

stigen älteren Wurzeln, teils am Wurzelhals entstandene Adventivwurzeln. Bei Wurzelkörpern autovegetativ vermehrter Apfelgehölze kann getrennt werden in:

1. untere Serie der ersten Adventivwurzeln,
2. obere Serie der späteren Adventivwurzeln (Umstimmungswurzeln).

9. Das Gewichtsverhältnis zwischen dem oberirdischen Baumteil und dem Wurzelkörper wandelt sich bei Apfelsämlingen mit zunehmendem Alter zugunsten des oberirdischen Teiles, so daß die Gehölze kopflastig werden. Wahrscheinlich ist dies sowie der zunehmende Druck des oberirdischen Baumteiles auf die Wurzelachse die eigentliche Ursache der Umstimmung.

10. Mit Hilfe des Vorspannes weitgehend stillgelegte Wurzelkörper bleiben u. U. über Jahre hinweg nicht

nur lebensfähig, sondern wachsen nach erfolgter Umstellung normal weiter.

11. Edelsorte und Unterlage bilden zumindest bei jüngeren Gehölzen keine untrennbare Lebensinheit. Die Unterlage ist wie jeder andere Standortfaktor nicht nur wählbar, sondern in diesem Fall auch austauschbar.

Literatur

1. HILKENBÄUMER, F.: Obstbau, Grundlagen — Anbau — Betrieb. III. Aufl. Berlin 1953. — 2. KVARAZKHELIA, T.: Beiträge zur Biologie des Wurzelsystems der Obstbäume. Gartenbauwissenschaft 1931. — 3. KEMMER, E.: Die Gestaltung der Wurzelkrone bei Obstgehölzen. 2. Merkblatt, 3. Aufl. 1943. — 4. KEMMER, E. u. F. SCHULZ: Grundlagen der Bodenpflege im Obstbau. Berlin 1938. — 5. KEMMER, E. u. I. THIELE: Entwicklungsfragen bei Apfelgehölzen. Der Züchter 24, 346 (1954).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin)

Über Zusammenhänge zwischen der Reifeentwicklung von Gemüseerbsen und bestimmten mikrometeorologischen Faktoren*

Von K. UNGER und A. SCHNEIDER

Mit 14 Textabbildungen

1. Einleitung

Es kann immer wieder beobachtet werden, daß die Reifeentwicklung der Samen von Gemüseerbsen besonders deutlich von extremen klimatischen Bedingungen beeinflußt wird. So wird z. B. die Weiterentwicklung der Samen in der Zeit kurz vor der Pflückreife durch kühles und feuchtes Wetter so auffällig verzögert, daß Entwicklungsvorgänge, welche unter normalen Bedingungen in Stunden oder wenigen Tagen verlaufen, auf Wochen ausgedehnt werden. Da die Reifezeit der verschiedenen Gemüseerbsensorten zeitlich mehrere Wochen auseinanderliegt und die Sorten damit selbst am gleichen Anbauort unter verschiedenen Witterungsbedingungen ausreifen, so kommt der Abschätzung des Einflusses der Witterungsfaktoren eine große praktische Bedeutung bei der Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes der Sorten zu (z. B. Frühzeitigkeit, schnell oder langsam verlaufende Reifeentwicklung, gleichmäßiges Abreifen usw.). Wie in einer früheren Mitteilung (SCHNEIDER 1955b) ausgeführt wurde, scheinen außerdem die dort als „rückläufige Reifeentwicklungen“ gekennzeichneten Vorgänge in besonders enger Beziehung zu klimatischen Faktoren zu stehen, so daß auch aus diesem Grunde der Versuch einer Interpretation des Klimaeinflusses auf die Reifeentwicklung lohnend erschien.

2. Die Methoden zur Bestimmung der Reifeentwicklung

Bei Gemüsearten, welche wie die Gemüseerbsen nicht zur Zeit einer natürlichen Zaesur in ihrer Entwicklung geerntet und genutzt werden, ist unter dem Begriff „reif“ der Zeitpunkt zu verstehen, an dem die für die Nutzung günstigste Beschaffenheit erreicht ist. Die Bestimmung des pflückreifen Zustandes kann daher

zunächst nur auf Grund subjektiv festzustellender qualitativer Eigenschaften der Samen erfolgen (z. B. durch Geschmacksproben). Alle objektiven Reifebestimmungen müssen demnach auf Faktoren beruhen, welche mit den konventionell festgelegten qualitativen Eigenschaften in bekanntem Zusammenhang stehen und damit zuverlässige Rückschlüsse gestatten.

Zur Charakterisierung des Reifezustandes von Erbsen stehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Einmal können durch analytisch-chemische Verfahren Veränderungen in der stofflichen Zusammensetzung erfaßt werden, welche während der Reife mehr oder weniger gesetzmäßig verlaufen. Dafür lassen sich z. B. die Zunahme des Trockensubstanzgehaltes oder die Steigerung des Anteils an alkoholunlöslicher Substanz verwenden. Von beiden ist bekannt, daß zwischen ihnen und den organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten eine enge Korrelation besteht (GUR-SCHMIDT). Bis auf den Zuckergehalt erfassen beide Verfahren im wesentlichen die gleichen Inhaltsstoffe der Samen (Zellwandsubstanzen, Stärke und Eiweiße), sie verlaufen daher während der hier interessierenden Entwicklungphase etwa parallel. Über die Ursachen der experimentell gefundenen Tatsache der etwas engeren Korrelation zwischen alkoholunlöslicher Substanz und organoleptischen Qualitätsnoten hat SCHNEIDER (1955b) vor kurzem berichtet. Auch die Bestimmung des Stärkegehaltes, welcher während der Reife stetig zunimmt, kann für die Reifebestimmungen herangezogen werden. Dieses Verfahren hat sich aber — vor allem wegen der methodischen Schwierigkeiten der Stärkebestimmung an frischem Material — nicht durchsetzen können. Schließlich wäre noch die Bestimmung des Zuckergehaltes zu erwähnen, welcher aber zur Charakterisierung des Reifezustandes nur bedingt zu verwenden ist, da der Gehalt an Zucker bei normaler Entwicklung in der Zeit vor der Pflückreife ansteigt, um dann mehr oder weniger schnell auf den für vollreife Samen typischen

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 26.

niedrigen Wert abzusinken. Diese normalerweise vorhandene Unstetigkeit der Zuckerkurve und die bereits näher beleuchteten Schwankungen im Zuckergehalt reifender Erbsen (SCHNEIDER (1955b)) lassen exakte Reifebestimmungen durch analytische Erfassung dieser einen Komponente allein nicht zu. Alle hier erwähnten chemisch-analytischen Verfahren benötigen einen relativ großen Zeitaufwand. Es ist daher versucht worden, an Stelle chemisch zu erfassender Veränderungen schneller zu bestimmende physikalische Faktoren zur Charakterisierung des Reifezustandes heranzuziehen. Einer dieser Faktoren, welcher sich zur Qualitätstraktionierung in der Konservenindustrie eingebürgert hat, ist das spezifische Gewicht der Samen, das infolge der Abnahme des Wassergehaltes beim Ausreifen der Samen ansteigt. Noch einfacher zu bestimmen ist aber die Gewebefestigkeit der Samen, von der außerdem bekannt ist (GUTSCHMIDT), daß sie in einer engen Korrelation sowohl zu den organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten als auch zum Gehalt an Trockensubstanz und alkoholunlöslichen Bestandteilen steht. Zur Ermittlung der Gewebefestigkeit bedienten wir uns eines in der feinmechanischen Werkstatt des Instituts hergestellten Gerätes, welches das Prinzip der amerikanischen Texturemeter verwendet. Eine genaue Beschreibung des Apparates und Angaben über die beim Meßvorgang zu beachtenden Maßnahmen sind früher (SCHNEIDER (1955a+b)) gegeben worden.

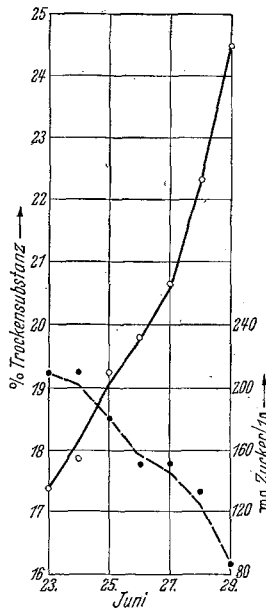


Abb. 1. Veränderungen des Gehaltes an Trockensubstanz und Zucker (Gesamt-) bei der Schalerbsensorte „Onsa“:
 ● — mg Zucker pro 1 g Trockensubstanz
 ○ — prozentualer Gehalt an Trockensubstanz.

Da wir bei den Untersuchungen über den Reifeverlauf darauf bedacht sein mußten, eine möglichst reale Bezugsgröße zu wählen, so haben wir trotz der etwas besseren Übereinstimmung zwischen alkoholunlöslichen Bestandteilen und organoleptisch ermittelten Qualitätsnoten aus folgenden Gründen doch auf den prozentualen Gehalt an Trockensubstanz zurückgegriffen. Die Zucker, welche nicht zu den alkoholunlöslichen Bestandteilen gehören, können in Gemüseerbsen bis zu 9% des Frischgewichtes oder bis etwa 30% des Trockengewichtes ausmachen, sie stellen also einen wesentlichen Prozentsatz der überhaupt vorhandenen Trockensubstanz dar und können nicht ohne weiteres vernachlässigt werden. Während der späteren Reifephase fällt der Gehalt an Zucker zwar wesentlich und bei den einzelnen Sorten unterschiedlich schnell ab, aber dieser Zuckerverlust erscheint natürlich als Zunahme anderer Bestandteile der Trockensubstanz (vor allem im Stärkegehalt) wieder und kann die Ergebnisse daher kaum verfälschen. Daß die Stetigkeit des Anstieges der Trockensubstanzgehalte dadurch nicht beeinflußt wird, das geht aus dessen etwa linearem Anstieg während dieser Reifephase hervor. Für die Sorte Onsa sind die Veränderungen des Gehaltes an Trockensubstanz und Zucker in der Abb. 1 dargestellt.

