

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 45 (1936)

Artikel: Untersuchungen über den Pilz des Mutterkorns Claviceps purpurea Tul.

Autor: Krebs, Jakob

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-30312>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Untersuchungen über den Pilz des Mutterkorns *Claviceps purpurea* Tul.

Von Jakob Krebs, dipl. ing. agr.

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 2. August 1935.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	72
I. Untersuchungen über die Lebensbedingungen verschiedener <i>Claviceps</i> -arten	72
1. Die Gewinnung von Reinkulturen	72
2. Die Herkunft und die systematische Stellung der verschiedenen Pilzstämme	74
a) <i>Claviceps purpurea</i> f. sp. <i>secalis</i>	76
b) Stamm Nr. 1 b von <i>Glyceria borealis</i> (ev. C. Wilsoni)	78
c) <i>Claviceps paspali</i>	78
d) <i>Claviceps microcephala</i>	78
3. Der Einfluss der Temperatur auf das Pilzwachstum	78
a) Das Wachstum auf Nährböden	79
b) Das Wachstum in Nährösungen	86
4. Der Einfluss der Reaktion des Substrates auf das Pilzwachstum	94
5. Die Keimung der Sklerotien	100
II. Die Feldversuche über die Mutterkornkultur auf Roggen	104
1. Der Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkornbefall	106
A. Methodisches	106
B. Die Versuchsergebnisse	110
a) Die Ergebnisse bei Winterroggen	111
b) Die Ergebnisse bei Sommerroggen	114
2. Der Einfluss der Düngung des Roggens auf den Mutterkornbefall	116
A. Methodisches	116
B. Die Versuchsergebnisse	120
a) Die Wirkung des Kalis	120
b) Die Wirkung des Stickstoffs	123
c) Die Wirkung der Phosphorsäure	124
3. Die Anfälligkeit verschiedener Roggensorten gegenüber <i>Claviceps purpurea</i>	127
4. Zusammenfassende Betrachtungen zur Frage der Mutterkornkultur auf Roggen	129
III. Die Beziehungen zwischen Wirt und Parasit	132
1. Das Untersuchungsmaterial	133
2. Der Einfluss des Mutterkornbefalles auf das Gesamtgewicht der Sklerotien einer Roggenähre	133
a) Allgemeines über die Korrelationsrechnung	134
b) Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten	134
c) Die Besprechung der Ergebnisse	140
d) Die Beziehungsgleichung	144

	Seite
3. Der Einfluss des Mutterkornbefalles auf den prozentualen Gewichtsanteil der Mutterkörner am gesamten Korngewicht einer Ähre	149
4. Der Einfluss der Ährengroßes auf den Mutterkornbefall	155
Zusammenfassung	161
Literaturverzeichnis	164

Einleitung.

Seit es gelungen ist, aus dem Mutterkorn die pharmakologisch wirksamen Stoffe (Alkaloide) zu isolieren und rein darzustellen, bildet die Frage der Gewinnung der Alkaloide aus Pilzreinkulturen oder die Mutterkornkultur auf Roggen das Mutterkornproblem. Die vorliegende Arbeit ist als neuer Beitrag in dieser Richtung aufzufassen.

Meine Untersuchungen lassen sich in drei voneinander unabhängigen Hauptkapiteln zur Darstellung bringen. Das erste Kapitel behandelt die physiologischen Versuche mit verschiedenen *Clavicepsarten* und -stämmen; in einem zweiten Kapitel wird der Einfluss einiger wichtiger Faktoren beim feldmässigen Mutterkornanbau an Hand von Feldversuchsergebnissen erörtert; im letzten Kapitel mache ich den Versuch, durch die mathematisch-statistische Verarbeitung eines umfangreichen Ausgangsmaterials den Einfluss des Mutterkornbefalles einer Roggenähre auf die Ausbildung der Roggenkörner zahlenmäßig zu erfassen und zur Darstellung zu bringen, eine Frage, die namentlich vom parasitologischen Standpunkt aus interessant sein dürfte.

Die Untersuchungen gelangten in der Zeit vom Frühjahr 1932 bis Frühjahr 1935 im Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich zur Durchführung. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. G a u m a n n , unter dessen Leitung die Untersuchungen durchgeführt wurden, meinen wärmsten Dank auszusprechen für das stete Interesse, das er meiner Arbeit zukommen liess. Mein weiterer Dank gebührt meinem Pflanzenbaulehrer Herrn Prof. Dr. A. V o l k a r t für wertvolle Ratschläge bei der Anlage der umfangreichen Feldversuche. Zu Dank verpflichtet bin ich ferner Herrn F. S c h l a t t e r , Landwirt in Buchs (Zch.), für seine Bereitwilligkeit, mir zu Versuchszwecken geeignetes Kulturland abzutreten.

I. Untersuchungen über die Lebensbedingungen verschiedener *Claviceps*-Arten.

1. Die Gewinnung von Reinkulturen.

B r e f e l d , der die ersten Kulturversuche mit *Claviceps purpurea* im Jahre 1876 durchführte und jahrelang fortsetzte, gelangte zu Reinkulturen, indem er die von den reifen Perithecien ausgeschleuder-

ten Ascosporen auf Deckgläschen steril auffing. Als Nährmedium benutzte er vorzugsweise mit Brefeldscher Nährösung durchtränktes Brot, erhielt aber auch in reiner Nährösung kräftige Myzeldecken mit reichlicher Konidienbildung. B. Meyer (1888) ging von Honigtau-konidien aus und brachte den Pilz zur üppigen Entwicklung in einer Nährösung, die nebst den gewöhnlichen Salzen Albumin, Pepton oder Asparagin als Stickstoffquelle und Stärke oder Glucose als Kohlehydratquelle enthielt. Engelke (1902, 1905), der als erster auf das Auftreten von sogenannten Mikrosklerotien aufmerksam machte und sie als eben noch sichtbare, punktförmige Gebilde beschrieb, die sich vom übrigen Myzel durch ihre festere Struktur und ihre dunklere Färbung deutlich abheben, ging wiederum von steril aufgefangenen Ascosporen aus.

Hecke (1921), der mit seinen künstlichen Kulturen lediglich die Gewinnung von Impfmateriel zu Infektionsversuchen bezeichnete, gelangte ebenfalls durch Ascosporen zu Reinkulturen. Erst Falck (1922) wandte mit Erfolg eine neue Isolierungsmethode an, indem er einfach steril aus dem Innern der Sklerotien entnommenes Dauergewebe des Mutterkornpilzes auf geeignete Nährböden auslegte, wo sie dann vegetativ auswuchsen. Kirchhoff (1929) arbeitete mit beiden Methoden.

Meine eigenen Isolierungen boten ebenfalls Gelegenheit zur Überprüfung der verschiedenen, soeben beschriebenen Isolierungsmethoden. Bei *C. purpurea* Stamm HK gelangte ich zu Reinkulturen, indem ich an Stelle des sterilen Auffangens der Ascosporen einfach reife Perithecienköpfchen gekeimter Sklerotien auf Nähragar in Petrischalen ejakulieren liess. Die ausgeschleuderten reifen Ascosporen keimen in kurzer Zeit (1—2 Tage) und bilden kleine Myzelien, die samt kleinen Stückchen Agar leicht auf geeignete Nährböden übertragen und beliebig vermehrt werden können. Diese Methode ist mit dem Nachteil behaftet, dass sie das Vorhandensein reifer Perithecien voraussetzt; ausserdem sind Mischinfektionen häufig.

Die von Falck (1922) erprobte Methode, die das Mutterkorn direkt als Ausgangsmaterial benützt, ist einfacher und schon deshalb sehr bequem, weil sie jederzeit die Gewinnung von Reinkulturen ermöglicht. Selbstverständlich ist eine äusserliche Desinfektion der Sklerotien vor ihrer Verwendung notwendig. Die von Kirchhoff (1929) vorgeschlagene $\frac{1}{4}$ -stündige Beize mit einer $\frac{1}{2}$ -prozentigen Sublimatlösung erreicht diesen Zweck. Ich konnte allerdings die Erfahrung machen, dass weder die Beizdauer noch die Konzentration des Beizmittels an enge Grenzen gebunden sind. Die Hauptsache ist, dass die Sublimatlösung nicht mit dem aus dem Innern steril entnommenen pseudoparenchymatischen Dauergewebe direkt in Berührung kommt.

Schliesslich versuchte ich noch, von Honigtau-konidien aus Reinkulturen zu gewinnen, indem ich einen Tropfen Honigtau mit sterilem

Wasser in verschiedenen Abstufungen verdünnte und nachher nach dem üblichen Verfahren des Giessens von Platten von Einzelkolonien zu Reinkulturen gelangte. Auch diese dritte Methode führte zum Ziel. Ihre Anwendung dürfte aber nur Berechtigung haben, wenn von Honigtau, der spontan als Folge der natürlichen Infektion an irgendeiner Grasblüte auftritt, ausgegangen werden kann.

2. Die Herkunft und die systematische Stellung der verschiedenen Pilzstämme.

Um unsere Untersuchungen über die Wachstumsbedingungen von *Claviceps purpurea* bei saprophytischer Lebensweise auf möglichst breiter Basis durchführen zu können und mit langwierigen Isolierungsarbeiten keine Zeit zu verlieren, bezogen wir eine Anzahl *Claviceps*-Stämme aus dem Zentralbureau für Schimmelkulturen in Baarn (Holland).

Wir erhielten folgende, von McFarland isolierte Stämme :

Nr. 1 b von	<i>Glyceria borealis</i>	isoliert,
» 4 b	» <i>Bromus inermis</i>	»
» 8 b	» <i>Festuca elatior</i>	»
» 13 a	» <i>Poa pratensis</i>	»
» 10 a	» <i>Paspalum laeve</i>	»

ausserdem eine Kultur von *Claviceps microcephala* Wallr. Stamm Schnegg.

Die Stämme Nrn. 4 b, 8 b und 13 a gehören alle *Claviceps purpurea* Tul. an, dagegen ist Stamm Nr. 10 a, von *Paspalum laeve*, ein Vertreter einer andern Art, nämlich von *Claviceps paspali* Stev. et Hall. Diese Art ist im Vergleich zu *C. purpurea* stärker spezialisiert, befällt sie doch nur die drei Arten der subtropischen Gattung *Paspalum*, nämlich *P. dilatatum* Poir., *P. floridanum* Michx. und *P. laeve* Michx. (Barger 1931, Brown 1916).

Claviceps microcephala Wallr. endlich weicht sowohl morphologisch als biologisch von *C. purpurea* ab. Sie besitzt als typische Wirtspflanze *Phragmites communis* Trin., lässt sich aber auch auf *Nardus stricta* L., *Molinia coerulea* (L.) Mönch und *Aira caespitosa* L. (= *Deschampsia caespitosa* [L.] Pal.) übertragen (Stäger 1903).

Ob Stamm Nr. 1 b (von *Glyceria borealis*) zu der in England auf *Glyceria fluitans* (L.) R. Br. vorkommenden *Claviceps Wilsoni* Cooke gehört, was wahrscheinlich ist, oder ob es sich nur um eine von der Secalisform verschiedene biologische Art von *C. purpurea* handelt, konnte ich nicht entscheiden, da mir das Material zu morphologischen Studien fehlte. Dass dieser Stamm aber auf alle Fälle nicht mit der roggenbewohnenden Form von *C. purpurea* identisch ist, bewiesen meine Infektionsversuche mit Roggen, die alle negativ ausfielen.

Zu den oben genannten Stämmen von McFarland kommen noch unsere eigenen Isolierungen, die alle von Roggenmutterkorn stammen. Es sind dies:

Stamm HK, von Mutterkorn aus der Schweiz isoliert,
» U, » » » Ungarn isoliert,
» Secale I } Herkunft der Mutterkornproben unbekannt.
» Secale II }

Claviceps purpurea ist bekanntlich plurivor (Stäger 1900, 1903, 1905, 1907, 1908, 1910), zerfällt aber in mehrere biologische Arten. Durch Stäger (1903) wurde die roggenbewohnende Form von *Secale cereale* L. übertragen auf *Anthoxanthum odoratum* L., *Phalaris arundinacea* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Mert. u. Koch, *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Hudson, *Poa caesia* Sm., *Poa hybrida* Gaudin, *Poa pratensis* L., *Poa sudetica* Hänke (= *P. Chaixi* Vill.), *Bromus sterilis* L., *Triticum vulgare* Vill., *Hordeum murinum* L., *Hordeum vulgare* L., *Briza media* L. und *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth; dagegen sind merkwürdigerweise ausser den *Lolium*-Arten auch *Poa fertilis* Reichb. und *Poa annua* L., sowie *Bromus erectus* Hudson völlig unempfänglich. Diese roggenbewohnende biologische Art nennt man nach ihrem Hauptwirt *forma specialis secalis*. Während diese biologische Art stark multivor ist, befällt z. B. die *f. sp. lolii* ausser den *Lolium*-Arten nur noch *Bromus erectus* Hudson. Ferner hat Stäger (1905) eine besondere biologische Art gefunden, die nur auf *Brachypodium silvaticum* (Hudson) Pal. und *Milium effusum* L. parasitiert, wobei die Primärinfektion immer an der Ende Mai blühenden *Milium effusum* L. erfolgt, während *Brachypodium silvaticum*, die erst Ende Juli anfangs August blüht, stets durch die Honigtau Konidien von *Milium effusum* vermittels Insekten infiziert wird. Es handelt sich also hier um eine Gewohnheitsrasse im Sinne Magnus; denn die enge Abhängigkeit des Pilzes von den zwei einzigen Gräsern *Brachypodium silvaticum* und *Milium effusum* befestigt die Rasse so, dass sie konstant wird.

Wenn wir jetzt unsere Stämme nach ihren Wirtspflanzen klassifizieren, so müssen wir mit Ausnahme von Stamm Nr. 1 b, von *Glyceria borealis* isoliert, alle der Species *purpurea f. sp. secalis* zuweisen.

Die verschiedenen *Claviceps*-Arten und Stämme zeigten in Reinkultur recht verschiedene Habitusbilder. Aber nicht nur in ihrem Aussehen differenzierten sie sich, sondern ebenso deutlich liessen sich Unterschiede in den Nährstoffansprüchen erkennen. Als Nährboden zur Vermehrung und für die physiologischen Versuche diente für einen Teil der Stämme Malzagar (40 g Wanders Malzextrakt und 20 g Agar auf 1 Liter destilliertes Wasser), während die übrigen einen synthetischen Nährboden, wie ihn schon Kirchhoff (1929) mit

- gutem Erfolg verwendete, von folgender Zusammensetzung bevorzugten:

10	% Rohrzucker	Wir benennen dieses Substrat in Zukunft Rohrzucker-Asparagin-Agar bzw. Rohrzucker-Asparagin-Lösung.
1	% Asparagin	
0,1	% KH_2PO_4	
0,025	% MgSO_4	
2	% Agar	

Von der biologischen Art *C. purpurea f. sp. secalis* gediehen die Stämme Nr. 4 b (*Bromus inermis*), 8 b (*Festuca elatior*) und 13 a (*Poa pratensis*) besonders gut auf Malzagar, wo sie sich nicht nur durch ein gutes Myzelwachstum auszeichneten, sondern auch reichlich Sporen (Konidien) bildeten; wogegen die von Roggenmutterkorn isolierten Stämme HK, U *Secale* I und II auf diesem Substrat nur ein sehr spärliches oder zum Teil überhaupt kein Wachstum zeigten; diese letztern Stämme zeigen dagegen auf Rohrzucker-Asparagin-Agar eine üppige Entwicklung mit reichlicher Konidienbildung und erlangten auf diesem Nährboden ein typisches Habitusbild. Ausser diesen vier Stämmen von *C. purp. f. sp. secalis* stellte nur noch *C. microcephala* ähnliche Ernährungsansprüche; seine Kultur gelang ebenfalls sehr gut auf Rohrzucker-Asparagin-Agar.

Claviceps paspali und der von *Glyceria borealis* herkommende Stamm 1 b liessen sich wiederum sehr leicht auf Malzagar kultivieren.

Das charakteristische Habitusbild der einzelnen Stämme in Reinkultur ist folgendes:

a) *Claviceps purpurea f. sp. secalis*.

Stamm 4 b, von *Bromus inermis* isoliert, entwickelt auf Malzagar ein gutes Wachstum und reichliche Konidienbildung. Bei jungen, frischen Kulturen ist das Substratmyzel gelb und stark gefältelt; im Alter neigt der Pilz stark zur Pseudosklerotienbildung; die Kulturen verfärbten sich dunkelbraun bis schwarz. Die Schwarzverfärbung, sowie die festere Struktur des Myzels erinnern an die Rindenschicht des echten *Secale cornutum*. Das Myzel bildet eine zusammenhängende Decke auf der Oberfläche des Substrates, die leicht losgelöst werden kann; der Pilz dringt nie ins Nährsubstrat ein (vgl. Taf. 8, Abb. 1).

Stamm 8 b, von *Festuca elatior* herstammend, bildet ebenfalls ein kräftiges Substratmyzel, im jungen Zustand gelb, wachsartig und gefältelt aussehend, im Alter leicht rosarot werdend. Bisweilen treten Pseudosklerotien auf, die sich vom übrigen Myzel durch ihre festere Struktur und ihre dunkle Färbung deutlich abheben.

Stamm 13 a, von *Poa pratensis*, zeigt auf Malzagar ein rasches und üppiges Wachstum mit intensiver Sporenbildung. Die gekröseartige

Myzeldecke ist in jungem Stadium gelb, verfärbt sich alsdann leicht rosarot und wird schliesslich violett-schwarz.

Diese drei auf Malzagar gut gedeihenden Stämme von *C. purpurea f. sp. secalis* erreichen also in Reinkultur typische Habitusbilder, so dass sie vom Kenner jederzeit ohne Schwierigkeit auseinander gehalten werden können. Als gemeinsame Merkmale sind festzuhalten: Die Bildung von dichtem, zusammenhängendem, nur oberflächlich wachsendem Substratmyzel und das völlige Fehlen von Luftmyzel. Ausserdem ist die Differenzierung des Myzels sowohl in bezug auf die Farbe und Struktur mit zunehmendem Alter für diese drei Stämme charakteristisch. Ferner ist ihnen die Bildung von typischen Myzelverknotungen eigen, die im mikroskopischen Bild stark dem innern Gewebe (Prosenchym) eines Skerotiums ähneln. Engelke (1902) bezeichnete diese Verknotungen als Mikrosklerotien, Kirchhoff (1929) spricht von künstlichen Sklerotien und McCrae (1931) von Pseudosklerotien. Möglicherweise liegt in dieser Struktur der Anfang zu wirklicher Sklerotienbildung. Übrigens konnte ich die Beobachtung machen, dass die Bildung derartiger Myzeldifferenzierungen stark von äussern Wachstumsbedingungen, namentlich vom Nährsubstrat und der Temperatur, abhängig ist. So neigten die drei Stämme z. B. auf sterilisiertem Roggen- oder Erbsensamen bei Temperaturen unter 15° C ganz besonders stark zur Pseudosklerotienbildung. Ferner mag die Feststellung von Interesse sein, dass der Nachweis von Alkaloiden (Ergotamin) bei keiner Kultur, selbst bei solchen mit auffällig starker Pseudosklerotienbildung, gelang.

Die auf Rohrzucker-Asparagin-Agar kultivierten Stämme von *C. purpurea f. sp. secalis*, also Stamm HK, U, Secale I und II (alle von Roggenmutterkorn isoliert), unterscheiden sich gegenüber den von den wilden Gräsern isolierten Stämmen 4 b, 8 b und 13 a, trotz ihrer Zugehörigkeit zu der gleichen biologischen Art, im Habitusbild der Reinkulturen ganz augenfällig. Sie alle bilden nämlich ein sehr dichtes, kreideweisses Luftmyzel. Irgendwelche Differenzierungen der Kulturen in Farbe und Struktur im Laufe des Wachstums konnten nie wahrgenommen werden; es fehlten demgemäß auch Anzeichen zur Pseudosklerotienbildung. Die Myzeldecken, die sich ebenfalls nur oberflächlich ausdehnten, blieben weiss bis zum Absterben. Die Konidienbildung dieser Stämme war auf Rohrzucker-Asparagin-Agar sehr gut. Die Stämme zeichneten sich aber durch ein sehr langsames Wachstum aus, was in den Ergebnissen unserer Temperaturversuche zum Ausdruck kommt. So deutlich die Abgrenzung dieser beiden Gruppen der biologischen Art *secalis* in bezug auf ihre Wuchsformen ist, so wenig war irgendwelcher Unterschied zwischen den von Roggenmutterkorn isolierten Stämmen festzustellen.

b) Stamm Nr. 1b von *Glyceria borealis*
(e.v. C. Wilsoni).

Stamm Nr. 1b, von *Glyceria borealis* abgeimpft, ähnelt in seiner Wuchsform und in seinen Nährstoffansprüchen stark den von den wilden Gräsern isolierten Stämmen von *C. purpurea f. sp. secalis*. Er gedeiht besonders üppig auf Malzagar, wo er auch massenhaft Konidien bildet. Das Substratmyzel, das jung gelb, glatt und wachsartig aussieht und im Alter leicht rosarot wird, weist nur eine schwache topographische Differenzierung auf. Der Pilz zeigt bei langer Kultur Anfänge zur Pseudosklerotierzeugung, charakterisiert durch die festere Struktur und die Dunkelverfärbung einzelner Partien der Myzeldecke. Im mikroskopischen Bild erweisen sich derartige Stellen als dichte Myzelverknotungen, die dem pseudoparenchymatischen Dauermyzel des echten *Secale cornutum* sehr ähneln (vgl. Tafel 8, Abb. 2).

c) *Claviceps paspali*.

Claviceps paspali wächst auf Malzagar sehr üppig und bildet eine plane Myzeldecke mit watteförmigem Luftmyzel aus. Das typische Merkmal ist ausser der Luftmyzelbildung die ausgeprägte dunkelrote Farbstoffbildung. Irgendwelche Differenzierung des Myzels konnte bei dieser Art während der Kultur nie beobachtet werden (vgl. Tafel 8, Abb. 3).

d) *Claviceps microcephala*.

Claviceps microcephala entwickelt auf Rohrzucker-Asparagin-Agar eine sehr dichte, kreideweisse Myzeldecke. Die Konidienbildung ist ebenfalls sehr intensiv. Die Reinkultur unterscheidet sich makroskopisch nicht von den von Roggenmutterkorn isolierten Stämmen von *C. purpurea*. In der Abb. 4 der Tafel 8 ist bei einem keilförmigen Stück der Kultur das Luftmyzel mit absolutem Alkohol beschädigt worden, so dass das etwas dunklere, gelbe Substratmyzel sichtbar wird. Die bei der photographischen Aufnahme auffallende Topographie der Kultur ist eine Besonderheit der Kolleschalenkulturen; sie tritt in andern Kulturgefäßen nicht auf. Die auch in der Abbildung sichtbaren punktförmigen Gebilde sind nicht etwa Mikrosklerotien, sondern Anhäufungen von Sporenmassen (vgl. Tafel 8, Abb. 4).

3. Der Einfluss der Temperatur auf das Pilzwachstum.

Es stehen uns zur zahlenmässigen Erfassung des Wachstums parasitischer Pilze bei saprophytischer Lebensweise zwei Methoden zur Verfügung :

1. Wir können den Pilz auf ein geeignetes festes Nährsubstrat impfen und die lineare Ausdehnung des Myzelwachstums messen, oder aber

2. wir lassen den Pilz in flüssigen Kulturmedien wachsen und stellen die Trockengewichte der produzierten Myzeldecken fest.

So einfach die Erforschung des Einflusses der Temperatur auf die Vitalität der parasitischen Pilze bei saprophytischer Lebensweise verhältnismässig scheint, so erweist es sich doch bei der praktischen Durchführung oft als recht schwierig, den Wirkungsgrad des Temperaturfaktors reinlich zu ermitteln; insbesondere ist das Myzelwachstum bei gleichbleibender Ernährung und bei gleichbleibenden sonstigen Versuchsbedingungen namentlich von der Kulturdauer abhängig.

Über den Einfluss der Temperatur auf das Myzelwachstum von *C. purpurea* finden wir keine Angaben, die auf Genauigkeit und Zuverlässigkeit Anspruch erheben können. Ausser McCrae (1931), welche auf Grund ihrer Temperaturversuche, bei welchen übrigens zu der Beurteilung der Wachstumsintensität kein objektiver Maßstab herbeigezogen wurde, zum Schlusse kommt, dass Lebenskraft und Wachstumsschnelligkeit zwischen 10° C und dem Temperaturoptimum, das zwischen 20° und 30° C liegt, zunehmen, begnügen sich die meisten Autoren mit der Feststellung, dass der Mutterkornpilz bei Zimmertemperatur sich gut entwickle.

a) Das Wachstum auf Nährböden.

Die Wachstumsversuche auf festem Substrat wurden mit Kolleßschalen (vgl. Tanja, 1933, S. 394) durchgeführt. Dieselben werden mit 150 ccm Nährsubstrat, in unserem Falle Malzagar oder Rohrzucker-Asparagin-Agar, beschickt und dreimal bei 98° C nach Intervallen von 24 Stunden im Dampftopf sterilisiert (fraktionierte Sterilisation). Zu Temperaturstudien stehen Thermostaten von 3—36° C zur Verfügung, die von 3 zu 3 Grad abgestuft sind. Ausserdem stellten wir eine Temperaturserie im Kühlkeller auf, wo eine mittlere Temperatur von — 1° C herrscht. Um schlusskräftige Ergebnisse zu erhalten, führten wir sämtliche Versuche in zehnfacher Wiederholung durch. Da unsere Versuche dreizehn Temperaturstufen umfassen, setzt sich somit jede unserer Versuchsserien aus 130 Einzelerhebungen zusammen. Im Impfkasten wurde ein Stückchen einer Schrägagarkultur mittels Platin-nadel ins Zentrum der Schale gebracht. Sobald die Pilze, die im Innern der Thermostaten im Dunkeln heranwuchsen, bei einer Temperaturstufe annähernd den Rand der Schale erreicht hatten, wurde der Versuch abgebrochen und die Wachstumsintensität durch die Ermittlung der Durchmesser der kreisförmigen Myzeldecken festgestellt. Leider nahmen unsere Wachstumsversuche auf Nährböden anfänglich keinen günstigen Verlauf. Der Übelstand lag darin, dass das Kondenswasser in den Schalen die Konidien, die wir samt den kleinen Myzelstückchen in die Schale brachten, verfrachtete. In der Folge keimten dieselben in der ganzen Schale verstreut aus und verunmöglichten so eine Mes-

sung des Wachstums, das vom Myzelstückchen konzentrisch hätte ausgehen sollen. Wir modifizierten unsere Versuchsmethodik nach verschiedenen Richtungen und gelangten nach vielen Misserfolgen schliesslich zum Ziel, wenn wir statt 20 Gramm Agar 30 Gramm pro Liter verwendeten und die Schalen nach dem letzten Sterilisieren noch etwa 10—14 Tage unbeimpft im Laboratorium stehen liessen, damit ein Teil des in der Schale umherfliessenden Kondenswassers verdunsten konnte, ohne dass dabei der Agar austrocknete. Ferner liess sich die Zahl der unerwünschten Konidien erheblich reduzieren durch Verwendung ganz junger Kulturen als Ausgangsmaterial.

Die Messung der kreisförmigen Myzeldecken erfolgte im durchschimmernden Lichte auf der Rückseite der Kolleschalen. Wir ermittelten von jeder Kultur den grössten und den kleinsten Durchmesser und trugen das arithmetische Mittel der beiden Messungen in die Tabelle ein.

Die Temperaturen der Thermostaten wurden täglich kontrolliert. Die Abweichungen von den « Idealtemperaturen » betrugen in der Regel nicht über $\pm 0,5^\circ$ C. Traten grössere Schwankungen auf, so konnte der Fehler durch Regulierung der Einstellung der Thermoelemente leicht behoben werden. In den Tabellen geben wir nur die Idealwerte an; denn auch die Durchschnittstemperaturen, die wir als arithmetisches Mittel aus den täglichen Ablesungen berechnen können, kommen den wirklichen Temperaturen nicht näher, da sie die mehr oder weniger grossen Schwankungen zwischen zwei Kontrollen auch unberücksichtigt lassen.

Tabelle 1.
Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei Temperaturen von -1° bis 36° C.
Nährboden : Malzagar. Kulturdauer : 20 Tage.

Temperatur $^\circ$ C	Durchmesser der Kulturen in mm		
	Stamm 13a von <i>Poa pratensis</i>	Stamm 4b von <i>Bromus inermis</i>	Stamm 8b von <i>Festuca elatior</i>
-1	Spuren	Spuren	Spuren
3	$18 \pm 0,8$	$24 \pm 0,5$	$20 \pm 1,3$
6	$28 \pm 0,7$	$36 \pm 0,7$	$34 \pm 0,9$
9	$43 \pm 1,0$	$51 \pm 0,7$	$39 \pm 0,7$
12	$57 \pm 1,0$	$72 \pm 0,8$	$57 \pm 1,1$
15	$67 \pm 1,2$	$92 \pm 0,9$	$74 \pm 0,7$
18	$81 \pm 2,0$	$115 \pm 1,0$	$89 \pm 1,0$
21	$94 \pm 0,8$	$134 \pm 0,8$	$116 \pm 1,7$
24	$86 \pm 0,2$	$130 \pm 1,1$	$81 \pm 0,8$
27	$48 \pm 1,1$	$76 \pm 1,2$	$71 \pm 1,0$
30	$26 \pm 1,0$	$21 \pm 3,4$	$24 \pm 0,7$
33	0	0	0
36	0	0	0

Tab. 1 und Abb. 1 geben Aufschluss über den Einfluss der Temperatur auf das lineare Wachstum der drei Stämme 13 a, 4 b und 8 b von *C. purpurea f. sp. secalis*. Die Zahlenwerte in dieser und allen nächsten Tabellen stellen die arithmetischen Mittel der zehn Parallelversuche dar; ihr mittlerer Fehler ist mit Hilfe der Fehlerberechnungstabelle von Zöller (1925) ermittelt worden. Die Daten der Tabelle 1 bzw. die Kurven der Abb. 1 sind direkt miteinander vergleichbar, da alle drei

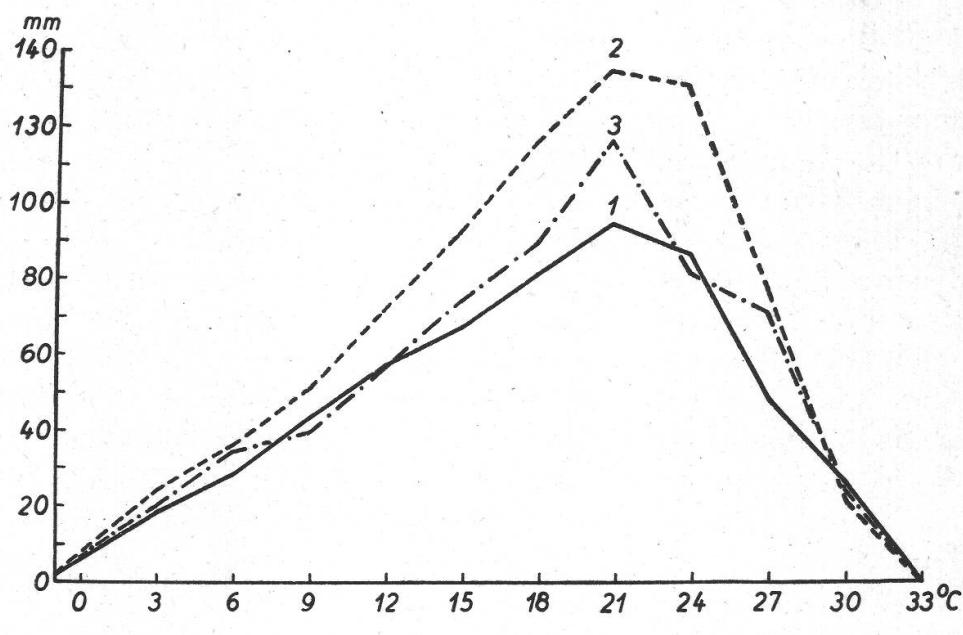


Abbildung 1.

Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei verschiedenen Temperaturen.

Kurve 1: Stamm 13 a von *Poa pratensis*.

Kurve 2: Stamm 4 b von *Bromus inermis*.

Kurve 3: Stamm 8 b von *Festuca elatior*.

Temperaturversuche unter völlig gleichen Bedingungen, nämlich mit gleichem Nährsubstrat (40 g W a n d e r s Malzextrakt und 30 g Agar) und gleichlanger Versuchsdauer (20 Tage), durchgeführt wurden. Aus dem Verlauf der Kurven 1, 2 und 3 der Abb. 1 ersehen wir, dass sich die drei Stämme 13 a, 4 b und 8 b gegenüber dem Temperaturfaktor ziemlich gleich verhalten, stimmen sie doch wenigstens in den Kardinalpunkten, Minimum, Optimum und Maximum, gut überein. Allerdings ist das Minimum des Gedeihens nicht exakt festgelegt, da alle drei Stämme im Kühlkeller bei einer durchschnittlichen Temperatur von -1° C noch gedeihen. Der Ausdruck « Spuren » in den Tabellen bedeutet nämlich, dass das Pilzwachstum bei der betreffenden Temperatur nach der angegebenen Versuchsdauer noch nicht messbar war, das Gedeihen des Pilzes aber nach längerer Kulturdauer als gesichert festgestellt wurde. Dagegen sehen wir, dass alle drei Stämme ihr

Wachstum bei 33° C bereits einstellten; ihr Temperaturmaximum liegt also zwischen 30 und 33° C.

