

diskutieren die Möglichkeit, daß Inaktivierungsvorgänge hierbei eine Rolle spielen dürften.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines 1962 begonnenen Programmes zur Resistenzzüchtung bei S-Virus wurde auch die Immunität der Sorte Saco gegenüber dem S-Virus nochmals überprüft. Diese Überprüfung erfolgte sowohl durch Abreibung mit S-virushaltigem Preßsaft wie auch durch Pflropfung mit einem S-besetzten Reis einer anfälligen Sorte. Bei der Abreibung des virushaltigen Preßsaftes kam es nicht zu einer faßbaren Virusvermehrung, jedoch erwiesen sich im erstjährigen Nachbau 2 von 16 Pflanzen als infiziert, im zweitjährigen Nachbau konnte in diesen Pflanzen kein S-Virus mehr nachgewiesen werden. Infektion über Pflropfung ergab bereits im Infektionsjahr bei 4 von 8 Pflanzen eine S-Virusvermehrung. Im ersten Nachbau erwiesen sich 7 von 8 Pflanzen als infiziert. Der zweitjährige Nachbau brachte ebenfalls einen Rückgang in der Konzentration des S-Virus und in der Zahl der mit S-Virus verseuchten Pflanzen. In Übereinstimmung mit BAGNALL (1965) zeigen die

durchgeführten Untersuchungen, daß die Sorte Saco keine Immunität, sondern nur einen hohen Grad von Resistenz gegenüber dem S-Virus besitzt.

Literatur

1. ALFIERI, S. A., and R. F. STOUFFER: Evidence of immunity from virus S in the potato variety Saco. Amer. Potato J. **34**, 55–56 (1957). — 2. BAGNALL, R. H.: Saco potato infected with potato virus S by grafting. Phytopathology **55**, 707 (1965). — 3. BAGNALL, R. H., R. H. LARSON, and J. C. WALKER: Potato viruses M, S and X in relation to interveinal mosaic of the Irish Cobbler variety. Wisconsin Agric. Experim. Stat. Res. Bull. **198**, 1–45 (1956). — 4. BAGNALL, R. H., C. WETTER, and R. H. LARSON: Differential host and serological relationships of potato virus M, potato virus S and carnation latent virus. Phytopathology **49**, 435–442 (1959). — 5. BAGNALL, R. H., and D. A. YOUNG: Inheritance of immunity to virus S in the potato. Amer. Potato J. **36**, 292 (1959). — 6. BAGNALL, R. H., and D. A. YOUNG: Inheritance of immunity to virus S in potatoes. Amer. Potato J. **37**, 311 (1960). — 7. HUNNIUS, W., und B. ARENZ: Ergänzende Untersuchungen zur Sortenresistenz gegenüber Y-Virus (RBV). Bayer. Landw. Jb. **43**, 341 bis 348 (1966). — 8. LARSON, R. H. and N. OSHIMA: Potato virus S recovered from the roots of the "immune" variety Saco. Am. Pot. J. **36**, 299 (1959).

Phänometrische Untersuchungen an Winterroggen und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für die Futterroggenzüchtung

W. SCHWEIGER

Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Phenometric investigation on winter rye and the resulting possibilities for the breeding of fodder rye

Summary. A phenometric investigation of six different varieties of rye tested the dependence of plant growth on temperature, soil moisture and wind velocity. Growth was significantly inhibited by daily handling of the plants and by compacting of the soil during measurements. A correlation of $r = 0.99$ was found between plant length and total dry matter at the time shoots and ears appeared.

There was no correlation between growth rate and wind velocity. Only in the year 1964 was the effect of soil moisture on growth found to be 5.4% of the total, while that between temperature and growth was about 71%. The optimal temperature for all investigated varieties was about 20 °C.

In temperature regression growth rates varied significantly with the varieties and the years of investigation. In some years different varieties showed usually significant differences in growth rate they did the same at temperatures of around 6 °C.

Our results on the breeding of an early variety of fodder rye that can be harvested at the beginning of May are the following: During the growth period of April 1–May 10 favorable temperature with a mode of 6 °C contributes 54%. To obtain maximal growth at this temperature we have to try to find early varieties giving high temperature regression values and high growth rate at the low temperature ranges. The investigated early varieties have either the high temperature regression (Bernburger Futterroggen) or a high rate of growth in the low temperature range (Lü. BH 1/60).

Die Verwendung des Winterroggens als Grünfutterpflanze im Frühjahr ist futterwirtschaftlich bedeutsam. Neben dem für diesen Zweck verwendbaren Körnerroggen sind in der Deutschen Demokratischen Republik die speziell für den Winterzwischenfruchtanbau gezüchteten Futterroggensorten Bernburger Futterroggen und POS Grünschnittrroggen vorhanden. Zur Gewinnung von Grünfutter bereits Anfang Mai sind diese Sorten nicht geeignet, da ihr Anfangswachstum zu langsam verläuft. Die früheste Schnittzeit der frühesten Sorte Bernburger Futterroggen liegt unter den klimatischen Bedingungen der Deutschen Demokratischen Republik im Mittel mehrerer Jahre am 7. Mai, die optimale Schnittzeit erst am 12. Mai (LÜDDECKE, 1958). Ziel der Pflanzenzüchtung ist es deshalb, einen bereits Anfang Mai schnittwürdigen Futterroggen zu züchten. Ein solcher Futterroggen müßte entwicklungsphysiologisch sehr früh sein und bei ungünstigen Umweltverhältnissen im zeitigen Frühjahr relativ gut wachsen können.

Zu dieser Zielstellung waren zunächst die Abhängigkeit des Roggenwachstums von meteorologischen Faktoren zu untersuchen und hierin vorhandene idiotypische Unterschiede gegebenenfalls aufzufinden. Hierzu bedienten wir uns der Phänometrie. Die erhaltenen Ergebnisse sollen zugleich ein Beitrag zur möglichen Aussage phänometrischer Ergebnisse für

die Arbeit des Pflanzenzüchters sein. Parallel zu den phänometrischen Untersuchungen wurden im Hinblick auf das Zuchtziel am gleichen Roggensortiment Untersuchungen über den Verlauf der Massenzunahme und einiger qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe durchgeführt, über die in weiteren Arbeiten berichtet werden soll.

Material

Die phänometrischen Untersuchungen wurden an Sorten und Zuchttämmen (im folgenden als Sorten bezeichnet) durchgeführt, die sich in ihrer Entwicklungsgeschwindigkeit bzw. in anderen Merkmalen deutlich unterscheiden. Die geprüften 6 Sorten sind in Tab. 1 mit einigen Kennwerten zusammengestellt. Zur Sortenbezeichnung werden in einigen weiteren Tabellen auch die Sortennummern 1 bis 6 verwandt.

Tabelle 1. *Übersicht über die 6 geprüften Roggensorten (Mittelwerte 1962–1964).*

Sorte	Beginn Ährenschieben Datum	g Trockenmasse/Pfl.		Pflanzenlänge cm	
		am 1. 5.	bei Beginn Ährenschieben	bei Beginn Ährenschieben	bei Blühbeginn**
1 Lüsewitz BH 1/60	19. 5.	6,9	20,7	102,5	152,5
2 Bernburger Futterroggen	19. 5.	7,2	21,5	101,0	154,0
3 Petka	22. 5.	5,1	21,2	104,4	150,3
4 POS Grünschnittrroggen	30. 5.	2,9	17,5	110,2	140,9
5 Mecklenburger Marien/4 n	25. 5.	4,8	20,4	104,4	140,0
6 Petkus 113/4 n*	28. 5.	2,7	18,2	112,3	147,5

* nur 1963 und 1964 geprüft. — ** nur 1963.

Bernburger Futterroggen ist eine frühe, POS Grünschnittrroggen eine späte in der Deutschen Demokratischen Republik zugelassene Futterroggen-Zuchtsorte, wobei letztere entsprechend ihrer Abstammung aus einem Staudenroggen sich durch viele dünne Halme und hohen Blattanteil von den übrigen Sorten unterscheidet. Petka ist die bei uns verbreitetste Körnerroggen-Zuchtsorte, die sich zum Anbau als Futterroggen ebenfalls gut eignet. Bei Lüsewitz BH 1/60 handelt es sich um einen frühen Zuchttamm, der durch Auslese aus der frühen österreichischen Population Brucker Harrach erhalten wurde. Der tetraploide Marienroggen wurde in Groß-Lüsewitz durch Colchizinierung des heute nicht mehr zugelassenen Mecklenburger Marienroggens erhalten. Auf gleiche Weise entstand in Petkus der tetraploide Zuchttamm Petkus 113 aus POS Grünschnittrroggen zur Züchtung eines späten Futterroggens.