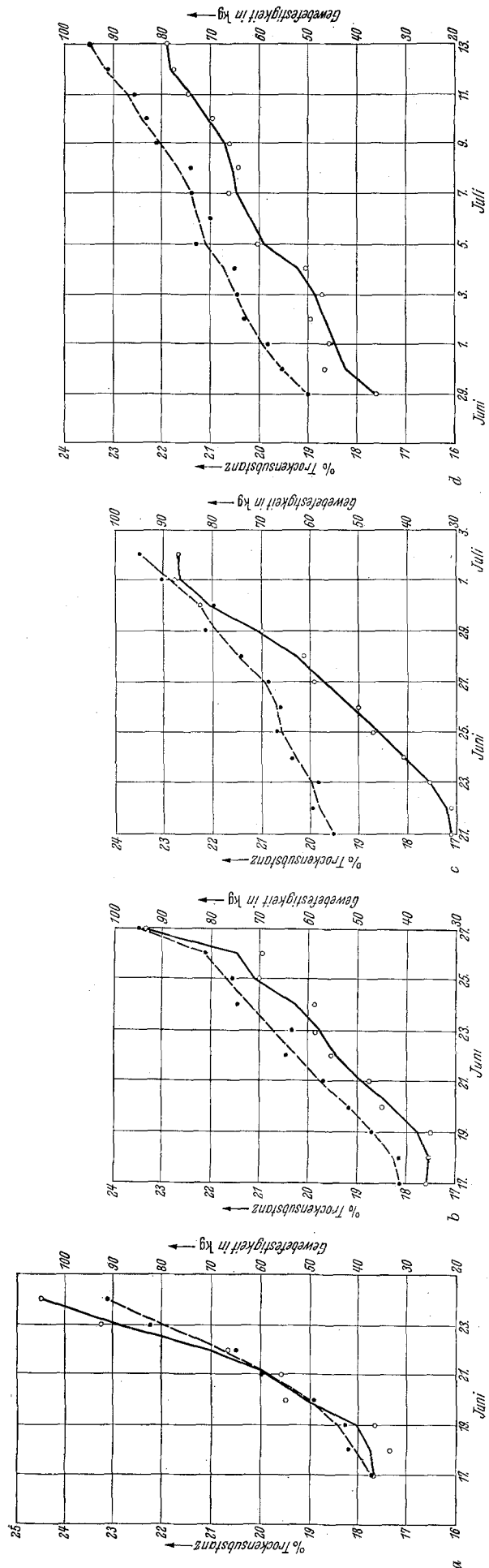


Abb. 2a—d. Zunahme des Gehaltes an Trockensubstanz ○ — und Anstieg der Gewebefestigkeit ● — bei den Sorten (a) Maiperte, (b) Maiwunder, (c) Bördewunder und (d) Quecklinburger Stamm 532.

Zwischen der Zunahme des Trockensubstanzgehaltes und dem Ansteigen der mit dem Texturemeter ermittelten Werte für die Gewebefestigkeit bestehen enge Korrelationen. In der Abb. 2a—d sind die Veränderungen beider Größen für je einen Vertreter der frühen Schalerbsen (Maiperle) und der frühen (Maiwunder), mittelfrühen (Bördewunder) und späten (Quedlinburger Stamm 532) Markerbsen dargestellt. Die Korrelationskoeffizienten betragen für Maiperle $r = + 0,98$, Maiwunder $r = + 0,96$, Bördewunder $r = + 0,98$ und Quedlinburger Stamm 532 $r = + 0,88$. Im Durchschnitt aller Sorten fanden wir einen Koeffizienten von $r = + 0,93$.

Aus der engen Beziehung zwischen beiden — voneinander nur bedingt abhängigen — Bezugsgrößen ist zu schließen, daß beide repräsentative Werte für Reifebestimmungen liefern können. In allen folgenden statistischen Berechnungen wurde der Trockensubstanzgehalt als Bezugsgröße verwendet. Eine Verrechnung auf der Basis der Werte für die Gewebefestigkeit würde nach der engen Korrelation zwischen beiden Werten zu den gleichen Ergebnissen führen müssen.

3. Der Reifeablauf der Erbsen im Jahre 1954

Der Verlauf der Reifeentwicklung wurde an 36 Gemüserbsensorten bzw. -stämmen durch laufende Bestimmungen der Trockensubstanzgehalts- und Gewebe-

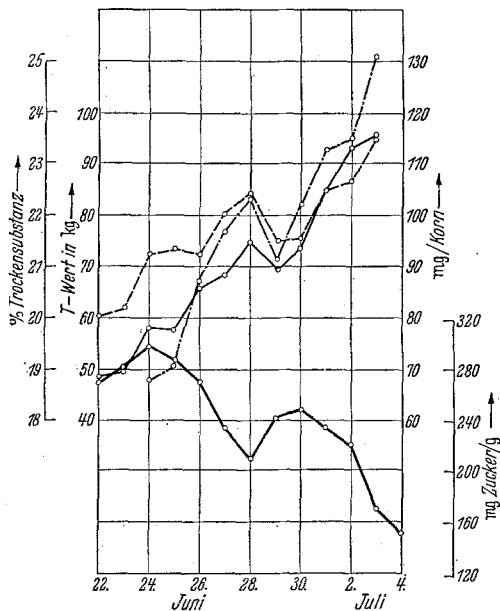


Abb. 3. Reifeablauf bei dem Quedlinburger Stamm 52/8215.
 ○ — ○ prozentualer Anteil an Trockensubstanz,
 ○ — ○ Gewebefestigkeit in kg, ○ — ○ durchschnittliches absolutes Trockengewicht pro Korn, ○ — ○ Zuckergehalt (Gesamtzucker-) in mg pro 1 g Trockensubstanz.

festigkeitsänderungen verfolgt. Die Erbsen waren auf dem Versuchsfeld des Instituts in etwa 100 m² großen Parzellen angebaut worden. Aus diesen Parzellen wurden täglich zwischen 6 und 7 Uhr morgens — und zwar etwa von 6 Tagen vor der zu erwartenden Pflückreife an — mehrere Hundert Pflanzen entnommen, sofort nach dem Laboratorium gebracht und dort alle Hülsen mit äußerlich erkennbar begonnener Samenausbildung ausgepalt. Für alle Untersuchungen wurden grundsätzlich die so gewonnenen Durchschnittsproben ausgepalteter Gemüserbsen verwendet, eine Fraktionierung nach Größe oder nach spezifischen Gewichten erfolgte nicht. Ein Teil der Samen wurde im Luftstrom von 70° C zu-

nächst zwei Stunden und anschließend bei 55° zu Ende getrocknet. Die Ermittlung des Trockengewichtes erfolgte nach mehrwöchentlichem Aufenthalt in CaCl₂-Exsiccatoren. Die Bestimmung der Gewebefestigkeit mit Hilfe des Texturemeters erfolgte nach Abkühlung der Samen auf + 4° C. Zwischen der Ernte der Erbsen und der Gewebefestigkeitsbestimmung vergingen nie mehr als 3 Stunden. Weitere methodische Einzelheiten dieser Bestimmungen sind bei SCHNEIDER (1955 a+b) zu finden.

Wie bereits aus den Abb. 2a—d zu ersehen ist, steigt im allgemeinen sowohl der Trockensubstanzgehalt als auch die Gewebefestigkeit etwa linear an. Dabei sind innerhalb des Erbsensortimentes deutliche Unterschiede in der Geschwindigkeit des Reifeablaufes festzustellen.

Der Reifeverlauf der Erbsen zeigte nun aber 1954 noch eine Besonderheit insofern, als bei einigen Sorten ausgeprägte Unstetigkeiten im Verlauf der Kurven für beide Bezugsgrößen auftraten, welche nicht als zufällige und durch die Probenahme oder andere methodische Ursachen bedingte Schwankungen angesehen werden können. Als ein Beispiel für dieses Verhalten (weitere Beispiele bei SCHNEIDER (1955b)) seien die Verhältnisse am Reifeverlauf des Quedlinburger Stammes 52/8215 dargestellt (Abb. 3). In der Zeit zwischen dem 22. und dem 28. 6. 1954 steigt sowohl die Gewebefestigkeit als auch der Trockensubstanzgehalt an, um anschließend bis zum 29. 6. 1954 auf einen Stand zurückzufallen, welcher bereits mehrere Tage vorher schon einmal erreicht worden war. Von diesen Minima an nehmen die Kurven etwa ihren ursprünglichen Verlauf wieder auf. Wie sich später herausstellte, verläuft auch die Kurve des durchschnittlichen absoluten Trockengewichtes pro Samen synchron dazu. Es handelt sich dabei also nicht nur um eine vorübergehende Verlangsamung der Reifeentwicklung oder um Änderungen im Wassergehalt, sondern um eine rückläufige Entwicklung der Samen. Da zur Zeit der Minima dieser Kurven ein erneutes Maximum im abfallenden Ast der Zuckergehaltskurve auftritt, so liegt die Vermutung nahe, daß die Substanz der reifenden Samen auf dem Wege über eine Polysaccharidhydrolyse dezimiert worden ist. Diese Unstetigkeiten traten bevorzugt an relativ wenigen Tagen (vor allem in der Zeit zwischen dem 28. und 30. Juni und dem 8. und 9. Juli) in Erscheinung, wobei allerdings nicht alle Sorten im gleichen Maße betroffen wurden.