Was die Optima des Wachstums betrifft, fallen sie wiederum für alle drei Stämme zusammen, und zwar bei 21° C. Es ist aber zu beachten, dass die drei Wachstumskurven gerade im Optimumsbereich in ihrem Verlaufe kleine Unterschiede aufweisen. Während die Temperaturkurve von Stamm 8 b (Kurve 3) vom Optimum nach beiden Extremen rasch abfällt, verlaufen die Kurven von Stamm 13 a (Kurve 1) und ganz besonders diejenige von Stamm 4 b (Kurve 2) gerade im Optimumsbereich bedeutend flacher. Auf Grund des Verlaufes dieser beiden Kurven wäre man fast geneigt, die Richtigkeit der Lage der Optima bei 21° C anzuzweifeln und entweder dahin zu deuten, dass das Optimum aus irgendeinem Grunde (z. B. durch rascheres Austrocknen des Nährbodens bei höheren Temperaturen) etwas nach unten verschoben wurde, oder aber anzunehmen, dass dasselbe zwischen 21 und 24° C liegt, was wohl für diese beiden Versuche das richtigere sein dürfte. Ein Vergleich mit den Temperaturkurven des Wachstums in Nährösungen (vgl. Abb. 5, Seite 89, Kurve 13) ergibt, dass Stamm 13 a dort bei 24° C seine optimale Entwicklung erlangt; dagegen lässt Stamm 4 b (Kurve 15) dort wie hier bei 21° C das Optimum des Wachstums erkennen. Bei der Kurve der Myzeltrockengewichte (Kurve 15) kommt aber deutlicher zum Ausdruck, dass der Pilz einen ziemlich breiten Temperaturoptimumsbereich besitzt, erreicht er doch zwischen 18 und 24° C annähernd gleiche Myzelgewichte.

Tabelle 2.

Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei Temperaturen von —1° bis 36° C.
Nährboden: Rohrzucker-Asparagin-Agar.

Temperatur °C	Durchmesser der Kulturen in mm		
	Stamm HK		Stamm Secale I Kulturdauer 30 Tage
	Kulturdauer 20 Tage	Kulturdauer 30 Tage	
—1	0	0	0
3	Spuren	Spuren	Spuren
6	Spuren	14 ± 0,6	12 ± 0,8
9	17 ± 0,7	27 ± 0,7	25 ± 1,0
12	27 ± 1,0	45 ± 1,4	40 ± 1,2
15	40 ± 1,1	58 ± 1,4	56 ± 1,8
18	50 ± 1,2	70 ± 1,1	68 ± 1,5
21	59 ± 1,1	78 ± 0,8	81 ± 1,6
24	69 ± 1,1	88 ± 1,3	93 ± 2,1
27	75 ± 1,3	98 ± 1,1	104 ± 1,7
30	62 ± 0,9	84 ± 0,6	87 ± 1,1
33	0	0	0
36	0	0	0

Der auffällig nach rechts verlagerte asymmetrische Verlauf der Temperaturkurven ist eine für biologische Vorgänge längst bekannte Erscheinung und stellt nichts Besonderes dar.

Wir halten von Abb. 1 die Tatsache fest, dass die drei Stämme 13 a, 4 b und 8 b, die der gleichen biologischen Art, nämlich *f. sp. secalis* angehören, sich gegenüber dem Einfluss der Temperatur gleich verhalten, wenn alle übrigen Versuchsbedingungen gleich und konstant gehalten werden.

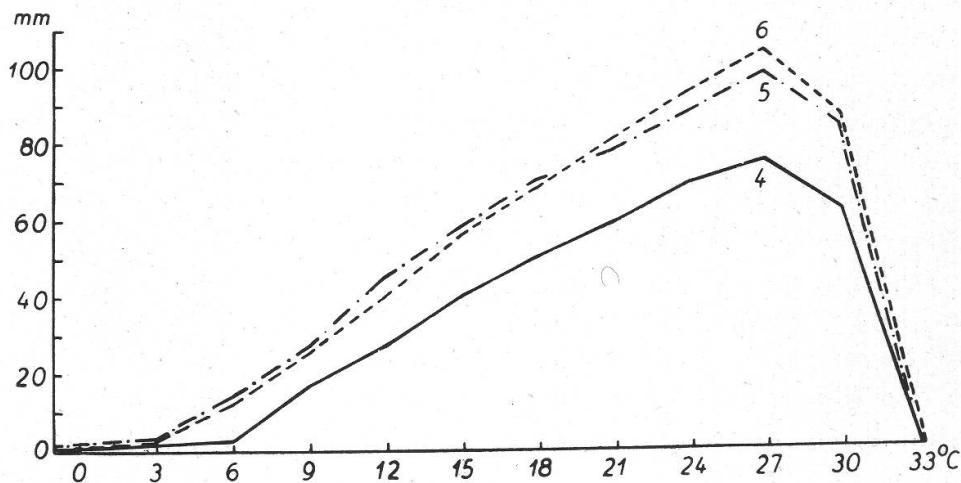


Abbildung 2.
Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei verschiedenen Temperaturen.

Kurve 4: Stamm HK von Roggen, Kulturdauer 20 Tage.

Kurve 5: » » » » » 30 »

Kurve 6: Stamm Secale I » » 30 »

Mit der Abb. 2, die die Daten der Tab. 2 graphisch darstellt, verfolgen wir den Verlauf der Temperaturkurven der Stämme HK (Kurven 4 und 5) und Secale I (Kurve 6). Diese beiden Stämme, die eigene Isolierungen aus Roggensklerotien sind und der gleichen biologischen Art angehören wie die soeben besprochenen, unterscheiden sich aber von diesen auffällig sowohl im Habitusbild wie auch in bezug auf die Nährstoffansprüche. Als Nährboden diente der in seiner Zusammensetzung bereits bekannte Rohrzucker-Asparagin-Agar.

Bei Stamm HK wurden die Durchmesser der Kulturen nach 20- und 30tägiger Versuchsdauer ermittelt. Nach 20tägiger, um Vergleiche mit den übrigen Stämmen anstellen zu können und weil wir bei längerer Versuchsdauer Wachstumsstörungen durch das Austrocknen der Nährböden befürchteten; nach 30tägiger, weil bei der ersten Messung die absoluten Werte der Myzelflächendurchmesser so klein ausfielen, dass eine zweite Messung nach längerer Kulturdauer sehr erwünscht erschien. Aus dem parallelen Verlauf der beiden Kurven 4 und 5 von Stamm HK geht aber hervor, dass sich das Wachstum des Pilzes bis

zu 30 Tagen bei allen Temperaturstufen ohne irgendwelchen störenden Nebeneinfluss vollzog.

Die beiden Stämme HK und Secale I zeichnen sich durch auffallende Übereinstimmung im Verhalten gegenüber dem Wachstumsfaktor Temperatur aus. Beachtenswert ist, dass sowohl das Temperaturminimum wie namentlich auch das -optimum dieser beiden von Roggenmutterkorn isolierten Stämme deutlich verschieden sind von den drei von den Gräsern *Poa pratensis*, *Bromus inermis* und *Festuca elatior* herkommenden Stämmen 13 a, 4 b und 8 b, obschon sie alle der gleichen biologischen Art *f. sp. secalis* angehören. Während die soeben genannten Stämme im Kühlkeller bei einer Temperatur um -1° C noch gedeihen, stellen die beiden Stämme HK und Secale I nicht nur ihr Wachstum ein, sondern gehen überhaupt zugrunde. Temperaturen unter 0° wirken auf diese Stämme tödlich. Ebenso überraschend ist der weite Unterschied der Temperaturoptima von 6° C dieser beiden Stammgruppen von *C. purpurea f. sp. secalis*, entwickeln sich doch die Stämme 13 a, 4 b und 8 b bei 21° C am besten, während für die Stämme HK und Secale I Temperaturen um 27° C besonders wachstumsfördernd wirken. Zu den eben genannten Unterschieden in bezug auf den Temperatureinfluss gesellt sich noch ein weiterer, nämlich das bedeutend langsamere Wachstum dieser beiden Stämme im Vergleich zu der Wachstumsgeschwindigkeit der drei andern.

Tab. 3 und Abb. 3 geben die Resultate der Temperaturversuche mit *Claviceps*-Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni*) und *C. paspali* wieder. Beide

Tabelle 3.

Wachstum von *Claviceps*-Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni*) und von *Claviceps paspali* bei Temperaturen von -1° bis 36° C.
Nährboden: Malzagar.

Temperatur $^{\circ}$ C	Durchmesser der Kulturen in mm			
	Claviceps Stamm 1 b		Claviceps paspali	
	Kulturdauer 14 Tage	Kulturdauer 20 Tage	Kulturdauer 20 Tage	Kulturdauer 30 Tage
-1	Spuren	$14 \pm 0,6$	0	0
3	$17 \pm 0,5$	$23 \pm 0,6$	0	0
6	$29 \pm 0,8$	$39 \pm 0,9$	Spuren	$13 \pm 0,5$
9	$41 \pm 0,7$	$57 \pm 1,0$	$16 \pm 1,2$	$22 \pm 1,3$
12	$58 \pm 0,8$	$78 \pm 0,7$	$26 \pm 0,1$	$37 \pm 1,2$
15	$72 \pm 0,6$	$99 \pm 1,2$	$35 \pm 1,5$	$51 \pm 1,5$
18	$87 \pm 1,2$	$123 \pm 1,3$	$52 \pm 1,6$	$74 \pm 0,7$
21	$98 \pm 0,9$	$135 \pm 0,5$	$62 \pm 0,8$	$92 \pm 1,5$
24	$101 \pm 0,8$	$135 \pm 0,6$	$75 \pm 1,1$	$111 \pm 1,4$
27	$75 \pm 0,9$	$98 \pm 0,7$	$62 \pm 2,3$	$92 \pm 1,7$
30	$20 \pm 0,3$	$23 \pm 0,8$	$11 \pm 0,5$	$12 \pm 0,4$
33	0	0	0	0
36	0	0	0	0

wuchsen auf vierprozentigem Malzagar. Die Temperaturkurven von *Claviceps*-Stamm 1 b (Kurven 7 und 8) (*Glyceria borealis*) heben sich im Verlauf unzweideutig von den Stämmen der biologischen Art *secalis* ab. Das Optimum des Wachstums liegt hier bei 24°C , was nach vierzehntägiger Kulturdauer (Kurve 7) deutlicher zum Ausdruck kommt als nach zwanzigtagiger (Kurve 8), wo das Optimum bereits verwischt ist. Die untere Grenze des Wachstums muss bei diesem Stamm merk-

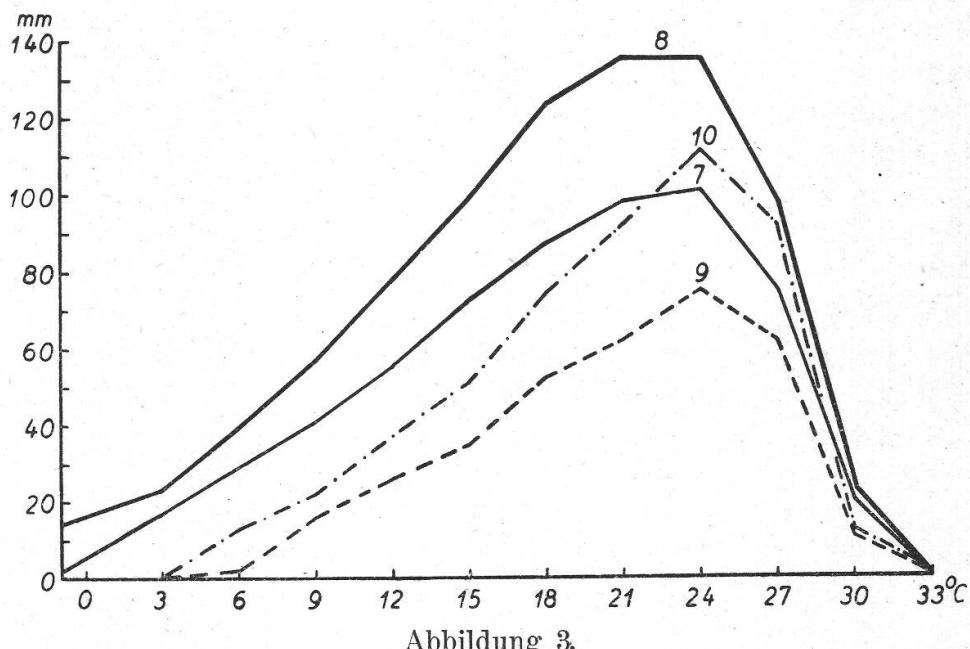


Abbildung 3.

Wachstum von *Claviceps*-Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni*) und von *Claviceps paspali* bei verschiedenen Temperaturen.

Kurve 7: Stamm 1 b von *Glyceria borealis*, Kulturdauer 14 Tage.

Kurve 8: » 1 b » » » » 20 »

Kurve 9: *Claviceps paspali*, Kulturdauer 20 Tage.

Kurve 10: » » » » 30 »

lich unter 0°C liegen, da die im Kühlkeller aufgestellten Kulturen bei -1°C nach 20 Tagen schon eine messbare Entwicklung aufwiesen. *Claviceps*-Stamm 1 b hat sich bei den Temperaturversuchen als der frohwüchsige erwiesen.

Die beiden Temperaturkurven 9 und 10 von *C. paspali* laufen mit keiner der *C. purpurea*-Stämme parallel. Wohl liegt das typische Temperaturoptimum dieser Art auch bei 24°C , wie dasjenige von *C.*-Stamm 1 b, der ja vielleicht auch ein Vertreter einer besonderen Art ist. Dagegen unterscheidet sich *C. paspali* deutlich von allen andern durch das relativ hohe Temperaturminimum bei zirka 3°C .

Als letzte Versuchsergebnisse vom Wachstum auf festem Substrat folgen Tab. 4 und Abb. 4, welche den Temperatureinfluss auf *Claviceps microcephala* wiedergeben. Die beiden Kurven 11 und 12 nach 20-

und 30tägiger Kulturdauer verlaufen parallel. Was die Lage der Kardinalpunkte anlangt, fallen dieselben mit Ausnahme des Minimums mit denjenigen von *C. paspali* zusammen. Die Kurven steigen bis zu 24° C und fallen von 27° C an rasch ab; bei 33° C hat wie bei allen andern Stämmen das Wachstum bereits aufgehört. Das Minimum liegt für *C. microcephala* bei 0° C, also tiefer als für *C. paspali* und höher als für die drei von den wilden Gräsern isolierten Stämme 13 a, 4 b und 8 b von *C. purpurea f. sp. secalis*, fällt dagegen zusammen mit demjenigen der beiden Stämme HK und Secale I. *Claviceps microcephala* zeichnet sich gegenüber allen andern *Claviceps*-Arten bzw. -Stämmen durch das äusserst langsame Wachstum aus. Die Temperaturkurven nehmen einen sehr regelmässigen, aber auffallend flachen Verlauf.

Tabelle 4.
Wachstum von *Claviceps microcephala*
bei Temperaturen von —1° bis 36° C.
Nährboden: Rohrzucker-Asparagin-Agar.

Temperatur °C	Durchmesser der Kulturen in mm	
	Kulturdauer 20 Tage	Kulturdauer 30 Tage
—1	0	0
3	Spuren	Spuren
6	Spuren	12 ± 0,5
9	12 ± 0,6	20 ± 0,7
12	19 ± 0,6	29 ± 1,4
15	24 ± 0,7	35 ± 1,3
18	31 ± 0,4	45 ± 2,7
21	37 ± 0,9	55 ± 1,1
24	44 ± 0,8	64 ± 1,1
27	39 ± 0,7	62 ± 1,6
30	14 ± 0,7	18 ± 0,8
33	0	0
36	0	0

b) Das Wachstum in Nährlösungen.

Der Temperaturfaktor wirkt sich in gewissen Fällen auf die Entwicklung des Myzels in flüssigem Substrat anders aus als auf festem. Dieser scheinbare Widerspruch kann in verschiedenen Umständen begründet sein. Einmal ist zu berücksichtigen, dass wir das Wachstum in Kolleschalen linear, also nur in einer Dimension messen, während bei der Feststellung der Trockengewichte die ganze produzierte Myzel- und Sporenmasse als Maßstab dient. Des weiteren impften wir bei unsren Versuchen die Kolleschalen mit Myzelstückchen, während wir bei der Ermittlung der Trockengewichte der Myzeldecken die Nährösungen mittels Sporensuspension infizierten. Wir haben im letztern Fall eigentlich den Einfluss der Temperatur auf die Konidienkeimung vermischt

mit demjenigen der Myzelentwicklung. Da diese beiden Vorgänge aber nicht in gleicher Weise von der Temperatur abhängig zu sein brauchen, und da doch die Sporenkeimung Voraussetzung zur Myzelentwicklung in der Nährösung ist, erscheint ein Unterschied im Wachstum ein und desselben Pilzes auf festem Nährboden und in Nährösungen denkbar. Wir ermitteln bei den Temperaturversuchen in Nährösungen bei Anwendung der Sporeninfektion gleichzeitig das Minimum und das Maximum der Konidienkeimung.

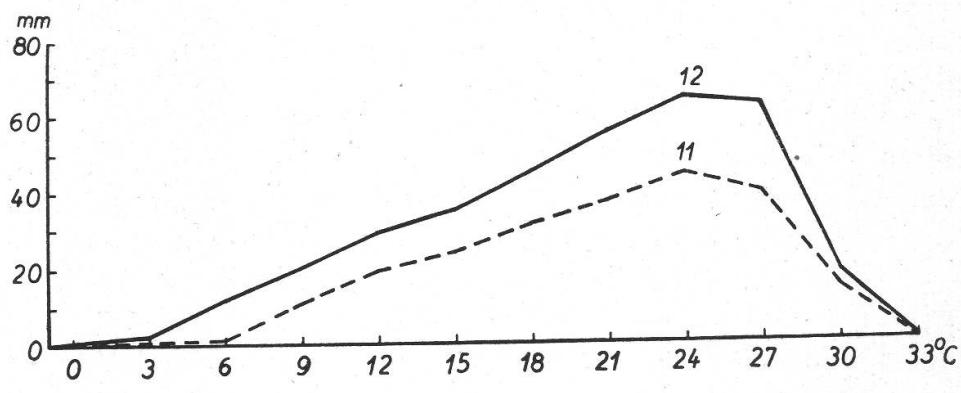


Abbildung 4.

Wachstum von *Claviceps microcephala* bei verschiedenen Temperaturen.

Kurve 11 : Kulturdauer 20 Tage.

Kurve 12 : » 30 »

Die Versuchsmethodik war folgende : Wir beschickten Erlenmeyerkolben aus Kaliglas von 400 ccm Inhalt mittels Abfüllapparat mit je 100 ccm Nährösung und sterilisierten dieselben dreimal je eine halbe Stunde bei 98° C. Als Nährösung verwendeten wir analog zu den Nährböden eine 4 %ige Malzösung oder die bekannte Rohrzucker-Asparagin-Lösung. Da mit der Sterilisation der Malzösung eine starke Ausflockung einhergeht, welcher Niederschlag unsere Myzelgewichte fälscht, war es notwendig, die Malzösung vor dem Abfüllen 2 bis 3 Stunden zu kochen. Nach erfolgter Sterilisation impften wir die Nährösungen mittels Platinöse mit einer Konidienaufschwemmung. Vor der Verwendung der Konidiensuspension unterzogen wir sie der mikroskopischen Kontrolle. Auch bei diesen Versuchen stellten wir je Temperaturstufe zehn Kulturen auf. Die Trockengewichtsbestimmung der Myzeldecken erfolgte so, dass die Myzelmassen auf vorgewogene und vorgetrocknete Filter gebracht und hierauf so lange mit heißem Wasser ausgewaschen wurden, bis sie ammoniakfrei waren. Nachher liess man die Filter samt den Myzelien lufttrocken werden, trocknete sie schliesslich bei 103° C und bestimmte ihr Gewicht. Die Sporenimpfung mittels Öse oder Pipette hat gegenüber der Myzelimpfung den Vorteil der grösseren Gleichmässigkeit.

Die Ergebnisse: Tab. 5 und Abb. 5 zeigen die Ergebnisse der Temperaturversuche in Nährösungen der Stämme 13 a, 4 b und 8 b von *C. purpurea f. sp. secalis*. Diese Wachstumskurven gestatten unter sich keinen direkten Vergleich, da die Pilze sowohl hinsichtlich Versuchsdauer und Nährstoffquellen ungleichen Bedingungen ausgesetzt waren. Stamm 13 a von *Poa pratensis* (Kurve 13) wuchs in vierprozentiger Malzlösung; die Myzelgewichte wurden nach 14tägiger Kulturdauer ermittelt. Diese Kurve muss als eine normal verlaufende Temperaturkurve bezeichnet werden, die ihr Minimum bei -1°C hat und deren Maximum zwischen 30 und 33°C liegt. Bei 24°C erreicht Stamm 13 a in Malzlösung seine optimale Entwicklung. Ziehen wir nun den Vergleich dieser Temperaturkurve mit jener, die das Wachstum auf festem Substrat darstellt (vgl. Abb. 1, Seite 81, Kurve 1), so ergibt sich, dass die beiden Kurven 1 und 13 in ihrem allgemeinen Verlauf wenig voneinander abweichen. Die Temperaturminima und -maxima stimmen miteinander überein; dagegen ergibt sich eine kleine Differenz beim Optimum, welches der Pilz auf Malzagar bei 21°C aufweist (Kurve 1), während er dasselbe in Malzlösung bei 24°C erlangt (Kurve 13). Wir haben bereits bei der Besprechung der Abb. 1 auf diesen Unterschied hingewiesen und schon dort auf Grund des Verlaufes der Kurve 1 die Vermutung ausgesprochen, dass in Wirklichkeit das Optimum zwischen 21 und 24°C liegen dürfte.

Tabelle 5.
Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei Temperaturen von -1° bis 36°C in Nährösung.

Temperatur $^{\circ}\text{C}$	Myzelgewichte in Milligramm			
	Stamm 13 a		Stamm 4 b	
	4%ige Malzlösung	Rohrzucker- Asparagin- lösung	4%ige Malzlösung	Rohrzucker- Asparagin- lösung
	Kulturdauer 14 Tage	Kulturdauer 20 Tage	Kulturdauer 10 Tage	Kulturdauer 20 Tage
-1	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
3	$33 \pm 2,5$	$11 \pm 0,8$	$22 \pm 1,2$	$36 \pm 0,8$
6	$43 \pm 1,7$	$94 \pm 4,7$	$55 \pm 1,8$	$104 \pm 4,8$
9	$97 \pm 4,8$	$160 \pm 7,2$	$90 \pm 2,2$	$285 \pm 6,3$
12	$288 \pm 10,3$	$187 \pm 5,4$	$123 \pm 3,7$	$590 \pm 8,9$
15	$367 \pm 11,0$	$208 \pm 7,7$	$173 \pm 6,1$	$609 \pm 5,4$
18	$434 \pm 17,2$	$234 \pm 3,7$	$200 \pm 5,2$	$643 \pm 9,3$
21	$544 \pm 12,6$	$251 \pm 7,8$	$218 \pm 2,2$	$608 \pm 7,6$
24	$567 \pm 14,8$	$251 \pm 8,9$	$196 \pm 5,0$	$534 \pm 7,2$
27	$486 \pm 14,3$	$250 \pm 10,5$	$148 \pm 5,6$	$491 \pm 7,0$
30	$17 \pm 0,9$	$87 \pm 6,9$	$12 \pm 1,1$	$69 \pm 3,4$
33	0	0	0	0
36	0	0	0	0

Verfolgen wir nun den Verlauf der beiden Temperaturkurven des Stammes 4 b (von *Bromus inermis*), die Kurve Nr. 15 nach 10tägiger Kulturdauer in Malzlösung und Kurve Nr. 16 nach 20tägiger in Rohrzucker-Asparagin-Lösung, so erscheinen sie uns im ersten Moment als vollkommen verschieden. Von der Kurve bei kurzer Kulturdauer ist zu sagen, dass sie, in einem andern Maßstab gezeichnet, als durchaus regelmässige Temperaturkurve erscheinen würde, deren Optimum bei

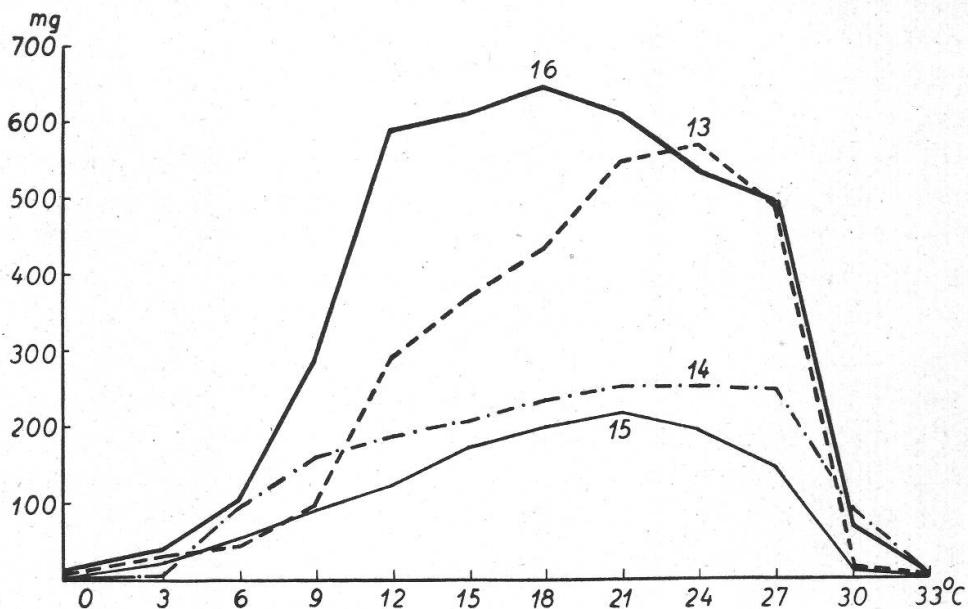


Abbildung 5.

Wachstum von *Claviceps purpurea* f. sp. *secalis*
bei verschiedenen Temperaturen in Nährösung.

Kurve 13: Stamm 13 a von *Poa pratensis* in 4 %iger Malzlösung,
Kulturdauer 14 Tage.

Kurve 14: Stamm 8 b von *Festuca elatior* in Rohrzucker-Asparaginlösung, Kulturdauer 20 Tage.

Kurve 15: Stamm 4 b von *Bromus inermis* in 4%iger Malzlösung,
Kulturdauer 10 Tage.

Kurve 16: Stamm 4 b von *Bromus inermis* in Rohrzucker-Asparaginlösung, Kulturdauer 20 Tage.

24° C liegt. In dieser Darstellung stört uns bloss der etwas flache Verlauf der Kurve. Die Kurve Nr. 16, welche ebenfalls die Myzelentwicklung des Stammes 4 b wiedergibt, mit dem Unterschied, dass der Pilz hier 20 Tage in Rohrzucker-Asparagin-Lösung wuchs, nimmt einen ganz anormalen Verlauf. Die Kurve entspricht unbedingt nicht dem tatsächlichen Temperatureinfluss. Anormal an der Kurve ist der breite Temperaturoptimumsbereich von 12 bis 27° C. Dieser Verlauf spricht deutlich für einen Versuchsfehler, der hier zweifellos in einer zu langen Kulturdauer liegt. Dass der Pilz nämlich sehr temperaturempfindlich ist, beweist der steile Abfall der Kurve gegen die beiden

Extreme (Minimum und Maximum). Da die Myzelentwicklung des Stammes in dieser Nährösung sehr rasch war, was bei einem Vergleich der Myzeltrockengewichte nach 10tägiger Kulturdauer in Malzösung besonders deutlich hervortritt, war der Nährstoffvorrat bei den optimalen Temperaturen entweder erschöpft oder es traten Wachstumshemmungen zu folge Anhäufung eigener Stoffwechselprodukte ein. Diese Erscheinung rief einer Verschiebung des Optimums nach links, indem die Myzelien, die unter der wirklichen Optimaltemperatur heranwuchsen, Zeit zur Weiterentwicklung hatten, während eben die Kulturen mit dem raschesten Wachstum in ihrer Entwicklung irgendwie gehemmt wurden.

Dieser Versuch veranschaulicht, welche Bedeutung der Versuchsdauer bei der Beurteilung von Wachstumsversuchen zukommt und beweist, dass die Wahl des Zeitpunktes des Abbrechens eines Versuches für den Versuchsansteller besonderer Beachtung bedarf.

Die Wachstumskurve von Stamm Nr. 8 b (*Festuca elatior*) (Kurve 14) zeichnet sich ebenfalls durch einen etwas eigenartigen Verlauf aus, was besonders beim Vergleich mit der Temperaturkurve auf festem Substrat (vgl. Abb. 1, Seite 81, Kurve 3) in Erscheinung tritt. Während die optimale Entwicklung dort sehr ausgeprägt bei 21° C liegt, erreicht der Pilz in Rohrzucker-Asparagin-Lösung in den Temperaturen von 21—27° C gleiche Myzelgewichte. Ob auch hier eine Optimumsverschiebung als Folge zu langer Kulturdauer angenommen werden darf, scheint fraglich, da die Myzelentwicklung, nach dem absoluten Gewicht beurteilt, nicht so üppig war, dass an eine Erschöpfung der Nährösung

Tabelle 6.

Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei Temperaturen von —1° bis 36° C in Rohrzucker-Asparagin-Nährösung.
Kulturdauer 20 Tage.

Temperatur °C	Myzelgewicht in Milligramm	
	Stamm HK	Stamm Secale I
—1	0	0
3	Spuren	Spuren
6	4 ± 0,3	10 ± 1,6
9	7 ± 0,4	39 ± 1,8
12	17 ± 0,6	41 ± 2,8
15	24 ± 0,8	63 ± 4,1
18	115 ± 5,1	183 ± 8,1
21	309 ± 6,0	330 ± 7,6
24	338 ± 4,4	371 ± 7,3
27	235 ± 6,4	310 ± 10,0
30	84 ± 2,8	9 ± 0,8
33	5 ± 0,2	0
36	0	0

zu denken ist. Wir stehen vielmehr vor der Tatsache, dass Stamm 8 b sich in dieser Nährlösung viel toleranter erweist gegenüber dem Temperaturfaktor als auf festem Nährboden, wo er sich als sehr temperaturempfindlich herausstellte.

Zusammenfassend stellen wir auf Grund der Resultate, die in Abb. 5 graphisch dargestellt sind, fest, dass die Temperaturkurven der Myzelentwicklung in flüssigen Medien weniger regelmässig verlaufen

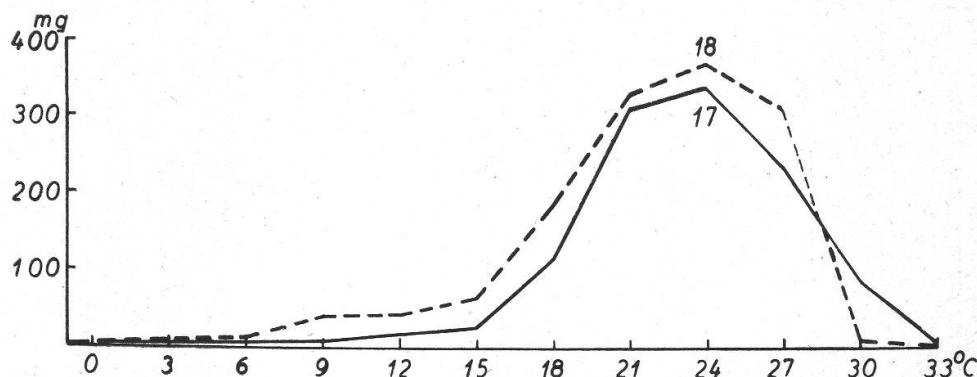


Abbildung 6.

Wachstum von *Claviceps purpurea f. sp. secalis*
bei verschiedenen Temperaturen in Nährlösung.

Kurve 17: Stamm HK von Roggen in Rohrzucker-Asparagin-
lösung, Kulturdauer 20 Tage.

Kurve 18: Stamm Secale I von Roggen in Rohrzucker-Asparagin-
lösung, Kulturdauer 20 Tage.

als auf festem Substrat. Die drei Stämme 13 a, 4 b und 8 b von *C. purpurea f. sp. secalis* zeigen in Nährlösung wohl in bezug auf Temperaturminimum und -maximum Übereinstimmung; dagegen weisen sie im Temperaturoptimum sowohl Unterschiede unter sich auf, wie namentlich aber auch beim Vergleich mit dem Wachstum auf festen Nährböden. (Abb. 1.)

Eine auffallende Übereinstimmung lässt sich dafür bei den beiden Temperaturkurven der *Secalis*-Stämme HK und Secale I (Kurven 17 und 18) feststellen (Tab. 6 und Abb. 6). Hier ist im Hinblick auf die genau gleichen Versuchsbedingungen ein direkter Vergleich gestattet. Von besonderem Interesse ist bei diesen beiden Stämmen die langsame Entwicklung von 3—15° C und der nachherige plötzliche Anstieg der Temperaturkurve bis zum Optimum, das bei 24° C liegt. Das Wachstum in Nährlösungen verläuft im Gegensatz zum Flächenwachstum auf Rohrzucker-Asparagin-Agar (vgl. Abb. 2, Seite 83, Kurven 4, 5 und 6), das sich für beide Stämme durch eine regelmässige Wachstumszunahme mit der Temperatursteigerung auszeichnet, viel unregelmässiger. Dieses unterschiedliche Verhalten der beiden Stämme auf Nährböden und in

Nährösungen hat in diesem Fall seinen Grund in der verschiedenen Infektionsmethode, Myzelimpfung und Sporenimpfung. Ein ergänzender Versuch über den Einfluss der Temperatur auf die Konidienkeimung des Stammes HK liess erkennen, dass für eine rasche Sporenkeimung Temperaturen über 15° C erforderlich sind.

Tabelle 7.

Wachstum von *Claviceps*-Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni*)
und von *Claviceps microcephala*
bei Temperaturen von —1° bis 36° C in Nährösung.