Methodik

Die Messungen wurden 1962 bis 1964 in Groß-Lüsewitz im Freiland an Einzelpflanzen bei einem Abstand von 20×30 cm durchgeführt. Die Aussaat erfolgte für die jeweiligen Versuchsjahre zwischen dem 12. und 17. September einzelkornweise mit der Hand auf humosem, lehmigem Sandboden. Bei visuell erkennbarem Wachstumsbeginn im darauffolgenden Frühjahr wurde mit dem Messen des Längenwachstums begonnen. Das Messen erfolgte durch Hochstreifen der Blätter an der Meßlatte und Ablesen des Meßwertes an der längsten Blattspitze. Die Meßlatte ruhte auf einem neben jeder Pflanze eingeschlagenen Holzstetikett. Die Messungen wurden täglich zwischen 7.00 und 8.00 Uhr an den gleichen Pflanzen und während einer Meßperiode von der

gleichen Person durchgeführt. Die beschriebene Methodik entspricht der von BELLMANN, MEINL und RAEUBER (1964) u. a. beim Mais angewandten. 1964 wurde der mit dem Messen verbundene Einfluß der täglichen Trittwirkung auf das Längenwachstum untersucht. Hierbei wurde bei der Sorte Petka jeweils zum Messen zwischen die Reihen ein Trittbrett auf zwei an den Reihenenden feste Punkte aufgelegt und damit jegliches Betreten des Bodens zwischen den Reihen vermieden.

Die biometrische Analyse erfolgte mit Hilfe der Regressions- und Korrelationsrechnung. Es wurden die Beziehungen zwischen den mittleren täglichen Zuwächsen von 24 gemessenen Pflanzen/Sorte und den meteorologischen Faktoren Lufttemperatur in 2 m Höhe ($^{\circ}$ C), Bodenfeuchte in 5–20 cm Tiefe (%) und Windstärke (Beaufort) ermittelt. Die Meßwerte

der meteorologischen Beobachtungen erhielten wir aus der nahe dem Versuchsfeld gelegenen Klimastation*. Zur Verrechnung wurde nur der mittlere, geradlinig erscheinende Teil der Wachstumskurve benutzt, weil

1. im unteren Teil der Wachstumskurve die täglichen Zuwächse beim Roggen so gering sind, daß sie mit erheblichen Meßfehlern belastet erscheinen, und

2. im oberen Teil der Wachstumskurve nach Ährenschieben der Roggen sein Längenwachstum allmählich einstellt, hier also die Größenordnung der endogen beeinflußten Zuwachsänderungen wahrscheinlich größer ist als die der umweltbedingten täglichen Änderungen des Längenwachstums.

Der zur Verrechnung herangezogene Zeitraum liegt gegenüber dem Meßzeitraum wie folgt:

	1962	1963	1964
Meßzeitraum	13.4.–13.6.	17.4.–11.6.	21.4.–9.6.
Tagen	68	54	49
Verrechnungszeitraum	22.4.–9.6.	27.4.–8.6.	22.4.–5.6.
Tagen	50	44	45

Obwohl für den jeweils mittleren Teil der Wachstumskurven Nichtlinearität nicht nachgewiesen werden konnte und für das Roggenwachstum optimale Temperaturen kaum erreicht wurden, wurde zum besseren biologischen Verständnis die Normalkurve als nichtlineares Regressionsmodell benutzt. Hiermit ist keinerlei Informationsverlust gegenüber der

* Herrn Dr. habil. A. RAEUBER, dem Leiter der Agrarmeteorologischen Forschungsstation Groß-Lüsewitz des Meteorologischen Dienstes der DDR, sei für die Überlassung der meteorologischen Meßwerte auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

linearen Regression verbunden. Wird die Normalkurve als Regressionsmodell postuliert, so bestehen lineare Beziehungen zwischen den logarithmierten Zuwächsen und den quadrierten Abweichungen der meteorologischen Faktoren von ihren Optimalwerten. Da Vorstellungen über die Optimalwerte der meteorologischen Faktoren fehlten, wurden diese durch Vorgabe verschiedener angenommener Optimalwerte in die Korrelationsrechnung ermittelt (Gabeln).

Über die Methodik der biometrischen Analyse und ihre Begründung haben RAEUBER (1960), RAEUBER et al. (1961), RAEUBER und ENGEL (1963) und BELL-MANN et al. (1964) berichtet sowie entsprechende phänometrische Untersuchungsergebnisse bei Mais und Kartoffeln mitgeteilt. In vorliegenden Untersuchungen wurden in der dort beschriebenen Weise die Werte aus den Jahren 1962, 1963 und 1964 getrennt verrechnet. Darüber hinaus erfolgte eine Gesamtanalyse mit den Werten aller 3 Jahre. Es wurden die Regressionsgleichungen mit Regressionskoeffizienten und die Gesamtbestimmtheiten für die Einflußgröße Lufttemperatur sowie die Teilbestimmtheiten für die Bodenfeuchte am Beispiel einer Sorte ermittelt.* Dabei wurden die Zuwächse mit den meteorologischen Werten des Vortages verknüpft.

Witterungsablauf

In Abb. 1 sind für Groß-Lüsewitz die Dekadenmittel der Lufttemperatur während des Meßzeitraumes in den Jahren 1962, 1963 und 1964 dem 15jährigen Mittel der Jahre 1951 bis 1964 gegenübergestellt. Weiter ist der Verlauf der Bodenfeuchte in 5–20 cm Tiefe während der Versuchsperiode dargestellt. In keinem Versuchsjahr nahm während der Meßperiode die Bodenfeuchte unter 17% ab (Wasser pro Masse trockener Boden). Im Temperaturverlauf unterscheiden sich die Versuchsjahre z. T. vom langjährigen Mittel. Während 1962 ab 2. Maidekade die Tagesmitteltemperaturen um etwa 2 °C unter der Norm verliefen, war dieser Zeitabschnitt in den übrigen Versuchsjahren wesentlich wärmer. Überdies

* Frau M. GALL sei für die experimentelle Durchführung der Versuche und Herrn E. HIELSCHER für die Erledigung der umfangreichen Rechenarbeiten herzlich gedankt.

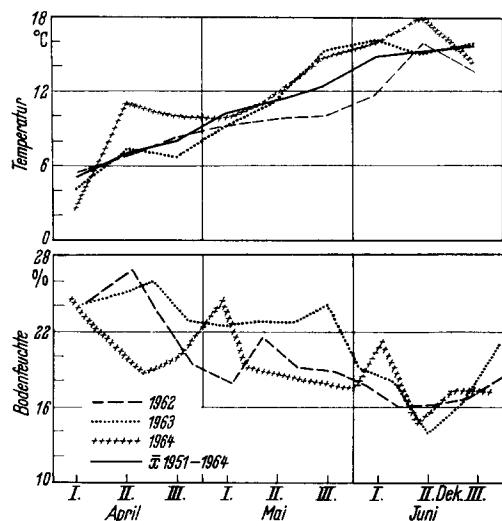


Abb. 1. Dekadenmittel der Lufttemperatur und Verlauf der Bodenfeuchte in 5–20 cm Tiefe während der Meßperiode.

fallen 1964 die sehr hohen Temperaturen Mitte April auf.

Ergebnisse

1. *Pflanzenlänge und Gesamtrockenmasse*. Stellt man die Meßhöhen des täglichen Zuwachses in chronologischer Folge dar, so ergeben sich daraus die bekannten Summenkurven des Wachstums. In Abb. 2 sind am Beispiel der zwei extremsten Sorten diese für das Jahr 1963 an Hand 4tägiger Meßwerte dargestellt. Die Summenkurven der übrigen Sorten ordnen sich zwangsläufig zwischen den dargestellten ein.

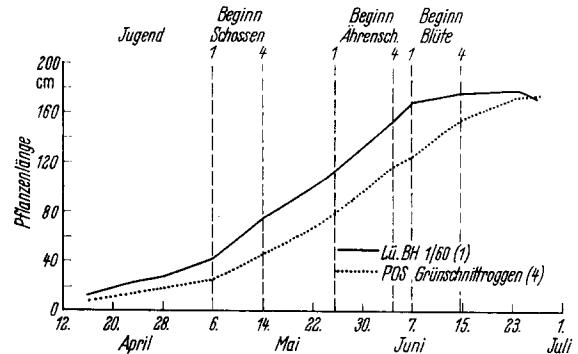


Abb. 2. Wachstumskurven der zwei extremsten Sorten am Beispiel des Jahres 1963 mit den entsprechenden allometrischen Wachstumsabschnitten.