Die Betrachtung des Klimaeinflusses auf den Reifeverlauf wird dadurch erschwert, daß die experimentell ermittelten Werte für Trockensubstanzgehalt und Gewebefestigkeit zum Teil erhebliche Schwankungen von Tag zu Tag aufweisen, welche nicht eigentlich methodisch bedingt sind, sondern durch ungleichmäßige Entwicklung der Pflanzen in den gedrillten Parzellen verursacht worden sind. Ungleichmäßige Bestandsdichte und unterschiedliches Lagern der Erbsenpflanzen führten zu teilweise auch äußerlich erkennbaren Reifeunterschieden. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß in Anbetracht der Kurzzeitigkeit der Phasen rückläufiger Reifeentwicklung, deren Auftreten und Zeitdauer a priori gar nicht zu erwarten und abzuschätzen war, zu wenig und zeitlich zu weit auseinanderliegende Daten ermittelt worden sind. Es ist aus diesen Gründen unwahrscheinlich, daß die Maxima und Minima der Kurven in allen Fällen und zeitlich exakt erfaßt worden sind.

Nachdem wir auf die Möglichkeit von „rückläufigen Reifeentwicklungen“ durch unser Untersuchungsmaterial aufmerksam geworden waren, stellten wir an Stichproben aus ähnlichen Untersuchungen aus früheren Jahren fest, daß derartige Entwicklungsanomalien häufiger aufzutretenscheinen. So fanden wir aus Versuchs-

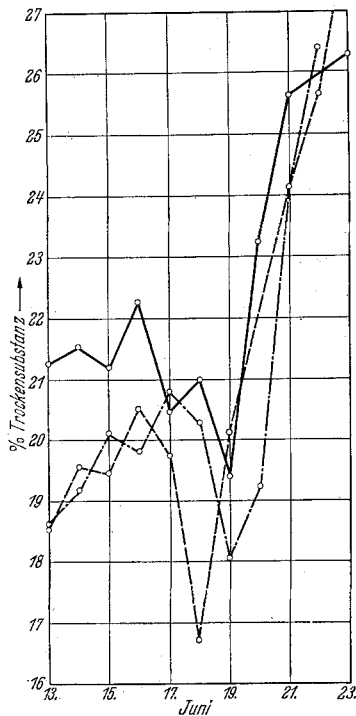


Abb. 4. Reifeverlauf der Sorten Kleine Rheinländerin \circ — \circ , Saxa \circ — \circ und Kreuzung Onward \times allerfr. Mai \circ — \circ im Jahre 1943 in Hadmersleben.

protokollen, welche uns der Saatzuchtleiter Helmut ADAM unserer Institutszweigstelle Amt Hadmersleben freundlichst zur Verfügung stellte, daß zwischen dem 16. und 18. Juni 1943 in Hadmersleben die Erbsensorten „Kleine Rheinländerin“, „Saxa“ und eine Kreuzung „Onward \times Allerfrüheste Mai“ eine deutliche Abnahme des Gehaltes an Trockensubstanz und einen späteren sehr raschen Anstieg zeigten (Abb. 4). Auch aus einem Versuch der Reifeverlaufsbestimmung, welchen wir früher mit dem Saatzuchtleiter Friedrich FABIG am hiesigen Institut durchführten, lassen

sich ähnliche Rückschlüsse ziehen. In diesem Falle sind auch die klimatischen Faktoren der Reifezeit registriert worden, so daß, wie später gezeigt werden wird, auch die Frage der gleichen Wirkung gleicher oder ähnlicher Ursachen diskutiert werden kann.

4. Die Methoden zur Bestimmung der mikrometeorologischen Faktoren

Auf dem Versuchsfeld des Instituts für Pflanzenzüchtung Quedlinburg, dem Öringer Feld, waren die Versuchspartzellen so angelegt, daß während der gesamten Versuchsperiode stets Parzellen mit Erbsen so herangewachsen waren, daß sie einen geschlossenen Bestand bildeten. In diesen geschlossenen Beständen wurden die wichtigsten mikrometeorologischen Faktoren registrierend verfolgt und zwar die Bestandstemperatur, die Bestandsluftfeuchtigkeit und die Bodentemperatur. Die Bodenfeuchtigkeit wurde unter den geschlossenen Beständen fortlaufend mit Hilfe von Bodenproben bestimmt. Weiter wurde über den Beständen der Windgeschwindigkeitsgradient durch die Messung der Windgeschwindigkeit über dem Bestand und in verschiedenen Höhen darüber ermittelt. Durch dauernde Kontrollen der Registrierungen und Messungen wurden mikrometeorologisch-physikalisch repräsentative Vergleichswerte gewonnen, die mit den Beobachtungen der Pflanzenentwicklung besonders gut vergleichbar sind und als physikalisch kontrollierte Werte auch stets an anderen Standorten reproduzierbar sein dürften (Einzelheiten der Meßtechnik UNGER

(1954)). Neben den mikrometeorologischen Messungen wurden auf dem Versuchsfeld noch sämtliche üblichen meteorologischen Größen gemessen und registriert.

5. Der Witterungsverlauf während der Versuchsperiode 1954

Die zu schildernde Entwicklungsperiode während der Vegetationsentwicklung der Erbsen fiel 1954 auf die Monate Juni und Juli. $\frac{1}{3}$ aller Junitage waren zu kühl,

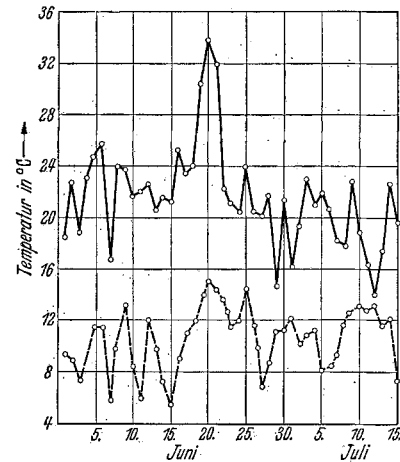


Abb. 5. Höchste und tiefste Stundenmittel der Temperatur in einem geschlossenen Erbsenbestand im Jahre 1954.

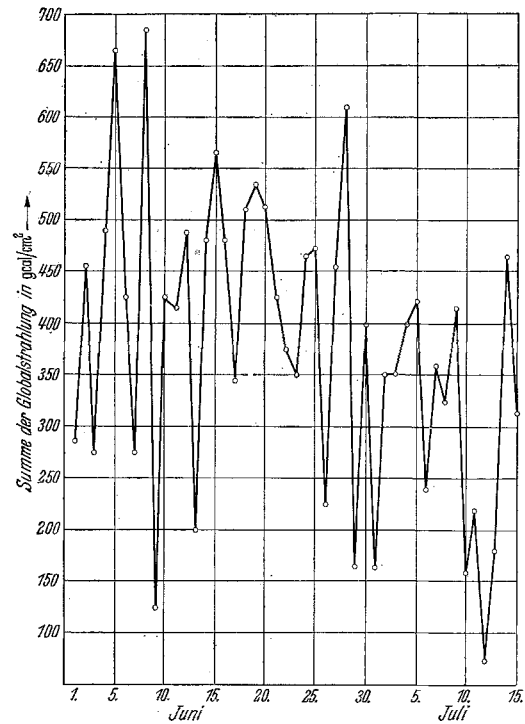


Abb. 6. Summe der täglichen Globalstrahlung in Quedlinburg 1954 in $\text{cal/cm}^2 \text{ min}$.

während $\frac{2}{3}$ zu warm waren. So erreichte das Tagesmaximum am 7. und 29. Juni nur Werte unter 17°C , und das Tagesminimum der Bestandstemperatur sank am 7., 11., 15. und 27. unter 8° ab. Im Gegensatz dazu wurde am 6. Juni ein Tagesmaximum von fast 26° und am 20. ein Tagesmaximum der Bestandstemperatur von fast 34° erreicht (Abb. 5). Etwa dem Temperaturverlauf folgen die Werte der Summe der täglichen Globalstrahlung für die Monate Juni und Juli (Abb. 6). Während zu Beginn des Monats Juni durch häufigere intensive Niederschläge die Bodenfeuchtigkeit noch

fast 22% (Wasseranteil in Prozent des Trockengewichtes) betrug, sank sie bis zum 19.6. im Bestand auf unter 10% ab. Am 22. konnte sich aber die Bodenfeuchtigkeit erneut so stark anfüllen, daß wieder Werte von

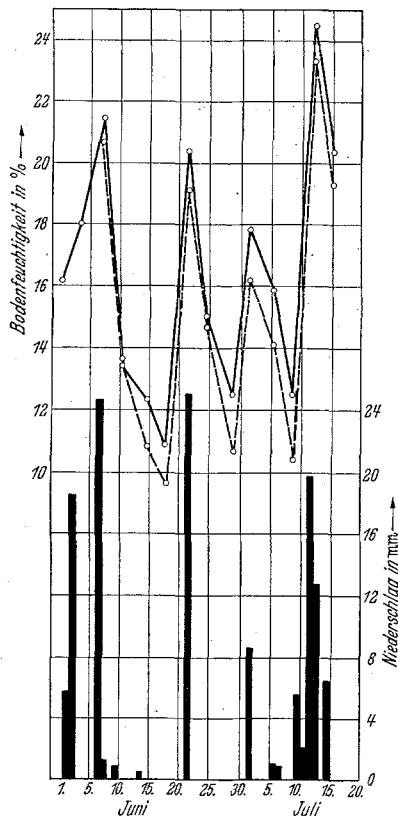


Abb. 7. Verlauf der Bodenfeuchtigkeit, ausgedrückt in Prozent des Trockengewichtes als Mittelwert für die Schichttiefen von 00 bis 60 cm
 — unter vegetationsfreier Ackerfläche
 - - - unter einem geschlossenen Erbsenbestand
 schwarze Säulen = Niederschlagssumme pro Tag.

über 20% gemessen wurden. Bis Ende des Monats sank dann der Wassergehalt des Bodens wieder bis auf etwa 11% ab (Abb. 7).