Temperatur °C	Myzelgewichte in Milligramm		
	Claviceps Stamm 1b		C. microcephala
	4%ige Malzlösung	Rohrzucker- Asparagin- } Lösung	
—1	Spuren		0
3	29 ± 1,2		0
6	73 ± 1,7	Spuren	
9	152 ± 5,1	Spuren	
12	177 ± 5,6	11 ± 1,0	
15	175 ± 3,3	19 ± 1,5	
18	165 ± 3,1	135 ± 9,3	
21	181 ± 2,2	278 ± 15,9	
24	172 ± 1,9	470 ± 10,4	
27	136 ± 6,4	157 ± 11,5	
30	Spuren	Spuren	
33	0	0	
36	0	0	

In der 7. und letzten Tabelle über den Temperatureinfluss finden wir die Daten der zwei Wachstumsversuche mit *Claviceps*-Stamm 1 b (*Glyceria borealis*) (Kurve 19) und *C. microcephala* (Kurve 20). Die Resultate sind in Abb. 7 graphisch dargestellt. Diese beiden Kurven haben nichts Gemeinsames, was aber nicht überrascht, da sie ja zu keinem Vergleiche Anlass geben; denn Stamm 1 b wuchs in vierprozentiger Malzlösung während 14 Tagen (Kurve 19), *C. microcephala* dagegen in Rohrzucker-Asparagin-Lösung mit 28tägiger Kulturdauer (Kurve 20). Überraschend ist dagegen der sehr flache Verlauf der Temperaturkurve Nr. 19 des Stammes 1 b, nach welchem man auf einen ausserordentlich breiten Temperaturoptimumsbereich schliessen muss, der zwischen 9 und 27° C liegt. (Der schwache Knick der Kurve bei 18° ist mathematisch nicht gesichert; die betreffenden Werte liegen innerhalb der Fehlergrenze.) Dieser Befund ist auffallend, da bei den Temperaturkurven auf festem Substrat (Abb. 3, Seite 85, Kurven 7 und 8) der Pilz sich auf Malzagar als sehr temperaturempfindlich

erwies: Die Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit innerhalb der Temperaturintervalle ist dort gross und regelmässig vom Minimum bis zum Optimum, das deutlich bei 24°C auftritt.

Die Temperaturkurve von *C. microcephala* (Kurve 20) ist insofern interessant, als das Wachstum bis zu 15°C praktisch = 0 ist, von da an aber bis zum Optimum bei 24°C rasch zunimmt, um ebenso steil gegen das Maximum zwischen 30 und 33°C abzufallen. Der Vergleich

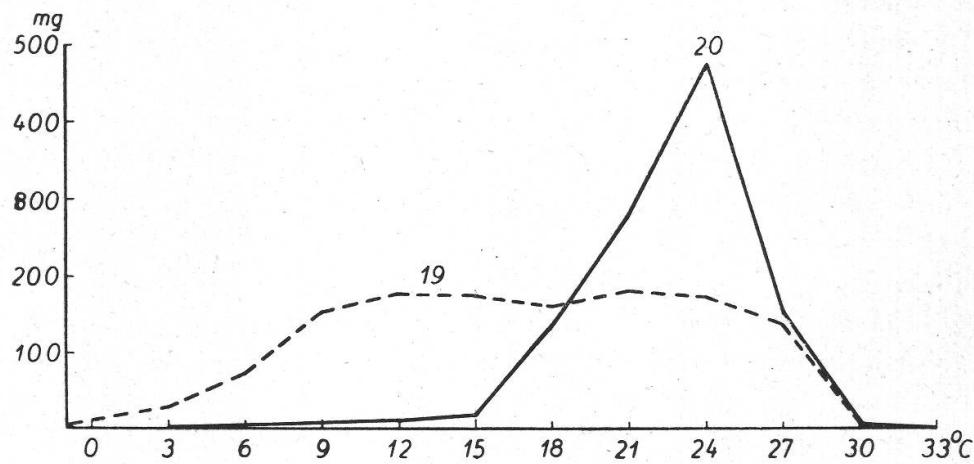


Abbildung 7.

Wachstum von *Claviceps*-Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni*) und von *Claviceps microcephala* bei verschiedenen Temperaturen in Nährösung.

Kurve 19: Stamm 1 b von *Glyceria borealis* in 4 %iger Malzlösung, Kulturdauer 14 Tage.

Kurve 20: *Claviceps microcephala* in Rohrzucker-Asparaginlösung, Kulturdauer 28 Tage.

mit der Wachstumskurve auf festem Substrat (vgl. Abb. 4, Seite 87, Kurven 11 und 12) zeigen denselben Unterschied, wie wir ihn bei den beiden Stämmen HK und Secale I von *C. purpurea* f. sp. *secalis* kennen gelernt haben. Obschon hier keine Sporenkeimungsversuche die Richtigkeit der Vermutung, dass der Unterschied durch die Sporenlösung im Gegensatz zur Myzelimpfung bedingt wird, direkt bestätigen, so erfährt die Vermutung wenigstens durch folgende Tatsache eine Bestärkung: Wir stellen nämlich für *C. microcephala* einen nennenswerten Unterschied der Lage des Wachstumsminimums fest; auf Rohrzucker-Asparagin-Agar ist das Wachstum bei 3°C bereits gesichert (vgl. Tab. 4: Spuren), während in der Nährösung der Pilz bei dieser Temperatur noch nicht gedeiht oder, genauer ausgedrückt, die Sporen noch nicht zu keimen vermögen (Tab. 7). Diese beiden Versuche beweisen wiederum, dass die Konidienkeimung und die Myzelentwicklung zwei Lebensvorgänge sind, die nicht in gleicher Weise vom Temperaturfaktor abhängen.

Schliesslich sei noch auf das anormale Verhalten von *C. paspali* verwiesen, mit welchem ich keine Temperaturversuche in Nährösung durchführen konnte, da mir seine Kultur in keiner von etwa 20 geprüften Nährösungen gelang. Es weicht also diese Art von allen andern deutlich ab.

Tab. 8 stellt eine Übersicht der Resultate sämtlicher Temperaturversuche dar. Als Minimaltemperatur ist diejenige eingetragen, bei der noch « Spuren » festzustellen waren. Die obere Grenze des Wachstums liegt für sämtliche Stämme zwischen 30 und 33° C.

Die Ergebnisse unserer Temperaturversuche lassen sich wie folgt zusammenfassen :

1. Die drei Arten *C. purpurea* Tul., *C. microcephala* Wallr. und *C. paspali* Stev. et Hall. zeigen bei saprophytischer Lebensweise ein verschiedenes Verhalten gegenüber dem Faktor Temperatur. Insbesondere weichen Minima und Optima voneinander ab.
2. Die verschiedenen Stämme der Art *purpurea* lassen sowohl hinsichtlich Temperatureinfluss wie Nährstoffansprüche Unterschiede erkennen, die nicht bei den von Stäger aufgestellten biologischen Arten Halt machen. Die *forma specialis secalis* zerfällt nach dem physiologischen Verhalten der verschiedenen Stämme in zwei Gruppen; die eine umfasst die von den wilden Gräsern isolierten Stämme, zur andern gehören die von Roggensklerotien herkommenden Stämme.
3. Der Temperaturfaktor wirkt sich auf das Wachstum in Nährösungen und auf Nährböden nicht gleich aus, was zum Teil durch die ungleiche Infektionsmethode — Sporenimpfung und Myzelimpfung — bedingt wird.
4. Die Temperaturkurven des linearen Wachstums zeichnen sich durch grössere Regelmässigkeit aus als jene der Myzeltrockengewichte.

4. Der Einfluss der Reaktion des Substrates auf das Pilzwachstum.

Bis heute lassen sich keine allgemeingültigen Gesetzmässigkeiten aufstellen, wie sich die Reaktion des Nährsubstrates auf die Entwicklung der parasitischen Pilze auswirkt. Wahrscheinlich wird es überhaupt nie möglich sein, das Verhalten der Pilze bei verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen in allgemeine Regeln zu kleiden, da sich der Faktor « Reaktion des Substrates » je nach der Art des Mediums, des Nährbodens, der Kulturflüssigkeit usw. verschieden auswirken kann. Ausserdem zeigen die bisherigen Untersuchungen (siehe Fischer und Gämman, 1929, S. 247—251), dass viele parasitische Pilze gegenüber der Reaktion des Substrates sehr tolerant oder plastisch sind. Es wird also der Untersuchung von Einzelfällen stets eine gewisse Bedeutung zukommen.

Tabelle 8.
Zusammenstellung der Ergebnisse über den Einfluss der Temperatur
auf das Wachstum von *C. puparea*, *C. paspali* und *C. microcephala*.

Pilzstamm	Wirtspflanze	Nährsubstrat	Versuchs- dauer Tage	Temperatur- Minimum °C	Temperatur- Optimum °C	Temperatur- Maximum °C
<i>a) auf Nährböden:</i>						
C. <i>puparea</i> f. sp. <i>Secalis</i> 13 a	Poa <i>pratensis</i>	Malzagar	20	-1	21	30-33
»	Bromus <i>inermis</i>	»	20	-1	21	30-33
»	Festuca <i>elatior</i>	»	20	-1	21	30-33
»	Secale <i>cereale</i>	Rohrzucker-Asparagin	20	3	27	30-33
»	»	»	»	30	3	27
»	»	»	»	30	3	27
»	»	»	»	30	3	27
»	»	»	»	30	3	27
C. Stamm 1 b (C. <i>Wilsoni</i> ?) . . .	Glyceria <i>borealis</i>	Malzagar	14	-1	24	30-33
»	»	»	»	20	-1	21-24
»	»	»	»	20 u. 30	6	30-33
C. <i>paspali</i> 10 a	Paspalum <i>laeve</i>	»	20 u. 30	3	24	30-33
C. <i>microcephala</i>	Phragmites <i>communis</i>	»	20	3	24	30-33
<i>b) in Nährösungen:</i>						
C. <i>puparea</i> f. sp. <i>Secalis</i> 13 a	Poa <i>pratensis</i>	Malzlösung	14	-1	24	30-33
»	Bromus <i>inermis</i>	»	10	-1	21	30-33
»	Festuca <i>elatior</i>	Rohrzucker-Asparagin	20	-1	21-27	30-33
»	Secale <i>cereale</i>	»	20	3	24	30-33
»	»	»	»	20	3	24
»	»	»	»	Malzlösung	14	12-24
C. Stamm 1 b (C. <i>Wilsoni</i> ?) . . .	Glyceria <i>borealis</i>	Rohrzucker-Asparagin	28	-1	30	30
C. <i>microcephala</i>	Phragmites <i>communis</i>	»	6	24	30	30

Über den Einfluss der Reaktion auf das Wachstum von *Claviceps* liegen keine Versuchsergebnisse vor. Kirchhoff (1929) stellte bei seinen Kulturen regelmässig eine Versäuerung des Substrates fest, ohne dabei Angaben über den Grad derselben zu machen. Obgleich er der Bildung von freier Säure in den Kulturen grosse Bedeutung beimisst, da sie das Auftreten von künstlichen Sklerotien verunmöglichen soll, geht er dieser Seite der Frage nicht nach, sondern begnügt sich mit der Möglichkeit der Abstumpfung der Säurewirkung durch Zusatz von Natronlauge oder Verwendung von Asparagin als Stickstoffquelle. Bonnss (1922) regt in seiner Arbeit: « A preliminary study of *Claviceps purpurea* in culture » die Durchführung von Reaktionsstudien an, da nach seiner Vermutung der pH-Wert des Substrates ein ausschlaggebender Wachstumsfaktor sein könne.

Die Methodik der Ermittlung des Einflusses der Reaktion auf das Myzelwachstum ist schwieriger als diejenige der Temperaturversuche. Die Azidität ist die Resultante der Dissoziierung der in der Kulturflüssigkeit gelösten Salze. Demgemäß muss sich die Reaktion mit dem Wachstum des Pilzes, also mit der Aufnahme von Salzen und der gleichzeitigen Bildung von Stoffwechselprodukten (vielfach organische Säuren), ändern. Luz (1934), der den Ursachen der Aziditätsänderung bei Kulturen von *Fusarium lycopersici* und *Fusarium lini* nachgegangen ist, zieht aus seinen Untersuchungen nachstehende Folgerung: « Die Änderung der Azidität ist eine Folge des Zusammenwirkens von Nährsalzaufnahme und Bildung und Verbrauch von organischen Säuren » (loc. cit. S. 620). Dieses Resultat weist bereits auf die Hauptschwierigkeit der Reaktionsstudien hin; nämlich auf die Tatsache, dass wir bei derartigen Versuchen die erste Anforderung, die wir an alle physiologischen Versuche stellen, nämlich die Konstanthaltung der Versuchsbedingungen, nicht erfüllen können.

Die bis heute angestellten Reaktionsversuche mit Pilzen lassen sich in zwei Gruppen scheiden :

1. In solche, wo die durch das Pilzwachstum bedingte Reaktionsänderung verfolgt wird. Solche Erhebungen vermögen keine Anhaltspunkte zu vermitteln über den Einfluss der H-ionenkonzentration (pH). Sie sind deshalb meines Erachtens nur dann ge rechtfertigt, wenn den Ursachen der Reaktionsänderung, also der Kat- und Anionenbilanz der Nährlösung bzw. des Myzels im Laufe der Kulturdauer nachgegangen wird, wie es z. B. Luz (1934) mit seinen Untersuchungen getan hat.
2. Zu der zweiten Gruppe der Reaktionsstudien zähle ich jene, die darauf ausgehen, Minimum, Optimum und Maximum der H-ionenkonzentration für das Pilzwachstum festzulegen. Diese zweite Richtung, zu der auch meine Reaktionsversuche gehören, stösst auf die Schwierigkeit der pH-Abstufung. Letztere gelingt zwar bei

schwach gepufferten Nährösungen an und für sich leicht durch Säure- bzw. Laugenzusatz. Ich lehnte für meine Untersuchungen diese Methode der pH-Abstufung ab, weil durch den Säure- und Laugenzusatz zwei grundverschiedene Faktoren, z. B. Na- oder K-ion bzw. SO_4^- oder Cl-anion, in unser System hereinkommen, die als Unbekannte zu werten sind. Welchen Einfluss diese beiden unbekannten Faktoren im Laufe der Kulturdauer ausüben, entzieht sich unserer Kenntnis, wenn wir vor einer Verfolgung der Nährstoffbilanz durch Analysen absehen wollen. Ich zog deshalb für meine Versuche vor, das pH mittels einer Pufferlösung abzustufen. Da wir nur wenige Pufferlösungen kennen, die vom stark sauren bis in den alkalischen Bereich gehen, und ich die Verwendung zweier verschiedener Pufferlösungen ebensosehr ablehnte wie den Säure- bzw. Laugenzusatz, kam nur der sogenannte Zitronensäure-Phosphatpuffer nach McIlvaine in Frage (vgl. Karl Oppenheimer: Die Fermente und ihre Wirkungen. 5. Aufl. 3. 1929. S. 621). Dieser erlaubt durch verschiedene Mischungsverhältnisse von $\frac{1}{5}$ molarem Dinatriumphosphat (Na_2HPO_4) mit $\frac{1}{10}$ molarer Zitronensäure ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) eine Abstufung des pH zwischen 2,2 und 8,0. Durch Vorversuche musste allerdings festgestellt werden, ob unsere Pilze die Zitronensäure nicht als Kohlenstoffquelle benutzen können, was wirklich zutraf.

Zu der Methodik ist zu bemerken, dass jedem Kulturkolben mit 100 ccm Nährlösung 10 ccm Pufferlösung der betreffenden pH-Stufe zugefügt wurde. Wir führten diese Versuche, die acht pH-Stufen umfassten, ebenfalls in zehnfacher Wiederholung durch. Um die Schwankungen der pH-Werte der einzelnen Nährösungen innerhalb einer pH-Stufe auf ein Minimum zu reduzieren, stellten wir die Erlenmeyerkolben vor dem Abfüllen während eines Tages mit destilliertem Wasser auf. Ferner ergab sich, dass das getrennte Sterilisieren von Nährlösung und Pufferlösung zu geringeren pH-Abweichungen führte, als wenn die beiden Komponenten vor dem Sterilisieren zusammengeschüttet wurden. Die pH-Messung erfolgte auf elektrometrischem Wege mit der Chinchronelektrode.

Tab. 9 und Abb. 8 geben die Ergebnisse dreier pH-Versuche wieder. *Claviceps purpurea* Stamm HK und *Claviceps microcephala* wuchsen in der bekannten Rohrzucker-Asparagin-Lösung, während *Claviceps*-Stamm 1 b (*C. Wilsoni*?) in 4prozentiger Malzextraktlösung gezogen wurde. Die pH-Werte der gepufferten Nährösungen ermittelten wir am Anfang und am Ende der Versuche. Die Kulturen waren in einem Raum aufgestellt, dessen Temperatur wenig um 24°C schwankte.

Das pH der sterilisierten Nährlösung betrug bei der Rohrzucker-Asparaginlösung 4,20 und bei der Malzextraktlösung 4,85. Die Malz-

extraktlösung erwies sich als schwächer gepuffert als die Rohrzucker-Asparaginlösung.

Tabelle 9.

Der Einfluss der Reaktion des Substrates auf das Myzelwachstum von *C. purpurea* Stamm HK, *C.*-Stamm 1b und *C. microcephala*.

C. purpurea Stamm HK			Claviceps-Stamm 1b			C. microcephala		
Rohrzucker-Asparagin — Nährlösung + Zitronensäure-Phosphatpuffer			4%ige Malzextraktlösung + Zitronensäure-Phosphatpuffer			Rohrzucker-Asparagin — Nährlösung + Zitronensäure-Phosphatpuffer		
Kulturdauer 20 Tage			Kulturdauer 14 Tage			Kulturdauer 28 Tage		
Anfangs-pH	End-pH	Myzeltrockengewicht mg	Anfangs-pH	End-pH	Myzeltrockengewicht mg	Anfangs-pH	End-pH	Myzeltrockengewicht mg
3,09	3,13	Spuren	2,94	2,88	213 ± 9,9	3,06	3,12	29 ± 1,5
3,39	3,47	42,2 ± 4,6	3,42	3,31	214 ± 7,2	3,39	3,57	43 ± 2,7
3,83	3,92	69,5 ± 6,2	4,00	3,92	219 ± 9,6	3,81	3,96	138 ± 11,7
4,27	4,38	155,0 ± 9,8	4,59	4,43	220 ± 6,4	4,31	4,46	304 ± 7,9
4,94	5,08	340,4 ± 9,6	5,30	4,88	279 ± 6,6	5,00	4,84	488 ± 13,8
5,68	5,21	762,2 ± 9,9	6,05	5,47	309 ± 3,8	5,72	5,12	563 ± 6,8
6,22	6,17	153,0 ± 10,7	6,75	6,18	234 ± 11,1	6,33	5,42	608 ± 12,9
6,56	6,62	25,4 ± 1,2	7,24	6,41	227 ± 10,5	6,69	5,72	398 ± 8,7

Die in der Tabelle als Ausgangs-pH verzeichneten Werte stellen das Mittel zweier Messungen dar, diejenigen für das End-pH dagegen das Mittel aus 5 Messungen. Die Myzeltrockengewichte sind Mittelwerte von zehn Parallelkulturen.

Aus dem steilen Verlauf der Kurve A, die die Resultate des Versuches mit Stamm HK wiedergibt, ist ersichtlich, dass dieser Pilz sehr reaktionsempfindlich ist. Seine optimale Entwicklung zeigt er bei der sechsten pH-Stufe, wo das Ausgangs-pH 5,68 und das End-pH 5,21 betrug. Von diesem Optimum aus fällt die Wachstumskurve beidseitig sehr steil ab. Besonders auffallend ist, dass der Pilz bei pH 6,56—6,62 nur noch sehr spärlich gedeiht.

Ganz gegenteilig verhält sich Stamm 1b (Kurve B) von *Glyceria borealis*. Das Gedeihen von Stamm 1b erweist sich als wenig abhängig von der Wasserstoffionenkonzentration. Der Pilz verhält sich ziemlich indifferent gegenüber der Reaktion in diesem von uns geprüften pH-Bereich von 2,94—7,24. Der fast horizontale Verlauf der Kurve lässt weder ein nahes Minimum noch ein Maximum erkennen. Von einem typischen Optimum kann hier wohl kaum die Rede sein. Interessant ist die Versäuerung der Nährlösung bei allen pH-Stufen. Die Aziditätssteigerung wird mit höherem pH-Wert grösser.

Die Wachstumskurve von *Claviceps microcephala* (Kurve C) geht mit keiner der beiden andern Kurven parallel. Diese Art erweist sich wiederum als sehr empfindlich gegenüber der Wasserstoffionenkonzentration.

tration. Das Minimum des Gedeihens, das wir allerdings mit unserer pH-Reihe noch nicht ganz erreicht haben, dürfte wenig unter pH 3 liegen. Das deutliche Wachstumsoptimum befindet sich zwischen 5,42 und 6,33. Nachher fällt die Kurve so steil ab (bis zu der nächsten pH-Stufe 5,57—6,69), dass die Grenze des Gedeihens sicherlich nicht weit vom Neutralpunkt entfernt sein dürfte. In diesem Fall ist eine Erhöhung der Azidität nur bei denjenigen Kulturen festzustellen, die

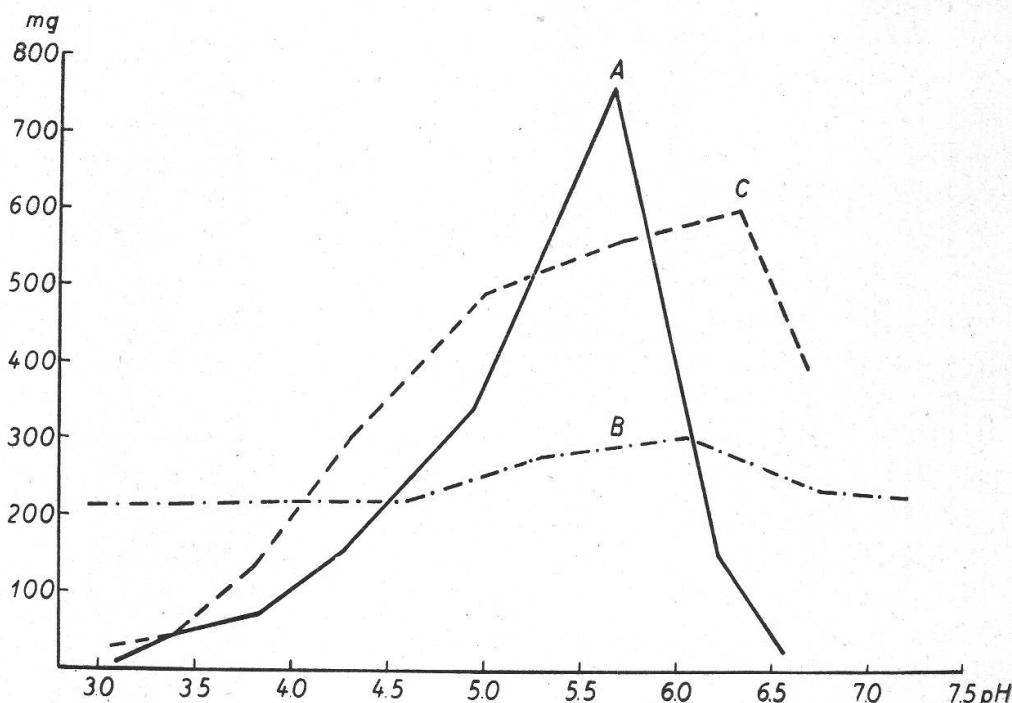


Abbildung 8.

Einfluss der Reaktion der Nährlösung auf das Myzelwachstum von *Claviceps purpurea* Stamm HK, *Claviceps*-Stamm 1 b (*C. Wilsoni*?) und *Claviceps microcephala*.

Kurve A: Stamm HK in gepufferter Rohrzucker-Asparaginlösung.

Kurve B: Stamm 1 b in gepufferter 4 %iger Malzlösung.

Kurve C: *C. microcephala* in gepufferter Rohrzucker-Asparaginlösung.

ein Ausgangs-pH von über 5 haben, wobei die Versäuerung wieder steigt mit zunehmendem pH. Bei den untern pH-Stufen dagegen konstatieren wir eine kleine Erhöhung der pH-Werte, der aber keine besondere Bedeutung zukommt.

Wir stellen also auch beim Einfluss der Wasserstoffionenkonzentration auf das Myzelwachstum einen grossen Unterschied zwischen den beiden *Claviceps*-Arten *purpurea* und *microcephala* fest. Ebenso deutlich hebt sich das Verhalten des Stammes 1 b, von dem wir nicht wissen, ob es sich nur um eine biologische Art von *C. purpurea* oder um die *Claviceps*-Species *Wilsoni* handelt, von diesen beiden ab.

5. Die Keimung der Sklerotien.

In der Natur erfolgt die Keimung der Sklerotien, die den Winter über dicht unter der Erdoberfläche liegen, im Frühjahr. Die Tatsache, dass nur diejenigen Mutterkörner auskeimen, die den Atmosphärlinen ausgesetzt sind, während z. B. trocken aufbewahrte Sklerotien nie Perithecien bilden, beweist ohne besondere Versuchsbestätigung, dass das Mutterkorn zu seiner Keimung Feuchtigkeit benötigt. Ferner ist bekannt, dass die Keimung der Sklerotien durch tiefe Temperaturen ausgelöst wird. Allerdings scheint keine Notwendigkeit einer länger dauernden Keimruhe zu bestehen; denn es gelingt zu jeder Jahreszeit, mit Hilfe der künstlichen Einwirkung tiefer Temperaturen, Sklerotien zum Auskeimen zu bringen. Kirchhoff (1929) hat durch Versuche den Nachweis erbracht, dass bei der Einwirkung von Temperaturen von 0° bzw. 2—3° C der Prozentsatz der gekeimten Mutterkörner höher war als bei 5—6° oder vor allem bei 8—10° C. Ebenso konnte er einen günstigen Einfluss einer länger dauernden Einwirkung tiefer Temperaturen feststellen, er erreichte maximale Keimprozente bei der Anwendung tiefer Temperaturen (um 0°) während 30—40 Tagen.

Bei unsren Keimungsversuchen konnten wir die Beobachtungen der andern Autoren bestätigen. So müssen wir der von Breffeld (1908), Aderhold (1905), Delacroix (1903), Zimmermann (1906) und Kirchhoff (1929) gemachten Feststellung beipflichten, dass die Mutterkörner ihre Keimfähigkeit 2—3 Jahre beibehalten. Die Dauer der Keimfähigkeit dürfte in hohem Masse von der Art der Aufbewahrung abhängig sein.

Wir stellten folgende Versuche an :

In einem ersten Versuch legten wir Mutterkörner verschiedener Herkunft, solche aus der Schweiz, aus der Tschechoslowakei, aus Ungarn und Portugal am 4. und 5. Februar in Blumentöpfen aus. Diese waren mit Gartenerde, Sand oder Quarzsand beschickt. Wir säten pro Topf 25 Sklerotien in gequollenem Zustand aus. Bei der Hälfte der Töpfe, also pro Mutterkornmuster und « Bodenart » je zwei, deckten wir die Sklerotien leicht ein, während sie bei der andern Hälfte nur oberflächlich ausgestreut wurden. Sämtliche Töpfe dieser Serie stellten wir hierauf im Kühlkeller bei einer Temperatur von zirka —1° C auf. Nach einem Monat brachten wir die Hälfte der Töpfe im Gewächshaus unter, wo die Temperatur je nach der Witterung schwankte. Die andern Hälfte der Töpfe wurde erst nach dreimonatiger Kältewirkung im Warmhaus untergebracht. Im Warmhaus wurden die Sklerotien regelmäßig begossen.

Am 21. März konnten die ersten Perithecien wahrgenommen werden, und zwar waren es Mutterkörner aus der Schweiz, die eine einmonatige Kältedauer bestanden hatten und die in Gartenerde eingedeckt waren.

Die Stromata sind positiv phototropisch und negativ geotropisch (vgl. auch Wilson 1875, Rostowzew 1902, Kirchhoff 1929).

Eine andere Versuchsserie, ebenfalls mit Gartenerde, Sand und Quarzsand, gedeckt und ungedeckt, überwinterte im Freien. Um die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse nach Möglichkeit denjenigen des gewachsenen Bodens gleich zu halten, senkten wir sämtliche Töpfe bis an ihren oberen Rand in die Erde ein. Die Mutterkörner waren also den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Die ersten Perithecienköpfchen zeigten sich am 12. April.

Wir verzichten hier auf die Wiedergabe der Versuchsprotokolle im einzelnen und fassen die Ergebnisse wie folgt zusammen:

1. Von den Mutterkörnern schweizerischer und tschechischer Provenienz keimten in Gartenerde 80—90 %, in Sand nur um 30 % und in Quarzsand nur 5—10 %. Von den oberflächlich ausgestreuten Mutterkörnern bildeten nur vereinzelte Perithecien. Die Keimung geht in Gartenerde rascher und sicherer vor sich als in Sand und Quarzsand, was seinen Grund in der konstanteren Feuchtigkeit haben dürfte. Ebenso verläuft die Keimung der Sklerotien bei Eindeckung besser als uneingedeckt, was wiederum eher dem Einfluss der Feuchtigkeit zuzuschreiben ist als der Lichtwirkung. Unsere Versuchsresultate stimmen damit mit denjenigen von Adersholt (1905) gut überein, der hinsichtlich des Einflusses der Saattiefe auf die Sklerotienkeimung zum Schlusse kam, dass eine leichte Erdbedeckung günstiger wirke als keine oder eine 3 cm und mehr betragende.

2. Hinsichtlich des Einflusses der Herkunft der Mutterkörner auf ihre Keimfähigkeit ist zu bemerken, dass dieselbe in nachstehender Reihenfolge abnimmt: Schweiz, Tschechoslowakei, Ungarn und Portugal. Von den letzteren war überhaupt in keiner Versuchsserie ein Sklerotium mit Perithecien zu finden; bei den ungarischen waren sie nur vereinzelt festzustellen. Ob dieses Versuchsresultat den Einfluss der Provenienz reinlich wiedergibt oder ob das Ergebnis die Folge verschiedener Nebeneinflüsse (wie z. B. Aufbewahrung unmittelbar nach der Ernte, Alter usw.) darstellt, können wir nicht entscheiden.

3. Dagegen zeigte dieser Versuch, dass die Keimung bei denjenigen Mutterkörnern, die im Freien den Atmosphärlinen ausgesetzt waren, zeitlich regelmässiger und auch vollständiger ausfiel als bei denjenigen, die zur künstlichen Einwirkung tiefer Temperaturen im Kühlkeller aufgestellt waren.

4. Bei unserem Versuch war der Keimungserfolg bei einmonatiger Kälteeinwirkung viel grösser als bei dreimonatiger. Trotz diesem scheinbar eindeutigen Ergebnis dürfte es nicht gerechtfertigt sein, hier mit Sicherheit einen Widerspruch zu den Versuchsergebnissen von Kirchhoff (1929) abzuleiten; denn die Keimung der Sklerotien wird nicht nur durch die Kühldauer beeinflusst, sondern ist in hohem Masse von

den Umständen der nachfolgenden Zeit abhängig. Aus den Ergebnissen unserer Versuche über den Einfluss der Temperatur nach erfolgter Kältewirkung, die wir im folgenden näher erörtern werden, ist ersichtlich, dass 20° C übersteigende Temperaturen hemmend auf die Sklerotienkeimung einwirken oder sie sogar verunmöglichen. Möglicherweise waren die Temperaturen im Gewächshaus bei der Versuchsserie mit dreimonatiger Kühldauer schon zu hoch. Unser Versuchsergebnis gestattet deshalb weder eine klare Widerlegung noch eine Bestätigung des von K r i c h h o f f experimentell erwiesenen keimungsfördernden Einflusses einer länger dauernden Kälteperiode.

Während die bisherigen Versuche zur Aufgabe hatten, den Einfluss ganz verschiedener Faktoren, wie Bodenart, Herkunft der Mutterkörner, künstliche Einwirkung tiefer Temperaturen, auf die Sklerotienkeimung abzuklären, setzten wir am 2. Februar 1934 einen weiteren Keimungsversuch an, der neben der Einwirkung der Kältedauer auch den Einfluss der Temperatur nach erfolgter Kälteeinwirkung darstellen soll.

Die Versuchsanordnung war folgende :

Es wurden 3000 Sklerotien mittlerer Grösse der Ernte 1933 in gequollenem Zustande in Blumentöpfe in feuchte Gartenerde ausgesetzt. Sämtliche 120 Töpfe (mit je 25 Sklerotien) stellten wir im Kühlkeller bei einer mittleren Temperatur von -1° C auf. Nach einer Kühldauer von 2, 3, 4, 6, 8 und 10 Wochen wurden je 20 Töpfe auf die Thermo- staten von 9, 12, 15, 18, . . . und 36° C verteilt. Diese Verteilung bedingt, dass nur 2 Töpfe, also 50 Sklerotien, den gleichen Versuchsbedingungen ausgesetzt waren. Der Versuch umfasst also 60 Varianten.

Tabelle 10.

Der Einfluss der Dauer der Kältewirkung (-1° C) und der darauffolgenden Temperatur auf die Keimung der Sklerotien.

Dauer der Kältewirkung in Wochen	Keimungserfolg in %				
	Keimungstemperatur nach der Kühl Lagerung				
	9°	12°	15°	18°	36°
2	100	98	0	Keine Keimung	
3	100	98	0	"	"
4	96	92	0	"	"
6	82	78	0	"	"
8	66	62	26	"	"
10	34	86	46	"	"

Tab. 10 zeigt die Resultate :

Überraschenderweise erfolgt bei Temperaturen über 15° C keine Keimung mehr. Nach unserem Versuch scheinen Temperaturen von $9-15^{\circ}$ C besonders keimungsfördernd zu wirken. Leider blieben Tem-

peraturen unter 9° C im Versuche unberücksichtigt, da wir auf Grund der Angaben von Kirchhoff (1929) das Keimungsminimum über 10° C und das Keimungsoptimum ungefähr bei 20° C erwarteten. Nun ist allerdings zu bemerken, dass wir die Sklerotien als gekeimt erklären, sobald die ersten Stromataausstülpungen wahrzunehmen waren. Dieses Entwicklungsstadium schien uns den sichersten Maßstab zu liefern. Probeweise beobachteten wir bei den verschiedenen Temperaturen die Weiterentwicklung bis zu der Perithecienvbildung und konstatierten, dass dieselbe bei 15° rascher eintrat als bei 9° C, wo nur vereinzelte Perithecien fertig ausgebildet wurden. Weitaus die meisten Stromata waren in ihrer Weiterentwicklung gehemmt. Auf Grund unserer Versuchsresultate und Beobachtungen schliessen wir, dass niedere Temperaturen (9 — 15° C) keimungsauslösend wirken, dass die Perithecien aber zu ihrer Weiterentwicklung bis zur Reife höherer Temperaturen bedürfen.

Was den Einfluss der Kältedauer anbetrifft, ergibt sich aus unserem zweiten Versuch, dass bei denjenigen Temperaturen, die unmittelbar nach der Kälteperiode die Keimung begünstigen, eine länger dauernde Einwirkung tiefer Temperaturen (-1° C) sich als ungünstig erwies.

