschluss auf den Termin der Blüte einerseits und die noch erforderliche Wärmesumme bis zur Ernte andererseits. Eine sichere Aussage über den TM-Gehalt des Kolbens ist technisch einfacher zu realisieren als die Ermittlung des TM-Gehaltes in der Gesamtpflanze, weil das Häckseln entfällt und mögliche Entmischungen von Fraktionen nicht auftreten können. Am sichersten ist die Aussage, wenn je 5 Kolben nacheinander folgender Pflanzen in 3-facher Wiederholung/Standorte über 48 Stunden bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet werden. In Abhängigkeit von der Kolbenausreife ist dann mit einer unterschiedlich hohen Zunahme des TM-Gehaltes bezogen auf eine Wärmesumme von 10 °C zu rechnen. Sie reicht von mehr als 1,0 % in frühen Stadien bis zu 0,6 % bei fortgeschrittener Ausreife.

Die Beispiele für Wärmesummen an verschiedenen Standorten in Brandenburg (Abb. 2) zeigen für das Mittel der letzten 5 Jahre, dass etwa bis Ende August mit einer mittleren täglichen Wärmesumme von deutlich über 10 °C zu rechnen ist. Erst im September fallen die Werte darunter. Die Wärmesummen weisen ein zu erwartendes Gefälle von Norden nach Süden auf. In der Addition der täglichen Wärmesumme von Mitte Juli bis Mitte September ist auf dem Standort Dedelow in der Uckermark mit einer geringeren Wärmesumme als am Standort Thyrow im Landkreis Teltow-Fläming zu rechnen. Auf allen Standorten wird bei früherer Maisblüte Mitte Juli eine Ausreife auf BBCH 87 noch in der ersten Septemberhälfte erreicht. Die Werte machen aber auch deutlich, dass bei einem Blühtermin um die Monatswende Juli/August bereits eine Wärmesumme von mehr als 200 °C fehlt und dass bei dem im Herbst rasch absinkenden Wärmeangebot der Mais in Gefahr gerät, eine hohe Ausreife noch im September zu erreichen.

Die Schätzung des TM-Gehaltes in der Gesamtpflanze über Wärmesummen ist nicht mit der gleichen Präzision wie die Schätzung des TM-Gehaltes im Kolben möglich (Abb. 3). Das hängt mit der unsicheren Vorhersage des TM-Gehaltes im Restmais zusammen. Der TM-Gehalt im Restmais wird wesentlich stärker vom Sortentyp, besonders aber von der Wasserversorgung beeinflusst. Auf leichten Böden in sommertrockenen Lagen kann auch unabhängig von der Kolbenausreife ein starker Anstieg des TM-Gehaltes im Restmais erfolgen, so dass die Ernte vorgezogen werden muss. Wenn alle Blätter unterhalb des Kolben vertrocknet sind und nicht mehr assimilieren können, ist unabhängig von der Ausreife nach

BBCH über die vorzeitige Ernte zu entscheiden. Bei lange grün bleibender Restpflanze aber gilt es, durch eine hohe Kolbenausreife das mögliche Ertragspotential auszuschöpfen und eine hohe Stärkeeinlagerung zu gewährleisten.

Der TM-Gehalt in der Gesamtpflanze hängt neben der Ausreife auch vom Kolbenanteil ab. Als Faustregel kann gelten, dass sich in gleichmäßig entwickelten Maisbeständen der TM-Gehalt im Kolben und der Kolbenanteil in der Größenordnung in etwa entsprechen. Das gilt für eine versuchsmäßige Ernte bei Stoppelhöhen von ca. 15 cm. Die durch Sorten bedingten Schwankungen können groß sein und zeigen, dass auf Sortenversuche nicht verzichtet werden kann (Abb. 4). Hinzu kommt, dass unter Produktionsbedingungen über die Einstellung der Stoppelhöhe eine Veränderung des Kolbenanteils in einer beachtlichen Größenordnung von bis zu 10 % erreicht werden kann. Unterstellt man für den ausgereiften Kolben einen Stärkegehalt von 60 %, dann kann durch die Veränderung der Schnitthöhe der Stärkegehalt in der Gesamtpflanze um bis zu 6 % gesteigert werden. Das wirkt sich dann ebenso in einer höheren Energiekonzentration sowie einem höheren TM-Gehalt von über 3 %-Punkten aus.