Das Längenwachstum ist an bestimmte Wachstumsabschnitte gebunden. Aus den Untersuchungen zur Stoffproduktion, über die in einer weiteren Arbeit berichtet wird, ergeben sich für den Winterroggen folgende allometrische Wachstumsabschnitte: Jugend, Schossen, Ährenschieben, Blüte, Kornbildung und Reife. Wie Abb. 2 zeigt, ist das Wachstum während des Schossens und Ährenschiebens am intensivsten und verläuft hier fast geradlinig. Bei bzw. kurz nach Blühbeginn stellt der Roggen sein Längenwachstum ein.

Für die Ertragsbeurteilung bei Futterpflanzen gilt als wesentliche Größe die Trockenmasse. Es wurde deshalb die Pflanzenlänge mit der Gesamtrockenmasse korreliert. Bis zur Höhe von ca. 30 cm ist das hauptsächlich erfolgende Blattwachstum nur mit einer geringen Massenzunahme verbunden (Abb. 3). Von Schoßbeginn bis Blühbeginn erfolgt mit dem intensiven Streckungswachstum eine größere Massenzunahme. Die Beziehung ist linear. Ab Blühbeginn verläuft die Massenzunahme bis zum Endwert der jeweiligen Sorte weiter, während das Längenwachstum beendet ist.

Die Ergebnisse der Korrelationsrechnung sind in Tab. 2 für die bei allen Sorten gleichen Wachstums

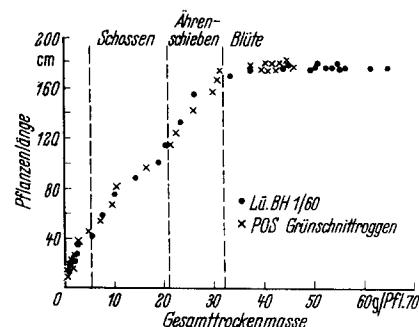


Abb. 3. Beziehung zwischen Gesamtrockenmasse und Pflanzenlänge und deren Abhängigkeit von den Wachstumsabschnitten am Beispiel von zwei Sorten 1963.

Tabelle 2. Beziehung zwischen Längenwachstum und Gesamtrockenmasse bei Futterroggen 1962 und 1963.

Sorte	Zeitraum	Anzahl der Schnitte	Bestimmtheit B	Korrelationskoeffizient r	Regressionskoeffizient b
1962					
1	21. 4. - 8. 6.	13	0,992	0,996	0,268
2	21. 4. - 8. 6.	13	0,986	0,993	0,261
3	25. 4. - 8. 6.	12	0,994	0,997	0,259
4	3. 5. - 8. 6.	10	0,996	0,998	0,162
5	25. 4. - 8. 6.	12	0,986	0,993	0,223
1963					
1	28. 4. - 4. 6.	9	0,982	0,991	0,207
2	28. 4. - 4. 6.	9	0,970	0,985	0,235
3	28. 4. - 4. 6.	9	0,972	0,986	0,248
4	6. 5. - 4. 6.	7	0,974	0,987	0,224
5	2. 5. - 4. 6.	8	0,984	0,992	0,245
6	2. 5. - 4. 6.	4*	0,990	0,995	0,198

* nur 8tägig geschnitten

abschnitte Schoß- bis Blühbeginn zusammengestellt. Die Pflanzenlängen im Stoffproduktionsversuch wurden nur 1962 und 1963 gemessen. Die Bestimmtheit, mit der von der Pflanzenlänge auf den Ertrag an Gesamtrockenmasse geschlossen werden kann, beträgt bei allen Sorten und in den Jahren übereinstimmend fast 99%. Die Zusammenhänge sind hochsignifikant. Damit kann bei Roggen aus der Abhängigkeit des Längenwachstums von der Umwelt auf die Umweltabhängigkeit der Trockenmassenzunahme geschlossen werden. Die Regression der Trockenmasse auf das Längenwachstum wurde mit ca. 0,25 dt/ha je cm Zuwachs ermittelt, jedoch bei den Sorten trotz Verrechnung gleicher Wachstumsabschnitte etwas unterschiedlich. Die späten Sorten fallen durch geringere Regressionskoeffizienten auf.

2. Abhängigkeit des Wachstums von der Meßberührung und Trittwirkung. Durch das tägliche Hochstreifen der Blätter bei den zu messenden Pflanzen und das Festtreten des Bodens zwischen den Reihen könnten die Pflanzen in ihrem normalen Wachstums- und Entwicklungsablauf gestört werden. Um die Berührungs- und Trittwirkung zu erfassen, wurden die erhaltenen Summenkurven des Längenwachstums mit denen aus dem jeweils benachbart gestandenen Schnittzeitversuch verglichen, bei dem in 4tägigem

Abstand stets andere Pflanzen vor dem Schnitt gemessen wurden, die Pflanzen also unbeeinflußt wachsen konnten.

Der Vergleich erfolgte nach der Differenzmethode und ergab für beide Jahre bei allen Sorten mit $\alpha < 0,1\%$ signifikant verschiedene Summenkurven, die am Beispiel der Sorten Lü. BH 1/60 und POS Grünschnittroggen in Abb. 4 dargestellt sind. Die durch Berührung und Tritt täglich beeinflußten Pflanzen blieben im Wachstum zurück, und ihr Blühbeginn lag 2 bis 3 Tage später als bei den unbeeinflußten Pflanzen.

1964 wurden bei der Sorte Petka täglich zusätzliche Pflanzen gemessen, wobei wir das Betreten des Bodens zwischen den Reihen in der beschriebenen Weise vermieden. Diese Variante zeigte ebenfalls ein mit $\alpha < 0,1\%$ signifikant größeres Längenwachstum als die täglich betretene, ohne aber die bei völlig berührungs- und trittlosem Wachstum gemessenen Wuchshöhen zu erreichen. Daraus folgt, daß die im Meßversuch festgestellte Wachstums- und Entwicklungsverzögerung eine Folge der täglichen Pflanzenberührung und der Trittwirkung trotz mehrmaligen Lockerns des Bodens zwischen den Reihen ist. Auch FUSS (1956) beobachtete bei Weizen, daß die gemessenen Pflanzen infolge Berühren im Wachstum zurückblieben. KRETSCHMER (1949) fand hingegen keine Beeinträchtigung des Roggenwachstums durch Anfassen, wohl aber durch das Festtreten des Bodens. Die von uns und z. T. von anderen Autoren festgestellten Berührungs- und Trittwirkungen sind zu berücksichtigen, wenn Aussagen über die absoluten Pflanzenlängen gemacht werden sollen. Da es sich nach den dargestellten Summenkurven kaum um eine progressiv fortschreitende Störung des Längenwachstums handelt, kann gefolgt werden, daß die Reaktion des Längenwachstums auf meteorologische Faktoren nicht durch die tägliche Berührungs- und Trittwirkung beeinflußt wird.

3. Multiple Abhängigkeit des Längenwachstums von meteorologischen Faktoren. In den Korrelationsdiagrammen der Abb. 5 sind die täglichen Zuwächse in Abhängigkeit von den absoluten Werten der Lufttemperatur, Bodenfeuchte und Windstärke am Beispiel der Sorte Petka 1963 dargestellt. Die Punktwolken entsprechen bei allen anderen geprüften Sorten und in den übrigen Jahren den hier gezeigten. Die Beziehung zwischen Zuwachs und Lufttemperatur zeigt einen deutlichen Trend. Weniger deutlich ist der Zusammenhang zwischen Zuwachs und Bodenfeuchte, und dieser fehlt völlig bei der Wachstumsabhängigkeit von der Windstärke. Da die Verteilung der Punktwolken in allen Jahren und bei allen Sorten praktisch gleich ist, wurde die Windstärke bei der biometrischen Analyse nicht weiter verfolgt. Der Wind verursacht bei den hier vorgekommenen Windstärken und -häufigkeiten und bei der angewandten Meßmethode keine erfaßbaren Wirkungen auf das Roggenwachstum.