Zusammenfassend stellen wir an Hand unserer Versuche und Beobachtungen über die Bedingungen der Mutterkornkeimung folgendes fest :

1. Die Einwirkung tiefer Temperaturen (um 0°) ist zu der Sklerotienkeimung notwendig.
2. Nach der Kälteperiode wirken Temperaturen von 9 — 15° C besonders keimungsauslösend.
3. Die Weiterentwicklung der Perithecienköpfchen wird durch höhere Temperaturen (15 — 21° C) gefördert; zur Ausreifung der Perithecien sind diese Temperaturen nachgerade notwendig.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch auf die grossen Unterschiede aufmerksam gemacht, die sich unter den einzelnen Sklerotien hinsichtlich der zur Keimung benötigten Zeit ergeben haben.

Von der ersten Serie, die nach 2 Wochen Kälteeinwirkung am 16. Februar z. B. bei 9° C aufgestellt war, keimten die ersten am 25. April, also nach 68 Tagen, die letzten dagegen erst am 15. Mai, also 20 Tage später. Oder bei der Serie mit sechswöchiger Kühldauer, wo die Kälteeinwirkung am 16. März abgebrochen wurde, stellten wir die erste Keimung ebenfalls am 25. April fest (nach 40 Tagen), die letzte dagegen erst am 25. Juli, also genau ein Vierteljahr später. Irgendwelche Gesetzmässigkeiten zwischen Temperatur und Keimdauer waren bei unsren Versuchen nicht zu erkennen.

Der Versuch wurde am 25. Juli abgebrochen. Dabei ergab sich, dass bei 18° C die meisten Sklerotien noch unbeschädigt waren; es waren

nur vereinzelte stark verschimmelt. In den Thermostaten von 21° und 24° C dagegen waren die meisten verschimmelt, viele sogar ganz ver- morscht. Diese Vermorschung trat am stärksten bei 27° C auf. Die Sklerotien bei 33° C zeichneten sich durch einen auffälligen Befall von *Cephalothecium roseum* aus, welcher das sogenannte rote Mutterkorn bedingt. Ganz allgemein ergab sich, dass mit zunehmender Dauer der Kälteeinwirkung der Befall von Fäulnispilzen und Bakterien stark abnahm.

II. Die Feldversuche über die Mutterkornkultur auf Roggen.

Die Pflanzenpathologie gipfelt in der Bekämpfung der Erreger bei infektiösen Krankheiten oder in der Beseitigung der Krankheitsursachen bei nichtparasitären Krankheiten. Da jedoch *Claviceps purpurea* als Getreideparasit heute dank der technischen Verbesserungen der Getreidekultur eine untergeordnete Rolle spielt, so stellt sich für uns das Mutterkornproblem als Frage mit umgekehrtem Vorzeichen. Beim Mutterkorn als Sklerotium des parasitischen Pilzes *C. purpurea* lautet die Fragestellung : Auf welche Art und Weise lassen sich Massenerträge an Mutterkorn erzielen ? Wir stehen also vor der Tatsache, dass die Bekämpfung einer Krankheit bereits erfolgreich durchgeführt sein kann, wogegen die Massenkultur des Parasiten noch nicht gelingt. Da die heutige Problemstellung (Mutterkornkultur) die Umkehrung der früheren ist (Mutterkornbekämpfung), scheint die Lösung an sich naheliegend zu sein, indem ein Verzicht auf die Bekämpfungsmassnahmen bereits zum Ziele führen sollte. Die Massenkultur eines derartigen Parasiten verlangt aber eine eingehendere Kenntnis der mannigfaltigen Wechselbeziehungen zwischen Wirt und Parasit als die blosse Bekämpfung. Trotzdem die Biologie des Mutterkornpilzes seit T u l a s n e s Untersuchungen (1853) bekannt ist und weitere Arbeiten von B o n o r d e n (1858), K ü h n (1863), A d e r h o l d (1905), E n g e l k e (1902, 1905), H e c k e (1921, 1922, 1923), F a l c k (1911, 1922), M c F a r l a n d (1921), B o n n s (1922), K i r c h h o f f (1929), M c C r a e (1931) Fortschritte in der Erkenntnis der einschlägigen Fragen erzielt haben, gelingt heute der feldmässige Mutterkornanbau noch nicht.

Obschon der Mutterkornpilz auf sehr vielen Gräsern parasitiert, kommt für die Kultur des Mutterkorns nur der Roggen in Frage. Auf den wilden Gräsern liessen sich schon der Kleinheit der Sklerotien wegen keine Massenerträge erzielen. Der Versuch einer Masseninfektion an Gräsern würde wohl an einer geeigneten Infektionsmethode scheitern. Immerhin fehlen in dieser Richtung Versuche, während die Mutterkornkultur auf Roggen bereits von verschiedenen Autoren (F a l c k 1922, H e c k e 1921, 1922, 1923, K i r c h h o f f 1929 und M c C r a e 1931) zum Gegenstand ihrer Forschung gewählt wurde.

Dass von unsrern Getreidearten hauptsächlich der Roggen von *Claviceps purpurea* befallen wird, hat seinen Grund in der Befruchtungsweise dieser Getreideart. *Secale cereale* ist auf Fremdbefruchtung angewiesen, während z. B. Gerste und Weizen strenge Selbstbefruchtter sind. Beim Roggen findet bei der Reife der Staubbeutel stets ein Öffnen der Blüten durch Auseinanderspreizen der Spelzen statt. Bei diesen geöffneten Roggenblüten, bei denen die Spelzen so weit gespreizt sind, dass die beiden Narbenäste samt dem Fruchtknoten gut sichtbar werden, ist die Voraussetzung zu einer erfolgreichen *Claviceps*-Infektion erfüllt. Wenn also bei Weizen und Gerste Mutterkorn relativ selten auftritt, so liegt der Grund nicht etwa in der Resistenz dieser Getreidearten gegenüber *C. purpurea*; denn der Weizen sowohl wie die Gerste sind an und für sich für diese Krankheit empfänglich. Die in Erscheinung tretende praktische Widerstandsfähigkeit beruht lediglich auf dem dichten Spelzenschluss dieser Getreidearten, wodurch ein Eindringen der Sporen auf die empfänglichen Blütenorgane erschwert ist.

Der nächstliegende Gedanke zu einer Massenerzeugung von Sklerotien führt zur Verwendung von stark mutterkornhaltigem Roggensaatgut. In der Tat hat F a l c k (1922) bei verschiedenen Versuchen mit der Beimischung von Mutterkörnern zum Roggensaatgut « volle Erfolge » erzielt; er weiss aber in der gleichen Publikation auch von vollständigen Misserfolgen zu berichten und erklärt sich dieselben mit der abnormalen Trockenheit während der Infektionsperiode. Der Erfolg dieser nach F a l c k « einfachsten und natürlichssten Kulturmethode » ist sehr unsicher; denn die Keimung der Sklerotien und die Reifung der Perithecien ist noch in weit stärkerem Masse von der Witterung abhängig als die Entwicklung und das Abblühen des Roggens. Am meisten gefährdet ist das keimende Mutterkorn bei der Reifung der Perithecien, da diese, wie F a l c k richtig beobachtete, gegen das Austrocknen sehr empfindlich sind. Die Unzulänglichkeit dieser Methode hat auch H e c k e (1921, 1922, 1923) erkannt. Er erzielte bei seinen Versuchen mit der gleichzeitigen Aussaat von Mutterkorn und Roggen in günstigen Fällen einen Ertrag gegen 1 % des Erntegewichtes. Dieser wenig aussichtsreiche Weg legt ihm den Gedanken nahe, den Roggen künstlich mit einer Sporenaufschwemmung zu infizieren. Er glaubte ursprünglich (1922), dass die künstliche Infektion vom Sklerotium ausgehen müsse und widmete daher seine Aufmerksamkeit im Anfang der Gewinnung von Ascosporen. Da die Verwendung von Ascosporen praktisch undurchführbar ist, weil es eine zu grosse Menge von reifen Köpfchen erfordern würde, geht H e c k e später bei seinen Infektionen von Konidien aus, die er zum Teil auf natürlichem Weg (Honigtau), zum Teil in künstlichen Kulturen gewinnt.

Neben der Frage der Gewinnung des Infektionsmaterials sucht H e c k e das Problem durch grossangelegte Feldversuche zu lösen.

Ausser ihm befassten sich noch Kirchhoff (1929) und McCrae (1931) mit der Mutterkornkultur auf Roggen. Kirchhoff, der als einziger seine Feldversuchsresultate zahlenmässig belegt, steht der Frage, ob künstliche Infektion von Getreidefeldern zur Anzucht von Mutterkorn für pharmazeutische Zwecke je rentabel gestaltet werden könne, skeptisch gegenüber. Nach seiner Beobachtung schliessen sich grosse Zahl und grosses Gewicht der Mutterkörner an einer Ähre aus. Er erachtet die Massenproduktion für möglich, betont aber, dass wir die geringe Grösse der Mutterkörner als Übelstand mit in Kauf nehmen müssten.

Auch McCrae (1931) hält es auf Grund ihrer Feldversuchsergebnisse für unwahrscheinlich, dass die parasitische Kultur von *C. purpurea* in grossem Maßstab möglich sei, wenigstens unter den vorherrschenden Verhältnissen im östlichen Michigan nicht.

Bei den genannten Arbeiten vermisst man leider den zahlenmässigen Beleg. In welchem Ausmaße einzelne Faktoren den Mutterkornbefall zu beeinflussen vermögen, geht aus keiner Arbeit hervor. Man kann sich beim Studium der betreffenden Untersuchungen des Eindruckes nicht erwehren, dass die durchgeföhrten Versuche hauptsächlich auf das praktische Endziel eingestellt waren.

Wir setzten uns deshalb zum Ziel, an Hand einiger Feldversuche den Einfluss verschiedener Faktoren auf den Mutterkornbefall zu prüfen.

1. Der Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkornbefall.

A. Methodisches.

Bekanntlich hindert das gleichmässige Abblühen eines Roggenfeldes den Mutterkornbefall. Aus diesem Grunde wird als Bekämpfungsmaßnahme gegen *C. purpurea* neben der Reinigung des Saatgutes von Sklerotien die Erzielung eines möglichst gleichmässigen Bestandes besonders hervorgehoben. Umgekehrt muss wohl als eine der wichtigsten Massnahmen bei der Kultur des Mutterkorns auf Roggen die Erreichung einer möglichst langen Blühdauer angesehen werden. Dadurch wird die Möglichkeit einer ausgiebigen Sekundärinfektion wesentlich erhöht. Das ungleichmässige Abblühen hängt u. a. zusammen mit dem ungleichmässigen Schossen, das seinerseits direkt von der Bestockung abhängig ist. Die Bestockung wiederum ist zum Teil Sorteneigenschaft, zur Hauptsache aber eine Funktion der Standweite. Auch Fack (1922) und Hecke (1921, 1922, 1923) machen in ihren Arbeiten auf die Bedeutung einer grossen Standweite zwischen den Pflanzen aufmerksam als eines Faktors, der wesentlich zur Verlängerung der Blühdauer beiträgt.

Bei unserm Versuch wurde die Standweite wie folgt variiert :

1. Normale Vollsaat (1,3 kg pro Are, Drillweite 18 cm).
2. 10 cm Abstand von Pflanze zu Pflanze in der Drillreihe.
3. 20 cm » » » » » »
4. 30 cm » » » » » »

Die Grösse des gepachteten Roggenfeldes (10 Aren) erlaubte bei einer Parzellengrösse von 9 m² (1,5 × 6 m) eine zehnfache Versuchswiederholung und zudem die gleichzeitige Prüfung von Winter- und Sommerroggen.

Das Feld, das uns Herr **Fritz Schlatter**, Landwirt in Buchs (Zürich), in verdankenswerter Weise zur Verfügung stellte, liegt in der Sohle des Furttales nördlich der Bahnlinie Örlikon—Wettingen, etwa 500 m oberhalb der Station Buchs-Dällikon, auf einer Meereshöhe von 424 m. Es handelt sich um Meliorationsland; der Boden wird als sandiger, humoser Lehm bezeichnet. Wir sahen von einer chemisch-physikalischen Bodenuntersuchung ab, die eine genauere Charakterisierung des Bodens gestattet hätte, weil wir ausser dem Einfluss der Standweite keinen anderen Faktor der Prüfung unterziehen wollten. Das Hauptaugenmerk bei der Auswahl des Feldes galt neben der Grösse in erster Linie der Homogenität der Bodenverhältnisse.

Die Aussat erfolgte mit der Sämaschine. Als Winterroggen diente die in der Gegend üblich gepflanzte Landsorte. Das Saatgut stellte uns Herr **Schlatter** zur Verfügung. Als Sommerroggensorte wählten wir Witzwiler Sommerroggen; das Saatgut bezogen wir direkt von der Strafanstalt Witzwil. Wir teilten das Feld erst nach dessen Bestellung in die Parzellen auf. Nachdem die Keimpflanzen erstarkt waren, sich aber noch nicht bestockt hatten, begannen wir mit der Verziehung derselben auf die gewünschte Distanz mittels Meßlatte.

Über die Art und Weise der Parzellenverteilung orientiert der Versuchsplan (vgl. Abb. 9). Die 40—50 cm breiten Weganlagen waren notwendig, um die Infektions- und Erntearbeiten vornehmen zu können. Die ganze Versuchsanlage war von einem 1—2 m breiten Schutzstreifen (normale Roggensaat) umrahmt.

Die Entwicklung des Winterroggens bestätigte die Richtigkeit unserer Überlegung. Die Vollsaatparzellen schossten gleichmässig, so dass die Halme gleichzeitig in die Höhe wuchsen und die Ähren miteinander die Blühreife erlangten. Bei den Parzellen mit veränderter Standweite nahm die Bestockung mit vergrösserter Standweite zu. Die Entwicklung der einzelnen Axen und damit das Abblühen der Ähren zeichneten sich innerhalb der Parzellen durch grosse Unregelmässigkeit aus.

Beim Sommerroggen waren die Unterschiede in der Entwicklung der Pflanzen bei den verschiedenen Standweiten viel weniger aus-

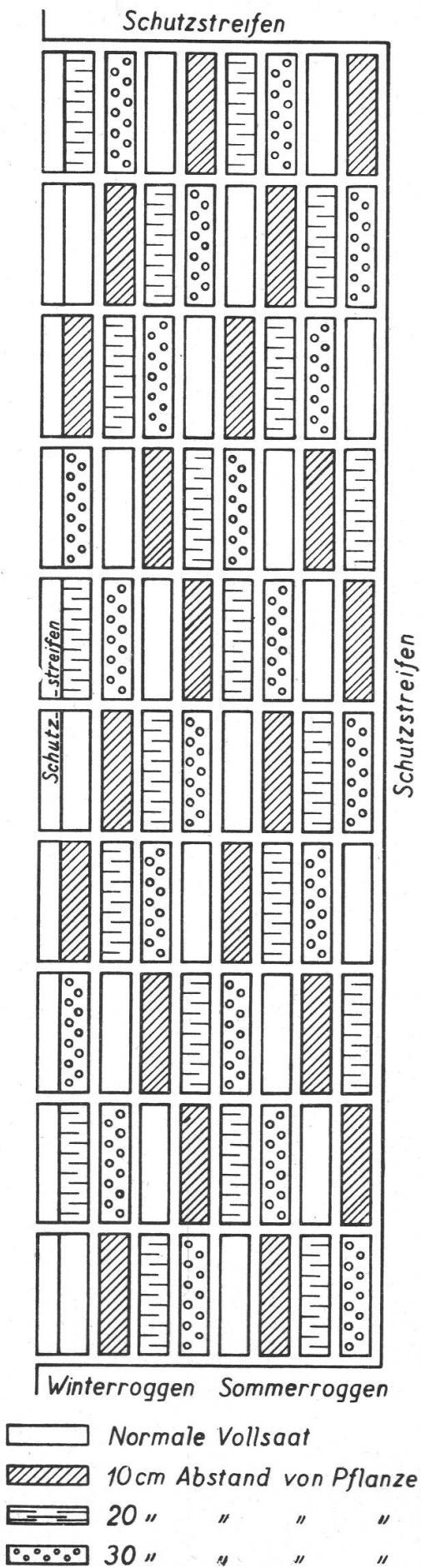


Abbildung 9.
Plan des Feldversuches über den Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkornertrag.
(Grösse der einzelnen Parzelle: $1,5 \times 6 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$).

geprägt. Die Bestockung des Sommerroggens war bei erweiterter Standweite nicht erheblich grösser als bei Vollsaatparzellen. Wenn beim Winterroggen die Parzellen mit maximal erweitertem Pflanzenabstand auch einen sehr lichten Bestand aufwiesen, war er immerhin mehr oder weniger geschlossen, während beim Sommerroggen schon bei einer Standweite von 20 cm die Parzellen äusserst lückenhaft erschienen. Dieser auffällige Unterschied in der Bestockung der beiden Roggensorten bedingte einen ebenso beachtenswerten Unterschied in der Blühdauer. Während die Blüte sich beim Winterroggen auf zwei bis vier Wochen erstreckte, dauerte sie beim Sommerroggen nur wenige Tage.

Infektionsmethodik : Da wir mit unserem Feldversuch den Einfluss der Standweite auf die natürliche Verbreitung des Mutterkornpilzes prüfen wollten, fiel für uns eine künstliche Masseninfektion durch Verspritzen einer Konidiensuspension nicht in Betracht. Der Fragestellung entsprechend trachteten wir vielmehr danach, die *zuerst* aufblühenden Ähren von jeder Parzelle mittels einer Sporenaufschwemmung zu infizieren. Der blühreife Zustand des Roggens ist leicht erkennlich durch das Abspreizen der einzelnen Ährchen von der Spindel. Wir unterwarfen je Parzelle 30 Ähren der künstlichen Infektion, welche Zahl selbstverständlich ganz willkürlich gewählt wurde. Unsere künstliche Infektion mit Konidien von Reinkulturen des Stamms HK ersetzt die Primärinfektion, wie sie in der Natur durch Ascosporen erfolgt. Das Infektionsmaterial gewannen wir durch Ausschütteln von Reinkulturen in einer einprozentigen Rohrzuckerlösung. Um einem allfälligen Verstopfen der Infektionsspritze durch kleine Myzel- und Agarstückchen vorzubeugen, filtrierten wir die Spritzflüssigkeit durch Gaze. Vor der Verwendung der Konidiensuspension überzeugten wir uns durch die mikroskopische Kontrolle, dass selbst der kleinste Tropfen zahlreiche Sporen enthielt.

Die Infektion der einzelnen Ähren führten wir mit Hilfe der Infektionsspritze « Famos » aus, wobei mit peinlicher Sorgfalt danach zu trachten war, dass die Infektionsflüssigkeit nicht bloss *an* die betreffenden Ähren zerstäubt wurde, sondern dass die Tropfen *in* den Ähren, d. h. zwischen den geöffneten Spelzen der Blüten *hafteten* blieben. Letztere Voraussetzung zu einer erfolgreichen Infektion erreichten wir durch folgende Massnahmen :

1. Durch Verwendung einer einprozentigen Rohrzuckerlösung als Infektionsflüssigkeit. Die zuckerige Konidiensuspension hat gegenüber der wässerigen Sporenaufschwemmung den Vorteil der besseren Haftbarkeit; ausserdem bietet sie den Konidien das bessere Keimungsmilieu als reines Wasser.
2. Vor der Infektion zogen wir die Ähren mit im Aufblühen begriffenen Blüten mit ziemlich kräftigem Drucke durch die Hand. Dieser mechanische Reiz, auf dessen Wirkung bereits T s c h e r -

m a k (1922) aufmerksam gemacht hat, löst beim Roggen ein vollständiges Aufspreizen der Spelzen aus.

3. Die Konidienaufschwemmung wurde nicht einfach in Ährenhöhe an die betreffenden Blüten hingespritzt. Man drehte zur Infektion den Roggenhalm mit der zu infizierenden Ähre mit einer Hand so ab, dass der Strahl der Sporensuspension von oben her in die offene Blüte dringen konnte.

Gerade mit dieser letzten Massnahme liess sich eine wesentliche Erhöhung der Sicherheit der künstlichen Infektion erreichen. Beim blosen Versprühen der Flüssigkeit in Ährenhöhe gelangt der grösste Teil der Tröpfchen an die Grannen, an welchen sie herunterrinnen und schliesslich der Ährenspindel und dem Halm entlang zu Boden fliessen und damit für die Infektion verloren gehen.

Die Infektion erfolgte beim Winterroggen am 9., 10. und 11. Juni; beim Sommerroggen am 1. und 4. Juli, und zwar jeweilen in den Morgenstunden.

Die Honigtauabsonderung setzte etwa 8—10 Tage nach der Infektion sehr intensiv ein. Beim Durchgehen des Versuchsfeldes stach einem der typische Geruch des Honigtaues als sicheres Wahrzeichen der *Claviceps*-Infektion in die Nase, und da und dort schimmerten die gelblich-trüben Honigtautropfen zwischen den Ährchen durch. Der Insektenbesuch war im Vergleich zu andern Roggenfeldern der Umgebung aussergewöhnlich zahlreich und geradezu auffällig.

Die Ernte der Mutterkörner erfolgte nach Massgabe ihrer Entwicklung. Wir schnitten die mutterkornbefallenen Ähren heraus und sammelten sie von jeder Parzelle getrennt. Um Verluste durch Herausfallen der Sklerotien mit Bestimmtheit zu verhüten, begannen wir mit der Mutterkörnernte schon zur Zeit, als sich der Roggen noch in der Gelbreife befand, in welchem Stadium sich bekanntlich Halm und Blätter bereits gelb verfärben, das Endosperm der Roggenkörner aber noch fadenziehend ist. Diese vorzeitige Ernte bedingte eine kleine Ertragseinbusse, da die meisten Sklerotien in diesem Zustande nicht vollkommen ausgewachsen waren.

Die geernteten Ähren breiteten wir im Versuchshaus (Glashaus) aus, damit Roggenkörner und Sklerotien austrocknen und erhärten konnten, ansonst sie in den Papiersäcken der Verschimmelung anheimgefallen wären. Aus dem lufttrockenen Material sammelten wir die Sklerotien durch Ausrupfen aus den Ähren, soweit sie nicht von selbst oder durch Herausklopfen herausfielen.

B. Die Versuchsergebnisse.

Wir ermittelten nun von jeder Parzelle die Anzahl der mutterkornbefallenen Ähren (vgl. Tab. 11, Kolonne 1), sowie die Anzahl Sklerotien (Kolonne 2). Aus diesen beiden Werten lässt sich der durch-

schnittliche Mutterkornbefall der infizierten Ähren berechnen (Kolonne 3). Ferner stellten wir das Gewicht der Mutterkornernte jeder Parzelle fest (Kolonne 4), von welcher Zahl wir auf den Hektarertrag schlossen (Kolonne 5). In Tabelle 11 ist ausser diesen Werten auch noch das durchschnittliche Gewicht von 1000 Mutterkörnern jeder Versuchsreihe angegeben, welches wir aus dem Mutterkornertrag und der Sklerotienstückzahl berechneten. Diese Zahl wurde ermittelt, um zu prüfen, ob eine Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Mutterkornbefall pro Ähre und dem Gewicht der Sklerotien besteht, eine Frage, auf die wir im dritten Kapitel näher eintreten werden.

Von jeder Versuchsreihe sind in Tab. 11 nur die arithmetischen Mittelwerte der zehn Parallelparzellen angeführt. Ausserdem haben wir zu allen Mittelwerten den mittleren Fehler nach der Formel

$$m = \sqrt{\frac{\sum a^2}{n(n-1)}}$$

mit Hilfe der Fehlerberechnungstabelle nach Zöller (1925) berechnet, wobei Σ das Summationszeichen, a die Abweichung der Einzelbeobachtung vom arithmetischen Mittel M der Versuchsreihe und n die Zahl der Wiederholungen bedeutet. Der mittlere Fehler besagt, dass der arithmetische Mittelwert der Beobachtungsreihe um den Wert des mittleren Fehlers nach oben oder unten schwanken kann. Der Unterschied der arithmetischen Mittelwerte zweier Versuchsreihen gilt nur dann als gesichert, wenn er gleich gross oder grösser ist als der dreifache Wert seines mittleren Fehlers, welch letzterer sich nach folgender Formel berechnet:

$D_m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$ (D_m = mittlerer Fehler der Differenz zweier Versuchsreihen, m_1 = mittlerer Fehler der Versuchsreihe 1, m_2 = mittlerer Fehler der Versuchsreihe 2).

Wenn wir die Ergebnisse unseres Standweiteversuches daraufhin prüfen, ob die Ertragsveränderungen innerhalb der Versuchsfehler liegen, so ergibt sich, dass sie, von einer einzigen Ausnahme abgesehen, alle gesichert sind. Diese Ausnahme ist die geringe Ertragseinbusse beim gewichtmässigen Mutterkornertrag des Sommerroggens von der Vollsaatreihe (17, 67 g) bis zu der Versuchsreihe mit 10 cm Pflanzenabstand (17,44 g). (Vgl. Kolonne 4.)

a) Die Ergebnisse bei Winterroggen.

Aus Tab. 11 und Abb. 10 ist ersichtlich, dass beim Winterroggen die Anzahl der befallenen Ähren mit grösserer Standweite zunimmt, und zwar von 69,2 bei Normalsaat auf 307,0 bei 30 cm Pflanzenabstand. Es wurden pro Flächeneinheit ungefähr das 4½fache mehr Roggenähren von Mutterkorn befallen bei einem auf 30 cm gelichteten

Tabelle 11.
Der Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkornbefall.

Versuchsreihe	Anzahl befallene Ähren	Anzahl Sklerotien je Parzelle	Mittlerer Befall je Ähre	Mutterkornertrag		Gewicht von 1000 Sklerotien
				in Gramm je Parzelle	kg/ha	
	1	2	3	4	5	6
Winterroggen						
Reihe A . .	69,2 ± 1,5	134,5 ± 6,7	1,9	5,07 ± 0,38	5,64	37,7
B . .	115,4 ± 2,2	251,2 ± 3,1	2,2	10,08 ± 0,69	11,20	40,1
C . .	207,6 ± 4,4	494,0 ± 3,8	2,4	19,53 ± 0,64	21,70	39,4
D . .	307,0 ± 8,0	956,2 ± 14,4	3,1	31,13 ± 1,98	34,59	32,7
Sommerroggen						
Reihe A . .	202,8 ± 6,7	335,6 ± 9,0	1,7	17,67 ± 0,37	19,41	52,6
B . .	156,5 ± 6,8	424,0 ± 9,9	2,7	17,44 ± 0,39	19,38	41,2
C . .	108,3 ± 4,3	322,9 ± 11,0	3,0	12,86 ± 0,45	14,17	39,8
D . .	75,5 ± 3,2	224,9 ± 11,0	3,0	9,17 ± 0,64	10,10	40,8

Parzellenreihe A : Vollsaatparzellen (unverdünnt)

» B : Roggenkeimpflanzen in der Drillreihe auf 10 cm Abstand

» C : » » » » 20 » »

» D : » » » » 30 » »

Parzellengrösse 9 m².

Abstand der Keimpflanzen im Vergleich zur Vollsaat. Die Gesamtanzahl der Mutterkörner je Parzelle steigt mit vergrösserter Standweite ebenfalls ganz erheblich, nämlich von 134 auf 956, also um etwa das Siebenfache. Diese stärkere Zunahme der Sklerotienanzahl gegenüber der Anzahl der befallenen Ähren wird bedingt durch den durchschnittlich stärkeren Befall der einzelnen Ähre, wie die Zahlen der Kolonne 3 bestätigen. Diese Tatsache beweist, dass die durch die grössere Standweite bedingte längere Blühdauer in zwei Richtungen den Mutterkornbefall zu steigern vermag, nämlich erstens dahin, dass absolut mehr Ähren infiziert werden und zweitens dadurch, dass der Mutterkornbefall pro Ähre ebenfalls erhöht wird. Der quantitative Mutterkornertrag nimmt mit der grösseren Standweite ebenfalls zu, und zwar um das zirka Sechsfache. In Kolonne 5 sind die durchschnittlichen Parzellerträge auf den Hektar umgerechnet. Diese Zahlen, die unter sich natürlich die gleichen Relationen aufweisen wie die Parzellenerträge, vermitteln den besten Begriff über die Höhe der absoluten Mutterkornträge; sie müssen als sehr klein bezeichnet werden. Wir dürfen bei der Beurteilung der Erträge allerdings nicht vergessen, dass wir nur einen verschwindend kleinen Teil der Ähren künstlich infizierten. Wenn wir ausserdem in Betracht ziehen, dass wiederum bloss ein Bruchteil der künstlichen Infektionen positiv ausfielen, so müssen wir doch die durch die Verlängerung der Blühdauer bedingte Steigerung der Sekundärinfek-

tion als sehr gross bezeichnen. Selbst bei der Annahme, dass alle künstlichen Infektionen positiv ausgefallen sind, wird der Befall durch die Sekundärinfektion im günstigsten Fall immerhin verzehnfacht, während er bei Normalsaat nur eine Verdoppelung erfährt. Die Gewichte von 1000 Mutterkörnern (Kolonne 7), die errechnete Werte darstellen, lassen keinen direkten Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Sklerotienzahl je Ähre und dem « Tausendmutterkorgewicht » erkennen.

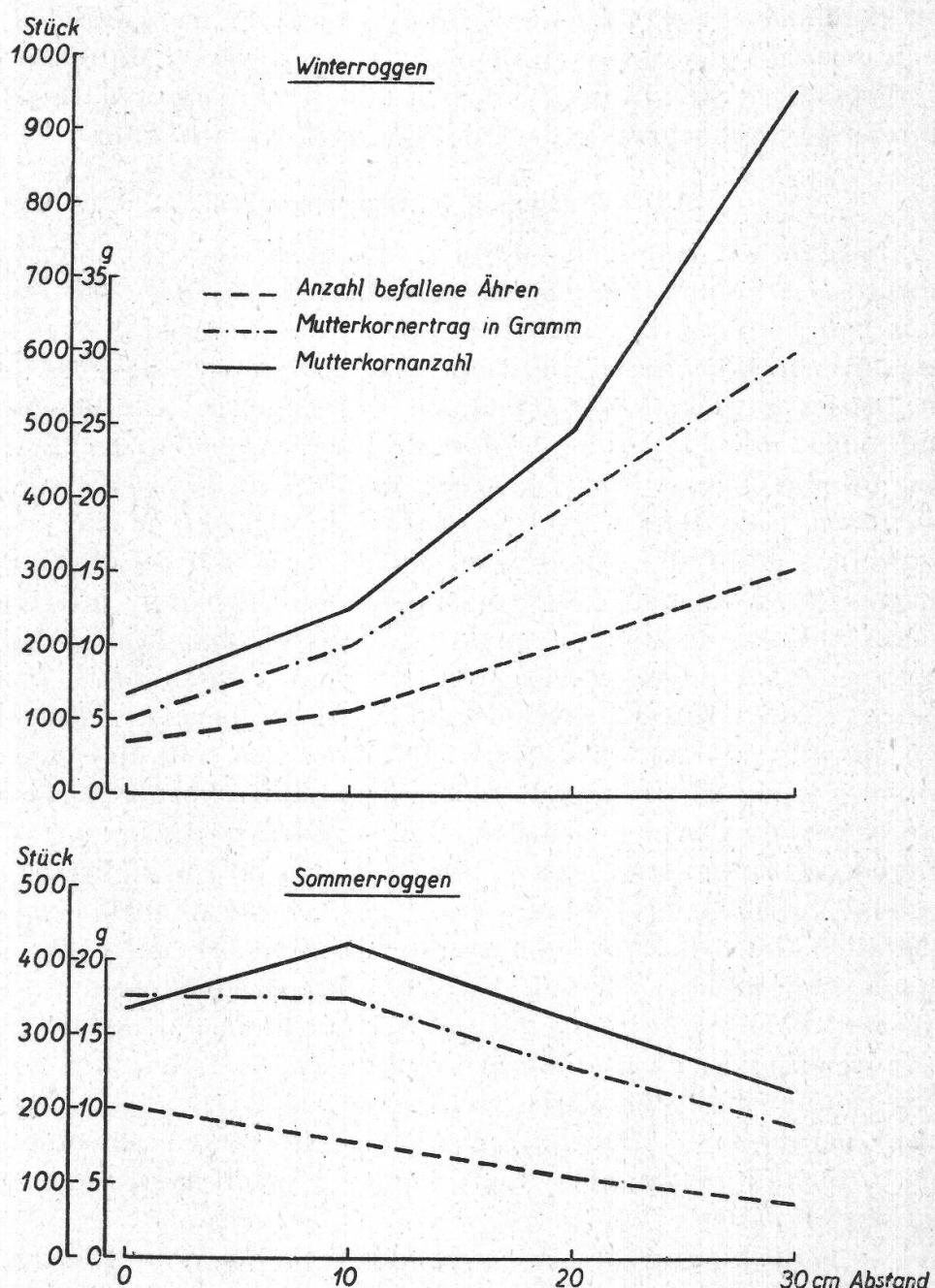


Abbildung 10.
Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkörnertrag.

nen. Wohl fällt das geringste « Tausendmutterkorgewicht » mit der grössten durchschnittlichen Sklerotienzahl zusammen; dagegen finden wir das grösste Tausendkorgewicht nicht bei der kleinsten Mutterkornzahl.

Die Resultate lassen sich für den Winterroggen wie folgt zusammenfassen :

Die grössere Standweite bedingt einen grösseren Mutterkornbefall, und zwar steigt die Anzahl der befallenen Ähren pro Flächeneinheit Boden regelmässig, während die Sklerotienanzahl im Vergleich hierzu in noch gesteigertem Masse zunimmt. Dieser stärkere Mutterkornbefall bei vergrösserter Standweite lässt sich mit der kräftigeren Bestockung, die ihrerseits ungleichmässiges Abblühen bedingt, erklären.

b) Die Ergebnisse bei Sommerroggen.