Der darauffolgende Monat, der Juli, war im ganzen gesehen zu kühl und außerordentlich niederschlagsreich. Die Bodenfeuchtigkeit stieg mit Beginn des Monats

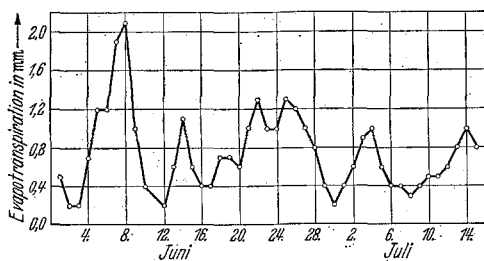


Abb. 8. Verlauf der Evapotranspiration (nach THORNTHWAITE-PASQUILL) im Jahre 1954 über Erbsenbeständen in Quedlinburg.

wieder erheblich an und erreichte nach einem vorübergehenden Absinken bis zum 9. Juli einen Höchstwert von über 24% am 13. 7. Die höchsten Temperaturen im Erbsenbestand schwankten im Juli zwischen 15° und 23°. Die tiefsten Temperaturen wurden im Juli am 5. mit etwa 8° erreicht. Im Laufe des Juli nahm die Niederschlagsintensität stets zu. Da die gemessenen Windgeschwindigkeiten für die Pflanzenentwicklung direkt nicht wirksam sind, für die Transpirationsintensität der Pflanzenbestände aber eine große Bedeutung haben, konnte durch die Ermittlung des Gradienten

der Windgeschwindigkeit eine Abschätzung der Evapotranspiration erfolgen. Über die Möglichkeit, solche Abschätzungen durchzuführen, hat UNGER (1954) berichtet. Um den Verlauf der Evapotranspiration mit den vorhandenen Unterlagen abzuschätzen, wurde eine Formel nach PASQUILL benutzt. Der Verlauf der errechneten Evapotranspiration ist in Abb. 8 dargestellt. Wir finden in der Versuchsperiode als Hauptmaximum der Evapotranspiration die Zeit zwischen dem 22. und 26. Juni. Zwei weitere Maxima sind am 14. Juni und 4. Juli zu beobachten. Relativ geringe Größen der Evapotranspiration sind am 30. 6. sowie vom 6. bis zum 11. Juli.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß während der Reifeentwicklung der Erbsen im Jahre 1954 zunächst etwas zu warme und dann ab 22. Juni zu kühle und zu feuchte Witterung herrschte, die aber durch dazwischen liegende Perioden mit etwas höheren Temperaturen kurzfristig unterbrochen wurde.

6. Der Zusammenhang zwischen der Reifeentwicklung und dem Witterungsverlauf

Bei der Reifeentwicklung handelt es sich stets um eine mehr oder weniger große Zunahme z. B. des Trockengewichtes oder der mechanischen Festigkeit, so daß die damit aufgestellten Zahlenreihen stets Summenkurven sind. Man muß bei dieser Entstehung der Summenkurven unterscheiden, daß es eine normale Reifeentwicklung gibt, wenn die Umweltbedingungen stets fördernd und konstant sind, und eine relativ zu dieser Entwicklung verlaufende Störung der normalen Reifeentwicklung durch die variierenden Umweltbedingungen. Bei den gewonnenen Unterlagen für die Reifeentwicklung läßt diese normale Reifeentwicklung eine Grundbewegung erkennen, die annähernd mit einer Geraden darzustellen ist (Abb. 2a—d). Unter dieser Voraussetzung kann die Reaktion auf die Umweltbedingungen als Abweichung zu dieser linearen Grundbewegung bestimmt werden. So ist also auch die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklungszahlen, also die Änderung der Reifeentwicklung innerhalb von 24 Stunden bereits ein Maß für die Einflüsse der Umweltbedingungen. Errechnet man nun für alle Tage während der Reifeentwicklung eine solche interdiurne Veränderlichkeit der Ergebnisse der Texturmessungen oder des prozentualen Trockengewichtsanteils, so findet man, daß die einzelnen Sorten auch wieder voneinander etwas abweichende Reaktionen zu den Umweltbedingungen besitzen. Auf diese Erscheinung soll später noch eingegangen werden. Zunächst kam es aber darauf an, für sämtliche untersuchten Erbsensorten einen besonders typischen Reaktionsgang zu ermitteln. Dazu wurden sämtliche interdiurnen Veränderlichkeiten der Reifeentwicklung aller untersuchten Erbsensorten pro Tag zusammengefaßt. Zwangsläufig mußte bei dieser Zusammenfassung pro Tag durch das sehr uneinheitliche Material eine große Streuung entstehen. In der Abb. 9 ist die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung aller Sorten pro Tag an Hand der täglichen Änderung des prozentualen Trockengewichtsanteils dargestellt. Trotz der großen Streuung läßt sich aber eine deutliche Änderung der relativen Reifeentwicklung von Tag zu Tag feststellen. Faßt man die einzelnen Werte in neun Klassen zusammen, so lassen sich in einer Häufigkeitsdarstellung pro Tag die Schwer-

punkte der Häufigkeitsverteilung in bestimmten Klassen festlegen. Für die durchgeführte Korrelations- und Regressionsanalyse diente dieser in Klassenwerten dargestellte Verlauf der interdiurnen Veränderlichkeit der Reifeentwicklung als Grundlage. Zu dieser mittleren Änderung der relativen Reifeentwicklung wurde der in Frage kommende Verlauf der mikrometeorologischen Faktoren in Korrelation gesetzt. Die erste Stunde des Vergleichstages begann am vorhergehenden Tag von

Ähnlich wie bei der Prüfung des Einflusses der Temperatur wurde der Einfluß der Globalstrahlung untersucht. Dabei wurde als Vergleichsgröße die Summe der Globalstrahlung in $\text{cal/cm}^2\text{min}$ benutzt. Hier zeigte sich, daß der Korrelationskoeffizient bei einer Lag-Korrelation zwar ebenfalls an den Tagen vorher anstieg, aber die Grenze des Zufallshöchstwertes nicht erreichte. Der höchste Korrelationskoeffizient ist in der Zeit zwei Tage vorher zu ermitteln. Es ist aber sta-

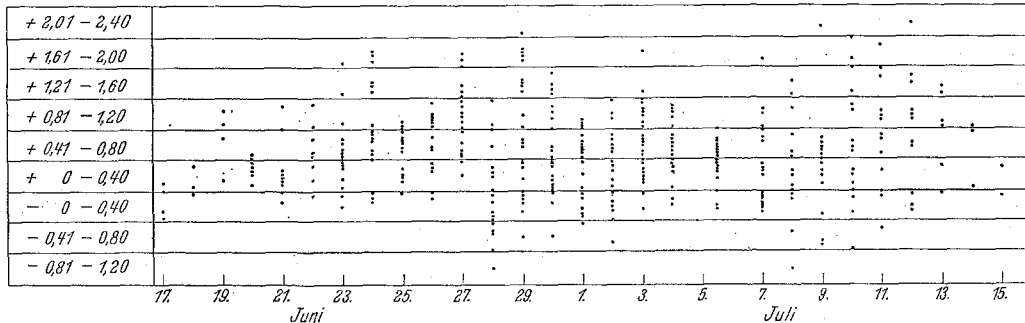


Abb. 9. Interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung ausgezählt als tägliche Änderung des Trockensubstanzgehaltes aller untersuchten Erbsensorten.

7 bis 8 Uhr und endete am darauffolgenden Tag mit der Stunde der Pflücke von 6 bis 7 Uhr. Für diese Zeit konnten durch die in Stundenwerte ausgewerteten meteorologischen Größen mittlere Vergleichsgrößen der meteorologischen Faktoren gebildet werden.

Von vornherein war zu erwarten, daß zwischen der Temperatur und der Änderung der Reifeentwicklung der engste Zusammenhang zu finden ist. Als Vergleichsgröße der Temperatur wurden die Stundenwerte der Temperatur in einem geschlossenen Erbsenbestand benutzt. Setzt man die Mitteltemperatur der vergangenen 24 Stunden bis zu dieser Pflücke mit der interdiurnen Veränderlichkeit der Reifeentwicklung in Korrelation, so wird der Korrelationskoeffizient fast gleich Null, d. h. daß ein Einfluß des Temperaturverlaufes in den letzten 24 Stunden auf die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung nicht nachweisbar ist. Da aber zu vermuten war, daß gar nicht der letzte Tag für die Reifeentwicklung entscheidend wichtig ist, sondern der Temperaturverlauf an den Tagen vorher, wurde mit Hilfe einer Lag-Korrelation überprüft, an welchen vorhergehenden Tagen der höchste Einfluß der Temperatur auf die Reifeentwicklung zu ermitteln ist.

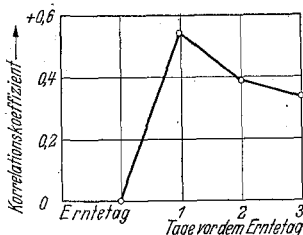


Abb. 10. Lag-Korrelation zwischen Bestandstemperatur und der interdiurnen Veränderlichkeit der Reifeentwicklung von Gemüseerbsen.

Wie in Abb. 10 zu sehen ist, findet man für einen Tag vor dem Erntetag den höchsten Korrelationskoeffizienten mit $r = +0,54$. Dieser Korrelationskoeffizient ist statistisch gesichert, da der Zufallshöchstwert bei 27 Freiheitsgraden und einer Wahrscheinlichkeitsgrenze von 1% für $r_{max} = 0,46$ ist. Da der Korrelationskoeffizient bei einer Wirkung der Temperatur 2 bis 3 Tage vorher noch dicht an der Grenze des Zufallshöchstwertes für r_{max} bei einer Wahrscheinlichkeitsgrenze von 5% liegt, ist zu vermuten, daß auch die noch weiter zurückliegenden Tage einen Einfluß auf die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung besitzen.

tistisch durch eine partielle Korrelation zwischen der Temperatur, der Globalstrahlung und der relativen Reifeentwicklung nachzuweisen, daß bei Konstanthalten der Strahlung oder Temperatur sich die Korrelationskoeffizienten nur in nicht gesicherten Bereichen ändern. Damit ist zu vermuten, daß die Korrelation zur Globalstrahlung nur dadurch entsteht, weil zwischen der Temperatur und der Globalstrahlung eine Korrelation existiert.