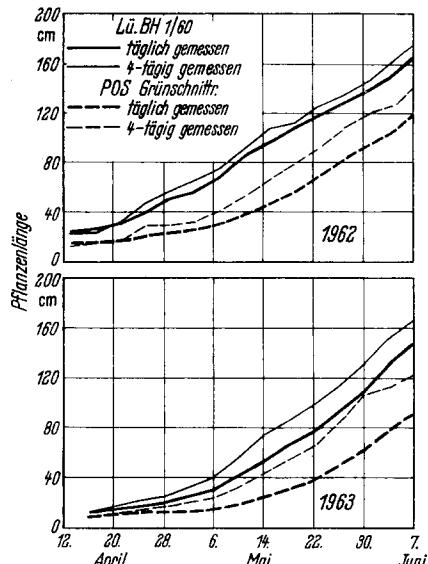


Abb. 4. Wachstumskurven täglich gemessener im Vergleich zu unbeeinflußt gewachsener Pflanzen (4tägig andere Pflanzen gemessen).

Tabelle 3. Multiple Abhängigkeit der täglichen Zuwächse von Lufttemperatur (t) und Bodenfeuchte (b) bei der Sorte Petka (B = Bestimmtheit, r = Korrelationskoeffizient, S = Sicherheit).

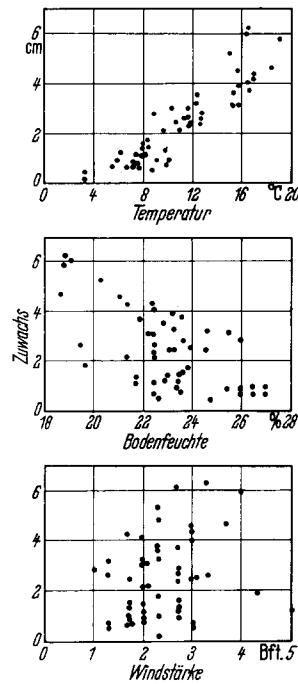
Jahr	Datum	Regressionsgleichung		S %	Temperaturbereich (°C)	Bodenfeuchtbereich (%)	Bestimmtheitsanteil (%)
		B	r				
1962	24. 4. - 9. 6.	$\ln y = 2,196 - 0,91082 x_t - 0,02127 x_b$	0,590	0,768	4,4 - 15,0	16,2 - 22,0	71,0
1963	30. 4. - 6. 6.	$\ln y = 1,632 - 0,00957 x_t - 0,0037 x_b$	0,864	0,930	6,0 - 17,0	18,2 - 24,1	71,0
1964	23. 4. - 4. 6.	$\ln y = 1,780 - 0,00966 x_t - 0,01458 x_b$	0,821	0,906	5,3 - 17,0	17,3 - 24,6	71,0
1962/63/64		$\ln y = 1,746 - 0,00886 x_t - 0,00593 x_b$	0,627	0,792	4,4 - 17,0	16,2 - 24,6	71,0

$x_b = (b - b_{\text{Opt.}})^2 - x_t = (t - t_{\text{Opt.}})^2$

Abb. 5. Korrelationsdiagramme der Beziehung täglicher Zuwachs zu meteorologischen Faktoren am Beispiel der Sorte Petka 1963.

In Anbetracht der zunehmenden Temperatur und abnehmenden Bodenfeuchte im Frühjahr (Abb. 1) sind vorzugsweise negative Zusammenhänge zwischen beiden meteorologischen Faktoren zu erwarten. Es wurden deshalb die anteiligen Bestimmtheiten der Temperatur und Bodenfeuchte durch Mehrfachkorrelationen ebenfalls am Beispiel der Sorte Petka erfaßt (Tab. 3). Es zeigt sich, daß die Gesamtbestimmtheit beider meteorologischer Faktoren auf das Roggenwachstum fast ausschließlich durch die Temperatur erklärt wird. Lediglich in dem etwas trockeneren Jahr 1964 war an der Gesamtbestimmtheit von 0,821 die Bodenfeuchte mit 5,4% beteiligt.

Die im Diagramm Zuwachs : Bodenfeuchte angedeutete Beziehung läßt sich also zwangsläufig aus der Beziehung Bodenfeuchte zu Temperatur erklären. Bei Wachstumsbeginn im April sind die Temperaturen und damit die Zuwächse gering, die Bodenfeuchte liegt dagegen hoch. Mit steigenden Temperaturen im



Mai nehmen auch die Zuwächse zu, die Bodenfeuchte jedoch langsam ab, so daß eine negative Beziehung zwischen Zuwachs und Bodenfeuchte nur vorgetäuscht wird, wie die multiplen Bestimmtheiten beweisen. Es muß daraus gefolgert werden, daß sich die Bodenfeuchte während der Wachstumsperiode des Winterroggens unter unseren Standortverhältnissen im Optimumbereich befindet und ihr Einfluß deshalb nicht erfaßt werden konnte. Da im Juni bei noch weiter abnehmenden Bodenfeuchten das Längenwachstum des Roggens bereits abgeschlossen ist, können an dieser Pflanze und am natürlichen Standort durchgeführte phänometrische Untersuchungen den Faktor Bodenfeuchte überhaupt nicht erfassen, es sei denn, geringen Winterniederschlägen folgt ein extrem trockenes Frühjahr oder derartige Untersuchungen werden auf extrem leichten Böden durchgeführt. Die weitere biometrische Analyse beschränkt sich deshalb auf die Temperaturabhängigkeit des Roggenwachstums.

4. Die Temperaturabhängigkeit des Längenwachstums. Die Regressionsbeziehungen zwischen den täglichen Zuwächsen und der Lufttemperatur sind in Tab. 4 durch die zur Auswertung gekommenen Zeitabschnitte, die Regressionsgleichungen, Bestimmtheiten, Korrelationskoeffizienten, Sicherungen und Temperaturbereiche für die Sorten in den Versuchsjahren und für die Gesamtheit ihrer Werte aller 3 Jahre gekennzeichnet. Die Bestimmtheiten, mit denen allein die Lufttemperatur das Roggenwachstum erklärt, liegen um 71% und damit für Wachstumsabhängigkeiten von nur einem meteorologischen Faktor ziemlich hoch. Sie sind alle mit mindestens $\alpha = 99,9\%$ signifikant. Die bereits von KRETSCHMER (1949) gefundene Parallelität zwischen Lufttemperatur und Wachstum des Roggens findet hier ihre Bestätigung.

Die Korrelation ist bei den Sorten unterschiedlich eng. Bei der späten Sorte POS Grünschnittrogggen (4) ist sie am schwächsten ausgeprägt. Dabei handelt es sich jedoch bei dieser Sorte infolge ihrer geringen täglichen Zuwächse zu Beginn der Wachstumsperiode

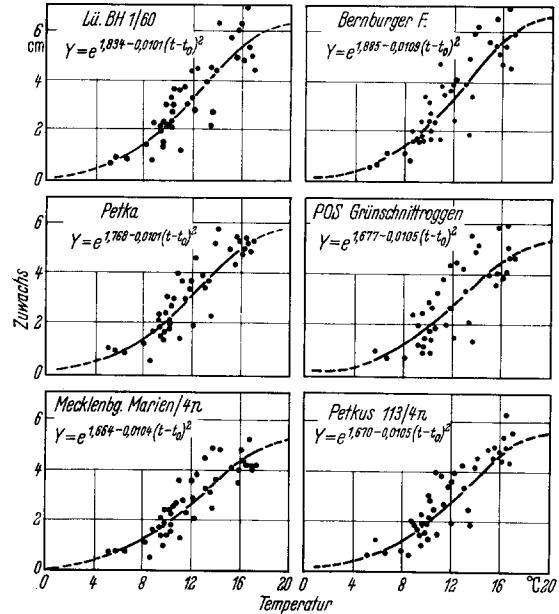


Abb. 6. Regressionslinien und Punktwolken der Beziehung Zuwachs : Temperatur bei den Sorten 1964.