Verfolgen wir nun den Einfluss der Standweite auf den Mutterkornbefall bei Sommerroggen, so ersehen wir aus Tab. 11 und ihrer graphischen Darstellung (Abb. 10), dass die Anzahl der befallenen Ähren mit zunehmender Standweite rasch abnimmt; sie geht fast auf einen Drittel zurück. Diese Abnahme der Zahl der befallenen Ähren bedingt aber, wie aus Kolonne 2 ersichtlich, entgegen der Erwartung keinen proportionalen Rückgang der Sklerotienzahl. Der Grund hierfür liegt im bedeutend stärkeren durchschnittlichen Mutterkornbefall der einzelnen Ähre, der von 1,7 bei Vollsaat auf 3,0 bei 20 und 30 cm Pflanzenabstand ansteigt. Der höhere Sklerotienbefall pro Ähre bei grösserer Standweite steht in direktem Zusammenhang mit dem lichten Bestand jener Parzellen, wodurch die Voraussetzungen der Befruchtung erheblich verschlechtert wurden. Beim Ausbleiben der Befruchtung stehen die Blüten einer Ähre lange Zeit offen und sind einer *Claviceps*-Infektion zugänglich. Der gewichtsmässige Mutterkorntrag zeigt mit vergrösserter Standweite ebenfalls einen starken Rückgang; die Abnahme beträgt annähernd 50 %. Hier lässt sich im Gegensatz zum Winterroggen ein gewisser Zusammenhang des durchschnittlichen Mutterkornbefalles und dem Tausendmutterkorgewicht erkennen. Das höchste Tausendkorgewicht wird bei den Vollsaatparzellen erreicht, wo der durchschnittliche Sklerotienbefall mit 1,7 am kleinsten ist; die niedrigsten Tausendkorgewichte, nämlich 39,8 und 40,8 fallen mit dem höchsten Sklerotienbefall der Ähren zusammen.

Ein Vergleich der Resultate des Einflusses der Standweite auf den Mutterkornbefall bei Winter- und Sommerroggen lässt folgende zwei Tatsachen erkennen :

1. Die vergrösserte Standweite bedingt beim Winterroggen einen stärkeren Sklerotienbefall und einen erhöhten Mutterkorntrag pro Flächeneinheit Boden; dagegen nimmt beim Sommerroggen der Mutterkorntrag mit vergrösserter Standweite ab.

2. Bei beiden Sorten steigt mit der Zunahme der Standweite der durchschnittliche Sklerotienbefall pro Ähre.

Die erste der genannten Erscheinungen, dass die zunehmende Standweite beim Sommerroggen abnehmenden und beim Winterroggen steigenden Mutterkorntrag bedingt, lässt sich mit der unterschiedlichen Bestockung der beiden Getreidesorten erklären: Beim Winterroggen verursacht die überaus kräftige Bestockung bei grosser Standweite eine starke Unregelmässigkeit in der Entwicklung der Roggenpflanzen, also ungleichzeitiges Schossen und Abblühen. Letzteres bedingt eine lange Blühdauer des ganzen Feldes, die ihrerseits die Infektionsmöglichkeit durch Honigtaukonidien beträchtlich erhöht. Daraus resultiert eine starke *Claviceps*-Verbreitung durch Sekundärinfektion. Beim Sommerroggen, der sich selbst bei grossem Pflanzenraum nur schwach bestockt, wird der Bestand sehr lückenhaft, was einer bedeutenden Reduktion der Ährenzahl gleichkommt. Zudem weist dieser lockere Bestand dank der geringeren Bestockung eine ziemlich gleichmässige Entwicklung der Roggenpflanzen auf, so dass die Blühdauer des Feldes relativ kurz und die Möglichkeit der Sekundärinfektion gering wird.

Während sich dieses unterschiedliche Verhalten der beiden Roggensorten auf Grund ihrer verschiedenen Bestockung bzw. der ungleichen Blühdauer des Roggenfeldes erklären lässt, dürfte die Steigerung des durchschnittlichen Mutterkornbefalls pro Ähre, wie sie sich bei Winter- und Sommerroggen mit vergrösserter Standweite bemerkbar macht, eher der Blühdauer der einzelnen Ähre zuzuschreiben sein. Wir wissen, dass nicht alle Blüten einer Roggenähre sich gleichzeitig öffnen, sondern dass beim Roggen die Blüten im oberen Drittel der Ähre zuerst die Blühreife erlangt haben. Die Anthese breitet sich von hier weiter aus. Die Geschwindigkeit und die Art und Weise des Abblühens einer Ähre hängt in erster Linie von der Witterung und der Befruchtung ab. Helles, sonniges Wetter bewirkt offenes und rasches Abblühen; bedeckte oder gar regnerische Witterung verzögert die Anthese. Bei windstillem Wetter stäubt der Roggen schwach, die Befruchtung ist also schlecht, während bei windigem Wetter über einem blühenden Roggenfelde ganze Staubwolken von Pollen wahrgenommen werden können. Wenn auch die Befruchtung des Roggens an sich die *Claviceps*-Infektion nicht verhindert (vgl. Falck 1922, Kirchhoff 1929), so nimmt doch die Möglichkeit einer solchen nach erfolgter Befruchtung zufolge des Spelzenschlusses ziemlich rasch ab. Dass ferner die Befruchtung im geschlossenen Roggenbestand sicherer vor sich geht als bei lockerem, ist leicht begreiflich. Unbefruchtete Roggenblüten bleiben aber offen und sind somit der *Claviceps*-Infektion länger ausgesetzt.

Aus diesem Grunde finden wir bei beiden Roggensorten mit der Zunahme der Standweite, also der Lockerung des Bestandes, einen

stärkeren Sklerotienbefall der einzelnen Ähre als Folge der Verschlechterung der Bestäubung.

Mit diesem Versuch ist erstmals der zahlenmässige Beweis erbracht für die Bedeutung, die der Standweite beim feldmässigen Mutterkornanbau zukommt. Diese Versuchsergebnisse dürfen aber nicht dahingedeutet werden, dass die Anfälligkeit der Roggenpflanzen gegenüber *C. purpurea* von der Standweite bzw. der Bestockung abhängig sei. Die Empfänglichkeit des Roggens an sich bleibt bei der Veränderung der Standweite gleich; die Standweite bedingt lediglich eine Verlängerung oder Verkürzung des empfänglichen Entwicklungsstadiums (Blühdauer). Nach dieser Auffassungsweise ist es auch unzulässig, auf Grund unserer Versuchsergebnisse einen Unterschied in der Empfänglichkeit der beiden Roggensorten gegenüber *C. purpurea* abzuleiten.

Es wäre wünschenswert gewesen, bei diesem Feldversuch einerseits die mittleren Bestockungsfaktoren bei den verschiedenen Standweiten und anderseits die Gesamtzahl der produzierten Ähren, sowie deren Korngewicht zu kennen. Es musste auf die Feststellung beider Grössen verzichtet werden, da die Erhebungen für einen einzelnen Versuchsansteller zu zeitraubend waren.

Trotz diesen Unterlassungen kann mit Sicherheit festgestellt werden, dass beim Winterroggen der relative Befall mit vergrösserter Standweite stark gestiegen ist. Mit andern Worten: Der Prozentsatz der mutterkornbefallenen Roggenähren ist zweifellos bei vergrösserter Standweite beim Winterroggen ganz erheblich höher als bei den Vollsaatparzellen; denn die Gesamtzahl der Roggenähren ist mit vergrösserter Standweite stark zurückgegangen, während ja die Zahl der befallenen Ähren gestiegen ist. Ob diese Beziehung zwischen Gesamtährenanzahl und der Anzahl der mutterkornbefallenen Ähren sich auch beim Sommerroggen in der gleichen Richtung bewegt, kann ohne genaue Zahlenunterlagen nicht ohne weiteres entschieden werden.

2. Der Einfluss der Düngung des Roggens auf den Mutterkornbefall.

Versuche über den Einfluss der Düngung auf den Mutterkornbefall sind heute keine durchgeführt oder wenigstens nicht veröffentlicht worden. Dieser Umstand, bestärkt durch die Vermutung, dass die Ernährung der Roggenpflanze nicht ohne Belang sei für ihre Disposition gegenüber *Claviceps*-Infektion, führte uns zur folgenden Fragestellung: Welchen Einfluss übt die Düngung des Roggens auf den Mutterkornbefall aus?

A. Methodisches.

Zur Abklärung obiger Frage legten wir im Herbst 1932 einen Feldversuch mit folgender Anordnung an:

Der Düngungsversuch umfasst acht verschiedene Reihen mit je zehnfacher Wiederholung. Die erste Versuchsreihe bleibt ungedüngt; der Roggen ist auf den Nährstoffvorrat angewiesen, der sich von der Vorfrucht (Weizen) her im Boden befindet. Bei den übrigen sieben Versuchsreihen werden die Düngergaben auf der Basis von 40 kg P₂O₅, 50 kg N und 80 kg K₂O pro Hektar berechnet, und zwar wurde P₂O₅ als Superphosphat, N als Ammonsulfat und K₂O als 30prozentiges Kali-salz verabreicht. Die Versuchsreihen 2—4 umfassen einseitige bzw. lückenhafte Düngungen, nämlich Reihe 2 Phosphorsäure und Kali, dagegen keinen Stickstoff; Reihe 3 nur Stickstoff und Kali, dagegen keine Phosphorsäure, und Reihe 4 endlich nur Phosphorsäure und Stickstoff, dagegen kein Kali. Die Reihen 5—8 erhielten Volldüngungen, wobei die Reihe 6 die doppelte Gabe Phosphorsäure, die Reihe 7 die doppelte Gabe Stickstoff und die Reihe 8 die doppelte Gabe Kali erhielten. Die Reihenfolge und die Bezeichnung der Parzellen ist also folgende: ungedüngt, PK, NK, PN, PNK, P + NK, PN + K, PNK +.

Das Versuchsfeld, das wiederum von Herrn F. Schlatte r, Landwirt in Buchs, zur Verfügung gestellt wurde, liegt südöstlich des Dorfes Buchs, unweit von der Strasse Buchs—Dällikon entfernt. Wir haben es hier nicht mit Meliorationsgebiet, sondern mit tiefgründigem, fruchtbarem Moräneboden zu tun. Mit Rücksicht auf die Versuchsfrage war es uns daran gelegen, den Boden in seiner physikalischen Beschaffenheit, ganz besonders aber in bezug auf seinen Nährstoffgehalt, näher zu kennen.

Die Schlämmanalyse nach Kopecky ergab folgendes Resultat:

1.	Fraktion Abschlämmbares	46,1 %
2.	» Staub	23,3 %
3.	» Staubsand	13,8 %
4.	» Sand	16,8 %

Auf Grund dieses Befundes müssen wir den Boden als tonigen Lehm bezeichnen (Wiegner 1926, S. 142). Der Boden weist einen Gehalt an kohlensaurem Kalk von 0,8 % auf. Die pH-Messung auf elektrometrischem Wege ergab eine Reaktionszahl von 7,2—7,4; der Boden ist also schwach alkalisch. Die chemische Analyse, die in sehr verdankenswerter Weise durch die agrikulturchemische Abteilung der Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Örlikon (Adjunkt: Dr. F. Werner) ausgeführt wurde, zeigt folgendes Resultat:

In wasserfreier Feinerde

Stickstoff	0,31 %
Humus	5,6 %

Im HCl-Auszug:

Phosphorsäure	0,13 %
Kali	0,11 %
Gesamtkalk	1,25 %
Magnesia	0,88 %
Eisenoxyd und Tonerde	7,96 %

Da die Gehaltszahlen noch keinen direkten Maßstab für die Düngedürftigkeit liefern, wurde dieselbe für Kali und Phosphorsäure nach der Methode von H. Neubauer festgestellt. Die Versuchsanstalt ermittelte folgende Entzugszahlen :

Phosphorsäure 6,7 mg = schwach bedürftig
Kali 24,7 mg = » »

Der Boden darf auf Grund seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften als nährstoffreicher, krümeliger, tätiger Weizenboden bezeichnet werden.

Die Grösse des gepachteten Versuchsfeldes erlaubte die gleichzeitige Inangriffnahme von zwei Versuchsfragen, nämlich : 1. Einfluss der Düngung auf den Mutterkornbefall, und 2. Anfälligkeit verschiedener Roggensorten gegenüber *C. purpurea*. Der letztgenannte Versuch wird nach dem Düngungsversuch besprochen werden (vgl. Abb. 11, Versuchsplan).

Als Versuchsgetreidesorte benützten wir Lenzburger Winterroggen, eine unserer weitverbreitetsten und bewährtesten Landroggensorten. Die Grösse der einzelnen Versuchsparzellen mass 4 m^2 (4×1). Wir wählten bei der Aussaat einen Reihenabstand von 20 cm und setzten die einzelnen Körner in der Reihe in Abständen von 10 cm; somit wurden pro Parzelle 200 Roggenkörner ausgesät. Die Aussaat, die infolge trockener Witterung erst am 5. und 6. Oktober erfolgen konnte, musste von Hand mit der Setzlatte ausgeführt werden. Die Saatgutmenge muss, verglichen mit dem landläufigen Saatgutquantum bei Normalsaat, als sehr gering bezeichnet werden, beträgt sie doch pro Are nur etwa 150 Gramm, während für unsere Verhältnisse bei Roggen 1,3 kg Saatgut pro Are die Regel ist. Es schien uns einmal im Hinblick auf die Ergebnisse des Standweiteversuches gerechtfertigt, abnorm grosse Standweiteverhältnisse zu wählen. Des weitern wollten wir mit dieser Massnahme den Roggenpflanzen bei starker Düngewirkung genügend Raum zur Bestockung und Entwicklung gewähren und allfälligem Lagern vorbeugen. Der Dünger wurde für jede Parzelle zum voraus abgewogen und unmittelbar vor der Roggenaussaat, also im Herbst, mit etwas Feinerde vermengt, gleichmässig ausgestreut und leicht eingedeckt. Die nähere Versuchsanordnung ist aus dem Plan (Abb. 11) ersichtlich.

Der Roggen keimte und bestockte sich noch vor Eintritt der kalten Winterwitterung. Der Bestand der Keimpflanzen zeichnete sich durch grosse Regelmässigkeit aus. Unterschiede in der Entwicklung des Roggens bei den verschiedenen Düngungen traten erst im Frühjahr zutage. Während der ganzen Vegetationsperiode erforderte die Unkrautbekämpfung einen ganz besonders grossen Arbeitsaufwand.

Infektionsmethode : Da sich die beim vorjährigen Standweiteversuch angewandte Infektionsmethode gut bewährt hatte, lag kein Grund

zu deren prinzipiellen Abänderung vor. Wir infizierten wiederum 30 Stück der zuerst aufblühenden Ähren jeder Parzelle sorgfältig mit einer zuckerhaltigen Konidiensuspension des Stammes HK. Die Infektion erfolgte unter Beachtung der beim Standweiteversuch aufgestellten Massnahmen und unter der Nutzanwendung der dort gesammelten Erfahrungen, je am 7. und 8. Juni vormittags.

Sortenversuch	Lb.R.	W.R.	Pk.R.	B.S.R.	Na.R.	W.W.R.	W.S.R.	TR	K.R.	Lb.R.
	W.W.R.	W.S.R.	Na.R.	Lb.R.	K.R.	TR.	B.S.R.	Pk.R.	W.R.	W.W.R.
Düngungsversuch	TR	B.S.R.	K.R.	W.W.R.	W.R.	Pk.R.	Lb.R.	Na.R.	W.S.R.	TR.
	Pk.R.	Lb.R.	W.R.	TR.	W.S.R.	Na.R.	W.W.R.	K.R.	B.S.R.	Pk.R.
	Na.R.	W.W.R.	W.S.R.	Pk.R.	B.S.R.	K.R.	TR.	W.R.	Lb.R.	Na.R.
	K.R.	TR.	B.S.R.	Na.R.	Lb.R.	W.R.	Pk.R.	W.S.R.	W.W.R.	K.R.
	W.R.	Pk.R.	Lb.R.	K.R.	W.W.R.	W.S.R.	Na.R.	B.S.R.	TR.	W.R.
	W.S.R.	Na.R.	W.W.R.	W.R.	TR.	B.S.R.	K.R.	Lb.R.	Pk.R.	W.S.R.
	B.S.R.	K.R.	TR.	W.S.R.	Pk.R.	Lb.R.	W.R.	W.W.R.	Na.R.	B.S.R.
	ungedüngt	P.NK	NK	PNK+	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK
	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK+	PNK	PK	PN.K
	NK	PNK,	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK+
	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK,	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt
	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK+	PNK	PK
	P.NK	NK	PNK+	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK
	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK,	PNK	PK	PN.K	PN
	PNK+	PNK	PK	PN.K	PN	ungedüngt	P.NK	NK	PNK+	PNK

Schutzstreifen

Abbildung 11.

Plan des Düngungs- und Roggensortenversuchs.
(Grösse der einzelnen Parzelle : $1 \times 4 = 4 \text{ m}^2$.)

Legende : Lb. R. : Lenzburger Roggen.

W. W. R. : Walliser Winterroggen.

T. R. : Tessiner Roggen.

Pk. R. : Petkuser Roggen.

Na. R. : Niederarnbacher Roggen.

K. R. : Karlshulder Roggen.

W. R. : Witzwiler Sommerroggen.

W. S. R. : Walliser Sommerroggen.

B. S. R. : Bündner Sommerroggen.

Anlässlich der Infektion konnten wir bereits grosse Unterschiede in der Entwicklung der Roggenpflanzen bei den verschiedenen Düngungen konstatieren. Während sich bei den ungedüngten oder einseitig gedüngten Parzellen ohne Schwierigkeit 30 im Aufblühen begriffene Ähren für die künstliche Infektion vorfanden, hielt es bei den überdüngten Parzellen oft schwer, 30 im günstigen Entwicklungsstadium vorliegende Ähren zu finden. Die überdüngten Parzellen standen in der Entwicklung zeitlich erheblich nach.

Kurz nach der künstlichen Infektion trat eine längere Regenwetterperiode ein, von der wir einen schlechten Einfluss auf die Sekundärinfektion befürchteten.

Die Ernte: Da wir aus diesem Versuch überdies Material sammeln wollten für die statistische Bearbeitung der Frage des Einflusses des Mutterkornbefalles auf die Ausbildung der Roggenkörner an einer Ähre, ernteten wir jede befallene Ähre einzeln in Pergamintüten, auf denen wir die Parzellenummer vermerkten. Total sammelten wir 12,400 Einzelähren. Der Rest der Ernte wurde parzellenweise in Papiersäcke gesammelt. Die Tüten mit den mutterkornbefallenen Ähren setzten wir im Versuchshaus (Glashaus) zum Austrocknen der Sonne aus. Nachdem wir sämtliche sklerotienbefallenen Ähren gesammelt hatten, ernteten wir auch die gesunden Ähren, weil uns bei diesem Versuch nicht nur der absolute Mutterkorntrag, sondern auch der prozentuale Befall interessierte.

B. Die Versuchsergebnisse.

Tab. 12 und Abb. 12 geben die Ergebnisse des Düngungsversuches wieder. Um sich über die Wirkung der einzelnen Dünger ein Bild machen zu können, stellten wir die Resultate für jeden Nährstoff nach steigenden Gaben zusammen.

a) Die Wirkung des Kalis.

Aus Kolonne 1 der Tabelle 12 ersehen wir, dass die Zunahme der Gesamtzahl der geernteten Roggenähren (gesunde + mutterkornbefallene) in der Kalireihe am grössten ist von «ungedüngt» auf Kalimangeldüngung (PN); sie beträgt 83 %. Die einfache Kaligabe der Volldüngung (PNK) vermochte die Ährenzahl noch etwas zu erhöhen, während Kaliüberdüngung (PNK+) bereits einen Rückgang derselben bewirkte. Allerdings fällt diese kleine Einbusse der Gesamtährenzahl der Kaliüberdüngung im Vergleich zur Volldüngung innerhalb der Versuchsfehler. (Die Differenz und ihr mittlerer Fehler beträgt $27 \pm 22,4$.)

Die Anzahl der befallenen Ähren (Kolonne 2) bewegt sich in der gleichen Richtung wie die Gesamtzahl der produzierten Ähren; sie nimmt ebenfalls zu von der ungedüngten Versuchsreihe zur Kalimangeldüngung (PN) und von dieser zur Volldüngung (PNK). Die Zunahme der befallenen Ähren geht aber derjenigen der Gesamtährenanzahl nicht parallel, was besonders deutlich bei der Betrachtung der graphischen Darstellung zutage tritt und ebenso klar aus den Zahlen der Kolonne 3 (dem prozentualen Ährenbefall) zum Ausdruck kommt. Zu diesen Ergebnissen ist allerdings zu bemerken, dass bei der absoluten Zunahme der Anzahl der befallenen Ähren nur diejenige von ungedüngt (126,3) auf Kalimangeldüngung (209,7) ausserhalb der Versuchsfehler liegt, während weder die kleine Zunahme der befallenen Ähren durch

Tabelle 12.
Der Einfluss der Düngung des Roggens auf den Mutterkornertrag.

Düngung	Gesamtähren-anzahl	Befallene Aehren			Mutterkorntrag			Mutterkorn-ertrag in % des Roggenertrages
		Stück	%	Stück	Gramm	kg/ha	Roggenertrag in Gramm	
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Kalireihe</i>								
ungedüngt	276,2 ± 12,9	126,3 ± 5,7	45,86 ± 1,07	750,1 ± 35,9	34,7 ± 2,0	86,65	247,5 ± 18,3	14,16 ± 0,81
PN	505,0 ± 14,6	209,7 ± 12,1	41,55 ± 2,74	1151,5 ± 89,5	49,2 ± 2,1	123,05	493,5 ± 15,0	10,09 ± 0,58
PNK	595,0 ± 16,4	248,4 ± 14,3	41,55 ± 1,60	1509,9 ± 91,5	64,6 ± 4,2	161,55	560,9 ± 8,4	11,56 ± 0,74
PN+K	568,1 ± 15,3	212,0 ± 9,2	37,38 ± 1,39	1213,5 ± 46,5	58,7 ± 2,4	146,77	571,3 ± 19,3	10,40 ± 0,62
<i>Stickstoffreihe</i>								
ungedüngt	276,2 ± 12,9	126,3 ± 5,7	45,86 ± 1,07	750,1 ± 35,9	34,7 ± 2,0	86,65	247,5 ± 18,3	14,16 ± 0,81
PK	444,1 ± 10,9	183,6 ± 6,0	41,46 ± 1,39	1048,2 ± 27,8	50,1 ± 1,3	125,07	413,6 ± 21,5	12,54 ± 0,95
PNK	595,0 ± 16,4	248,4 ± 14,3	41,55 ± 1,60	1509,9 ± 91,5	64,6 ± 4,2	161,55	560,9 ± 8,4	11,56 ± 0,74
PN+K	707,9 ± 25,9	248,6 ± 15,6	34,84 ± 1,32	1455,0 ± 104,0	66,6 ± 4,5	166,62	671,2 ± 20,2	9,94 ± 0,63
<i>Phosphorsäurereihe</i>								
ungedüngt	276,2 ± 12,9	126,3 ± 5,7	45,86 ± 1,07	750,1 ± 35,9	34,7 ± 2,0	86,65	247,5 ± 18,3	14,16 ± 0,81
NK	407,0 ± 11,4	173,7 ± 7,5	42,66 ± 1,37	977,0 ± 12,0	43,9 ± 1,5	109,72	389,8 ± 23,3	11,60 ± 0,83
PNK	595,0 ± 16,4	248,4 ± 14,3	41,55 ± 1,60	1509,9 ± 91,5	64,6 ± 4,2	161,55	560,9 ± 8,4	11,56 ± 0,74
P+NK	842,1 ± 36,8	307,7 ± 18,5	36,47 ± 1,75	2074,8 ± 117,0	85,0 ± 4,5	212,42	744,0 ± 21,5	8,87 ± 1,30

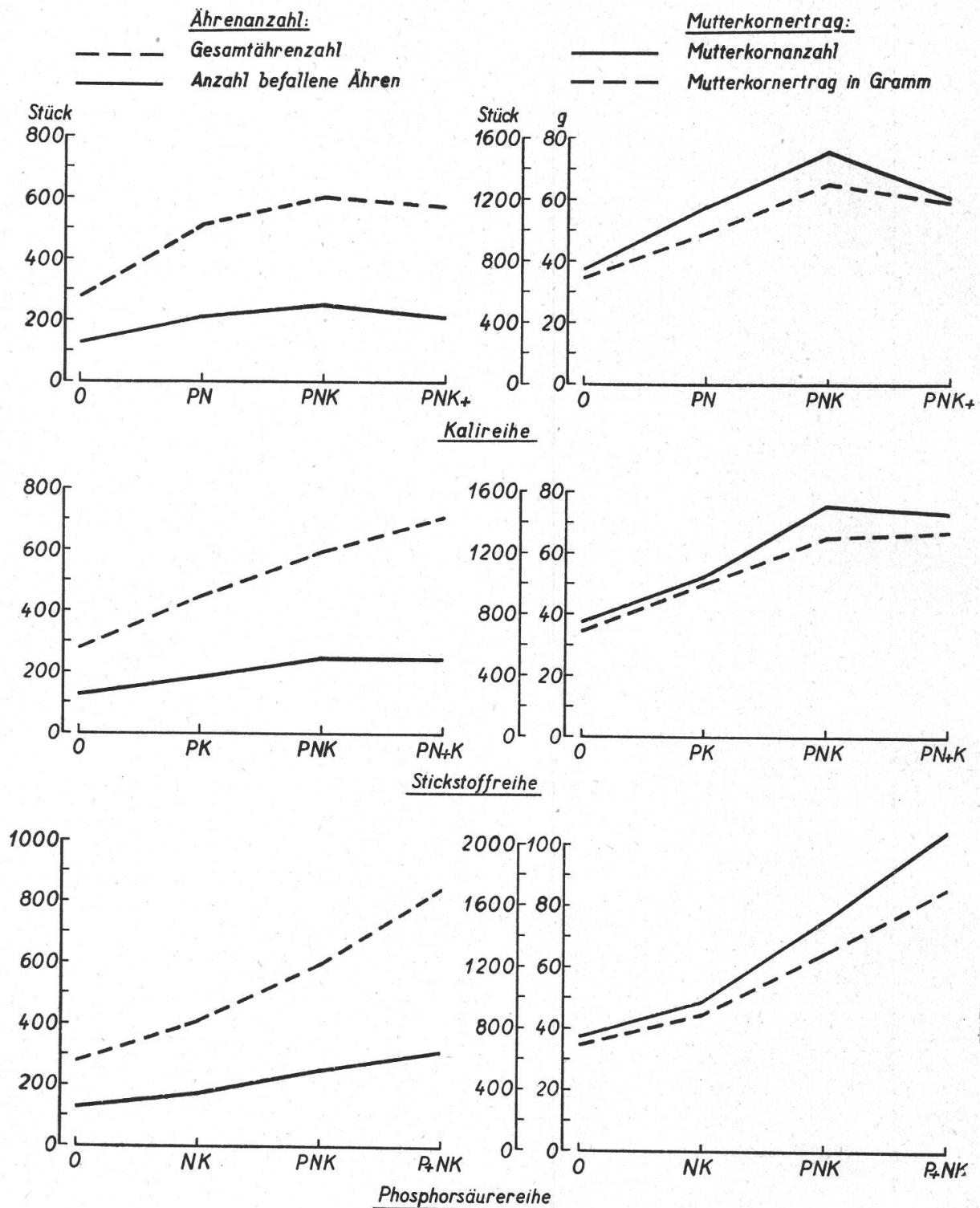


Abbildung 12.
 Einfluss der Düngung des Roggens auf den Mutterkorntrag.

die einfache Kaligabe der Volldüngung (PNK), noch die Abnahme durch die doppelte Kaligabe (PNK+) mathematisch sichergestellt sind.

Was den Mutterkorn ertrag anbetrifft, sehen wir aus den Kolonnen 4, 5 und 6, dass die normale Kaligabe der Volldüngung eine ebenso starke Ertragssteigerung bedingte wie die Kalimangeldüngung (PN) gegenüber ungedüngt. Interessant ist, dass auch der Mutterkorn ertrag bei doppelter Kaligabe mit einer Depression antwortet. Diese Ertragseinbusse liegt sowohl für die Sklerotienanzahl wie für den gewichtsmässigen Mutterkorn ertrag innerhalb der Fehlergrenze, während die durch die einfache Kaligabe bedingte Mutterkorn ertragssteigerung ausserhalb der Versuchsfehler liegt und also zu Recht besteht.

In Kolonne 7 ist der Roggenertrag pro Parzelle in Gramm angeführt. Wir verzeichnen eine Ertragssteigerung, die der Zunahme der Gesamtährenanzahl annähernd parallel verläuft, mit der einzigen Ausnahme, dass die kleinere Anzahl der kaliüberdüngten Ähren einen höheren Körnerertrag liefert als die grössere Ährenanzahl der Normaldüngung. Wenn wir aber die Grösse der mittleren Fehler berücksichtigen, so ergibt sich, dass weder der Unterschied der Gesamtährenanzahl, noch derjenige des Roggenertrages zwischen der Volldüngung (PNK) und der Kaliüberdüngung (PNK+) gesichert sind; sie beide liegen innerhalb der Versuchsfehler. Auffallend ist, dass die Stickstoff-Phosphorsäuregabe der Kalimangeldüngung (PN) gegenüber ungedüngt bereits eine Verdoppelung des Roggenertrages bewirkt.

Dass der in Gewichtsprozenten des Roggenertrages ausgedrückte Mutterkorn ertrag (Kolonne 8) keiner andern Grösse parallel verläuft, ist nicht überraschend. Immerhin ergibt sich auch hier der relativ grösste Mutterkorn ertrag bei der ungedüngten Versuchsreihe, wo wir auch den höchsten relativen Ährenbefall konstatieren. Diese Abnahme des prozentualen oder relativen Mutterkorn ertrages mit steigender Intensität der Düngung röhrt daher, dass der Roggenertrag mit steigender Nährstoffgabe bedeutend mehr zunimmt als der Mutterkorn ertrag.

b) Die Wirkung des Stickstoffs.

Bei der Stickstoffreihe stellen wir eine ziemlich regelmässige Zunahme der Roggenährenanzahl (Kolonne 1) mit der Steigerung der Düngergaben fest. Auf alle Fälle geht aus der Zunahme der Roggenährenanzahl von der Stickstoffmangeldüngung (PK) zur Stickstoffvolldüngung (PNK) und von dieser zur Stickstoffüberdüngung (PN+K) hervor, dass der Stickstoff in diesem Versuch stark ertragserhöhend wirkte bzw. die Bestockung stark begünstigte. In der Zahl der Gesamtähren besitzen wir ja einen direkten Maßstab für die Bestockung. Sämtliche Zunahmen bei der Gesamtährenanzahl sind mathematisch gesichert.

Die absolute Zahl der befallenen Ähren (Kolonne 2) steigt wiederum nicht parallel der Gesamtährenanzahl, sondern nimmt nur in weit geringerem Masse zu. Diese Tatsache äussert sich ebenfalls in der Abnahme des prozentualen Ährenbefalles (Kolonne 3) mit intensiverer Stickstoffdüngung, der von 45,86 % bei der ungedüngten Versuchsreihe auf 34,84 % bei der stickstoffüberdüngten Versuchsreihe abnimmt. Obwohl die Gesamtährenanzahl durch die doppelte Stickstoffgabe von 595,0 (PNK) auf 707,9 (PN+K) eine Steigerung erfährt, bleibt sich die Zahl der mutterkornbefallenen Ähren gleich.

Beim Mutterkornertrag nimmt die Sklerotienanzahl durch die normale Stickstoffgabe der Volldüngung (PNK) gegenüber der Stickstoffmangeldüngung ebenfalls stark zu, nämlich von 1048,2 auf 1509,9 (Kolonne 4), während die doppelte Stickstoffgabe (PN+K) den zahlenmässigen Mutterkornertrag nicht zu heben vermochte. Die kleine Ertragseinbusse von 55 Stück, die bei der Überdüngung (PN+K) gegenüber der Volldüngung (PNK) resultierte, ist mathematisch nicht gesichert. Der quantitative Mutterkornertrag (Kolonnen 5 und 6) erfährt ebenfalls eine bemerkenswerte Steigerung durch die Stickstoffdüngung der Wirtspflanze, und zwar geht dieselbe der Anzahl der befallenen Ähren ziemlich parallel. Aus der geringen Mutterkornertragszunahme von 64,6 g bei der Volldüngung auf 66,6 g bei doppelter Stickstoffgabe irgendwelchen Widerspruch abzuleiten zum schwachen Rückgang der Sklerotienzahl bei den entsprechenden Düngergaben wäre sinnlos und überhaupt nicht gerechtfertigt, da sowohl die gewichtsmässige Ertragszunahme wie ja auch der zahlenmässige Rückgang der Sklerotien innerhalb der Fehlerngrenzen liegen.

Bei der Roggenernte (Kolonne 7) stellen wir eine regelmässige Steigerung des Ertrages mit steigender Intensität der N-Düngung fest. Diese verläuft ziemlich parallel zu der Zunahme der Gesamtährenanzahl.

Der relative Mutterkornertrag (Kolonne 8), ausgedrückt in Prozenten des Roggenertrages, nimmt ähnlich dem prozentualen Ährenbefall mit steigenden Stickstoffgaben ab.

Zusammenfassend lässt sich über die Stickstoffwirkung bei unserem Versuch folgendes sagen :

Der Mutterkornbefall wird nur durch die einfache Stickstoffgabe gefördert, während sich die doppelte Stickstoffgabe auf den Mutterkornbefall nicht mehr auswirkt. Der Roggenertrag nimmt ziemlich regelmässig zu mit steigender Intensität der Stickstoffdüngung.

c) Die Wirkung der Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure übt die grösste ertragsfördernde Wirkung aus sowohl auf den Mutterkorn- wie auch auf den Roggenertrag. Die Roggenährenanzahl ist bei der Phosphorsäuremangeldüngung (NK) von allen Mangeldüngungen mit 407 Ähren am kleinsten; dagegen wirkt

sich die einfache Phosphorsäuregabe der Volldüngung (PNK) in unserem Versuch von allen Nährstoffen am stärksten auf die Bestockung aus. Beachtenswert ist, dass selbst die doppelte Phosphorsäuregabe die Bestockung noch weiter zu heben vermag, steigt doch die Gesamtährenanzahl von der Volldüngungsversuchsreihe (PNK) zu der phosphorsäureüberdüngten (P+NK) Versuchsreihe von 595 auf 842. Die Roggenpflanzen der mit Phosphorsäure überdüngten Versuchsreihe weisen also durchschnittlich eine etwa dreimal grössere Bestockung auf als diejenigen der ungedüngten Versuchsparzellen, sofern wir eine gleiche Keimfähigkeit der Roggensamen bei den verschiedenen Düngungen voraussetzen.