Man konnte nun vermuten, daß die relative Reifeentwicklung noch durch den Gang der Bodenfeuchtigkeit oder durch die bereits oben erwähnte Evapotranspiration beeinflusst wird. Zwischen der relativen Reifeentwicklung und der Bodenfeuchtigkeit läßt sich aber keine signifikante Korrelation nachweisen, genau so, wie ein Zusammenhang zwischen Evapotranspiration und Reifeentwicklung nicht statistisch eindeutig ist.

Es bleibt also als entscheidendster Faktor der Einfluß der Temperatur übrig. Bildet man nun für den Tag, an dem die Temperatur für die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung besonders stark in Erscheinung tritt, d. h. ein Tag vor der Pflücke, eine Häufigkeitsverteilung der vorkommenden Temperaturbereiche und zwar von $5-10^\circ$, $10-15^\circ$, $15-20^\circ$ usw., so läßt sich für diese Bereiche wiederum eine Korrelation berechnen. Die Höhe der gefundenen Korrelationskoeffizienten ist in Abb. 11 dargestellt. Mit zunehmender Temperatur nimmt auch die Höhe des Korrelationskoeffizienten zu. Es ist aber interessant, daß die Temperaturklassen von $5-10^\circ$ und $10-15^\circ$ negative Korrelationskoeffizienten besitzen, während ab 15° positive Korrelationen auftreten. Diese Bereiche unter 15° scheinen für die Klärung des Phäno-

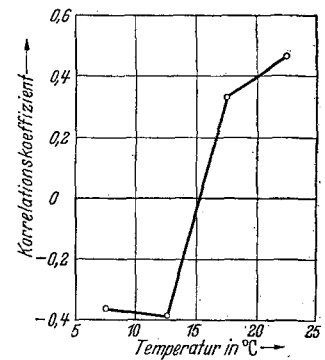


Abb. 11. Der Einfluß bestimmter Temperaturbereiche auf die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung von Gemüseerbsen am Tage vor der Ernte.

mens der rückläufigen Reifeentwicklung von besonderer Bedeutung zu sein.

Um das Zusammenwirken aller gemeinsamen physikalischen Umweltfaktoren auf die relative Reifeentwicklung zu überprüfen, wurde die multiple Regression der Temperatur des Vortages, der Evapotranspiration des Vortages und der Bodenfeuchtigkeit mit der relativen Reifeentwicklung gebildet. Eine solche multiple Regressionsgleichung läßt sich in der Form

$$Y = \bar{y} + b_1 (x_1 - \bar{x}_1) + b_2 (x_2 - \bar{x}_2) + b_3 (x_3 - \bar{x}_3)$$

aufstellen. Die Regressionskoeffizienten b_1 , b_2 und b_3 lassen sich dann aus den drei Bestimmungsgleichungen

$$b_1 \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + b_2 \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2) + b_3 \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_3 - \bar{x}_3) = \sum (x_1 - \bar{x}_1) (y - \bar{y})$$

$$b_1 \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2) + b_2 \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 + b_3 \sum (x_2 - \bar{x}_2) (x_3 - \bar{x}_3) = \sum (x_2 - \bar{x}_2) (y - \bar{y})$$

$$b_1 \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_3 - \bar{x}_3) + b_2 \sum (x_2 - \bar{x}_2) (x_3 - \bar{x}_3) + b_3 \sum (x_3 - \bar{x}_3)^2 = \sum (x_3 - \bar{x}_3) (y - \bar{y})$$

errechnen. Setzen wir dann für y die interdiurne Veränderlichkeit der Reifeentwicklung (R) und für x_1 die Temperatur des Vortages (t) und für x_2 die Evapotranspiration des Vortages (E) und für x_3 die Bodenfeuchtigkeit (b) ein, so ergibt sich eine multiple Regressionsgleichung in der Form

$$R = 2,57 + 0,255 (t - 15,4) + 1,10 (E - 0,75) - 0,170 (b - 13,87)$$

Wird daraus die mehrfache Bestimmtheit errechnet, so ergibt sich für

$$B = 0,5026.$$

oder der mehrfache Korrelationskoeffizient

$$r = + 0,709.$$

Für das Zusammenwirken der Temperatur, Evapotranspiration und Bodenfeuchtigkeit läßt sich also, wie die oben angeführte mehrfache Regression zeigt, der größte Teil der interdiurnen Veränderlichkeit der Reifeentwicklung erklären. Höchstwahrscheinlich würde dieses Ergebnis noch eine stärkere Bindung zu den angeführten Umweltfaktoren zeigen, wenn nicht durch die Zusammenfassung des uneinheitlichen Materials der interdiurnen Veränderlichkeit der Reifeentwicklung zwangsläufig eine starke Streuung der relativen Reifeentwicklung entstanden wäre.

Die Zusammenhänge zwischen dem Witterungsverlauf und der Reifeentwicklung sind aus dem Versuchsmaterial des Reifeablaufes der Versuchsperiode im Jahre 1954 nachgewiesen worden. Diese Zusammenhänge ließen sich zunächst nun außerdem bei einem Versuch, welcher in Zeitaussaatstufen mit vier Gemüseerbsensorten über das gesamte Sommerhalbjahr angelegt war, bestätigen. Eine weitere Bestätigung für die allgemeine Gültigkeit der gezogenen Schlüsse finden wir auch in einigen Ergebnissen aus dem Jahre 1953. Bei einem Erbsenstamm (Quedlinburger Stamm Nr. 52/19) war die Reifeentwicklung an Hand der Trockengewichtsprozente in Zusammenarbeit mit dem

Saatzuchtleiter Friedrich FABIG verfolgt worden, die wir mit den 1953 in den Erbsenbeständen gemessenen mikrometeorologischen Werten vergleichen konnten. In Abb. 12a zeigt sich, daß wieder eine rückläufige Reifeentwicklung am 1. und 2. 7. zu beobachten ist, welche mit der zur gleichen Zeit und einer Phasenverschiebung von einem Tag vorher bei einer Häufung von Temperaturen unter 15° C in den Erbsenbeständen zusammenfällt. Vergleicht man dazu z. B. den Reifeverlauf des Quedlinburger Stammes 52/8215 (Reifeentwicklung dargestellt als Trockengewichtsprozente und der Gewebefestigkeit in kg) im Jahre 1954 mit dem Temperaturverlauf in den Erbsenbeständen, so zeigen sich an dem Tage vor dem Rückgang der Reifeentwicklung stets Häufungen der Temperaturwerte unter 15° C. In der letzten Phase der Reifeentwicklung sinkt ihr Reaktionsvermögen immer weiter ab (Abb. 12b).

Der im vorigen Abschnitt dargestellte Zusammenhang zwischen Klimaverlauf und Reifeentwicklung bedarf einer

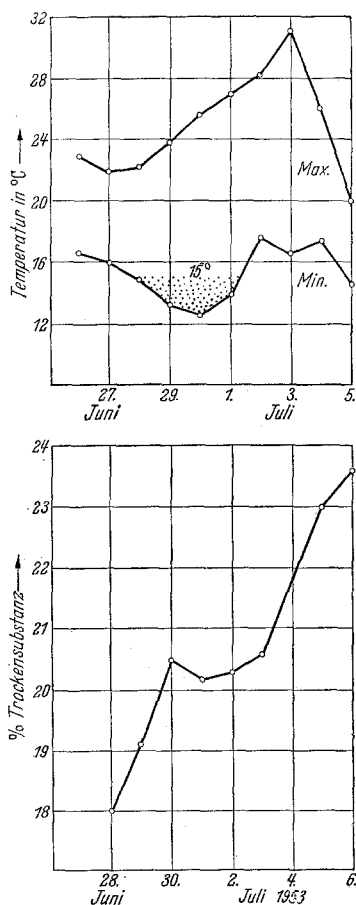


Abb. 12a. Die Reifeentwicklung des Quedlinburger Stammes 52/19 im Jahre 1953 anhand der Trockensubstanz (unterer Teil) und die höchsten und tiefsten Stundenmittel der Temperatur in einem geschlossenen Erbsenbestand im Jahre 1953 (oberer Teil).

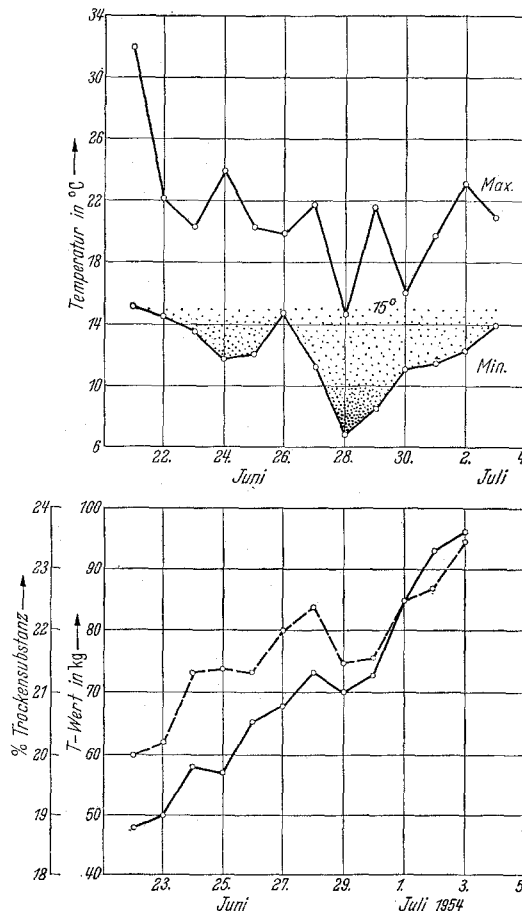


Abb. 12b. Die Reifeentwicklung des Quedlinburger Stammes 52/8215 im Jahre 1954 anhand der Trockengewichtsprozente (○) und der Texturmeterwerte (T-Wert) (○) (= unterer Teil) und die höchsten und tiefsten Stundenmittel der Temperatur in einem geschlossenen Erbsenbestand im Jahre 1954 (= oberer Teil).