Tabelle 4. Abhängigkeit der täglichen Zuwächse von der Lufttemperatur. Ergebnistabelle.
(B = Bestimmtheit, r = Korrelationskoeffizient, S = Sicherheit)

Jahr Sorte	Datum	Regressionsgleichung	B	r	S %	Temperaturbereich Min.	Max.
1962							
1	22. 4. - 9. 6.	$\ln y = 1,854 - 0,0076 x$	0,72	0,849	>99,9	4,4	15,0
2	23. 4. - 9. 6.	$\ln y = 2,048 - 0,0097 x$	0,61	0,780	>99,9	4,4	15,0
3	24. 4. - 9. 6.	$\ln y = 2,038 - 0,0101 x$	0,58	0,761	>99,9	4,4	15,0
4	3. 5. - 9. 6.	$\ln y = 1,679 - 0,0077 x$	0,47	0,684	>99,9	5,9	15,0
5	24. 4. - 9. 6.	$\ln y = 1,791 - 0,0083 x$	0,69	0,829	>99,9	4,4	15,0
1963							
1	27. 4. - 4. 6.	$\ln y = 1,621 - 0,0081 x$	0,75	0,865	>99,9	6,0	17,0
2	27. 4. - 4. 6.	$\ln y = 1,828 - 0,0108 x$	0,89	0,944	>99,9	6,0	17,0
3	30. 4. - 6. 6.	$\ln y = 1,546 - 0,0088 x$	0,79	0,889	>99,9	6,0	17,0
4	9. 5. - 8. 6.	$\ln y = 1,107 - 0,0064 x$	0,57	0,757	>99,9	8,1	19,2
5	3. 5. - 8. 6.	$\ln y = 1,212 - 0,0070 x$	0,69	0,830	>99,9	6,0	19,2
6	3. 5. - 8. 6.	$\ln y = 1,503 - 0,0101 x$	0,85	0,920	>99,9	6,0	19,2
1964							
1	22. 4. - 2. 6.	$\ln y = 1,834 - 0,0101 x$	0,77	0,878	>99,9	5,3	17,0
2	22. 4. - 2. 6.	$\ln y = 1,885 - 0,0109 x$	0,82	0,907	>99,9	5,3	17,0
3	23. 4. - 4. 6.	$\ln y = 1,768 - 0,0101 x$	0,81	0,900	>99,9	5,3	17,0
4	27. 4. - 5. 6.	$\ln y = 1,677 - 0,0105 x$	0,65	0,807	>99,9	5,8	17,0
5	23. 4. - 5. 6.	$\ln y = 1,664 - 0,0104 x$	0,78	0,885	>99,9	5,3	17,0
6	23. 4. - 4. 6.	$\ln y = 1,670 - 0,0105 x$	0,76	0,873	>99,9	5,3	17,0
1962/63/64							
1		$\ln y = 1,722 - 0,0078 x$	0,68	0,824	>99,9	4,4	17,0
2		$\ln y = 1,862 - 0,0096 x$	0,71	0,840	>99,9	4,4	17,0
3		$\ln y = 1,704 - 0,0087 x$	0,62	0,790	>99,9	4,4	17,0
4		$\ln y = 1,422 - 0,0072 x$	0,42	0,650	>99,9	5,8	19,2
5		$\ln y = 1,487 - 0,0076 x$	0,58	0,762	>99,9	4,4	19,2
6*		$\ln y = 1,599 - 0,0101 x$	0,78	0,882	>99,9	5,3	19,2

* nur 1963/64

 $x = (t - t_{\text{Opt.}})^2$

um größere Meßfehler, die in einer größeren Streuung der Einzelwerte ihren Ausdruck finden (s. Abb. 6). Zwischen den Jahren sind die Bestimmtheiten ebenfalls etwas unterschiedlich (61 bis 76%). Die Gesamtanalyse mit den Werten aller 3 Jahre, wie sie zur ausgeglichenen Besetzung der Temperaturklassen vorgenommen wurde, ergab keine zusätzliche Information. Infolge der absolut verschiedenen Variablenbereiche in den einzelnen Jahren sind die Zusammenhänge meist etwas schlechter.

Die erhaltenen Regressionslinien sind mit ihren Punktwolken am Beispiel des Jahres 1964 in Abb. 6 dargestellt. Die Regressionslinien ordnen sich zwangsläufig in ihre jeweilige Punktwolke ein. Für die Berechnung der Regressionslinien wurde durch Gabeln ein Temperaturoptimum für das Roggenwachstum von 20 °C ohne Sortenunterschiede ermittelt. Der Nachweis über die genaue Lage des Optimums kann jedoch aus vorliegendem Material nicht erbracht werden, da in keinem der Versuchsjahre während des

Roggenwachstums Temperaturen von 20 °C erreicht wurden. Die erhaltenen Regressionslinien gelten deshalb streng genommen nur für den vorgekommenen Temperaturbereich. Die außerhalb der vorgekommenen Wertekombinationen verlaufenden Teile der Regressionslinie wurden unterbrochen gezeichnet. Die Gruppierung der Werte um die Regressionslinien (auch in den hier nicht dargestellten Jahren) und die 1963 bei 19 °C gemessenen Zuwächse machen jedoch wahrscheinlich, daß der Optimalbereich der Lufttemperatur für das Roggenwachstum bei optimaler Bodenfeuchte um 20 °C liegt. Damit nähern sich die Temperaturansprüche des Roggens denen des Maises, für den von SCHICK, ENGEL und RAEUBER (1960) u. a. ein Optimalbereich um 22 °C ermittelt wurde. Der ermittelte Optimalbereich liegt gegenüber der weit verbreiteten Vermutung, nach der dem Roggen als typische Pflanze des gemäßigten Klimas keine hohen Temperaturansprüche zugesprochen werden, ziemlich hoch. Er könnte aber

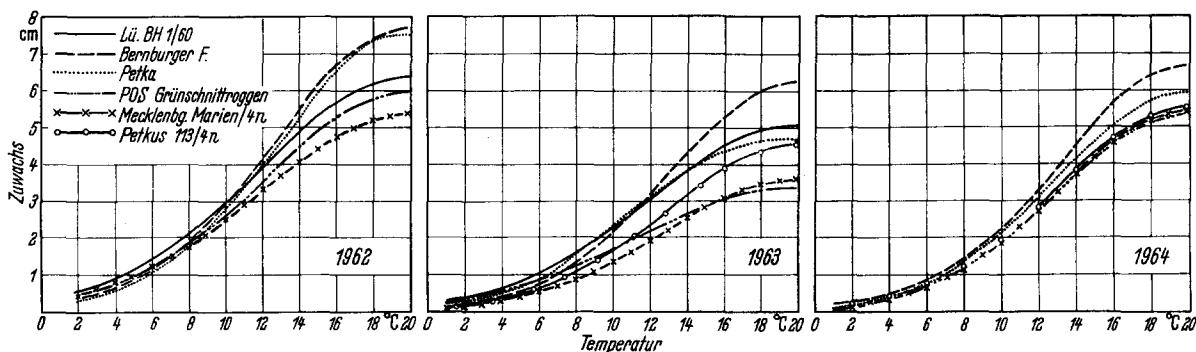


Abb. 7. Regressionslinien für den Sortenvergleich in den Jahren.

einen Hinweis dafür geben, daß der Roggen Temperatursprüche stellt, wie sie in seinem Ursprungsgebiet gegeben sind.

In Abb. 7 sind die Regressionslinien für alle Sorten in den jeweiligen Jahren vergleichend gegenübergestellt. Die Zuwächse der Sorten sind innerhalb eines Jahres und in den Jahren verschieden. 1963 wurden deutlich geringere Zuwächse als 1962 und 1964 gemessen (s. auch Abb. 9). Aus den Geradenmitteln, der Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur und der Bodenfeuchte läßt sich dies nicht erklären, so daß hier andere Faktoren als in diesen Untersuchungen nachweisbar gewirkt haben müssen.

Die Zuwachsdifferenzen der Originalwerte zwischen den Sorten wurden für jedes Jahr mittels der Differenzmethode statistisch erfaßt, wobei die gleichen Umwelteinflüssen ausgesetzten Werte paarweise gegenübergestellt wurden. Wie Abb. 8 zeigt, bestehen zwischen den meisten der geprüften Sorten signifikante Zuwachsdifferenzen, die nur 1962 weniger stark ausgeprägt sind. Während zwischen den beiden frühen Sorten Lü. BH 1/60 und Bernburger Futterroggen keine unterschiedlichen Zuwächse nachgewiesen werden konnten, sind die späten Sorten den frühen unterlegen. Auch Petka zeigt gegenüber den beiden Frühsorten noch signifikant geringere Zuwächse.