Die absolute Zahl der befallenen Ähren (Kolonne 2) weist eine regelmässige Zunahme auf mit der Steigerung der Nährstoff-, insbesondere der P_2O_5 -Gabe. Allerdings liegt die durch die doppelte Phosphorsäuregabe bedingte Zunahme von 59 Stück innerhalb der Fehlergrenze. Dass diese Zunahme der befallenen Ähren wiederum derjenigen der Gesamtährenanzahl nicht parallel geht, ist aus dem abnehmenden relativen oder prozentualen Ährenbefall (Kolonne 3) sofort ersichtlich. Die Phosphorsäure scheint besonders auch auf den numerischen und gewichtsmässigen Mutterkornertrag einen stark ertragsfördernden Einfluss zu bewirken. Der zahlenmässige wie der gewichtsmässige Mutterkornertrag werden sowohl durch die einfache, wie namentlich auch durch die doppelte Phosphorsäuregabe stark gesteigert. Diese durch die Phosphorsäuregaben bedingten Mutterkornertragszunahmen liegen alle ausserhalb der Versuchsfehler und sind mathematisch gesichert. Die Phosphorsäuredüngung nimmt mit ihrer sklerotiensteigernden Wirkung eine Sonderstellung ein; denn weder die doppelte Kali- noch die doppelte Stickstoffgabe vermochten den Mutterkornertrag zu heben.

Der Roggenertrag erfährt durch die Phosphorsäuredüngung ebenfalls eine starke Steigerung, die derjenigen der Gesamtährenanzahl parallel verläuft.

Der relative Mutterkornertrag (ausgedrückt in % des Roggenertrages) weist bei der Phosphorsäurereihe den stärksten Rückgang auf, weil eben der Roggenertrag in noch viel höherem Masse durch die Phosphorsäuredüngung gesteigert wird als der quantitative Mutterkornertrag.

Wir fassen die Ergebnisse des Düngungsversuches wie folgt zusammen :

1. Die Volldüngung (PNK) bewirkte eine Verdoppelung sowohl des Mutterkorn- wie des Roggenertrages gegenüber der ungedüngten Versuchsreihe.
2. Bei der Kalireihe stellen wir eine regelmässige Zunahme des Mutterkornertrages von ungedüngt zur Kalimangeldüngung und von dieser zur Normaldüngung fest, während der Mutterkornbefall

durch die doppelte Kaligabe der Überschussdüngung eher eine Einbusse erlitt. Die Roggenernte weist die grösste Ertragszunahme zwischen ungedüngt und der Kalimangeldüngung (PN) auf, wogegen die einfache Kaligabe der Normaldüngung (PNK) nur eine schwache Ertragssteigerung bedingte und die Kaliüberschussdüngung (PNK+) sogar eine Ertragsdepression bewirkte.

3. Bei der Stickstoffreihe beobachten wir eine ziemlich regelmässige Zunahme des Roggenertrages mit steigender Intensität der Düngung, wogegen der Mutterkornbefall nur bis zur Normaldüngung zunimmt und die doppelte Stickstoffgabe ohne Einfluss auf den Mutterkornbefall bleibt.
4. Die Phosphorsäurereihe zeigt eine starke Ertragszunahme an Mutterkorn wie an Roggen mit steigender P_2O_5 -Düngung. Im Gegensatz zu Kali und Stickstoff erhöht die doppelte P_2O_5 -Gabe sowohl den Mutterkornertrag wie auch den Roggenertrag.
5. Der relative Befall schwankt zwischen 34,84 % (PN+K) und 45,86 % (ungedüngt). Die ungedüngten Versuchsparzellen mit der kleinsten Ährenzahl weisen relativ den grössten Befall auf; der letztere nimmt ab mit steigender Intensität der Düngung.
6. Der gewichtsmässige Mutterkornertrag bewegt sich zwischen 9,94 % und 14,16 % des Roggenertrages. Der relative Mutterkornertrag zeigt ähnlich dem relativen Ährenbefall eine Abnahme mit steigenden Nährstoffgaben.
7. Aus der Stückzahl der Sklerotien und der Anzahl der befallenen Ähren lässt sich ein durchschnittlicher Mutterkornbefall pro Ähre berechnen, der bei den einzelnen Düngerarten zwischen 5,5 und 6,7 Stück schwankt. Der durchschnittliche Befall mit Einschluss der gesunden Ähren beträgt 2,2 bis 2,7 Stück.

Wir begnügen uns mit der Feststellung der Resultate unseres Versuches und möchten dem Ergebnis eines bloss einjährigen Feldversuches noch nicht eine allgemeine Bedeutung beimessen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass der Einfluss der Ernährung des Roggens auf den Mutterkornertrag wiederum auf einer Nebenwirkung derselben beruht. Aus dem Rückgang des relativen (prozentualen) Befalles mit steigenden Nährstoffgaben einerseits und dem ziemlich gleichmässigen durchschnittlichen Ährenbefall (um 6 Sklerotien) bei allen Düngerreihen anderseits geht hervor, dass die Zunahme des absoluten Mutterkornertrages bei steigenden Nährstoffgaben nicht auf einer vermehrten Anfälligkeit beruht, sondern lediglich auf der Steigerung der Gesamtährenanzahl, also der stärkeren Bestockung. Diese kräftigere Bestockung ruft ihrerseits wiederum einer vermehrten Sekundärinfektion, wie wir das bereits beim Einfluss der Standweite dargetan haben.

Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch an die Möglichkeit erinnert, dass die Ernährung der Roggenpflanze auch einen Einfluss auf

den Alkaloidgehalt der Sklerotien ausüben kann. Die Frage des Einflusses der Düngung wird in Zukunft namentlich von diesem Gesichtspunkte aus überprüft werden müssen.

3. Die Anfälligkeit verschiedener Roggensorten gegenüber *Claviceps purpurea*.

Die Frage der Anfälligkeit verschiedener Roggensorten gegenüber *Claviceps purpurea* ist bereits von Heck (1921) und Kirchhoff (1929) experimentell untersucht worden. Heck fand unter anderem, dass sich der Wildroggen, *Secale montanum*, der perennierend ist und bei genügendem Standraum mächtige Horste bildet, die bis in den Herbst hinein neue Axen treiben, sich besonders zur Mutterkornkultur eigne. Ausserordentlich gute Ergebnisse erzielte er auch mit einer Bastardsorte, die Tschermak durch Kreuzung von *Secale montanum* mit Kulturroggen züchtete. Diese Bastarde neigten stark zur Unfruchtbarkeit und Schartigkeit, wodurch die einzelnen Blüten lange Zeit offen standen und so einer *Claviceps*-Infektion während längerer Zeit zugänglich waren. Es ist darauf hinzuweisen, dass der reichliche Mutterkornbefall von *Secale montanum* und des soeben genannten Bastards nicht auf einer grösseren, durch innere Faktoren bedingten Anfälligkeit dieser Sorten beruht, sondern lediglich als Folge der verlängerten Blühdauer dank der ausserordentlichen Bestockung und der grossen Schartigkeit auftritt. Kirchhoff (1929) kommt auf Grund der Ergebnisse seines Versuches, der 16 Roggensorten umfasste, zum Schluss, « dass wesentliche Unterschiede in der Anfälligkeit unserer Roggensorten gegenüber dem Mutterkornpilz dann nicht vorliegen, wenn die Entwicklungsbedingungen der Roggenpflanzen keine grossen Unterschiede aufweisen. » (loc. cit. S. 336.)

Unser Versuch über die Prüfung der Anfälligkeit erstreckte sich auf folgende 9 Roggensorten :

- a) Winterroggen : Lenzburger Roggen (Landsorte)
Walliser Bergroggen (Landsorte)
Tessiner Bergroggen (Landsorte)
Original F. v. Lochows Petkuser (Züchtungssorte)
Original Niederarnbacher (Züchtungssorte)
- b) Sommerroggen : Witzwiler (Landsorte)
Walliser »
Bündner »
Karlshulder (Züchtungssorte)

Die Anbaumethode des Roggens war die genau gleiche wie beim Düngungsversuch (Standweiteverhältnisse, Saatmethode usw.). Über die nähere Versuchsanordnung gibt der Plan (vgl. Abb. 11) Auskunft.

Obschon die Keimfähigkeit des Saatgutes der verschiedenen Roggensorten gut bis sehr gut war, blieb die Keimung aus unabgeklärten Gründen bei vielen Versuchsparzellen entweder ganz aus oder war zum mindesten sehr mangelhaft. Von den 90 Versuchsparzellen konnten aus dem soeben erwähnten Grunde nur deren 49 der künstlichen Infektion unterworfen werden. Es stellte sich ferner heraus, dass die angewandte Versuchsmethodik für die Prüfung der Anfälligkeit ganz ungeeignet war. Es musste beim örtlich nicht getrennten Anbau schon infolge der ungleich raschen Entwicklung der verschiedenen Roggensorten ein unterschiedlicher Mutterkornbefall resultieren. Die spätblühenden Sorten profitierten von der Sekundärinfektion, die von den frühblühenden ausging. Da in unserem Versuche nicht der Anbau ganz bestimmter Sorten versagte, sondern die fehlgeschlagenen Parzellen sich wahllos über das ganze Versuchsfeld verteilten, bringen unsere Ergebnisse den soeben genannten versuchsmethodischen Fehler nicht klar zum Ausdruck. Wenn wir trotz dieses Misserfolges den Versuch in dieser Arbeit erwähnen, so geschieht es lediglich in der Meinung, mit aller Deutlichkeit auf die methodischen Schwierigkeiten derartiger Feldversuche hinweisen zu müssen.

Als einziges positives Ergebnis dieses Sortenversuches kann der deutliche Unterschied in bezug auf die Grösse und die Form der Sklerotien zwischen den Züchtungssorten und den Landsorten, insbesondere den Bergsorten, angeführt werden. Letztere lieferten ausnahmslos kleine, spitze, leichte Sklerotien, während die Züchtungssorten vornehmlich grosse, schwere produzierten. Den maximalen Parzellenertrag konstatierten wir bei der Sorte Niederarnbacher Winterroggen, wo die Anzahl der befallenen Ähren bei einer Parzellengrösse von 4 Quadratmetern 607, die Anzahl Mutterkörner 2934 und deren Gesamtgewicht 150,3 Gramm betrug. Die Umrechnung ergibt einen Hektarertrag von 375,6 kg bei einer durchschnittlichen Sklerotienzahl von 4,8 Stück pro befallener Ähre. Das durchschnittliche Gewicht von 1000 Mutterkörnern beträgt 51,2 Gramm. Als Gegenbeispiel führe ich die Zahlen einer Parzelle des Bündner Sommerroggens an. Die Anzahl der befallenen Ähren betrug hier 228, die Sklerotienzahl 1200 und ihr Gewicht 35,26 Gramm; daraus lässt sich bei einem durchschnittlichen Sklerotienbefall von 5,3 ein « Tausendmutterkorngewicht » von 29,4 Gramm berechnen. Bei einer andern Parzelle des Bündner Sommerroggens resultiert ein noch viel geringeres durchschnittliches Gewicht von 1000 Mutterkörnern, nämlich von 22,7 Gramm bei einem durchschnittlichen Befall von 6,3 Stück pro Ähre.

Wenn auch die Ergebnisse unseres Versuches keinerlei Anhaltpunkte über die Anfälligkeit der verschiedenen Roggensorten zu geben vermögen, so berechtigen doch unsere zahlreichen Beobachtungen zu der Annahme, dass die Anfälligkeit der verschiedenen Roggensorten

gegenüber dem Mutterkornpilz weniger durch innere Faktoren bedingt sein dürfte, als vielmehr durch blütenbiologische Besonderheiten, wie Spelzenschluss, Schartigkeit, also durch Sorteneigenschaften, die selbstverständlich ihrerseits durch erbliche (innere) Faktoren bestimmt sind. Diese disponierenden blütenbiologischen Eigenschaften spielen selbstredend bei der natürlichen Verbreitung des Pilzes eine wichtige Rolle, dürften aber bei einer künstlichen Masseninfektion weniger von Belang sein.

4. Zusammenfassende Betrachtungen zur Frage der Mutterkornkultur auf Roggen.

Nach der Besprechung unserer Feldversuche und ihrer Ergebnisse dürfte es am Platze sein, als Abschluss dieses Kapitels unsere Stellungnahme zu der Frage der Möglichkeit der Mutterkornkultur im grossen zu begründen.

Wir sind uns bei der Betrachtung unserer Feldversuche bewusst, dass wir damit das Problem der Mutterkornkultur auf Roggen noch keiner für die grosse Praxis geeigneten Lösung entgegengeführt haben. Dagegen füllen unsere Untersuchungen in dem Sinne eine Lücke aus, als bis heute die systematische Prüfung der Wirkung einzelner den Mutterkornbefall beeinflussenden Faktoren fast völlig unterblieben ist. Es ist sicher kein Zufall, dass gerade auf diesem Gebiet die systematische Untersuchung nach wissenschaftlichen Grundsätzen sogar von namhaften Forschern verlassen wurde und an ihre Stelle ein « Pröbeln » trat, das nur bei den Untersuchungen von Hecke eine gewisse Planmässigkeit erreichte. Der Grund, der zu dieser Arbeitsweise führte, liegt in den methodischen Schwierigkeiten, denen derartige Feldversuche begegnen. Ausserdem gesellt sich ihnen ein grosses Risiko zu. Von der Wirkung dieser Momente zeugen die unverwertbaren Resultate unseres Sortenversuches. Der Erfolg solcher Feldversuche für die Wissenschaft und Praxis steht in sehr vielen Fällen in keinem Verhältnis zum ausserordentlich grossen Arbeits- und Zeitaufwand, den ihre korrekte Durchführung erfordert. Schliesslich ist ihre Durchführung mit beträchtlichen Unkosten verbunden, da der Arbeitsaufwand für die Anlage und Pflege derartiger Feldversuche die Arbeitskraft eines einzelnen Versuchsanstellers ganz erheblich übersteigen kann, und dieser deshalb genötigt ist, Hilfskräfte anzustellen.

Obschon sich die Beantwortung einer Versuchsfrage prinzipiell auf die Ergebnisse mehrjähriger (zum mindesten dreijähriger) Feldversuche stützen sollte, schien es uns im Hinblick auf die Schwierigkeit derartiger Feldversuche gerechtfertigt, unsere nur einjährige Versuche umfassenden Resultate zu veröffentlichen. Unser Vorgehen ist schliesslich auch in der Tatsache begründet, dass bis heute überhaupt keine Ergebnisse methodischer Versuche über die Mutterkornkultur vorliegen.

Obgleich unsere Versuche bei zehnfacher Wiederholung eindeutige Ergebnisse zeitigten, liegt es uns ferne, diese auf nur einjährigen Versuchen basierenden Ergebnisse als endgültige, feststehende Tatsachen hinzustellen. Immerhin bringt gerade der Standweiteversuch nichts mehr als den zahlenmässigen Beweis für die Richtigkeit einer Erfahrungstatsache, die allgemein bekannt ist und auf die Hecke (1921, 1922 und 1923) immer mit Nachdruck hingewiesen hat. Unsere Ergebnisse des Standweiteversuches vermitteln erstmals einen Begriff, in welchem Ausmasse die Sekundärinfektion durch die Standweite beeinflusst werden kann. Umstrittener und weniger abgeklärt dürften dagegen die Ergebnisse des Düngungsversuches sein. Allgemein verständlich und erklärlich daran ist, dass die Roggenpflanzen der ungedüngten Parzellen ihre Entwicklung (also auch ihre Blühdauer) gegenüber denjenigen der gedüngten rascher abschlossen und namentlich auch die Reife in bedeutend kürzerer Zeit erreichten (Notreife). Dagegen dürfte die Wirkung der einzelnen Nährstoffe auf den Mutterkornbefall durch die Ergebnisse unseres Feldversuches noch keine endgültige Abklärung gefunden haben. Namentlich muss die Wirkung der Phosphorsäure, die nach unsrern Versuchsresultaten die Bestockung (Gesamtährenanzahl) am meisten förderte, angezweifelt werden. Unsere Versuchsergebnisse stehen im Widerspruch zu den allgemein bekannten physiologischen Wirkungen der Phosphorsäuredüngung auf die Getreidekulturen; denn man hätte logischerweise den stärksten Mutterkornbefall bei denjenigen Nährstoffen erwartet, die die vegetative Entwicklung der Pflanzen am meisten begünstigen und sie zugleich am stärksten verzögern, also bei der Stickstoffdüngung.

Abgesehen von dieser Unstimmigkeit lassen sich unsere Feldversuche auf die dank der Verlängerung der Blühdauer bedingte Steigerung der Sekundärinfektion zurückführen. Es steht ausser Zweifel, dass sich diese Blühdauer des Feldes noch erheblich verlängern liesse mit Hilfe der Massnahmen, wie sie bereits Hecke in seiner Arbeit « Die Kultur des Mutterkorns » (1921) anführt. Er nennt nebst der lokkeren Saat den Anbau ungleichzeitig blühender Sorten, verschiedene Aussaatzeiten und schliesslich noch die Verwendung von *Secale montanum* oder eventuell dessen Bastarde mit Kulturroggen.

Wenn auch, wie aus unsrern Versuchen und denjenigen von Hecke hervorgeht, der Mutterkornbefall durch die Begünstigung der Sekundärinfektion in beträchtlichem Ausmasse gesteigert werden kann, so ist damit der Beweis noch nicht erbracht, dass sich diese Methode für den feldmässigen Mutterkornanbau eignet. Die Entscheidung für die Einführung in die Praxis wird nicht durch die Möglichkeit der künstlichen Kultur gefällt, sondern durch ihre Wirtschaftlichkeit. Eine Mutterkornkultur, die auf einer besonders arbeitsintensiven Anbaumethode des Roggens beruht, wird wenig Aussicht auf Erreichung einer Renta-

bilität besitzen. Wenn sich auch die abnormal lockere Aussaat ohne besondern Arbeitsaufwand erzielen lässt, so bedingt sie doch schon einen solchen durch die unvermeidliche Verunkrautung. Ausserdem wird aber der Aufwand neben der Infektionsarbeit ganz erheblich belastet durch die umständliche Erntemethode, wie sie die ungleichzeitige Reife mit sich bringt. Eine Anbaumethode für Mutterkorn, deren Erfolge einzig und allein von der Verbreitung der Honigtau Konidien bedingt sind, weist ausserdem den Nachteil der zu grossen Abhängigkeit von der Witterung auf. Aus den hier angeführten Gründen scheint es uns unwahrscheinlich, dass die Massenkultur von Mutterkorn, die auf der Förderung der Sekundärinfektion beruht, je Aussicht auf Erfolg haben kann; denn selbst ein hoher Rohertrag an Mutterkorn würde durch die Unkosten, die namentlich durch den ausserordentlichen Arbeitsaufwand verursacht werden, aufgezehrt, so dass die Rentabilität illusorisch würde.

Auf Grund der gesammelten Erfahrungen und der soeben entwickelten Überlegungen vertreten wir mit Heck e die Ansicht, dass die Mutterkornkultur einzig durch eine betriebssichere Masseninfektion rentabel gestaltet werden kann. Eine künstliche Masseninfektion würde erstens den grossen Vorteil bieten, dass der Erfolg in geringerem Masse von der Witterung abhängig wäre, da der Sekundärinfektion nur eine untergeordnete Rolle zufallen würde. Zweitens liesse sich der Anbau des Roggens einfacher und billiger gestalten (normale Drillsaat), da die Masseninfektion ein möglichst gleichzeitiges Abblühen zur Voraussetzung hätte, was sich durch dichte Aussaat leicht erreichen liesse. Der grösste arbeitsparende Einfluss dieser Anbaumethode würde sich bei der Ernte geltend machen, da es möglich wäre, den Roggen samt den Mutterkörnern zu ernten und letztere erst nach dem Drusch mit einer 30—32prozentigen Kalisalzlösung nach dem bekannten Mü l l e r ' schen Verfahren (N o b b e 1904) von den Roggenkörnern zu trennen.

Diese künstliche Masseninfektion hat allerdings zwei Voraussetzungen, deren Erfüllung bis heute mehr oder weniger grosse Schwierigkeiten bereitet, nämlich erstens: die Beschaffung des Infektionsmaterials, und zweitens: eine sichere, zur Masseninfektion geeignete Methode. Während Heck e (1923) noch in seiner letzten Arbeit über die Mutterkornkultur die Hauptschwierigkeit in der Beschaffung des Infektionsmaterials in grösserem Umfange erblickt, scheint uns die Masseninfektion der Roggenähren im grossen die weniger leicht zu überwindende Voraussetzung zu sein.

Was die Gewinnung von Sporenmaterial zur Masseninfektion anbetrifft, dürften hierzu einzig die Konidien aus Reinkulturen in Frage kommen. Der Verwendung von Konidien aus Reinkulturen steht unseres Erachtens kein Hindernis im Wege, da sich ihre Infektionstüchtigkeit nach den Resultaten eigener Infektionsversuche im Vergleich zu Honig-

taukonidien als ebensogut, im Vergleich zu Ascosporen als noch besser erwies. Selbstverständlich käme für die Kultur des Pilzes zwecks Gewinnung von Infektionsmaterial als Nährboden nicht der teure Rohrzucker-Asparagin-Agar, wie wir ihn zu unseren physiologischen Versuchen verwendeten, in Frage, sondern irgendein billiger, natürlicher Nährboden, wie zum Beispiel gekeimte Leguminosensamen.

Auf die Schwierigkeiten der künstlichen Infektion haben wir bereits anlässlich der von uns angewendeten Methode hingewiesen. Hecke (1923) hat mit dem mehrmaligen Besprühen ganzer Parzellen mittels einer Peronosporaspritze ausserordentlich grosse Erfolge erzielt, sofern er die Roggenähren durch mechanischen Reiz vor der Infektion zum vollständigen Aufblühen veranlasste. Er erreichte Mutterkornträge, auf die Hektar umgerechnet, von 527 kg bei einem durchschnittlichen Ährenbefall von 4,5 Stück. Diese Ertragsangabe müssen wir mit einem gewissen Vorbehalt entgegennehmen, da seiner Publikation über die genauere Versuchsanstellung, insbesondere über die Parzellengrösse, keine Angaben zu entnehmen sind. So einleuchtend die Wirkung seiner einfachen Infektionsmethode zu sein scheint, hegen wir doch auf Grund unserer Beobachtungen und Erfahrungen Bedenken und werten Heckes Rekordresultat als Zufallsergebnis. Unsere Versuche mit dem Versprühen der Infektionsflüssigkeit über den Roggenähren ergaben durchaus unbefriedigende Resultate. Die Wahrscheinlichkeit, dass bei dieser Infektionsmethode die Tropfen der Infektionsflüssigkeit zwischen den Spelzen auf die Fruchtknoten gelangen, scheint gering zu sein, da der grösste Teil der Infektionsflüssigkeit vor dem Eindringen von den Grannen aufgehalten wird.

Auf die Ausgangsfrage der Möglichkeit der Mutterkornkultur auf Roggen zurückkommend, lässt sich dieselbe im Hinblick auf die oben erfolgten Ausführungen mit Hecke dahin beantworten, dass die Kultur des Mutterkorns auf Roggen keineswegs aussichtslos ist. Ihre Wirtschaftlichkeit hängt unseres Erachtens in erster Linie « nur » davon ab, ob es gelingt, eine für die Masseninfektion geeignete Methodik ausfindig zu machen.

III. Die Beziehungen zwischen Wirt und Parasit.

Das parasitische Verhältnis lässt sich — wenn man von Fällen, wo der Parasit tödend wirkt, absieht — als Gleichgewichtszustand zwischen der Einwirkung des Parasiten und der Reaktion des Wirtes auffassen. Die Reziprozität dieser beiden, jedes parasitische Verhältnis bestimmenden Komponenten charakterisieren wir in der Pathologie mit dem Begriff des Krankheitsgrades. Wenn es bei den meisten Pflanzenkrankheiten schon keine Kleinigkeit bedeutet, einen objektiven Maßstab für die Grösse des *Krankheitsgrades* zu finden, so ist es bei den engen

Wechselbeziehungen zwischen Wirt und Parasit noch unvergleichlich viel schwieriger, auseinander zu halten, was auf die Rechnung des Parasiten zu buchen ist und was auf die Rechnung des Wirtes gehört. Wenn wir uns dann ausserdem vergegenwärtigen, welche Unmenge von Einzelfaktoren wiederum die Aggressivität des Parasiten einerseits und die Resistenz der Wirtspflanze anderseits bedingen, so wird uns bewusst, welchen Schwierigkeiten eine Analyse des parasitischen Verhältnisses begegnet.

Die Tatsache, dass wir es beim Mutterkorn des Roggens mit einer pilzparasitären Krankheit zu tun haben, deren Intensität sich leicht objektiv, zahlenmäßig feststellen lässt, veranlasste uns, der Abhängigkeit der Körnerausbildung einer Roggenähre (Wirt) vom Mutterkornbefall (Parasit), nachzugehen.

1. Das Untersuchungsmaterial.

Das Ausgangsmaterial besteht aus 12,400 mutterkornbefallenen Roggenähren, die wir sorgfältig einzeln in Pergamintüten aus unserm Düngungsversuch sammelten. Von jeder Ähre ermittelten wir nun folgende vier Grössen :

1. Die Anzahl der Sklerotien.
2. Das Gewicht der Sklerotien einer Ähre.
3. Die Anzahl Roggenkörner.
4. Das Gesamtgewicht der Roggenkörner.

Demgemäß setzt sich die Primärliste unseres statistischen Materials aus zirka 50,000 Daten zusammen. Die Gewinnung des Zahlenmaterials bot keine technischen Schwierigkeiten, erforderte aber ein aussergewöhnliches Mass an Geduld. Die unendlich grosse « Kleinarbeit » verdanke ich zur Hauptsache der Mitarbeit meiner Braut, Fräulein Ida Trüeb.

2. Der Einfluss des Mutterkornbefalles auf das Gesamtgewicht der Sklerotien einer Roggenähre.

Anlässlich der Besprechung der Möglichkeit der Mutterkornkultur auf Roggen habe ich bereits die Stellungnahme Kirchhoffs (1929) bekanntgegeben; er glaubt, dass die Masseninfektion zwecklos sei, da bei erhöhtem Mutterkornbefall die Sklerotien so klein ausfallen, dass die Mutterkörnertragssteigerung illusorisch werde. Diese Äusserung bewog mich, an Hand des zur Verfügung stehenden Zahlenmaterials die Wechselbeziehungen zwischen der Anzahl der Mutterkörner einer Ähre und ihrem Gesamtgewicht näher zu verfolgen. Die Prüfung, inwieweit die Ausgestaltung bestimmter Eigenschaften voneinander abhängig oder unabhängig erscheint, geschieht durch die Korrelationsrechnung.

a) Allgemeines über die Korrelationsrechnung.

Die Beziehung zwischen zwei Eigenschaften kann erstens geradlinig oder zweitens ungeradlinig sein. Ausserdem unterscheidet man im ersten Falle zwischen positiver und negativer Korrelation. Ist diese positiv, geradlinig, so gruppieren sich die Ziffern der Korrelations-tabelle in gerader Linie von der obern linken zur untern rechten Ecke. Ist dagegen diese negativ geradlinig, so gruppieren sich die Ziffern von der untern linken zur obern rechten Ecke, vorausgesetzt, dass der Maßstab der beiden Eigenschaften von der linken obern Ecke in beiden Richtungen, d. h. nach rechts bzw. nach unten, zunimmt. Bei der nicht geradlinigen Korrelation ist die Gruppierung beliebig. Die äussersten Grenzwerte einer Korrelation betragen +1 oder -1. Wenn die Variation der einen Eigenschaft ganz genau derjenigen der andern Eigenschaft entspricht, so nimmt der Korrelationskoeffizient den Wert +1 an; dagegen weisen die Wechselbeziehungen den zahlenmässigen Wert -1 auf, wenn sich die Variationen beider Eigenschaften vollständig entgegengesetzt verhalten. Wird der Korrelationskoeffizient = 0, so besteht überhaupt kein Zusammenhang zwischen den beiden Eigenschaften. (Über das Wesen und die mathematische Verarbeitung der Korrelationen orientieren die Werke von C. V. L. Charlier 1920, A. A. Tschuprow 1925, W. Johannsen 1926, F. Bauer 1928, C. Kronacher 1930, W. U. Behrens 1933.)

b) Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten.

Da unser Ausgangsmaterial zu der statistischen Verarbeitung dem Düngungsversuch entnommen wurde und die Roggenpflanzen also ungleichen Wachstumsbedingungen ausgesetzt waren, war es unzulässig, alle 12,400 befallenen Ähren als eine Population aufzufassen. Wir stellten deshalb die Daten nach den Düngungsarten zusammen und verarbeiteten sie getrennt. Hier beschränken wir uns auf die Wiedergabe der Beziehungen der drei Düngerreihen: Ungedüngt, Volldüngung (PNK) und Phosphorsäureüberdüngung (P+NK).

Bei den drei Korrelationstabellen (vgl. Tabellen 13, 14 und 15), die die Beziehung zwischen der Anzahl der Mutterkörner einer Ähre und ihrem Gesamtgewicht wiedergeben, haben wir als supponierte Eigenschaft die Mutterkornanzahl gewählt und sie in den Tabellen aus Zweckmässigkeitsgründen als Horizontale, als Abszisse, eingetragen, während wir das Mutterkorngewicht, die relative Eigenschaft, als Ordinate eintrugen. Die Mutterkornanzahl steigt in diesen Tabellen von links nach rechts und ihr Gesamtgewicht, das wir in Milligramm angeben, nimmt von oben nach unten zu.

Die Variationsbreite des Mutterkornbefalles, die bei den Ähren der phosphorsäureüberdüngten Versuchsreihe von 1 bis 36 Stück am grös-

ten ist, gestattete das Arbeiten mit Ganzvarianten. Dagegen teilten wir das Material hinsichtlich der relativen Eigenschaft, dem Mutterkorngewicht, in Klassen ein, wie dies bei der Aufstellung einfacher Variationsreihen allgemein üblich ist. Wir wählten einen Klassenspielraum von 50 Milligramm.

Die Zahlen der Korrelationstabellen innerhalb der Umrandungsreihen geben die Verteilung der X-Varianten auf die Y-Varianten an; so treffen wir zum Beispiel bei Tabelle 13 auf einen Mutterkornbefall von 6 Stück 11 Ähren mit einem Mutterkorngewicht zwischen 201 bis 250 Milligramm oder auf einen Befall von 2 Sklerotien 44 Ähren mit einem Mutterkorngewicht zwischen 101 bis 150 Milligramm usw.

Die Abhängigkeit der einen Eigenschaft von der andern lässt sich bis zu einem gewissen Grad direkt aus der Tabelle ablesen, wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht. Je mehr sich die Ziffern in gerader Linie von der einen oberen Ecke zur andern untern Ecke gruppieren, desto vollständiger oder entgegengesetzter ist die Wechselbeziehung zwischen den beiden Eigenschaften und umgekehrt. So lässt sich nun schon an Hand des Habitus der drei Tabellen 13, 14, 15 eine gewisse positive Wechselbeziehung zwischen den beiden Eigenschaften Mutterkornanzahl und Mutterkorngewicht einer Ähre erkennen.

Ein zahlenmässiger Maßstab für die bestehende Beziehung ist uns in der Grösse des sogenannten Korrelationskoeffizienten, der sich aus den Ziffern der Tabellen errechnen lässt, gegeben. Wir ermittelten sämtliche Korrelationskoeffizienten nach der von der Bravais-schen Hauptformel abgeleiteten Korrelationsformel (Kronacher 1931, S. 36) :

$$\text{Korrelationskoeffizient } r = \frac{\sum p a_x \cdot a_y - n \cdot b_x \cdot b_y}{n \cdot S_x \cdot S_y}$$

Wobei bedeuten :

a_x = die Klassenabweichung vom angenommenen Mittelwert A für die supponierte Eigenschaft (x).

p = Frequenz der betreffenden Punkte ($a_x \cdot b_y$) der Tabelle.

a_y = die Klassenabweichung vom angenommenen Mittelwert A für die relative Eigenschaft (y).

b = Korrekturmass, das zur Mittelwertberechnung bei angenommenem Mittelwert erforderlich ist.

n = die gesamte Zahl der Individuen.

S = die Streuung ohne Berücksichtigung des Klassenspielraumes, mit Index x auf die supponierte Eigenschaft, mit Index y auf die relative Eigenschaft bezogen.

Ohne hier die zahlenmässige Berechnung eines Korrelationskoeffizienten wiederzugeben, wollen wir an Hand der Tabelle 13 den Weg der Berechnung kurz skizzieren.

Tabelle 13.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und Mutterkorgewicht.

Ungedüngt

Mutterkorn- gewicht mg	Mutterkornanzahl																										Summe Mittlere x-Werte		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
	-5	-4	-3	-2	-1	A _x =0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12	+13	+14	+15	+16	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23
1-50	-8	50	13	1																									
51-100	-7	82	33	11	4																								
101-150	-6	52	44	26	16	4	2																						
151-200	-5	29	24	32	25	12	14	3																					
201-250	-4	8	11	18	17	11	11	13	6	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
251-300	-3	7	7	7	10	11	8	6	6	4	3	2	4	2	3	2	1	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1		
301-350	-2	5	6	8	7	10	3	5	2	5	7	2	5	3	4	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1		
351-400	-1	4	6	5	11	4	6	2	6	2	5	7	3	3	4	3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1		
401-450	A _y =0	2	4	3	4	8	5	6	8	6	5	2	3	4	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
451-500	+1	3	2	1	4	1	6	5	6	4	1	4	3	1	4	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
501-550	+2																												
551-600	+3																												
601-650	+4																												
651-700	+5																												
701-750	+6																												
751-800	+7																												
801-850	+8																												
851-900	+9																												
901-950	+10																												
951-1000	+11																												
1001-1050	+12																												
1051-1100	+13																												
1101-1150	+14																												
1151-1200	+15																												
Summe y-Werte	242	150	118	108	69	62	52	46	37	41	16	18	19	20	14	9	10	7	4	3	5	2	1	1	1	1	1055		
	116,6	138,8	214,1	269,5	315,4	341,6	372,6	455,9	422,8	455,2	388,0	422,7	451,8	428,0	546,9	447,7	535,5	489,9	638,0	558,8	475,5	500,5	775,5	425,5	825,5				

Tabelle 14.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und Mutterkorngewicht.