physiologischen Interpretation. Wenn sich herausgestellt hat, daß Temperaturen über $+15^{\circ}\text{C}$ in einer positiven und Temperaturen unter $+15^{\circ}\text{C}$ in einer negativen Korrelation zur Reifegeschwindigkeit stehen, so können die Ursachen für diese Erscheinung auf verschiedenen Gebieten des physiologischen Geschehens liegen. Zunächst wäre in diesem Zusammenhange daran zu denken, daß die photosynthetische Stoffproduktion bei höheren Temperaturen mit größerer Intensität verläuft als bei niedrigeren. Es ist allerdings unwahrscheinlich, daß hierin der fördernde Einfluß höherer Temperaturen auf die Reifeentwicklung allein zu finden wäre, vor allem wenn in Betracht gezogen wird, daß nach unseren bisherigen Kenntnissen im allgemeinen der durch Temperaturerhöhung erhöhten assimilatorischen Leistung eine gleichzeitig — meist sogar stärker gesteigerte — erhöhte Dissimilation gegenüber steht. Falls eine direkte Abhängigkeit von der Assimilationsintensität vorläge, dann sollte man auch einen deutlichen Einfluß der Globalstrahlung auf die Reifeentwicklung erwarten. Dieser direkte Einfluß ist aber, wie oben gezeigt wurde, wenig wahrscheinlich. Außerdem könnte durch klimabedingte Schwankungen in der photosynthetischen Leistung allenfalls eine Verzögerung, aber keine rückläufige Reifeentwicklung erklärt werden. Das gilt mindestens so lange, wie die Assimilationsleistung größer ist als der Dissimilationsbedarf, und es ist nicht anzunehmen, daß der Kompensationspunkt zwischen Photosynthese und Atmung unter den vorliegenden Klimabedingungen erreicht werden könnte. Ein weiterer Ansatzpunkt der Temperaturwirkung könnte über die Geschwindigkeit der Assimilatleitung vorliegen. Aus mehreren Veröffentlichungen (z. B. F. W. WENT (1944)) ist bekannt, daß die Translokation aus Blättern von Tomate und Paprika einen $Q_{10} < 1$ besitzt. Es steht bisher nicht fest, ob bei Erbsenpflanzen ähnliche Verhältnisse vorliegen und vor allem nicht, ob ein solches Verhalten auch für einen Abtransport von Assimilation aus reifenden Samen angenommen werden darf. Da die Translokation der Assimilate eine vorherige Überführung in lösliche Form zur Voraussetzung hat, ist bei der Erscheinung der erhöhten Assimilatableitung bei niedrigen Temperaturen sicher auch eine gesteigerte Hydrolyse von Polysacchariden im Spiele. Bei der beobachteten rückläufigen Reifeentwicklung bei Temperaturen unter $+15^{\circ}\text{C}$ könnte demnach auch bei unserem Objekt eine stärkere Mobilisierung der in den reifenden Samen aufgespeicherten Kohlenhydrate eintreten. Auf der anderen Seite ist aber natürlich zu bedenken, daß eine derartige Beeinflussung des KH-Stoffwechsels nicht nur auf die Kohlenhydrate des Samens, sondern auch auf die Hydrolyse und Translokation der Kohlenhydrate der Blätter wirken müßte, was bei normaler Reifeentwicklung zu einem Transport aus den Blättern nach dem Samen führen und die Reife beschleunigen würde.

Das wesentlichste Erklärungsmoment kann daher nicht so sehr in einer einfachen Temperaturwirkung gesehen werden. Es ist wahrscheinlicher, daß andere temperaturabhängige Vorgänge zu einem erhöhten Bedarf an Kohlenhydraten oder ähnlichen Substanzen

führen, welche aus den Speicherkohlenhydraten der reifenden Samen entnommen werden. Daß die Stärke der Gemüseerbsen einem solchen Zugriff unter Umständen zur Verfügung stehen kann, das hatten bereits frühere Untersuchungen (SCHNEIDER (1951)) ergeben, bei denen eine umfangreiche Stärkehydrolyse in nach der Pflücke lagernden Gemüseerbsen aufgefunden wurde. Die Annahme solcher komplexer Ursachen für die Erklärung des Phänomens der rückläufigen Reifeentwicklung ist aber auch aus einem anderen Grunde wahrscheinlicher als eine direkte Temperaturabhängigkeit von der Assimilationsleistung oder der Translokationsgeschwindigkeit.

Wie oben gezeigt werden konnte, ist einmal die Temperatur der vorhergehenden Tage wirkungsvoller als die Verhältnisse am Erntetag selbst, und zum anderen hat die statistische Berechnung ergeben, daß die Faktoren Evapotranspiration und Bodenfeuchtigkeit zwar allein keine gesicherten Beziehungen zu unserem Phänomen aufweisen, daß sie aber auf der anderen Seite zusammen mit der Temperatur eine engere Korrelation zur Reifeentwicklung zeigen als die Temperatur allein.

7. Ein Vergleich zwischen Reifeentwicklung und Wachstum

Ein Hinweis dafür, ob andere Prozesse der Pflanzenentwicklung für die Schwankungen des Reifeverlaufs verantwortlich sind, könnte unter Umständen aus dem Vergleich zwischen Reife und Wachstum gewonnen werden. Die Erbsenpflanze eignet sich für die Beobachtung des Wachstums auf Grund ihrer morphologischen Verhältnisse besonders gut. Am Stengel sind die Veränderungen in der Internodienanzahl durch die lockere übersichtliche Beblätterung einwandfrei auszuzählen. THORNTHWAITTE benutzte diese Möglichkeit der Internodienanzählung bereits, um so eine phänome-

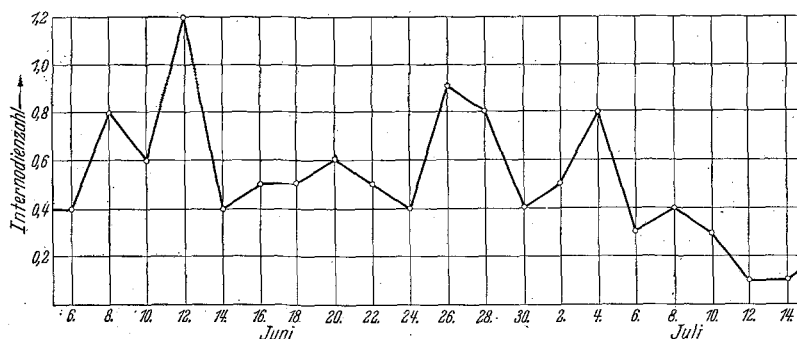


Abb. 13. Verlauf der mittleren Differenz der Internodienzunahme von vier Gemüseerbsensorten aus einem Zeitaussaatversuch 1954.

trische Reihe zu gewinnen. Nach seinen Untersuchungen bilden die einzelnen Etappen der Internodienanzählung vergleichbare Entwicklungsabschnitte untereinander, so daß die Entwicklung der Erbse in Form dieser Internodienzahlen ausgedrückt werden kann. Während der Versuchsperiode des Jahres 1954 wurde nun an vier Erbsensorten (Maiperle, Wunder von Kelvedon, Diamant und Foli), die in fortlaufenden Aussaatstufen ausgesät waren, die Entwicklung der Internodien in einer besonderen Untersuchungsreihe, auf deren Ergebnisse noch in einer späteren Arbeit eingegangen werden soll, täglich verfolgt. An dieser Stelle interessiert nur die mittlere tägliche Differenz der Internodienzunahme der vier Erbsensorten (Abb. 13), welche uns ein Spiegelbild der vegetativen Entwicklung

der Pflanze gibt, da die Nodienzahlen nur bis zum Beginn der Blüte berücksichtigt wurden.

Ehe wir diesen vegetativen Entwicklungsverlauf mit der Reifeentwicklung vergleichen, soll zunächst die klimatische Steuerung der mittleren Differenz der Internodienausbildung überprüft werden. Analog zu der oben geschilderten Korrelationsrechnung verschiedener Witterungsfaktoren mit dem Reifeverlauf wurden auch die einzelnen Witterungsfaktoren und zwar die Bestandstemperatur, die mittlere Bodenfeuchtigkeit, die Evapotranspiration und die Globalstrahlung mit der Differenz der Internodienzahlen in Korrelation gesetzt. Es war auch bei dieser Korrelationsrechnung wieder notwendig, eine Lag-Korrelation in Anwendung zu bringen. Dabei zeigte sich eigentümlicherweise, daß sich die höchsten Korrelationskoeffizienten sowohl bei der Evapotranspiration wie bei der Temperatur 3—4 Tage vor der Ausbildung eines besonders hohen Wirkungsbereiches dieser beiden Größen zeigten. Durch die an sich hohe Bodenfeuchtigkeit während der ganzen Versuchsperiode ließ sich errechnen, daß bei weiter steigender Bodenfeuchtigkeit eine negative Beeinflussung der Differenz der Internodienzahl eintrat. Hält man bei einer partiellen Korrelation die Bodenfeuchtigkeit theoretisch konstant, so wird der Einfluß der Evapotranspiration durch einen partiellen Korrelationskoeffizienten mit $r = +0,91$ ausgedrückt. Unter gleichen Bedingungen wird der partielle Korrelationskoeffizient für die Bestandstemperatur $r = +0,60$. Temperatur und insbesondere die Evapotranspiration scheinen also von ausschlaggebender Bedeutung für die Ausbildung der Internodien zu sein und somit auch höchstwahrscheinlich für die vegetative Entwicklung. Damit können die von THORNTHWAITE in Seabrook in Amerika gefundenen Ergebnisse bestätigt werden; denn auch THORNTHWAITE fand auf ganz anderem Wege, daß die Evapotranspiration in engstem Zusammenhang mit der Internodienausbildung steht, und er kommt aus diesem Grunde sogar zu dem Schluß, in der Evapotranspiration ein Maß für das Wachstum zu sehen.