Aus den Regressionsbeziehungen in Tab. 4 ist der Regressionskoeffizient b zu ersehen. b ist ein Maß für die Wachstumsabnahme, wenn die Temperatur um 1°C vom Optimum abweicht. Sorten mit hohem

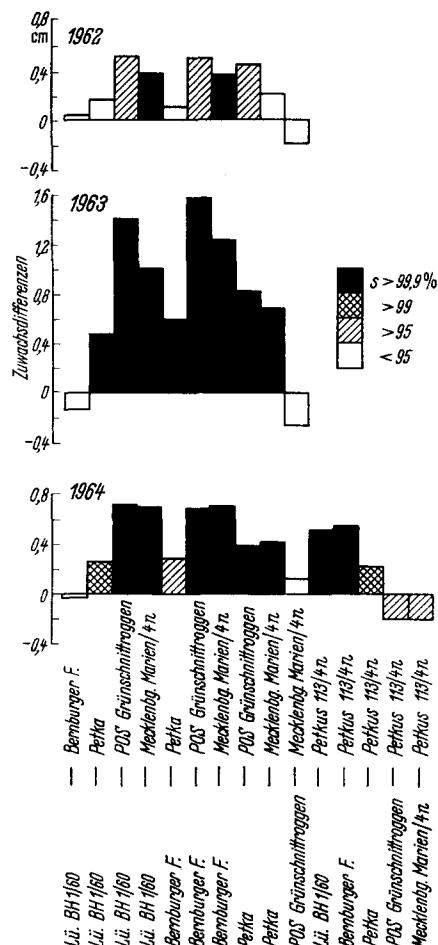


Abb. 8. Mittlere Zuwachsdifferenzen zwischen den Sorten in den Jahren.

b reagieren empfindlich, solche mit niedrigem b weniger empfindlich gegenüber Temperaturabweichungen vom Optimum. Es war nun die Frage zu untersuchen, ob die Unterschiede zwischen den Regressionskoeffizienten der Sorten in den Jahren und zwischen den Jahren signifikant sind.

Tabelle 5. Signifikanzverhältnisse der Regressionskoeffizienten zwischen den Sorten in den Jahren und bei Verrechnung aller 3 Jahre (nur $\alpha < 15\%$ angegeben).

Differenz zwischen Sorte	1962 $\alpha \%$	1963 $\alpha \%$	1964 $\alpha \%$	1962/63/64 $\alpha \%$
1:2	11,0°	0,52 ⁺⁺	—	1,2 ⁺
1:3	8,9°	—	—	—
1:4	—	—	—	—
1:5	—	—	—	—
1:6	*	5,7°	—	0,27 ⁺⁺
2:3	—	3,6 ⁺	—	—
2:4	—	—	—	1,2 ⁺
2:5	—	0,10 ⁺⁺⁺	—	0,93 ⁺⁺
2:6	*	—	—	—
3:4	—	—	—	13,2°
3:5	—	11,0°	—	—
3:6	*	—	—	13,2°
4:5	—	8,9°	—	—
4:6	*	—	—	0,70 ⁺⁺
5:6	*	0,52 ⁺⁺	—	0,27 ⁺⁺

* Sorte 6 1962 nicht gemessen

Wie Tab. 5 zu entnehmen ist, treten 1964 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten auf. Trotz unterschiedlicher Größe der Zuwächse bei Abnahme der Temperatur vom Optimum reagieren alle Sorten gleich (Abb. 7). Obwohl 1962 ebenfalls keine Signifikanz nachgewiesen werden konnte, ist doch die geringe Temperaturempfindlichkeit von Lü. BH 1/60 (1) fast gesichert gegenüber der hohen Temperaturempfindlichkeit von Bernburger Futterroggen (2) und Petka (3). 1963 ist die hohe Temperaturempfindlichkeit von Bernburger Futterroggen signifikant verschieden gegenüber der geringeren von Lü. BH 1/60, Petka und Mecklenburger Marien/4 n (5). Ebenfalls ist Petkus 113/4 n (6) signifikant empfindlicher gegenüber Mecklenburger Marien/4 n. Auch die Regressionskoeffizienten aus der Gesamtanalyse aller 3 Jahre sind z. T. gesichert verschieden. Wiederum sind es die Sorten Bernburger Futterroggen und Petkus 113/4 n, die durch große Wachstumsreaktionen gegenüber vom Optimum abweichenden Temperaturen auffallen, während Lü. BH 1/60, POS Grünschnitroggen (4) und Mecklenburger Marien/4 n weniger stark auf Temperaturänderungen reagieren.

Die Temperaturreaktion der Sorten in den verschiedenen Jahren ist in Abb. 9 vergleichsweise dargestellt. Die Regressionskoeffizienten in den Jahren

Tabelle 6. Signifikanzverhältnisse der Regressionskoeffizienten bei den Sorten zwischen den Jahren (nur $\alpha < 15\%$ angegeben).

Sorte	Differenzen zwischen den Jahren		
	1962:1963 $\alpha \%$	1962:1964 $\alpha \%$	1963:1964 $\alpha \%$
1 Lü. BH 1/60	—	2,1 ⁺	7,2°
2 Bernburger Futterroggen	—	—	—
3 Petka	—	—	—
4 POS Grünschnitroggen	—	—	—
5 Mecklenburger Marien/4 n	—	7,2°	0,38 ⁺⁺
6 Petkus 113/4 n	*	*	—

* Sorte 6 1962 nicht gemessen

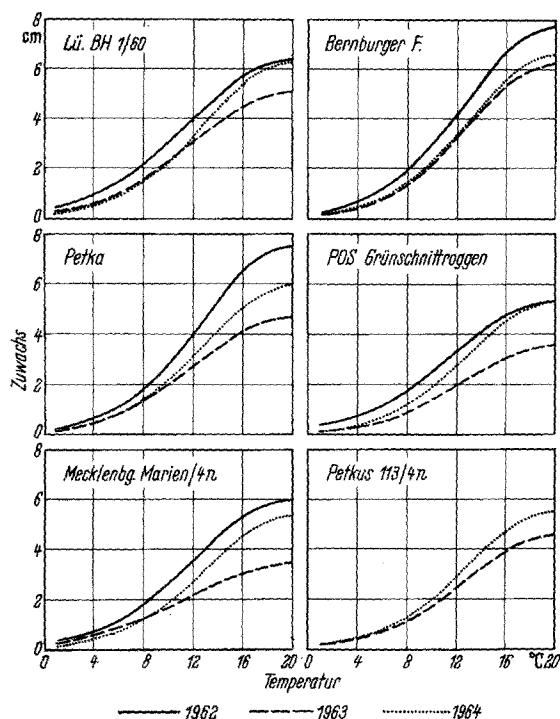


Abb. 9. Regressionslinien für den Jahresvergleich bei den Sorten.

sind mit Ausnahme der Sorten Lü. BH 1/60 und Mecklenburger Marien/4n nicht gesichert verschieden (Tab. 6). Die beiden genannten Sorten reagieren in den Jahren auf Temperaturabweichungen vom Optimum in gleicher Richtung. 1964 ist ihre Temperaturreaktion gesichert bzw. fast gesichert empfindlicher als 1962 und 1963.

Die dargelegte unterschiedliche Temperaturregression der Sorten in den Jahren und zwischen den Jahren deutet auf Interaktionen zwischen Sorten und Jahren hin. In ähnlichen Untersuchungen beim Mais konnten BELLMANN, MEINL und RAEUBER (1964) feststellen, daß hinsichtlich der Temperaturregression die Interaktionsvarianz signifikant größer als der methodische Fehler war, womit eine Interaktion zwischen Sorten und Jahren bewiesen wurde. Es kann auch hier eine spezifische Reaktion einiger Idiotypen auf die Jahreswitterung angenommen werden.

Aus den Ergebnissen der Tab. 7 wird deutlich, daß die Parameter und Wachstumswerte von der allgemeinen meteorologischen Situation und den sonstigen Umweltbedingungen in dem betreffenden Jahr beeinflußt werden. Aus der Gesamtanalyse der 3 Jahre kann jedoch auf die durchschnittliche Reaktionsnorm der Sorten geschlossen werden. Danach müssen der frühe Bernburger Futterroggen und der späte Zuchttamm Petkus 113/4n als Sorten mit einer hohen Wachstumsreaktion gegenüber vom Optimum abweichenden Temperaturen eingestuft werden. Der frühe Zuchttamm Lü. BH 1/60 zeigt im Gegensatz

dazu eine geringe Temperaturreaktion. Bei den übrigen geprüften Sorten konnten keine deutlichen Reaktionsnormen ermittelt werden.

Beurteilung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen für die Züchtung

Aus dem Dargelegten ergeben sich zunächst zwei wesentliche Aussagen:

1. Das Längenwachstum beim Winterroggen hängt entscheidend von der Temperatur ab.
2. Unter den geprüften Sorten treten Unterschiede in der Temperaturregression des Wachstums auf.

Es ergibt sich nun die Frage, ob diese Aussagen der praktischen Züchtung nutzbar gemacht werden können. Hierzu ist zunächst zu entscheiden, ob die unterschiedliche Temperaturregression einiger Sorten als Wertmesser herangezogen werden kann.