Mutterkorn- gewicht mg	Mutterkornanzahl																		Summe	Mittlere x-Werte									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	26	27	29	30	35	
1—50	62	5	2	1	1	1	3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	69	1,1
51—100	89	44	14	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	149	1,5
101—150	60	54	28	17	11	11	17	11	8	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	175	2,5
151—200	33	41	37	24	17	11	22	10	6	15	11	15	12	8	7	9	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	178	3,4	
201—250	14	22	27	24	11	11	24	11	10	15	11	15	12	6	12	8	5	11	3	3	1	1	1	1	1	1	110	5,6	
251—300	6	8	13	17	18	11	18	11	15	11	15	12	6	12	8	7	9	2	2	1	1	1	1	1	1	1	147	4,4	
301—350	6	7	10	11	20	11	20	12	6	12	12	9	9	9	5	11	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	90	7,9
351—400	3	8	12	9	5	6	4	2	3	6	4	4	4	2	3	3	3	4	3	3	1	1	1	1	1	1	1	75	8,5
401—450	2	8	6	5	6	4	2	3	1	6	3	4	4	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	48	11,1
451—500	3	3	3	3	4	6	1	1	1	6	3	4	4	4	2	3	3	5	3	3	1	1	1	1	1	1	1	38	8,7
501—550	3	1	3	4	6	1	1	1	1	2	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	11,1
551—600	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	11,5
601—650	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	12,2
651—700	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	7,8
701—750	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	12,9
751—800	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	7,0
801—850	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	8,0
851—900	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	313,3	
901—950	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	0
951—1000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	312,7	
1001—1050	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	116,0	
1051—1100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	121,0	
1101—1150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1309	
1151—1200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1201—1250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1251—1300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Summe	272	196	156	120	100	77	74	52	51	43	30	27	19	23	21	14	5	6	5	4	4	2	3	1	1	1	1	1309	
Mittlere y-Werte	107,5	171,4	234,5	264,7	308,6	370,8	420,7	440,8	450,5	477,3	495,1	568,4	518,4	505,5	535,5	550,5	575,5	587,5	605,5	625,5	640,5	665,5	675,5	725,5	745,5	765,5	121,0		

Tabelle 15.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und Mutterkorgewicht.

Mutterkorn- gewicht mg	Mutterkornanzahl																													Summe	Mittlere x-Werte		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	29	30	35	36			
1—50	44	10																															
51—100	114	57	26	2	1	1																											
101—150	61	63	50	26	10	7	5	1																									
151—200	35	34	36	33	24	20	13	6	5																								
201—250	16	28	31	35	18	18	23	18	22	13	12	11	10	9	2	1	6	5	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2,7		
251—300	4	15	16	23	23	18	22	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	5	1	6	5	4	3	2	3	1	2	3	1	2,8			
301—350	8	7	10	20	13	14	15	7	12	8	2	4	7	7	5	1	6	5	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
351—400	2	6	8	12	7	21	4	13	9	10	8	7	6	5	4	3	2	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2,9		
401—450	3	5	4	9	7	7	7	10	10	8	4	10	8	4	3	2	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1		
451—500	2	3	4	6	6	6	4	8	9	5	5	5	4	5	3	2	1	3	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
501—550	1	1	1	5	3	3	2	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
551—600	1	1	2	2	3	2	3	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
601—650	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
651—700	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
701—750	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
751—800	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
801—850	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
851—900	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
901—950	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
951—1000	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1001—1050	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1051—1100	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1101—1150	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1151—1200	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1201—1250	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
1251—1300	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
Summe	277	227	184	154	127	128	102	94	72	71	49	41	38	28	25	18	20	11	11	14	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1		
mittlere y-Werte	106,6	161,0	196,2	245,0	290,1	335,3	310,8	368,1	368,6	408,6	434,7	447,4	438,6	411,2	485,5	475,5	488,0	571,0	637,3	554,1	600,5	575,5	525,5	775,5	675,5	725,5	116,0	118,0	117,9				

Man greift für beide variierenden Eigenschaften einen willkürlich angenommenen Mittelwert $A_{(x \text{ bzw. } y)}$ heraus. (Bei normalen Variationsreihen meist die Klasse, welche der höchsten Frequenziffer entspricht). In unserem Falle wählten wir für die X-Eigenschaft die Mutterkornanzahl 6, für die Y-Eigenschaft die Mutterkorgewichtsklasse 401—450 mg. Von diesen angenommenen Mittelwertsklassen ($A_x = 0$, $A_y = 0$) werden beidseitig die Abweichungen in Klassen (A_x und A_y) fortlaufend nummeriert und diejenigen nach links bzw. nach oben mit negativem Vorzeichen (—) und diejenigen nach rechts bzw. nach unten mit positivem Vorzeichen (+) versehen. Hierauf werden in jedem, durch die kreuzweise Einteilung der Tabelle entstandenen Quadranten die Produkte $a_x \cdot a_y$ für jede Frequenzahl bestimmt und mit dieser multipliziert; wir erhalten also in Tabelle 13 im linken oberen Quadranten z. B. die Produkte $-5 \cdot -8 \cdot 50$ und $-5 \cdot -7 \cdot 82$ usw. Diese Produktzahlen haben natürlich in den verschiedenen Quadranten verschiedene Vorzeichen; sie sind im Quadranten links oben (— · — = +) und rechts unten (+ · + = +) positiv, in den beiden andern dagegen (+ · — und umgekehrt — · —) negativ. Nachdem die Summe dieser Produktzahlen für jeden einzelnen Quadranten ermittelt ist, bildet man die Differenz der Summe der positiven und negativen Quadranten. Damit ist die Grösse des ersten Ausdruckes des Zählers $\Sigma p a_x \cdot a_y$ bestimmt.

Der zweite Teil des Zählers ist lediglich eine Korrektur, die notwendig wird, weil wir den ersten Ausdruck mit Hilfe eines angenommenen, vom wahren Mittel abweichenden Mittelwertes, eruiert haben. Da dem wahren Mittelwert einer Variation die Eigenschaft zukommt, dass die Abweichungen der übrigen Varianten nach der positiven wie nach der negativen Seite gleich gross sind, erhält man das Korrekturmäss b_x bzw. b_y des angenommenen Mittelwertes A_x bzw. A_y , indem man den Überschuss der Plus- und Minusabweichungen durch die Gesamtindividuenzahl dividiert. Wenn es sich, wie z. B. in unserm Fall, herausstellt, dass bei der X-Eigenschaft die negativen Abweichungen überwiegen, so heisst das, dass der angenommene Mittelwert $A_{x_0} = 6$ zu weit rechts liegt und durch das Korrekturmäss nach der negativen Seite verschoben werden muss. Das Korrekturmäss wird negativ; es beträgt in unserm Fall z. B. $b_x = -0,828$. Übertreffen umgekehrt die positiven Abweichungen die negativen, so liegt der angenommene Mittelwert zu weit links; das Korrekturmäss muss als positive Grösse zum angenommenen Mittelwert addiert werden. Es ist noch darauf hinzuweisen, dass bei der Korrelationsrechnung dieses Korrekturmäss ohne Berücksichtigung des Klassenspielraumes in die Berechnung einbezogen wird, da der Korrelationskoeffizient r keine benannte Zahl ist.

Der Nenner unserer Ausgangsformel ist nichts anderes als das Produkt aus der Gesamtindividuenzahl und den Streuungen oder Standardabweichungen der Variationsreihen der beiden Eigenschaften. Die

Streuungen berechnen sich bei angenommenem Mittelwert nach der bekannten Formel :

$$+ \sigma = \sqrt{\frac{\sum pa^2}{n} - b^2}.$$

(Kronacher loc. cit. S. 15.) Das S im Nenner der Korrelationsformel stellt die nach der obigen Formel berechnete Streuung ohne Berücksichtigung des Klassenspielraumes dar. a^2 ist das Quadrat der Klassenabweichungen vom angenommenen Mittelwert und p die jeweilige Frequenz dieser Abweichungen. Die Summe dieser Produkte (pa^2) besitzt stets ein positives Vorzeichen, da ja die Quadrate der negativen Abweichungen auch positiv ausfallen. Das schon bei der Mittelwertsberechnung im Zähler gebrauchte Korrekturmass b findet auch hier seine Berücksichtigung, indem dessen Quadrat vom Ausdruck $\frac{pa^2}{n}$ vor dem Radizieren in Abzug gebracht werden muss.

Als letzte rechnerische Operation erfolgt schliesslich die Division des Zählers ($pa_x \cdot a_y - n \cdot b_x \cdot b_y$) durch den Nenner ($n \cdot S_x \cdot S_y$); dieser Quotient, dessen Vorzeichen wichtig ist, stellt den Korrelationskoeffizienten dar.

c) Besprechung der Ergebnisse.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten ergibt für die Beziehung zwischen der Gesamtzahl der Mutterkörner einer Ähre und deren Gesamtgewicht (vgl. Tab. 13, 14 und 15) folgende Werte :

Düngerreihe	Korrelationskoeffizient
Ungedüngt (Tab. 13)	+ 0,63 473
PNK (Tab. 14)	+ 0,66 106
P+NK (Tab. 15)	+ 0,68 000

Wir verzichten bei unsren Koeffizienten auf eine Angabe ihres mittleren Fehlers, da dessen Berechnung nach der Formel von Pearson-Filon (Kronacher 1930, S. 43) $m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$ sich auf die

Voraussetzung stützt, dass die Verteilung der Werte der Korrelations-tafel annähernd normal sei. Die errechneten Werte der mittleren Fehler nach der genannten Formel haben um so weniger Gültigkeit, je mehr die Variationsreihen der einzelnen korrelierten Eigenschaften von der Binomialkurve abweichen (vgl. Behrens 1933, S. 106). Das Weglassen der Fehlerberechnungen für unsere Beziehungen ist im Hinblick auf die ganz einseitige Verteilung der Häufigkeit der Roggenähren mit verschiedenem Mutterkornbefall nicht nur gerechtfertigt, sondern geradezu notwendig, da den errechneten Werten keinerlei Bedeutung zukommen kann.

Die Werte der obigen Koeffizienten bestätigen die bei der Besprechung der Korrelationstabelle geäusserte Vermutung, dass zwischen der Mutterkornanzahl und ihrem Gesamtgewicht eine positive Korrelation besteht. Die Ansicht K i r c h h o f f 's, dass ein vermehrter Sklerotienbefall kaum den quantitativen Mutterkornertrag zu steigern vermag, da die einzelnen Sklerotien kleiner würden, erweist sich bei unserem Material als nicht zutreffend. Selbstverständlich werden bei Massenbefall einer Ähre die einzelnen Mutterkörner in der Regel erheblich kleiner als bei Einzelbefall; der Gesamtmutterkornertrag einer Ähre erfährt aber trotzdem eine Steigerung. Unsere hier festgestellte positive Korrelation zwischen der Anzahl der Mutterkörner einer Ähre und ihrem Gesamtgewicht zeigt, dass die Masseninfektion vom Gesichtspunkte des Mutterkornertrages keinen biologischen Widersinn in sich schliesst.

Ob die Unterschiede in der Grösse der Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Düngerreihen zufällig oder durch die Düngung bedingt sind, lässt sich zufolge der Unzulänglichkeit der Fehlerberechnung nicht entscheiden. Schliesslich sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, dass die Unterteilung des statistischen Materials nach den Düngerreihen lediglich durchgeführt wurde, um den Forderungen der biometrischen Methoden gerecht zu werden und nicht den Zweck verfolgte, den Einfluss der Düngung auf die Strammheit verschiedener Wechselbeziehungen zwischen dem Mutterkornbefall und andern quantitativen Eigenschaften der befallenen Roggenähre zu untersuchen.

Mit der Berechnung des Korrelationskoeffizienten sind unsere Tabellen aber noch nicht voll ausgewertet. Zur Berechnung der Strammheit der Beziehungen (Korrelationskoeffizienten) zogen wir einzig die innerhalb der Umrandungsreihen verzeichneten Daten herbei, während die in den Umrandungsreihen stehenden Zahlen bis jetzt unberücksichtigt blieben. Wir finden in den obren Umrandungsreihen unserer Tabellen (vgl. Tab. 13, 14 und 15) die Variationsklassen x (Mutterkornanzahl) und diesen gegenüber im untern Rand als Summen der Kolonnen die zu jeder Klasse der X-Eigenschaft gehörende Individuenzahl. Diese Zahlenreihe stellt die Variationsreihe der X-Eigenschaft dar. Analog hierzu finden wir in der Rubrik am linken Rand die Variationsklassen y (Mutterkorgewicht), rechts als Summen der Zeilen die Variationsreihe y. Die Summe jeder dieser beiden Variationsreihen ergibt die Gesamtindividuenzahl, die bei den verschiedenen Düngerreihen ungleich ist. Dieselbe beträgt bei ungedüngt 1055 Ähren, bei der Volldüngung (PNK) 1309 und bei der Phosphorsäureüberdüngung (P+NK) 1709 Ähren.

Die Betrachtung der Variationsreihen ergibt, dass keine der beiden Eigenschaften auch nur annähernd nach der G a u s s ' schen Zufallskurve (G a l t o n ' sche Binomialkurve) variiert. Während wir für das

Mutterkorngewicht eine sehr schiefe Variationskurve ablesen, die immerhin zweischenklig ist, stellen wir bei der Mutterkornanzahl eine ganz einseitige Frequenzkurve fest. Da diese Tatsache nicht nur biologisch interessant ist, sondern namentlich bei der mathematischen Verarbeitung bzw. bei der Interpretation der Resultate berücksichtigt werden muss, haben wir die Häufigkeit der Ähren mit verschiedenem Sklerotienbefall für die drei Düngerreihen : ungedüngt, PNK, P+NK in einer

Tabelle 16.
Relative Häufigkeit der Ähren mit verschiedenem Sklerotienbefall.

Sklerotienbefall	Häufigkeit %		
	ungedüngt	PNK	P+NK
1	22,94	20,76	16,20
2	14,22	14,95	13,28
3	11,18	11,91	10,77
4	10,24	9,16	9,01
5	6,54	7,63	7,43
6	5,88	5,87	7,49
7	4,93	5,64	5,97
8	4,36	3,97	5,50
9	3,51	3,90	4,21
10	3,89	3,28	4,15
11	1,52	2,29	2,87
12	1,71	2,06	2,40
13	1,80	1,45	2,22
14	1,89	1,76	1,64
15	1,33	1,60	1,46
16	0,85	1,07	1,05
17	0,95	0,38	1,17
18	0,66	0,46	0,64
19	0,38	0,38	0,64
20	0,28	0,31	0,82
21	0,48	0,31	0,24
22	—	0,15	0,18
23	0,19	0,23	0,24
24	0,09	0,08	0,06
25	—	—	—
26	—	0,08	0,06
27	0,09	0,08	0,06
28	—	—	—
29	0,09	0,08	0,06
30	—	0,08	0,06
31	—	—	—
32	—	—	—
33	—	—	—
34	—	—	—
35	—	0,08	0,06
36	—	—	0,06
	1055 = 100,00	1309 = 100,00	1709 = 100,00

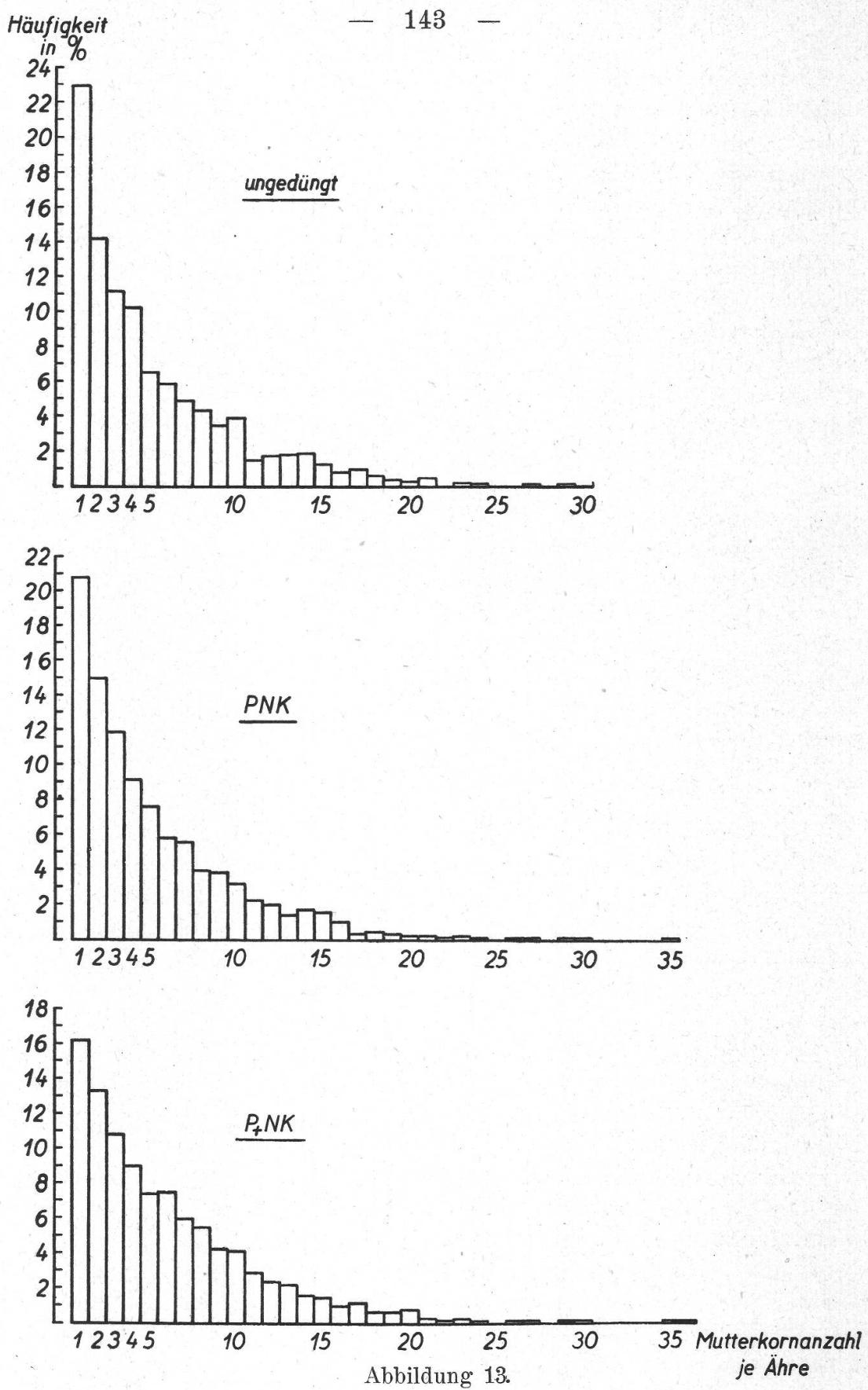


Abbildung 13.

Prozentuale Häufigkeit der Ähren mit verschiedenen
Mutterkornbefall.

separaten Tabelle und Abbildung zur Darstellung gebracht. Um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen, sind sowohl in Tabelle 16 wie in Abb. 13 nicht die absoluten Zahlen, sondern die auf Prozente der Gesamtindividuenzahl umgerechneten verwendet worden. Aus den Zahlenreihen wie aus der Darstellung ist ersichtlich, dass die Häufigkeit der Ähren mit grösserem Mutterkornbefall rasch abnimmt. Diese Abnahme verläuft bei der Variationsreihe aus der phosphorsäureüberdüngten Versuchsserie etwas flacher als bei der ungedüngten. Ob diese auch hier zutage tretenden Unterschiede zwischen den Düngungsreihen wirklich zu Recht bestehen oder auf Zufälligkeiten beruhen, könnte nur eine sehr umständliche, zeitraubende, ausserhalb dem Rahmen der einfachen Mathematik liegende Berechnungsmethode Gewissheit verschaffen. Da die Berechnung der theoretischen Kurve vom biologischen Standpunkte aus nicht interessiert, dürfen wir sie uns als überflüssig ersparen. Die in den Zahlen und in der Darstellung veranschaulichte Tatsache der Einseitigkeit dieser Variation müssen wir uns aber bei der Betrachtung und Beurteilung der Wechselbeziehungen stets in Erinnerung rufen. Sie tritt bei jeder Korrelationstabelle auf, was sofort auffällt, da sich die Werte überall nach links scharen. Als unmittelbare Folge dieser abnormalen Variabilität lernten wir bereits die Unzulänglichkeit der Anwendung der Fehlerberechnung für die Korrelationskoeffizienten kennen.

d) Die Beziehungsgleichung.

In unseren Korrelationstabellen finden wir als letzte Zahlen endlich noch die Einzelmittelwerte für x (rechts) und y (unten) angegeben. Der Zweck der Berechnung besteht darin, festzustellen, ob die Mittelwerte der einen Variablen, z. B. der Variablen y, für zunehmende Werte der andern Variablen (x) in auf- oder absteigender Richtung fortschreiten oder ob sie um den Gesamtmittelwert der y-Werte unregelmässig schwanken.

Verfolgen wir nun die Verhältnisse bei Tab. 13, so sehen wir, dass, je grösser x (die Mutterkornanzahl) wird, um so grösser — im grossen und ganzen — auch die mittleren y-Werte ausfallen. Aber doch nur im grossen und ganzen; denn es gibt Ausnahmen: dem Werte 11 von x entspricht z. B. ein merklich kleinerer Durchschnittswert von y (388,0) als dem x-Werte 10 (457,2). Diese Ausnahmen werden nach rechts immer zahlreicher und ihrem Werte nach grösser, da die Durchschnittswerte aus einer kleineren Individuenzahl mit grösseren Zufälligkeiten belastet sind als bei einer grösseren Individuenzahl. Auf die gleiche Art und Weise lassen sich die Mittelwerte für die einzelnen Klassen der Y-Eigenschaft (Mutterkorgewicht) nach Massgabe ihrer Verteilung auf die X-Eigenschaft angeben. Wir sehen aus unserer Tabelle, dass mit der Zunahme der Y-Werte ein mehr oder weniger regelmässiges Anstei-

gen der X-Mittelwerte einhergeht. Aus dem Ansteigen der Einzelmittelwerte von y von links nach rechts und derjenigen von x von oben nach unten erkennt man ebenfalls das Vorhandensein einer positiven Korrelation.

Diese Beziehungen lassen sich leicht mit Hilfe der sogenannten « empirischen Regressionslinie » zur Darstellung bringen. Abb. 14 gibt die Verhältnisse der Beziehung zwischen der Mutterkornanzahl einer Roggenähre und deren Gesamtgewicht bei den drei bekannten Düngerreihen wieder. Wir trugen die supponierte Eigenschaft (Mutterkornanzahl) als Abszisse auf, während wir die auf sie bezogenen y-Mittelwerte als Ordinaten einzeichneten. Die Verbindung der betreffenden Punkte stellt die empirische Regressionslinie dar. Da bei dieser und allen noch zu besprechenden Beziehungen stets nur die Veränderung der y-Mittelwerte bei steigenden x-Werten biologisches Interesse besitzt, während uns die umgekehrte Beziehung gleichgültig ist, verzichten wir in allen Darstellungen auf die Wiedergabe der zweiten Regressionslinie.

Weder der Korrelationskoeffizient noch die empirische Regressionslinie gestatten uns aber, die im Vordergrund des Interesses stehende Frage zu beantworten, um wieviel y mit steigendem x steigt oder fällt. Auf unseren konkreten Fall übertragen lautet die Frage : Um wieviel steigt das Mutterkorngewicht einer Ähre mit zunehmendem Sklerotienbefall ?

Die Grösse, die die Antwort auf diese Frage gibt, ist nach Behrens (1933) der sogenannte Regressionskoeffizient; Kronacher (1930) nennt sie einfach die Regression. Diese kann sowohl positiv wie negativ sein; im ersten Falle steigt der berechnete Wert von y mit steigendem x, im zweiten Falle fällt das berechnete y mit steigendem x. Die Regression von y, der relativen Eigenschaft (Mutterkorngewicht), in bezug auf x, der supponierten Eigenschaft (Mutterkornanzahl) berechnet sich nach Kronacher (loc. cit. S. 53) mit Hilfe der Formel :

$$R \frac{y}{x} = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}; \text{ wobei bedeuten :}$$

r = Korrelationskoeffizient

σ_x = Streuung der X-Eigenschaft

σ_y = Streuung der Y-Eigenschaft

σ_x und σ_y erhält man durch Multiplikation der im Nenner der Formel des Korrelationskoeffizienten auftretenden Werte S_x und S_y mit dem betreffenden Klassenspielraum.

Für die Regression bei der Korrelation zwischen der Mutterkornanzahl und dem Mutterkorngewicht ergab die Rechnung folgende Werte :

$$\text{Tab. 13 } R \frac{y}{x} = + 26,3 \text{ (Ungedüngt)}$$

$$\text{Tab. 14} = + 27,1 \text{ (PNK)}$$

$$\text{Tab. 15} = + 25,0 \text{ (P+NK).}$$

Das heisst, bei einer Zunahme des Befalles um ein Sklerotium resultiert eine Steigerung des Mutterkorngewichtes von 26,3 bzw. 27,1 oder 25,0 mg pro Ähre. Wie schon aus den kleinen Schwankungen der Regressionskoeffizienten zu schliessen ist, haben wir keine funktionelle Beziehung vor uns, sondern eben eine Korrelation; denn es wäre unzulässig, etwa auf Grund obiger Werte vom zahlenmässigen Mutterkornbefall einer Einzelähre auf das Mutterkorngewicht zu schliessen. Endlich sei auch hier erwähnt, dass von einer Fehlerberechnung für die Regression zufolge der einseitigen Variabilität unserer X-Eigenschaft abgesehen werden muss.

Nachdem wir nun auch die durchschnittliche Zunahme der y-Mittelwerte mit steigendem x kennen, bedeutet es einen kleinen Schritt, die Gleichung für die gerade Linie zu lösen, von der die beobachteten y-Mittelwerte (graph. Darstellung: empirische Regressionslinie) möglichst wenig abweichen. Der analytische Ausdruck dieser Geraden heisst « Regressionsgleichung » oder nach F. B a u r (1928) « Beziehungsgleichung ». Ins Graphische übertragen, spricht man von « Regressionslinien » oder « Beziehungslinien ».

Die Gleichung der Regressionsgeraden von y in bezug auf x lautet nach B e h r e n s (loc. cit. S. 98) :

$$E^{(i)}_{(y)} = Y + \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot r \cdot (x - X).$$

(Die Bezeichnungen für die Streuungen haben wir in der Formel nach B e h r e n s durch unsere bisher verwendeten σ_y und σ_x ersetzt.) Die linke Seite der Gleichung $E^{(i)}_{(y)}$ bedeutet die sogenannte bedingte mathematische Erwartung von y. Dieser Ausdruck wird an Stelle von y verwendet, um anzudeuten, dass die Regressionsgleichung keine Funktion ist, bei der zu jedem x ein ganz bestimmtes y gehört. Wir bestimmen mit der Gleichung für jedes x nur das wahrscheinlichste y, und zwar nach Massgabe der Verteilung der Werte in unseren Korrelationstabellen.

Die algebraischen Grössen der rechten Seite der Gleichung sind folgende :

Y = arithmetisches Mittel aller y (bei angenommenem Mittelwert = $A_y + (-) b$).

$\frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot r$ = Regressionskoeffizient.

X = arithmetisches Mittel aller x.

Auf Grund obiger Regressionsgleichung lässt sich nun für jeden x-Wert den zugehörigen wahrscheinlichsten y-Wert bestimmen. Um die Regressionslinie graphisch darstellen zu können, genügt selbstverständlich die Ermittlung zweier y-Werte, da eine Gerade durch zwei Punkte bestimmt ist. Bei der Betrachtung der Abb. 14, welche die Beziehungslinien zwischen Mutterkornanzahl und Mutterkorngewicht wiedergibt,

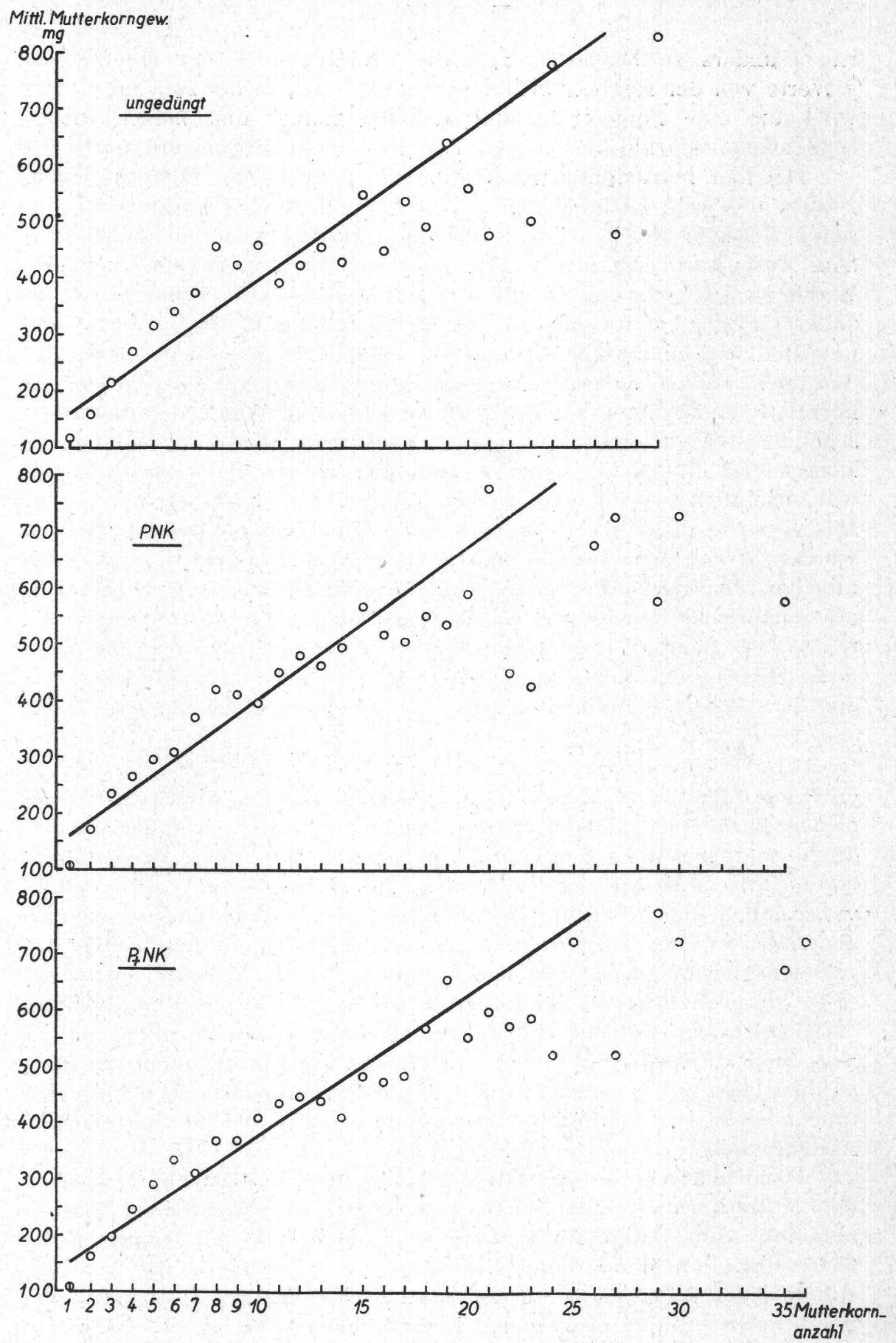


Abbildung 14.

Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Mutterkornbefall und dem Gesamtgewicht der Sklerotien einer Roggenähre.

ist besonders zu beachten, dass die Abweichungen der empirischen y-Werte von der Regressionslinie von links nach rechts zunehmen, was wiederum eine Folgeerscheinung der uns immer und immer wieder begegnenden starken einseitigen Variabilität der Mutterkornanzahl ist.

Die hier betrachteten Regressionslinien geben uns also zu jedem x-Wert die wahrscheinlichsten y-Werte an, d. h. der Verlauf der Geraden zeigt, in welchem Masse das Mutterkorgewicht mit zunehmendem Mutterkornbefall steigt. Man kann nun auch umgekehrt nach der Beziehungslinie von x in bezug auf y fragen, wobei allerdings, wie an anderer Stelle bereits erörtert, der Fragestellung in dieser Form kein unmittelbares biologisches Interesse zukommt. Wenn wir sie hier trotzdem anschneiden, so geschieht es lediglich, um damit das Wesen der korrelativen Abhängigkeit beleuchten zu können. Wenn also die wahrscheinlichsten y-Werte in einem ganz bestimmten Masse von x abhängig sind, so scheint es im ersten Augenblick, als bestünde zwischen den wahrscheinlichsten x-Werten in bezug auf y die gleiche Abhängigkeit. Das hiesse jedoch, dass die beiden Beziehungslinien zusammenfallen würden. Wenn wir nun die mittleren x-Werte unserer Korrelationsstabellen (empirische Regression) mit den mittleren y-Werten (gezeichnete empirische Regression) vergleichen und uns die hierzu « angepassten » (berechneten) Regressionsgeraden vorstellen, so wird uns klar, dass diese Linien nichts miteinander zu tun haben. Ebenso lässt sich aus der Gegenüberstellung der beiden Beziehungsgleichungen

$$E_{(y)}^{(i)} = Y + \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot r(x - X) \text{ und } E_{(x)}^{(i)} = X + \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \cdot r(y - Y)$$

erkennen, dass es ja gar nicht die gleichen Größen sind, welche die beiden Beziehungsgleichungen verbinden. Die erste verbindet die bedingte mathematische Erwartung von y mit x, die andere die bedingte mathematische Erwartung von x mit y. Aus diesem Grunde ist es selbstverständlich, dass die eine Beziehungsgleichung nicht aus der andern abgeleitet werden kann. Gerade diese Unabhängigkeit der beiden Regressionsgleichungen ist ein typisches Merkmal der Korrelation, welche diese grundsätzlich von der Funktion trennt. Die Regressionsgleichung lässt sich nicht wie eine Funktion umkehren und nach einer andern Variablen auflösen. Der Grund, warum die Umkehrung nicht statthaft ist, liegt also weder in der Art und Weise der mathematischen Verarbeitung noch in Beobachtungsfehlern, sondern im Wesen der korrelativen Abhängigkeit selbst.