Als besonderer Unterschied der vegetativen und generativen Entwicklung ist folgendes deutlich zu erkennen: Die vegetative Entwicklung wird in erster Linie durch die Förderung der Evapotranspiration positiv beeinflusst, während die generative Entwicklung in erster Linie dem Einfluß der Temperatur unterliegt. Da aber die Evapotranspiration ebenfalls temperaturabhängig ist, verläuft die Änderung der Internodienzahl und die Reifeentwicklung in großen Zügen sogar synchron.

Der Vergleich zwischen der Klimaabhängigkeit des vegetativen Wachstums und der Reifeentwicklung wird dadurch erschwert, daß die für das Wachstum gewählte Bezugsgröße — der Internodienzuwachs — für unsere Zwecke ungeeignet zu sein scheint. Wie sich aus der statistischen Auswertung ergab, ist die Wirkung des entscheidenden Klimafaktors (Evapotranspiration) erst 3—4 Tage später im Internodienzuwachs erkennbar. Die von diesem Faktor direkt beeinflusste Reaktion der Pflanze wird daher vermutlich eher in Zellteilungen und der für die Neubildung erforderlichen Substanzproduktion zu suchen sein. Die mehrere Tage später sichtbar werdende und in erster Linie auf Zellstreckungen beruhende Vergrößerung der Pflanze ist nur die direkte Folge dieser Vorgänge.

Die Reifeentwicklung steht mit dem für sie wichtigsten Klimafaktor (Temperatur) zeitlich in wesentlich engerer Beziehung. In diesem Falle ist — wie oben bereits gezeigt wurde — das Wetter des Vortages besonders maßgebend. Da die Temperatur aber nicht nur die Reifeentwicklung sondern auch das vegetative Wachstum — und zwar gleichsinnig — beeinflusst, so kommen durch die unterschiedliche Verzögerung in der Reaktion der Pflanze (1 bzw. 3—4 Tage) auf Grund der von Tag zu Tag schwankenden Witterungsverhältnisse so starke Überlagerungen der beiden Vorgänge zustande, daß klare Beziehungen zwischen Wachstum und Reifeentwicklung nicht mehr zu erkennen sind. Die an einem bestimmten Tage beobachteten Veränderungen in der Reifeentwicklung und im Internodienzuwachs sind eben nicht die Folge der gleichen Witterungsbedingungen.

Klare und eindeutige Beziehungen zwischen beiden Vorgängen sind aus diesem Grunde — wenn überhaupt — dann nur mit wesentlich umfangreichem experimentellem Material auf statistischem Wege aufzufinden. Wir hatten ursprünglich vermutet, daß die Zeiten rückläufiger Reifeentwicklung durch besonders großen Kohlenhydratbedarf anderer Teile der Pflanze gekennzeichnet wären, wobei in erster Linie an Wachstumsvorgänge gedacht worden war. Für diese Annahme liefert unser bisheriges Material zunächst keine Bestätigung, denn wir fanden keinen Hinweis dafür, daß Zeiten rückläufiger Reifeentwicklung mit solchen besonders großer Zuwachsraten der Internodien zusammenfallen. Aus den oben dargestellten Gründen schließt das aber natürlich einen möglichen Zusammenhang mit Zellneubildungsvorgängen nicht aus. Falls die aus den reifenden Samen verschwindenden Kohlenhydrate überhaupt als „Baustoffe“ verbraucht werden, dann wäre nur noch an klimabedingte Intensitätsunterschiede beider hier betrachteten Vorgänge zu denken, welche zum Beispiel bei niedrigen Temperaturen zu einem relativ gesteigerten Kohlenhydratverbrauch der Wachstumsvorgänge führen könnten. Erhöhte Anforderungen an den KH-Stoffwechsel der Pflanzen wären natürlich auch durch besonders energiebedürftige Vorgänge möglich. Es ist in diesem Zusammenhang z. B. an den Energiebedarf für die mit starker Atmungssteigerung gekoppelte nichtosmotische Wasseraufnahme während der Zellstreckung zu denken (vgl. z. B. HACKET und THIMANN). Bisher liegen darüber aber zu wenig gesicherte Angaben vor, um die mögliche Bedeutung dieser oder ähnlicher Vorgänge für unsere Betrachtung abschätzen zu können. Das gleiche gilt bis zu einem gewissen Grade für die Kohlenstoffbilanz der Pflanzen unter Freilandbedingungen überhaupt, so daß zunächst auch von dieser Seite aus keine Erklärung für die beobachtete rückläufige Reifeentwicklung der Erbsensamen gegeben werden kann.

8. Temperatursummenregel und Reifeentwicklung

Der Einfluß der Witterungsbedingungen wirkt sich nicht auf alle Sorten gleichmäßig aus. Neben typisch schnell abreifenden Sorten gibt es solche mit deutlich langsamerer Entwicklung, wobei die schnell reifenden Sorten nicht immer auch frühe Sorten sind. Daneben gibt es nach unseren bisherigen Erfahrungen auch qualitative Unterschiede im Verhalten gegenüber extremen Witterungsbedingungen. So zeigen z. B. nicht alle Sor-

ten die Erscheinung der rückläufigen Reifeentwicklung. In der Abb. 14 sind als Beispiel für dieses Verhalten die Trockensubstanzzunahmen für zwei stark (van Waverens Juwel und Foli) und für zwei wenig oder gar nicht reagierende Sorten (Konservenperle und Konservenperle II) dargestellt.

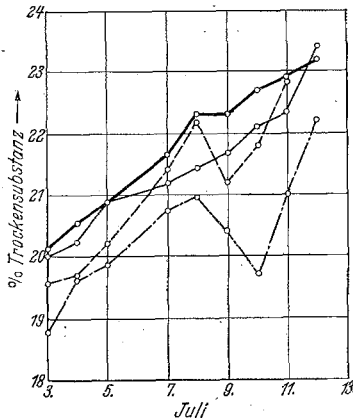


Abb. 14. Ungestörte Reifeentwicklung bei der Sorte Konservenperle \circ — \circ und Konservenperle II \circ — \circ im Vergleich mit den „rückläufigen Reifeentwicklungen“ bei den Sorten Foli \circ — \circ und van Waverens Juwel \circ — \circ .

Obwohl diese Sortenunterschiede die Aufstellung allgemeingültiger Regeln für die Klimaabhängigkeit der Reifeentwicklung stören, wurde eine derartige Formulierung wegen ihrer großen praktischen Bedeutung versucht. Die Kenntnisse der Zusammenhänge zwischen Witterungsverlauf und Reifeentwicklung sind für die

Beurteilung des wirtschaftlichen Wertes von Sorten oder Zuchtstämmen in Jahren oder an Orten mit extremen Witterungsbedingungen erforderlich, weil es — wie die Praxis lehrt — zum Beispiel oft zu klimabedingten Verschiebungen in der empirisch ermittelten Pflückreife-Reihenfolge der Sorten kommt, welche dann zur Fehlbeurteilung der Frühzeitigkeit oder anderer Sorteneigenschaften führen können. Große praktische Bedeutung hätte die Aufstellung derartiger Regeln daneben für die Voraussage des optimalen Pflücktermins nach vorheriger einmaliger Testung des erreichten Reifezustandes und für die Züchtung von Sorten mit langsamer Reifeentwicklung, welche wegen der geringeren Empfindlichkeit gegen eine mehrtägige Lagerung zwischen Ernte und Verarbeitung für Konservenzwecke besonders geeignet sind (SCHNEIDER (1951)) und außerdem keine so hohen Anforderungen an die exakte Bestimmung des optimalen Pflücktermins stellen wie rapid ausreifende Sorten. Die zeitliche Dauer der Reifeentwicklung der untersuchten Erbsensorten ist außerordentlich unterschiedlich. Es wurde für die Berechnung des entscheidenden Reifeabschnittes der Trockensubstanzgehalt zwischen 18 und 21% ausgewählt. Die zeitliche Dauer dieses Intervalls wird in einem so hohen Maße von der Temperatur bestimmt, daß der Versuch nahelegt, durch Summierung der während des Entwicklungsabschnittes wirkenden Temperaturen eine Reifeentwicklungszeit-Maßzahl zu bilden. Ein solches Temperatur-Zeit-Maß hat nur dann eine Berechtigung, wenn es gegenüber der Tagesanzahl für den Entwicklungsabschnitt unter verschiedenen Witterungsbedingungen eine höhere Konstanz besitzt. Bei der Bildung der Temperatursummen muß berücksichtigt werden, daß die Temperatur über einem bestimmten Schwellenwert wirksam ist und von einem bestimmten Optimum ab bei zunehmender Temperatur keine weitere Zunahme der Reifeentwicklung erfolgt. Da in der Versuchsperiode kaum extreme hohe Temperaturverhältnisse aufgetreten waren, kann das Überschreiten des Optimums vernachlässigt werden. Der Schwellenwert wurde aus der Formel $y = a + b \cdot 1/x$ (JANISCH (1928) und SCHRÖDTER (1952)) geschätzt. Dabei ist y die mitt-

lere Temperatur, b die Temperatur bei der Reifeentwicklung und x die Anzahl der Tage, die zu einer Reifeentwicklung von 18—21% Trockensubstanzgehalt notwendig sind. Für eine Reihe von Erbsensorten (Maiperle, Wunder von Kelvedon, Diamant und Foli) ließ sich aus dem vorliegenden Versuchsmaterial abschätzen, daß Werte unter 8°C nicht fördernd für den Reife-prozeß sind, weil diese Sorten in vier Aussaatstufen angebaut und die Bedingungen eines variablen Witterungsablaufes während der Reifeentwicklung so erfüllt waren. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Abschätzung des Schwellenwertes aus Tagesmittelwerten zwangsläufig einen tieferen Wert haben muß, als sich bei einer Berechnung aus Stundenmitteln ergibt. Die Temperatursummen streben bei einem Schwellenwert von 8°C bei diesen vier Sorten einer relativen Konstanz zu. Um eine orientierende Übersicht für einen Teil der untersuchten Erbsensorten zu geben, ist in Tab. 1 eine Folge der Sorten nach dem Maß der Temperatursumme über 8°C gegeben. Wegen des Fehlens einzelner Meßdaten konnte die Berechnung der Temperatursummen für die Reifeentwicklung zwischen 18 und 21% Trockensubstanzgehalt leider nicht für alle Sorten durchgeführt werden. Trotz dieser Unvollständigkeit der Zusammenstellung der Tab. 1 läßt sich daraus aber doch entnehmen, daß die meisten Schalerbsensorten, deren im Durchschnitt schnellere Entwicklung bekannt ist, geringe Temperatursummen erfordern (vgl. die Sorten Exalda, Onsa, Smaragd und Maiperle), und daß sich für die späten Markerbsen im allgemeinen wesentlich höhere Werte ergeben. Auf der