Aus früheren Untersuchungen von SCHICK, ENGEL und RAEUBER (1960) am Mais wurde gefolgt, daß die Sorten am besten seien, die unter optimalen Bedingungen höchste Leistungsfähigkeit aufweisen und auf Abweichungen vom Optimum möglichst wenig reagieren. Danach wären generell Sorten mit einem geringen Regressionskoeffizienten zu bevorzugen, weil bei diesen eine größere Wachstumsminderung bei abnehmenden Temperaturen abgefangen wird.

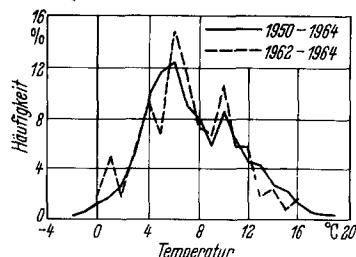
Nach neueren Untersuchungen beim Mais schränken BELLMANN, MEINL und RAEUBER (1964) diese Aussage auf Gebiete ein, in denen die optimalen Bedingungen auch mit ausreichender Häufigkeit vorkommen. Ist dies nicht der Fall, geht man also von überwiegend ungünstigen Bedingungen mit einem deutlichen Trend zu günstigeren aus, wäre ein hoher Regressionskoeffizient vorteilhaft, weil dann jede Temperaturerhöhung gut genutzt würde. Danach gibt es also im phänometrischen Sinn keine grundsätzlich beste Sorte.

Die Beurteilung der Regressionskoeffizienten setzt also die mittlere Häufigkeitsverteilung der Temperatur aus möglichst vielen Jahren für den Wachstumszeitraum voraus. Nach BELLMANN et al. (1964) kommt es dann auf die Feststellung an, ob ausgehend von der häufigsten Temperaturklasse (Modus) die günstigeren oder die ungünstigeren Temperaturklassen überwiegen. Gibt es überwiegend günstigere Temperaturklassen, dann ist die Sorte mit den höheren Regressionskoeffizienten zu empfehlen, da eine bessere Situation als die des Dichtemittels häufiger vorkommt als eine schlechtere. Analog wird bei Überwiegen ungünstigerer Temperaturklassen ein niedriger Regressionskoeffizient vorteilhaft sein.

Ausgehend von diesen Gedankengängen sollen vorliegende Ergebnisse beim Roggen analysiert werden. Einem Anfang Mai schmittwürdigen Futterroggen, dessen Züchtung aus den eingangs erwähnten Gründen angestrebt wird, steht als Vegetationszeit praktisch nur der April zur Verfügung. Da bis Ende April der Wachstumsabschnitt „Ährenschieben“, bis zu dem der Futterroggen bei guter Qualität genutzt werden kann, wohl nie erreicht wird, muß eingeraumt werden, daß ein solcher sehr früher Futterroggen unter ähnlichen Standortbedingungen wie in Groß-Lüsewitz etwa bis zum 10. Mai wachsen und genutzt werden kann. Von dem Wachstumsabschnitt 1. 4. bis 10. 5. wurde die mittlere Häufigkeits-

Tabelle 7. Einfluß der verschiedenen Jahre auf Parameter und Wachstumswerte im Mittel der Sorten.

Jahr	B	b	Zuwachs bei		
			20 °C	10 °C	6 °C
1962	0,61	0,0087	6,49	2,76	1,20
1963	0,76	0,0085	4,56	1,83	0,77
1964	0,77	0,0104	5,80	2,04	0,75



Verteilung der Lufttemperatur der Jahre 1950 bis 1964 ermittelt und diese der Häufigkeitsverteilung im Mittel der Versuchsjahre gegenübergestellt (Abb. 10).

In beiden Fällen liegt das Dichtemittel bei 6 °C. Der Darstellung ist zu entnehmen, daß ausgehend vom Dichtemittel die Häufigkeiten günstigerer Temperaturen überwiegen. In Tab. 8 sind die Häufigkeiten günstiger und ungünstiger Temperaturen zu-

Abb. 10. Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur in Groß-Lüsewitz vom 1. 4. bis 10. 5. im Mittel der Versuchsjahre und im langjährigen Mittel.

burger Futterroggen und Petkus 113/4 n am besten für den praktischen Anbau unter den Temperaturbedingungen von Groß-Lüsewitz oder ähnlichen eignen.

Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß die häufigste Temperaturklasse vom 1. 4. bis 10. 5. bei nur 6 °C und damit sehr weit vom vermutlichen Temperaturoptimum des Roggens entfernt liegt. Bei dieser Temperatur werden aber nur weniger als 25% der Zuwachsrate im Temperaturoptimum erreicht (Tab. 9). Darüber hinaus liegt der Anteil dieser sehr ungünstigen Tage (≤ 8 °C) mit 63,1% im langjährigen Mittel sehr hoch. Es ist deshalb zu prüfen, ob bei der häufigsten Temperaturklasse von 6 °C Unterschiede in den täglichen Zuwächsen bei den untersuchten Sorten bestehen.

In Tab. 10 sind die Wachstumswerte bei 6 °C für die geprüften Sorten vergleichsweise gegenübergestellt. Leider haben nicht die genannten Sorten mit der günstigsten Temperaturregression den größten Zuwachs bei 6 °C, sondern in allen Jahren der Zuchstamm Lü. BH 1/60, der wiederum durch einen signifikant geringeren, nach der obigen Deutung also ungünstig zu bewertenden Regressionskoeffizienten gegenüber Bernburger Futterroggen und Petkus 113/4 n auffällt. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten BELLMANN, MEINL und RAEUBER (1964) beim Mais. Auch dort zeigen der Temperaturregression nach günstig zu beurteilende Sorten im ungünstigen Temperaturbereich die geringsten Zuwächse. Im praktischen Anbau des Futterroggens werden diese Ergebnisse bestätigt. Wir stellen bei unserem Roggenzuchtmaterial in temperaturungünstigen Frühjahren die Ertragsüberlegenheit von Lü. BH 1/60, in temperaturgünstigen die von Bernburger Futterroggen fest. Im ersten Fall ist der Zuwachs im niederen Temperaturbereich, im letzten die hohe Temperaturregression für die Ertragshöhe besonders wirksam.

Die Zuwächse im Temperaturbereich um 6 °C sind Ausdruck für das umweltbedingte mögliche Wachstum

Tabelle 8. Häufigkeitscharakteristik der Lufttemperatur vom 1. 4. bis 10. 5. zur Beurteilung der Regressionskoeffizienten.

	Modus bei	Häufigkeit		
		ungünstigerer Temperatur	des Dichtemittels	günstigerer Temperatur
Groß-Lüsewitz				
1950–1964	6 °C	33,5%	12,5%	54,0%
1962–1964	6 °C	30,0%	15,0%	55,0%

sammengestellt. Mit 54,0% im langjährigen Mittel überwiegen eindeutig die günstigeren Temperaturen gegenüber 33,5% ungünstigen Temperaturen. Im Mittel der Versuchsjahre ist das Verhältnis günstiger zu ungünstiger Temperaturen annähernd das gleiche. Wenn man nur den April als möglichen Wachstumszeitraum für einen sehr früh zu schneidenden Futterroggen vorsieht, überwiegen in Groß-Lüsewitz die günstigeren Temperaturen noch eindeutiger mit 58,3% bei einem Modus von 5 °C.

Tabelle 9. Charakteristik der Lufttemperatur in Groß-Lüsewitz (1. 4. bis 10. 5.) mit Gruppierung nach der Gunst für das Roggenwachstum.

	Mitteltemperatur 1. 4. bis 10. 5.	Häufigste Temperaturklassen		Anteil der häufigsten Temperaturklassen		Anteil der günstigen Tage (17–23 °C)	Anteil der ungünstigen Tage (9–11 °C)	Anteil der sehr ungünstigen Tage (≤ 8 °C)
		°C	°C	%	%			
1950–1964	7,6	5	6	11,8	12,5	1,0	20,8	63,1
1962–1964	7,5	6	7	15,0	11,7	0,0	23,4	64,2

Erklärung: Günstige Tage bringen 90–100% der Zuwachsrate im Temperaturoptimum
Ungünstige Tage bringen <50% der Zuwachsrate im Temperaturoptimum
Sehr ungünstige Tage bringen <25% der Zuwachsrate im Temperaturoptimum

Tabelle 10. Täglicher Zuwachs der Sorten in den Jahren bei einem Tagesmittel der Lufttemperatur von 6 °C.