Im Bereich einer Spanne für die Silierung von BBCH 85 bis BBCH 89 kann der TM-Gehalt in der Gesamtpflanze in Abhängigkeit vom Kolbenanteil und dem TM-Gehalt im Restmais in beachtlichen Grenzen schwanken (Tab. 3). Dabei ist bei einem Vergleich von Sorten mit gleichen Voraussetzungen für Ausreife und Kolbenanteil der TM-Gehalt im Restmais für den TM-Gehalt in der Gesamtpflanze maßgeblich verantwortlich. Die durch Standort oder Sorte bedingte Differenz im TM-Gehalt des Restmaises findet sich auch in der Gesamtpflanze wieder.

Zusammenfassung

Die Feststellung des Datums der Vollblüte ist im Zusammenhang mit der Anwendung von Wärmesummen für die Ernteterminschätzung von Silomais eine empfehlenswerte Maßnahme. Nach der Vollblüte haben alle Sorten unabhängig vom Aussattermin einen annähernd gleichen Wärmebedarf für die Ausreife der Maiskörner zur Gewährleistung einer hohen Futterqualität. Die Ausschöpfung des Ertragspotentials und ein hoher Stärkegehalt erfordern, dass die physiologische Reife BBCH 87 angestrebt wird. Für die Wärmesumme nach der Vollblüte bedeutet dies, dass 600 °C überschritten werden. Wenn BBCH 89 (Vollreife) erreicht werden soll, ist bei gleichzeitig hohen Kolbenanteilen zu beachten, dass nur relativ frische Maisbestände mit TM-Gehalten im Restmais von unter 22 % die für eine gute Silierung als erforderlich angesehenen 35 % im Siliergut gewährleisten.

Literatur:

SZENDEL, G., 1986: Die Kornfüllung bei frühreifen Maishybriden, dargestellt am Beispiel der Hybride „BEMA“ 210. Feldwirtschaft, Heft 2, 83-85

Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1: Sorten, Blühtermin und Wärmesumme Saat bis Blüte

Jahr	Frühe Blüte			Späte Blüte		
	Sorte	Datum	T _{AGPM} °C Saat bis Blüte	Sorte	Datum	T _{AGPM} °C Saat bis Blüte
2000	Arsenal	12.0.7	772	Attribut	22.07.	866
2001	Arsenal	14.07.	723	Benicia	21.07.	795
2002	Arsenal	14.07.	782	Benicia	22.07.	876
2003	Arsenal	07.07.	777	Benicia	18.07	928
2004	Justina	23.07.	799	Benicia	30.07.	881
2005	Justina	19.07.	780	Benicia	31.07	928
2000/04		15.07.	771		24.07.	879

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen Wärmesumme und TM-Gehalt

<p>x_1 = Wärmesumme, TAGPM nach BBCH 65 (°C);</p> <p>y_1 = TM-Gehalt Kolben (%)</p> <p>$y_1 = -13,162 + 0,1559x - 0,00007482x^2$; B = 0,94 ; n = 1348</p>				
<p>x_2 = TM-Gehalt Kolben (%);</p> <p>y_2 = Wärmesumme TAGPM nach BBCH 65 (°C)</p> <p>$y_2 = 259,58 - 3,1527x + 0,1803x^2$; B = 0,94 ; n = 1348</p>				
Schätzwerte für TM-Gehalt Kolben		Zunahme TM%/10 °C	Schätzwerte für Wärmesumme	
x_1	y_1		x_2	y_2
300	26,9	-	25	293
350	32,2	1,06	30	327
400	37,2	1,00	35	370
450	41,8	0,92	40	422
500	46,1	0,86	45	483
550	49,9	0,76	50	553
600	53,4	0,70	55	632
650	56,6	0,64	58	683
700	59,5	0,58	60	719
750	61,7	0,44	62	757

Tabelle 3: TM-Gehalt der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von Kolbenausreife und Kolbenanteil