	Anzahl der Tage für die Reifeentwicklung zwischen 18 und 21% Trockengewichtsanteil	Erntetermin 1954	Temperatursummen der positiven Tagesmitteltemperatur über dem Schwellenwert von 8°C
van Waverens Titan II	4	1.7.	24
Exalda	4	29.6.	24
Onsa	3	28.6.	25
Smaragd	4	29.6.	30
Rapid	4	26.6.	34
Bördewunder	5	28.6.	37
Foli	6	8.7.	38
Hada	6	5.7.	40
Maiperle	3	22.6.	41
Wunder von Weißenfels	7	1.7.	44
Quedlinburger Stamm 50/7027	7	5.7.	44
Delisa II	7	7.7.	44
Wunder von Kelvedon	7	28.6.	49
Deli	8	9.7.	51
Maiwunder	5	24.6.	54
van Waverens Stern	8	14.7.	54
Diadem	8	28.6.	54
Salzmünder Edelperle	9	8.7.	57
Quedlinburger Stamm 50/7031	9	2.7.	57
Maibote	5	24.6.	58
van Waverens Juwel	9	9.7.	61
Fabula	9	2.7.	62
Salzmünder Frühe	9	28.6.	63
Diamant	10	5.7.	65
Kleine Weißenfelserin	6	25.6.	66
Tafelfreude	10	6.7.	67
Quedlinburger Stamm 532	10	7.7.	67
Kobold	9	28.6.	73
Quedlinburger Stamm 52/8215	8	28.6.	84

anderen Seite geht aus der Zusammenstellung aber auch hervor, daß Frühzeitigkeit durchaus nicht mit schneller Reifeentwicklung gekoppelt zu sein braucht. So hat die Schalerbse Kleine Weißenfelserin, obwohl sie 3 Tage früher pflückreif ist als z. B. Smaragd, einen sehr viel größeren Temperaturbedarf als diese Sorte. Ähnliche Verhältnisse liegen auch im Markerbsensortiment vor. Die Sorte Kobold und der Quedlinburger Stamm 52/8215 sind ihrer Frühzeitigkeit nach in die Gruppe der frühen Markerbsen einzuordnen, in bezug auf den Wärmebedarf liegen sie aber am Ende der Tabelle und übertreffen in dieser Beziehung z. B. die späte Sorte Foli um ein Vielfaches.

Zusammenfassung

Im Jahre 1954 wurde die Reifeentwicklung bei 36 Gemüseerbsensorten bzw. -stämmen durch Registrierung der Trockensubstanzgehalts- und Gewebefestigkeitsänderungen verfolgt. Parallel dazu konnten die mikrometeorologischen Faktoren in den Erbsenbeständen erfaßt werden. Als wichtigster beeinflussender Faktor auf die Reifegeschwindigkeit erwies sich die Temperatur. Bestandstemperaturen unter 15° C führten bei einigen Erbsensorten zu rückläufiger Reifeentwicklung. Daneben konnte auch die vegetative Entwicklung, welche durch Feststellen des Internodienzuwachses verfolgt wurde, in ihrer Abhängigkeit von den mikrometeorologischen Faktoren erfaßt werden. Im Gegensatz zur Reifeentwicklung ist das vegetative Wachstum in erster Linie von der Evapotranspiration abhängig. Das Phänomen der rückläufigen Reifeentwicklung konnte durch einen Vergleich beider Vorgänge nicht geklärt werden. Nachdem die Temperaturabhängigkeit der Reifegeschwindigkeit bekannt war, konnte durch Temperatursummenbildung ein Maß für

die sortentypischen Unterschiede in der Reifegeschwindigkeit geschaffen werden.

Literatur

1. GUTSCHMIDT, J.: Ein Beitrag zur Bestimmung des Reife- und Gütegrades bei Erbsen. I. Zur Methodik der Bestimmung des Reife- und Gütegrades. Industrielle Obst- und Gemüseverwertung, **38**, 389 (1953). — 2. HACKET, D. P. und K. V. THIMANN: Plant Physiol. **25**, 647 (1950) (zitiert nach Fortschr. Bot. **14**, 265 (1953)). — 3. JANISCH, E.: Die Lebens- und Entwicklungsdauer der Insekten als Temperaturfunktion. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, „Festschr. Korschelt“ **132**, 176—186 (1928). — 4. PASQUILL, F.: Some estimates of the amount and diurnal variation of evaporation from an clayland pasture in fair spring weather. Quart. Journ. Roy. Met. Soc. Vol. 75 No. 325, 249—256 (1949). — 5. SCHNEIDER, A.: Untersuchungen über die Eignung von Erbsensorten für Zwecke der Naßkonservierung. Züchter, **21**, 97 (1951). — 6. SCHNEIDER, A.: Über das Garkochen von Trockenspeiseerbsen und dessen exakte Bestimmung mit Hilfe eines modifizierten Texturemeters. Züchter, **25**, 181 (1955a). — 7. SCHNEIDER, A.: Über den Reifeablauf von Gemüseerbsen und die Bestimmung des optimalen Pflücktermins mit Hilfe des Texturemeters. Züchter **25**, 302 (1955b). — 8. SCHRÖDTER, H.: Untersuchungen über die Temperatursummenregel an Hand der phänologischen Beobachtungen in Wernigerode 1854—1884. Angewandte Met. **1**, 225—234 (1952). — 9. THORNTHWAITE, C. W. and B. HOLZMANN: Measurements of Evaporation from Land and Water Surfaces. US Dep. Agric. Washington D. C. Techn. Bull. Nr. 817 (1942). — 10. THORNTHWAITE: Das Klima in Beziehung zur Saatzeit und Bewässerung von Gemüsekulturen. Int. Veröffl. John Hopkins University, Laboratory of climatology, Seabrook, New Jersey (1952). — 11. UNGER, K.: Thermoelementpsychrometer für mikroklimatische Messungen. Angewandte Meteorologie, **1**, 280 bis 283 (1953). — 12. UNGER, K.: Zur Abschätzung von Verdunstungsunterschieden verschiedener Pflanzenbestände am natürlichen Standort. Angewandte Met. **2**, 1—14 (1954). — 13. WENT, F. W.: Amer. Journ. Bot. **31**, 135, 597 (1944). (Zitiert nach LUNDEGÅRDH: Klima und Boden 4. Aufl. (1954)).

(Aus dem Institut für landw. Botanik der Universität Bonn)

Die Übertragung des Merkmals „Weichschaligkeit“ vom Ölkürbis (*Cucurbita pepo* L.) in fertile Artbastarde aus der Kreuzung *Cucurbita maxima* DUCH. × *Cucurbita pepo* L.

(Vorläufige Mitteilung)

Von F. WEILING

Mit 2 Textabbildungen

Die angebauten Arten der Gattung *Cucurbita* (*C. pepo* L. Gartenkürbis, zu dem auch die als Ölkürbis gebauten Formen gehören, *C. moschata* DUCH. Moschuskürbis, *C. mixta* PANGALO, *C. maxima* DUCH. Riesenkürbis und *C. ficifolia* BOUCHÉ Feigenblattkürbis) weisen in der Ausbildung von Samenfläche, Samenrand und Samenspitze eine Reihe von Unterschieden auf, die zum Teil zur Artbestimmung herangezogen werden können (RUSSEL 1924 u. a.). Bei den einzelnen Arten sind die Samen nicht einheitlich; vielmehr finden wir bei den meisten Arten verschiedene Samentypen ausgebildet. Beim Feigenblattkürbis kommen neben Formen mit schwarz oder dunkelbraun gefärbten Samen (BUKASOV 1930) in Mexiko weißsamige Typen vor. Beim Riesenkürbis kennen wir Formen mit brauner, besonders dicker, und solche mit weißer, dünnerer Samenschale (forma *pachysperma*

und f. *leptosperma*, nach ROSEN 1920). Für *C. mixta* geben WHITAKER & BOHN (1950) ebenfalls Formen mit brauner und andere mit weißer Samenschale, daneben Formen mit besonders breitem, häufig dunkler gefärbtem Samenrand an. Der Gartenkürbis (Ölkürbis) weist neben Herkünften mit bleicher bis schmutzig weißer (harter) Samenschale und deutlichem, mitunter breitem Samenrand Formen auf, deren Samenschale entweder überhaupt keine Verholzung aufweist oder deren Verholzung auf die großzellige Sklerenchymschicht eingeschränkt ist, wobei diese ganz oder nur teilweise verholzt sein kann (weichschaliger Samentyp nach PRYM- v. BECHERER 1955). Weichschalige Samentypen sind somit nur bei *C. pepo* bekannt geworden.

Die anatomische Untersuchung der Samenschale ergibt, daß die verschiedenen Typen vor Beginn der