Sorte	Zuwachs in cm		
	1962	1963	1964
Lü. BH 1/60	1,41	1,04	0,86
Bernburger Futterroggen	1,14	0,75	0,76
Petka	1,03	0,84	0,81
POS Grünschnittrroggen	1,12	0,52	0,68
Mecklenburger Marien/4 n	1,16	0,85	0,69
Petkus 113/4 n	—	0,62	0,70

Diese im 15jährigen Mittel gefundene Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur würde für die Empfehlung höherer Regressionskoeffizienten sprechen. Danach müßten sich unter den geprüften Sorten Bern-

des Winterroggens etwa in der 2. Aprildekade. Diese möglichen Zuwächse bei den Sorten resultieren aus der Verrechnung entwicklungsphysiologisch gleicher Wachstumsabschnitte. Zeitlich gesehen liegen die gleichen Wachstumsabschnitte jedoch bei den geprüften Sorten sehr verschieden und charakterisieren damit die unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeit der Sorten.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit wird im allgemeinen Prüfungswesen durch Schoßbeginn, Beginn Ährenschieben oder Blühbeginn erfaßt. Sie äußert sich jedoch bereits in der Wachstumsgeschwindigkeit während der frühesten Jugend. Wie Tab. 11 zeigt, wird die gleiche Pflanzenlänge von den geprüften Sorten nach einer unterschiedlichen Anzahl von Tagen

Tabelle 11. Anzahl der Tage, nach denen die einzelnen Sorten die Pflanzenlänge der bei Meßbeginn längsten Sorte (o) erreichten.

Sorte	1962	1963	1964	$\bar{x}_{1962-1964}$
Lü. BH 1/60	0	3	1	1,3
Bernburger Futterroggen	2	0	0	0,7
Petka	7	4	3	4,7
POS Grünschnittrroggen	16	15	6	12,3
Mecklenburger Marien/4 n	9	7	2	6,0
Petkus 113/4 n	(7)*	5	2	4,7
Wuchshöhe der längsten Sorte bei Meßbeginn	24 cm	20 cm	25 cm	
Datum	14. 4.	25. 4.	21. 4.	

* Angenommener Wert entsprechend der Tendenz bei den Sorten und in den Jahren, weil 1962 nicht gemessen.

erreicht, wobei die maximale Differenz im Mittel der Prüfungsjahre 11,6 Tage beträgt. Diese Differenz entspricht etwa der im Beginn Ährenschieben. Der unterschiedliche Wachstumsbeginn im Frühjahr ist durch den Idiotyp der Sorte festgelegt und kann durch die vorherrschende Temperatur variiert werden. Zum Beispiel lagen die Lufttemperaturen in der 2. und 3. Aprildekade 1964 4 bzw. 2 °C über dem langjährigen Mittel, wodurch die am 21. 4. bei der frühesten Sorte gemessene Pflanzenlänge von 25 cm nur mit 6 Tagen Verzögerung von der spätesten Sorte erreicht wurde. Sehr warme Frühjahre vermindern die idiotypisch bedingte Entwicklungsdifferenz der Sorten.

Zur Züchtung eines sehr frühen Futterroggens genügt also nicht allein zu wissen, wie groß der mögliche Zuwachs im Temperaturbereich um 6 °C ist. Es muß darüber hinaus die entwicklungsphysiologische Bereitschaft der Sorten vorliegen, so früh wie möglich mit dem Wachstum zu beginnen, damit die im April vorherrschenden und für das Roggewachstum ungünstigen Temperaturen bereits weitgehend für das Wachstum genutzt werden können. Unter den geprüften Sorten eignen sich so gesehen nur Lü. BH 1/60 und bedingt Bernburger Futterroggen.

Nach den in vorliegenden Untersuchungen gewonnenen Ergebnissen ist zur Schnittnutzung Anfang Mai für temperaturmäßig vom 1. 4. bis 10. 5. ähnliche Standorte wie Groß-Lüsewitz ein Futterroggen zu selektieren, der

1. entwicklungsphysiologisch sehr früh ist, damit er die im April vorherrschenden niederen Temperaturen bereits weitgehend für das Wachstum nutzen kann,

2. bei der im langjährigen Mittel vom 1. 4. bis 10. 5. größten Temperaturhäufigkeit hohe Zuwächse zeigt und

3. über eine hohe Temperaturregression des Wachstums verfügt, um die gegenüber dem Modus mit größerer Häufigkeit auftretenden günstigeren Temperaturen maximal für das Wachstum ausnutzen zu können.

Auch für die Züchtung späterer Futterroggensorten haben vorliegende Ergebnisse sinngemäß Gültigkeit.

Zusammenfassung

Bei 6 Futterroggensorten unterschiedlicher Entwicklungsgeschwindigkeit wurde 3 Jahre lang in Groß-Lüsewitz die Abhängigkeit des Längenwachstums von Temperatur, Bodenfeuchte und Windstärke mit Hilfe phänometrischer Untersuchungsmethoden geprüft. Das mit dem täglichen Messen verbundene Berühren der Pflanzen und Festtreten des Bodens wirkt sich signifikant negativ auf das Wachstum aus. Zwischen Pflanzenlänge und Gesamtrockenmasse besteht während des Schossens und Ährenschiebens eine Beziehung von $r = 0,99$.

Zwischen den täglichen Zuwächsen und der Windstärke ergaben sich keine Zusammenhänge. Die Bodenfeuchte war nur 1964 mit 5,4% der Gesamtbestimmtheit an der Beschreibung des Wachstums beteiligt. Die Bestimmtheit, mit der allein die Temperatur das Wachstum erklärt, liegt um 71%. Als Temperaturoptimum wurde für alle geprüften Sorten der Bereich um 20 °C ermittelt.

Bei der Temperaturregression des Wachstums treten z. T. signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und auch zwischen den Jahren auf. Die Zuwachsdifferenzen zwischen den Sorten in den Jahren sind meist signifikant. Im Temperaturbereich um 6 °C (2. Aprildekade) zeigen die Sorten ebenfalls unterschiedliche Zuwächse.

Die Deutung der Ergebnisse im Hinblick auf die Züchtung eines Anfang Mai schnittwürdigen sehr frühen Futterroggens ergab: Für den Wachstumszeitraum 1. 4. bis 10. 5. überwiegt in Groß-Lüsewitz ausgehend vom Modus (6 °C) der Anteil günstigerer Temperaturen mit 54%. Um bei dieser Temperaturreteilung maximale Zuwächse zu erreichen, sind entwicklungsphysiologisch sehr frühe Sorten mit einer hohen Temperaturregression des Wachstums und hohen Zuwächsen im niederen Temperaturbereich anzustreben. Die geprüften frühen Sorten verfügen entweder über die hohe Temperaturregression (Bernburger Futterroggen) oder über hohe Zuwächse im niederen Temperaturbereich (Lü. BH 1/60).

Literatur

1. BELLMANN, K., G. MEINL und A. RAEUBER: Mehrjährige phänometrische Untersuchungen an einem größeren Maissortiment in Groß-Lüsewitz. Der Züchter **34**, 273–286 (1964). — 2. FUSS, F.: Zur Frage des Wachstumsnulnpunktes der Temperatur bei Winterweizen unter Freilandbedingungen. Wiss. Zschr. d. Martin-Luther-Univ. Halle – Wittenberg **5**, 513–522 (1956). — 3. KRETSCHMER, G.: Wachstums-Messungen an Pflanzen auf dem Acker. Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk. **47**, 213–226 (1949). — 4. LÜDDECKE, F.: Versuchs- und Untersuchungsergebnisse zum Anbau der Winterzwischenfrüchte und der nachfolgenden Zweitfrüchte. Z. Landw. Vers.-u. Untersuchungswesen **4**, 101–250 (1958). — 5. RAEUBER, A.: Zur rechnerischen Bearbeitung phänometrischer Untersuchungen. Angew. Meteor. **3**, 315–320 (1960). — 6. RAEUBER, A., K. BELLMANN, G. MEINL, O. MRAZEK, CH. PFEFFER und A. WINKEL: Anwendung nichtlinearer Korrelationen bei phänometrischen Arbeiten bei Mais. Z. Pflanzenzüchtung **46**, 433–442 (1961). — 7. RAEUBER, A., und K.-H. ENGEL: Untersuchungen über den Verlauf der Massenzunahme bei Kartoffeln (*Sol. tuberosum* L.) in Abhängigkeit von Umwelt- und Erbgutseinflüssen. Habil.-Schrift Univ. Rostock, 162 S. (1963). — 8. SCHICK, R., K.-H. ENGEL und A. RAEUBER: Über die Phänometrie des Maises. Der Züchter **30**, 97–101 (1960).