Kolben-TM	50 % (BBCH 85)		55 % (BBCH 87)		60 % (BBCH 89)	
Kolbenanteil	40 %	55 %	45 %	60 %	50 %	65 %
TM-Gehalt der Restpflanze (%)	TM - Gehalt der Gesamtpflanze (%)					
18	24,2	27,8	25,8	30,2	27,7	33,0
20	26,3	29,9	28,0	32,4	30,0	35,3
22	28,4	31,8	30,1	34,4	32,2	37,4
24	30,3	33,6	32,2	36,3	34,3	39,3
26	32,2	35,3	34,1	38,0	36,3	41,2
28	34,0	36,9	35,9	39,7	38,2	42,9
30	35,7	38,5	37,7	41,3	40,0	44,4

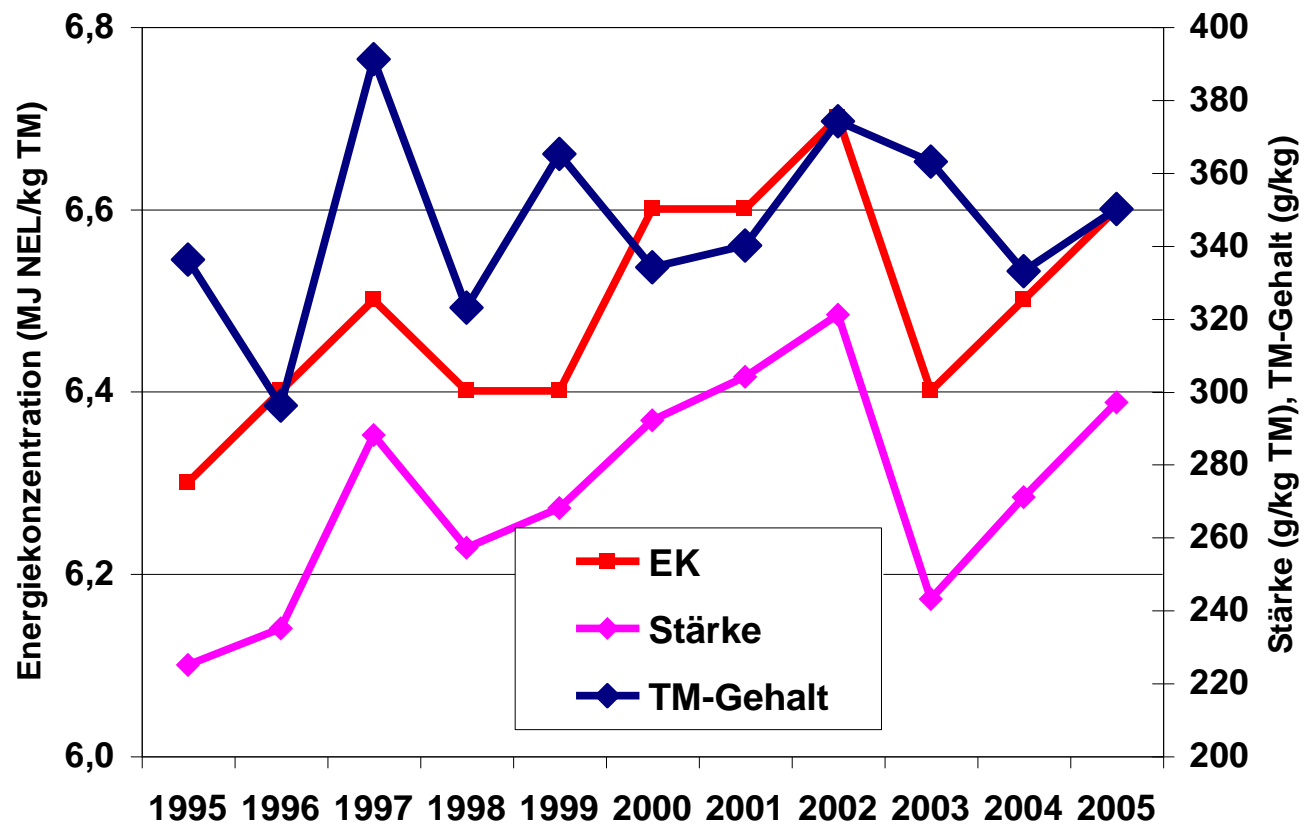


Abbildung 1: Entwicklung der Maissilagequalität im Land Brandenburg

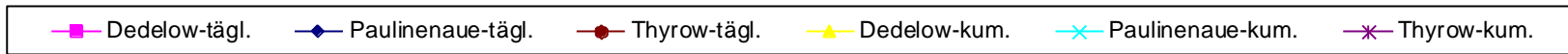
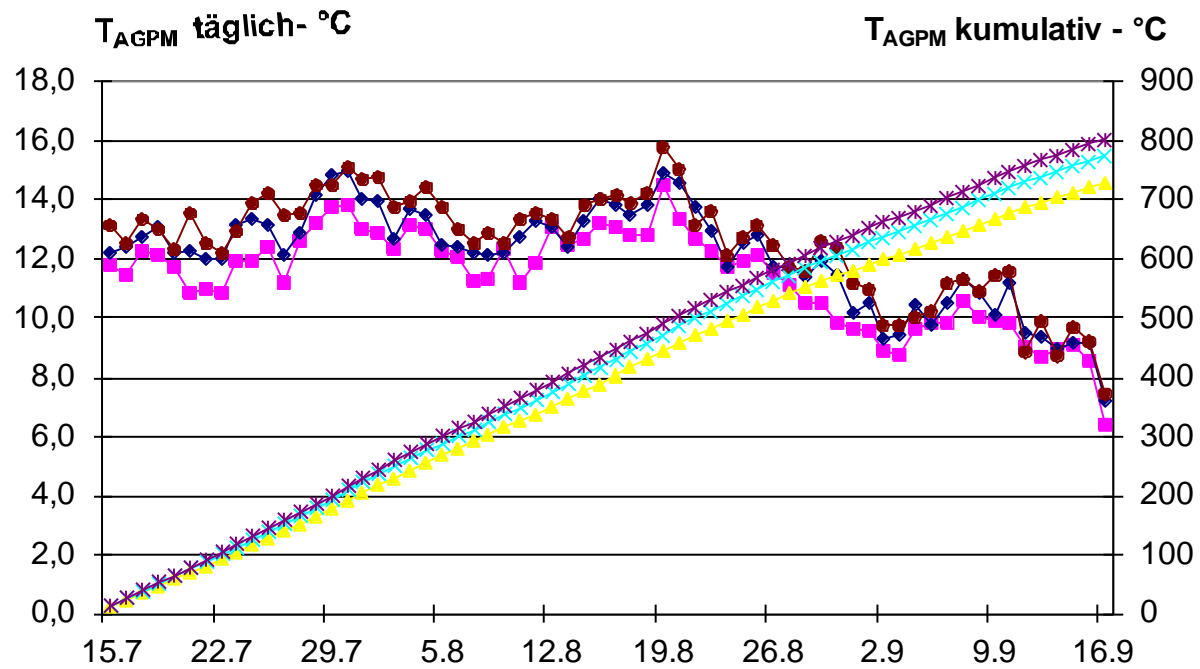


Abbildung 2: **Wärmesummen in der Periode 15. Juli bis 16. September an verschiedenen Standorten in Brandenburg**
(Mittel 2000 bis 2005)

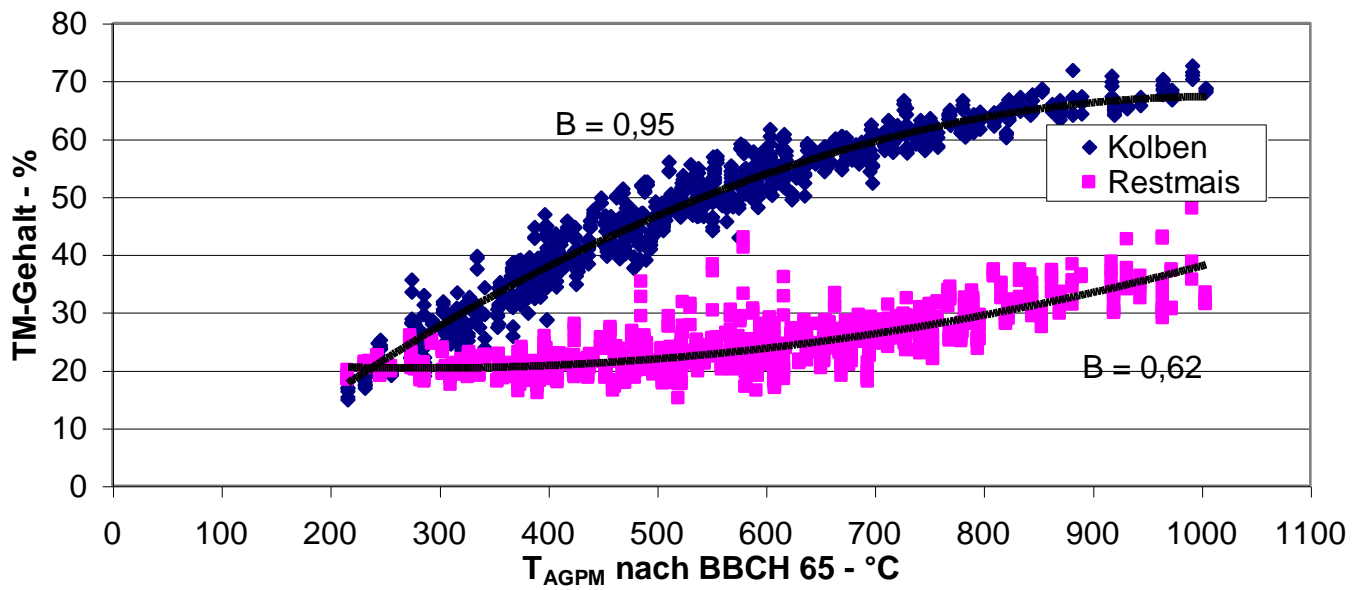


Abbildung 3: **Zusammenhang zwischen Wärmesumme ab der Vollblüte (BBCH 65) und TM-Gehalt** (Paulinenaue 1995 bis 2004, n = 1096)

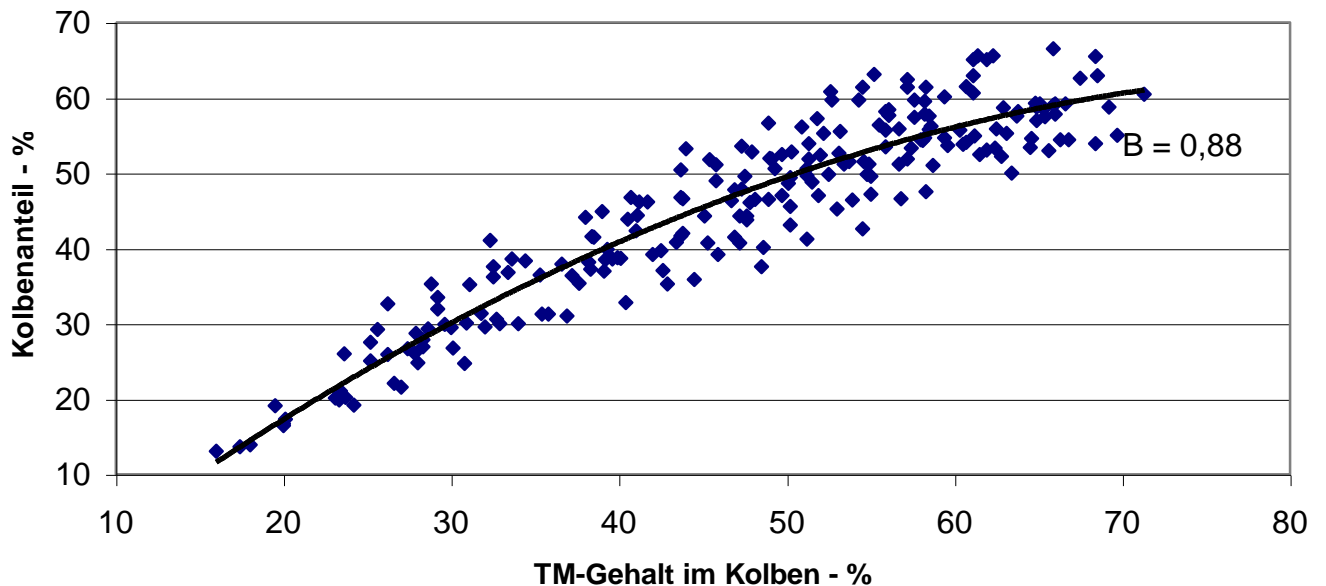


Abbildung 4: **Abhängigkeit des Kolbenanteils vom TM-Gehalt im Kolben** (Paulinenaue 2000 bis 2004, n = 220)