Damit dürften die Korrelationstabellen über die Beziehung zwischen dem Mutterkornbefall und dem Gesamtmutterkorgewicht einer Roggenähre ihre vollständige Auswertung erfahren haben. Wir benutzten die Gelegenheit, an Hand dieser Beziehung die Grundlagen für das Verständnis der Auswertung unseres statistischen Materials zu legen, um uns bei den noch zu erörternden Korrelationen kurz fassen zu können.

3. Der Einfluss des Mutterkornbefalles auf den prozentualen Gewichtsanteil der Mutterkörner am gesamten Korgewicht einer Ähre.

Während wir im letzten Abschnitt zwei quantitative Eigenschaften der Mutterkörner einer befallenen Roggenähre in ihrer Abhängigkeit verfolgten, stellen wir hier eine quantitative Eigenschaft des Wirtes, nämlich das Roggenkorgewicht, dem Sklerotienbefall gegenüber. Wir halten es aber bei der grossen Variabilität der Ähren in bezug auf Zahl und Ausbildung der Mutterkörner einerseits und in bezug auf Zahl und Ausbildung der Roggenkörner anderseits für richtiger, an Stelle des absoluten Roggenkorgewichtes den prozentualen Gewichtsanteil der Mutterkörner am Gesamtkorgewicht (Roggenkorgewicht + Mutterkorgewicht) einer Roggenähre als Maßstab anzulegen. Wir fassen die Summe des Mutterkorn- und Roggenkorgewichtes als Einheit auf und nennen diese Grösse das Gesamtkorgewicht einer Ähre. Hierauf berechnen wir, wieviel Prozent das Mutterkorgewicht vom Gesamtkorgewicht ausmacht. Die Rechnung lautet wie folgt:

$$\text{Prozentuales Mutterkorgewicht} = \frac{\text{Mutterkorgewicht} \cdot 100}{\text{Gesamtkorgewicht}}.$$

Dieses prozentuale Mutterkorgewicht korrelieren wir nun mit der Mutterkornanzahl. Wenn wir oben bemerkten, dass wir hier einer Beziehung zwischen dem Mutterkornbefall (Parasit) und dem Roggenkorgewicht (Wirt) nachgehen, so ist das auch in dieser indirekten Form richtig, da das Mutterkorgewicht die Ergänzung des Roggenkorgewichtes zu 100 % ausmacht. Es besteht also eine direkte Abhängigkeit zwischen dem Mutterkorn- und Roggenkorgewicht in bezug auf das Gesamtkorgewicht. In dem Masse wie das prozentuale Mutterkorgewicht steigt, fällt das prozentuale Roggenkorgewicht. Gerade diese einfache (mathematische) Wechselbeziehung ermöglicht es uns, eine numerisch quantitative Eigenschaft des Parasiten (Mutterkornanzahl) in Beziehung zu bringen mit einer gravimetrisch quantitativen Eigenschaft des Wirtes (Roggenkorgewicht), die ihrerseits noch von einer andern quantitativen Eigenschaft des Parasiten, nämlich vom Mutterkorgewicht, abhängig ist.

Die von uns zahlenmässig erwiesene Tatsache, dass das absolute Mutterkorgewicht einer Ähre mit steigendem Befall zunimmt, lässt an sich die Schlussfolgerung noch nicht zu, dass ein gesteigerter Mutterkornbefall einen entsprechenden Roggenertragsausfall bedingt. Eine dem Mutterkornbefall parallel verlaufende Roggenertragseinbusse tritt nur bei gleicher Grösse der Roggenähren von vornherein ein, was der Betrachtung ein und derselben Ähre bei verschiedenem Befall gleichkommt. Ob sich aber diese Grösse bestätigt, ist fraglich; denn es besteht doch die Möglichkeit, dass der Mutterkornbefall selbst abhängig ist von der Ährengroesse (Blütenzahl). Die Eventualität der Abhängig-

keit des Mutterkornbefalls von der Ährengroßesse weist erneut auf die Notwendigkeit hin, als Maßstab für die hier zu untersuchende Beziehung nicht direkt das Roggenkorgewicht heranzuziehen, sondern eine Größesse der Gesamtähre (Gesamtkorngewicht). Damit schalten wir den unbekannten Faktor der Ährengroßesse aus. Ausserdem wäre es denkbar, dass die Ausbildung der Mutterkörner (Mutterkorgewicht) in gleichem Masse von den gleichen Faktoren, z. B. von der Nährstoffaufnahme der Pflanze, bedingt wird, wie die Ausbildung der Roggenkörner. Unter der Voraussetzung, dass ein starker Mutterkornbefall nur an grossen Ähren auftritt und dass ausserdem die Mutterkörner hauptsächlich an solchen Ähren, die gut ausgebildete, schwere Roggenkörner erzeugen, eine ansehnliche Größesse erreichen, müsste sich bei der Massenbetrachtung des prozentualen Mutterkorgewichtes in seiner Abhängigkeit vom Mutterkornbefall kein Zusammenhang dieser Beziehung ergeben. Sollte aber umgekehrt eine deutliche positive Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und prozentualen Mutterkorgewicht bestehen, so wäre das der zahlenmässige Beweis für die strenge Reziprozität zwischen der Entwicklung des Parasiten und des Wirtes.

Die Tabellen 17, 18 und 19 geben die Beziehung zwischen der Mutterkornanzahl und dem prozentualen (relativen) Mutterkorgewicht bei den drei Düngerreihen ungedüngt, PNK und P+NK wieder. Wir haben die Mutterkornanzahl als supponierte (x) Eigenschaft wiederum als Abszisse und die Gewichtsprozente als relative (y) Eigenschaft als Ordinate eingetragen.

Ein Blick auf die Tabellen lehrt uns, dass mit zunehmender Mutterkornanzahl das relative Mutterkorgewicht einer Ähre grösser wird. Die Verteilung der Zahlen auf den drei Tabellen, sowie ganz besonders der ziemlich regelmässige Anstieg der mittleren y-Werte (unten) von links nach rechts und der mittleren x-Werte (rechts) von oben nach unten lassen eine ziemlich enge Beziehung vermuten. In der Tat ergab die Berechnung der Korrelationskoeffizienten recht ansprechende Werte; dieselben betragen :

Düngerreihe	Korrelationskoeffizient
Ungedüngt (Tab. 17)	+ 0,83 184
PNK (Tab. 18)	+ 0,82 168
P+NK (Tab. 19)	+ 0,83 130

Zur Gewinnung einer besseren Vorstellung über das Ausmass, mit welchem das relative Mutterkorgewicht mit dem Sklerotienbefall einer Ähre steigt, stellten wir den Zusammenhang mit Hilfe der Regressionsgleichung in Abb. 15 graphisch dar. Wir beobachten auch hier, sofern wir von den Zufallswerten nur vereinzelt vorkommender, stark befallener Ähren absehen, eine relativ gute Annäherung der empirischen Regressionslinie an die Beziehungsgerade. Dass diese Annäherung beim Beobachtungsmaterial aus der phosphorsäureüberdüngten Versuchsreihe

Tabelle 17.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und %-ualem Mutterkorgewicht.

Ungedüngt

%	Mutterkornanzahl																		Summe	Mittlere x-Werte							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	27	29		
1—5	72	22	3																							97	1,3
6—10	103	42	23	4																						172	1,6
11—15	35	33	24	19	6	4	2																		123	2,6	
16—20	15	25	19	15	11	6	8																		99	3,3	
21—25	8	16	20	23	19	14	4	3	3	1														112	4,2		
26—30	4	6	14	12	11	10	8	3	4	2														75	5,0		
31—35	4	5	7	19	5	8	6	5	5	2														74	5,9		
36—40	1	1	2	4	3	6	8	7	11	5														48	7,4		
41—45		3	7	6	2	7	11	5	7	1														59	8,4		
46—50		3	1	5	3	4	4	2	8	1														41	8,8		
51—55		2	1	5	2	3	3	3	3	4														31	9,6		
56—60		1	2	2	2	1	2	1	1	2														26	11,0		
61—65		1		1	1	1	1	1	4	5														36	12,9		
66—70																									13	11,8	
71—75																									15	13,9	
76—80																									3	17,7	
81—85																									6	15,2	
86—90																									5	13,2	
91—95																									6	15,8	
96—100																									1055		
Summe	242	150	118	108	69	62	52	46	37	41	16	18	19	20	14	9	10	7	4	3	5	2	1	1	1		
mittlere y-Werte	9,2	13,5	19,3	25,6	28,5	32,2	34,9	46,2	45,2	49,6	50,5	56,9	60,6	58,0	62,6	58,5	67,5	57,3	70,5	53,0	84,0	98,0	63,0	73,0	78,0		

Tabelle 18.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und $\%-\text{alem Mutterkorngewicht.}$

%	Mutterkornanzahl																		Summe	Mittlere x-Werte								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	26	27	29	30	35
1—5	95	8	3	1																							107	1,6
6—10	102	61	23	8	2	1																				197	1,7	
11—15	40	52	36	19	6	2	2																			158	2,5	
16—20	20	28	37	26	14	11	1	3	2	1	2														142	3,4		
21—25	7	25	19	25	24	13	8	1	3	1	1	1													130	4,3		
26—30	3	11	15	15	21	14	9	3	1	1	1	1	2												94	4,6		
31—35	3	4	11	13	12	14	13	3	4	9	2	3	1	1	3	1	2							92	6,0			
36—40	1	4	8	8	9	11	14	8	14	8	3	1	1	3	1	1	3	2						95	7,1			
41—45	1	1	2	2	6	5	7	8	9	4	2	2	3	2	3	1	3	1	1						58	8,5		
46—50	1	1	3	3	1	6	11	6	3	5	4	3	1	3	1	3	1	3	1						52	9,1		
51—55																									40	10,5		
56—60																									38	10,6		
61—65																									30	12,8		
66—70																									19	14,5		
71—75																									20	13,2		
76—80																									11	17,0		
81—85																									8	15,5		
86—90																									11	16,4		
91—95																									6	16,3		
96—100																									1	19,0		
Summe	272	196	156	120	100	77	74	52	51	43	30	27	19	23	21	14	5	6	5	4	4	2	3	1	1	1	1309	
mittlere y-Werte	8,8	15,3	19,5	22,8	28,0	31,5	38,2	44,0	43,2	48,0	54,3	55,6	55,6	54,7	63,0	58,0	65,0	68,0	69,2	80,5	83,0	79,7	88,0	78,0	68,0	93,0	83,0	

Tabelle 19.
Korrelation zwischen Mutterkornanzahl und %-alem Mutterkorngewicht.

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	29	30	35	36	Summe	Mittlere x-Werte
1—5	92	29	1																											122	1,2	
6—10	114	75	40	8	4																								241	1,8		
11—15	44	59	43	29	12	10	1	2																			200	2,8				
16—20	18	36	36	38	20	15	9	3	1																		177	3,7				
21—25	6	18	28	28	29	22	12	6	6	6	1	2														166	5,0					
26—30	1	4	28	19	22	17	20	12	8	3	3	3	2	1											130	5,8						
31—35	1	2	11	19	17	24	14	13	13	7	4	2	1	1	2	1									128	6,4						
36—40	1	5	5	8	12	10	14	11	8	3	4	2	1	1	2	1									88	7,9						
41—45	1	1	3	9	6	16	12	5	12	6	4	5	4	5	4	5	1								86	8,6						
46—50	1	1	2	9	4	11	6	11	9	7	2	5	1	3	1	2	1								74	9,8						
51—55	1	1	2	3	6	7	9	4	7	6	5	8	3	6	2	2	1								73	10,3						
56—60					5	5	4	10	4	6	6	5	2	2	1	3	2								57	10,8						
61—65					1	1	2	3	2	5	3	2	2	1	2	3	1								37	12,1						
66—70					1	1	1	1	3	3	4	3	3	1	4	7	2	3							38	13,2						
71—75										2	3	2	3	2	1	4	1	2	1							22	15,0					
76—80										1	1	1	2	3	4	1	1	2	1							30	16,9					
81—85										1	1	2	1	1	2	1	1	2	1							21	14,8					
86—90												1	1	2	1	1	2	1	1						8	17,9						
91—95												1	1	1	2	1	1	2	1						8	19,9						
96—100															1	1	1	1	1							3	19,7					
Summe	277	227	184	154	127	128	102	94	72	71	49	41	38	28	25	18	20	11	11	14	4	3	4	1	1	1	1	1	1109			
mittlere y-Werte	8,5	12,7	18,1	23,0	26,8	31,7	35,7	40,1	42,7	46,3	49,8	50,9	51,6	60,9	63,4	59,9	67,0	72,5	78,9	74,4	80,5	74,7	60,5	58,0	88,0	78,0	78,0	93,0				

Mittleres % uales
Mutterkorngew.

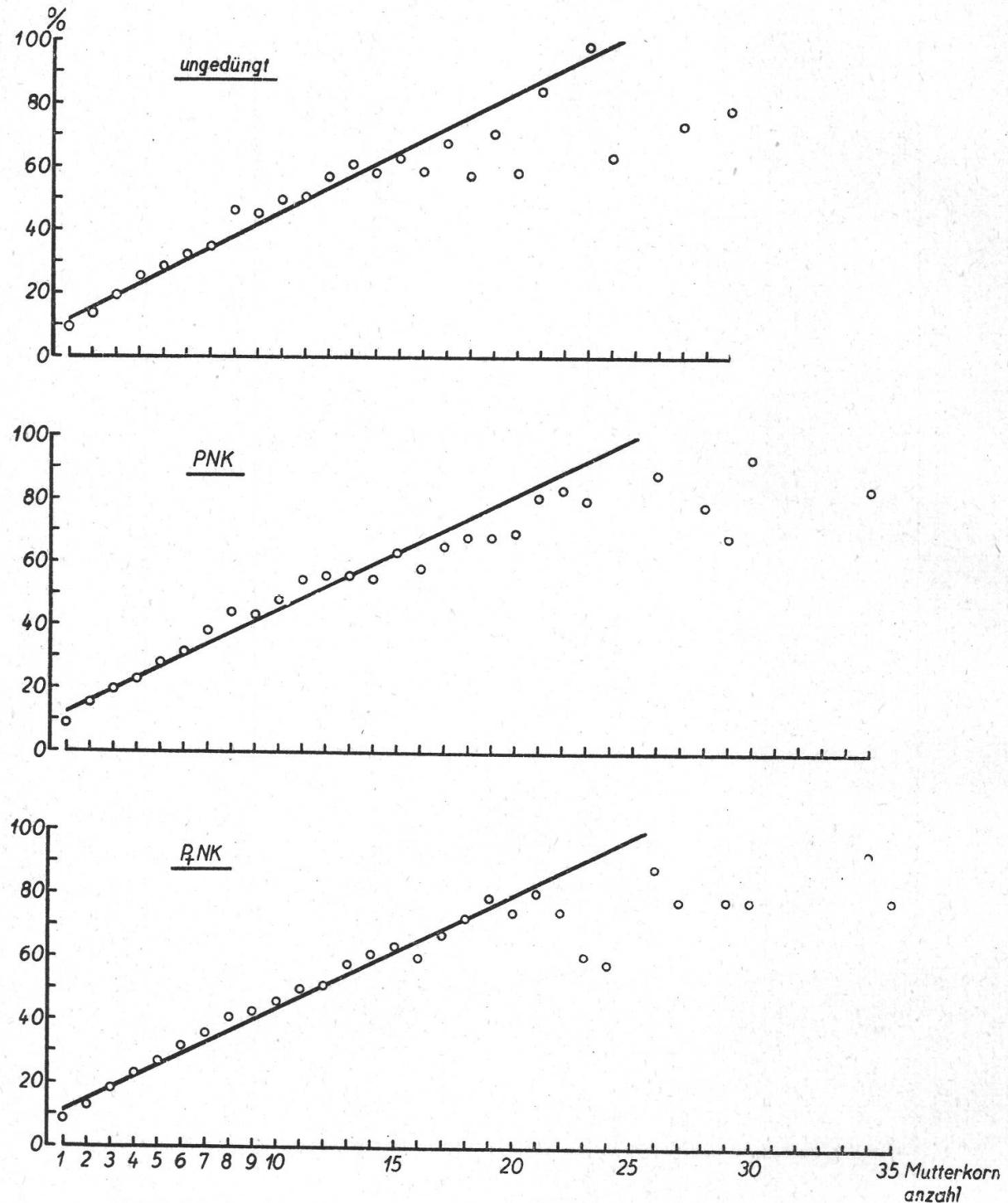


Abbildung 15.

Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Mutterkornbefall
und dem relativen Mutterkorngewicht einer Roggenähre.

besser ausfällt als beim Zahlenmaterial der ungedüngten Reihe, liegt im Unterschied der Gesamtindividuenzahl beider Beobachtungsreihen begründet, die bei P+NK 1709, bei ungedüngt dagegen nur 1055 beträgt.

Die Regressionskoeffizienten von y (prozentuales Mutterkornge-
wicht) in bezug auf x (Mutterkornanzahl) nehmen folgende Werte an :

$$\begin{aligned} R \frac{y}{x} &= +3,78 \text{ für Tab. 17 ungedüngt} \\ &= +3,58 \quad \gg \quad 18 \text{ PNK} \\ &= +3,59 \quad \gg \quad 19 \text{ P+NK.} \end{aligned}$$

Jede Zunahme des Befalles um 1 Sklerotium bewirkt eine Zunahme des relativen Mutterkorngewichtes um rund 3,5% oder also eine gleich grosse Abnahme des Roggenkorngewichtes. Mit der hier nachgewiesenen eindeutigen positiven Korrelation, die von einem umfangreichen Beobachtungsmaterial abgeleitet wurde, ist die zahlenmässige Erfassung der Wechselbeziehung zwischen Parasit und Wirt gelungen. Die Fälle, bei denen sich das parasitäre Verhältnis zahlenmässig verfolgen lässt, sind selten, da einerseits die objektiven Maßstäbe für die Erfassung des Krankheitsgrades sowohl auf Seite des Parasites wie auch auf Seite des Wirtes fehlen und anderseits der Gewinnung von Massenbeobachtungen Schwierigkeiten entgegenstehen.

4. Der Einfluss der Ährengrösse auf den Mutterkornbefall.

Die Vorstellung, dass bei grossen Ähren mit vielen Blüten die Wahrscheinlichkeit einer vermehrten *Claviceps*-Infektion höher ist als bei kleinen Ähren mit nur wenig Blüten, scheint nicht nur glaubwürdig, sondern auch vernünftig zu sein. Der Umstand, dass wir die Frage stellen, lässt jedoch schon vermuten, dass unser Tatsachenmaterial zu andern Schlüssen führt. Begreiflicherweise wird nur derjenige zu dieser Fragestellung gelangen, der bei der Ernte mehrerer tausend mutterkornbefallener Ähren Beobachtungen macht, die im Widerspruch zu seinen Mutmassungen stehen.

In den Tabellen 20, 21 und 22 sind die beiden Eigenschaften Ährengrösse und Mutterkornanzahl wiederum auf Grund des Zahlenmaterials der drei Düngerreihen : ungedüngt, PNK und P+NK miteinander korreliert. Als Maßstab für die Ährengrösse benützen wir die Gesamtkornanzahl, d. h. die Summe der Anzahl der Mutterkörner und Roggenkörner. Diese Gesamtkornanzahl ist allerdings mit der Blütenanzahl (Ährengrösse) nur dann identisch, wenn keine Sterilität auftritt. Inwieweit diese Voraussetzung bei unserem Material erfüllt ist, entzieht sich unserer Kenntnis; doch dürfte der hieraus resultierende Fehler in Anbetracht der Tatsache, dass Schartigkeit bei Lenzburger Roggen beim Abblühen im geschlossenen Bestand nicht häufig vorkommt, keinen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis unserer statistischen Untersuchung ausüben.

Tabelle 20.
Korrelation zwischen Gesamtkornanzahl und Mutterkornanzahl.

Ungedüngt

— 156 —

Gesamtkornanzahl	Mutterkornanzahl																												Summe	Mittlere y-Werte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	27	29					
6—10																													1	3,0
11—15	1	1	1	2																									7	5,4
16—20	1	1	2	1	1																								11	6,7
21—25	3	2	2	2	1	1																							18	7,0
26—30	8	5	3	5	3	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	43	6,2	
31—35	9	3	7	8	6	3	1	6	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	58	6,3	
36—40	10	12	15	13	5	4	6	3	3	4	3	2	1	5	1	1	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	96	6,6	
41—45	21	13	9	12	3	9	7	4	9	7	2	8	3	5	3	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	122	6,8	
46—50	24	21	17	17	7	10	7	12	7	11	2	4	3	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	151	5,7	
51—55	26	17	15	11	16	12	9	5	4	4	3	1	1	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	134	5,2	
56—60	47	27	20	12	12	6	8	4	5	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	154	4,1	
61—65	38	16	16	9	9	5	7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	109	3,5	
66—70	29	16	5	9	5	4	2	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	84	4,0	
71—75	16	12	3	3	1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	43	3,1	
76—80	8	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18	2,8	
81—85	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2,8	
86—90																												1	5,0	
Summe	242	150	118	108	69	62	52	46	37	41	16	18	19	20	14	9	10	7	4	3	5	2	1	1	1	1	1055			
Mittlere x-Werte	55,4	54,0	50,3	49,2	51,8	51,1	51,6	45,4	46,4	46,7	41,6	42,5	45,4	45,5	50,8	40,5	54,4	43,0	43,0	35,0	43,0	58,0	48,0	53,0						

Tabelle 21.
Korrelation zwischen Gesamtkornanzahl und Mutterkornanzahl.

PNK

Gesamtkornanzahl	Mutterkornanzahl																		Summe	Mittlere y-Werte							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	26	27	29	30
1—5	1																										1
6—10	2	1																									2,0
11—15	2	2	1	1	3	1																				3,0	
16—20	2	5	2	1	4	4	5	4	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	7	
21—25	4	10	12	4	8	8	4	4	4	7	4	4	7	8	5	7	5	5	3	4	4	1	4	3	1	25,6	
26—30	2	14	19	16	7	6	8	5	7	6	7	13	11	6	2	2	4	5	2	3	1	1	1	1	46,7		
31—35	10	19	29	23	19	16	7	13	11	6	2	4	5	2	2	4	5	3	2	4	3	1	1	1	83,6		
36—40	36	52	20	22	18	17	12	11	9	10	10	2	5	3	2	4	5	3	2	4	3	1	1	1	13,8		
41—45	36	43	29	24	18	11	14	10	3	5	4	5	4	6	5	4	5	4	2	1	1	1	1	1	181,4		
46—50	52	56	33	37	17	16	17	12	11	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	198,5	
51—55	52	43	49	21	22	8	13	7	8	3	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5,2		
56—60	43	61	42	21	22	8	13	6	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	4	35,2		
61—65	42	66	70	24	6	12	15	3	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	11,3		
66—70	24	71—75	12	9	4	4	1	1																		2,8	
71—75	12	76—80	3	3	3	3	3	2	2	1																5,2	
76—80	3	81—85	2	1	1																					2,1	
81—85	2	86—90	1	1																						1,5	
86—90	1	91—95	1																							1,0	
91—95	1	96—100	1																							1,0	
Summe	272	196	156	120	100	77	74	52	51	43	30	27	19	23	21	14	5	6	5	4	4	2	3	1	1	1	1309
Mittlere x-Werte	54,1	49,8	51,7	51,4	48,8	48,3	48,6	46,1	46,1	45,4	41,7	43,7	44,6	46,5	44,9	46,9	42,0	46,3	39,0	39,2	35,5	43,0	48,0	53,0	38,0	48,0	

Tabelle 22.
Korrelation zwischen Gesamtkornanzahl und Mutterkornanzahl.

Gesamtkornanzahl	Mutterkornanzahl																		Summe	Mittlere y-Werte											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	29	30	35	36	
11—15																															
16—20	1	1	3	2	1	1	1	2	2	3																				18	7,1
21—25	3	3	3	2	1	5	4	2	2	4	5	2	1	2	2	1	2	1	1	4	1	3	1	3	1	1	1	1	48	9,4	
26—30	12	7	8	9	4	7	4	6	5	2	2	5	4	1	3	1	3	1	1	4	1	2	2	1	2	1	1	1	89	7,5	
31—35	7	6	12	6	8	8	8	6	9	7	2	2	4	3	1	4	3	1	4	1	2	2	1	2	1	1	1	1	103	8,2	
36—40	13	17	14	15	10	7	14	16	6	10	5	3	4	3	5	4	3	5	4	1	3	3	1	3	1	1	1	154	7,2		
41—45	27	15	13	17	15	17	17	8	11	12	6	10	6	4	4	4	2	3	2	5	1	2	1	1	1	1	1	1	195	7,0	
46—50	41	37	31	17	19	18	11	15	9	8	9	7	5	1	6	2	4	1	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	245	5,7	
51—55	50	31	27	25	19	15	12	15	7	10	11	4	4	5	1	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	227	5,5	
56—60	39	34	21	26	20	27	11	11	10	8	3	4	1	4	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	229	5,3	
61—65	32	35	29	16	10	14	12	6	5	7	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	177	4,5	
66—70	32	19	12	12	11	9	4	4	5	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	120	4,3	
71—75	17	14	6	5	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	57	3,5
76—80	1	5	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17	4,5	
81—85	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	3,2	
86—90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2,7	
Summe	277	227	184	154	127	128	102	94	72	71	49	41	38	28	25	18	20	11	11	14	4	3	4	1	1	1	1	1	1709		
Mittlere x-Werte	53,7	54,3	51,4	50,5	51,4	50,4	47,4	47,2	47,0	46,3	47,1	47,0	39,8	43,5	42,8	46,1	40,0	40,7	38,5	39,4	36,7	39,7	40,2	58,0	33,0	48,0	53,0	53,0	43,0	63,0	

Im Hinblick auf die Fragestellung bezeichneten wir in den Korrelationstabellen die Gesamtkornanzahl als supponierte (x) und die Mutterkornanzahl als relative (y) Eigenschaft. Die grosse Variationsbreite der Gesamtkornanzahl (Blütenzahl) der einzelnen Ähren rief wiederum einer Klasseneinteilung, wobei wir einen Klassenspielraum von 5 wählten.

Die Betrachtung der drei Korrelationstabellen (Tab. 20, 21 und 22) lässt bei der ungewohnten Verteilung der Wertepaare nicht zum vornherein einen Zusammenhang zwischen der Gesamtkornanzahl und dem Mutterkornbefall erkennen; auf alle Fälle kann keine sehr enge Beziehung bestehen.

Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten liefert folgende Werte :

Düngerreihe	Korrelationskoeffizient
Ungedüngt (Tab. 20)	— 0,27 067
PNK (Tab. 21)	— 0,21 784
P+NK (Tab. 22)	— 0,26 095

Wir stellen eine negative Korrelation zwischen der Gesamtkornanzahl und der Mutterkornanzahl fest, d. h. mit der Zunahme der Ährengrösse (Gesamtkornanzahl) geht eine Abnahme des Mutterkornbefalles einher. Trotz der etwas niedrigen Werte der Koeffizienten dürfte die Beziehung doch mathematisch gesichert sein. Bei der Beurteilung der Höhe der Koeffizienten müssen wir uns bewusst werden, dass dieselben auch rein theoretisch nicht den Grenzwert erreichen können, da die eine Eigenschaft, nämlich die Mutterkornanzahl, in der andern, in der Gesamtkornanzahl, enthalten ist. Die Auswirkung dieser Tatsache wird uns bei der Betrachtung eines extremen Falles klar : An einer Ähre mit 100prozentigem Befall, bei der also jeder Fruchtknoten infiziert ist, nimmt die Gesamtkornanzahl, die supponierte Eigenschaft, den gleichen Wert an wie die relative Eigenschaft, die Mutterkornanzahl, während bei einer vollständigen negativen Korrelation dem einen Grenzwert der einen Eigenschaft der entgegengesetzte Grenzwert der andern Eigenschaft gegenübersteht.

Die Tatsache, dass kleine Ähren eher stärker Mutterkornbefall aufweisen als grosse Ähren, lässt sich vom biologischen Gesichtspunkte aus nicht unmittelbar erklären, da *Claviceps purpurea* kein Schwächerparasit ist und die Grösse der Ähren (Blütenzahl) bereits vor der Infektion bestimmt ist und durch diese unbeeinträchtigt bleibt. Dagegen bietet die Erklärung dieser Tatsache in jener Form, wie wir die Frage eingangs mit Hilfe der Wahrscheinlichkeit umschrieben haben, keine Schwierigkeiten, sobald wir uns über den Begriff der Wahrscheinlichkeit im mathematischen Sinne klar werden. Wir verstehen unter der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses den Quotient aus der Anzahl der günstigen Fälle durch die Anzahl der möglichen Fälle. Bei unsfern

Roggenähren ist die Anzahl der günstigen Fälle, d. h. die Infektion der Blüten bei grossen und kleinen Ähren gleich; denn es kann zweifellos weder bei der Ascosporen- noch bei der Konidieninfektion eine Bevorzugung irgendwelcher Blüten in Frage stehen. Dagegen ist die Anzahl der möglichen Fälle bei grossen Ähren mit vielen Blüten selbstverständlich grösser als bei kleinen Ähren mit nur wenigen Blüten. Der Quotient

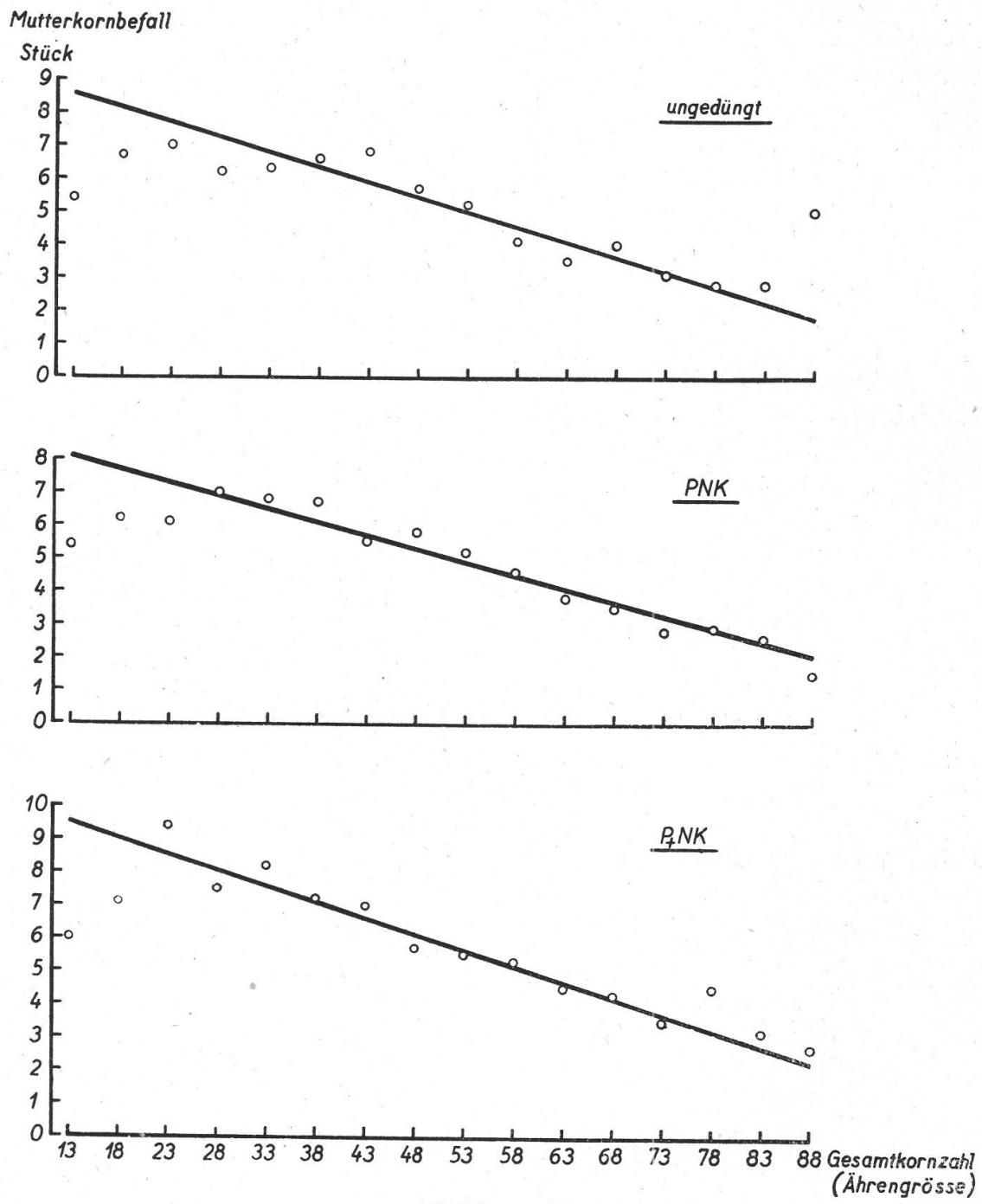


Abbildung 16.

Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Grösse der Roggenähre und dem Mutterkornbefall.

oder also die Wahrscheinlichkeit einer *Claviceps*-Infektion wird kleiner bei grossen Ähren und grösser für kleine Ähren. Damit ist aber blos die Richtigkeit der allgemeinen Vorstellung, dass eine Infektion bei grösseren Ähren wahrscheinlicher sei als bei kleinern, mit Hilfe des Begriffes der mathematischen Wahrscheinlichkeit widerlegt. Die festgestellte Tatsache, dass kleinere Roggenähren einen stärkeren Mutterkornbefall aufweisen als grössere, erfährt dadurch keine Abklärung.

Doch lässt sich auch für diese Beziehung zwangslos eine biologische Erklärung finden. Starker Mutterkornbefall wird zweifellos nicht durch die Primärinfektion (Ascosporeninfektion in der Natur, künstliche Infektion vereinzelter Ähren bei unsren Versuchen), sondern in den weit aus meisten Fällen durch die Sekundärinfektion (Honigtauonidien) hervorgerufen. Die Sekundärinfektion ist aber nur bei solchen Ähren möglich, die wesentlich später die Blühreife erlangen; es betrifft dies die Ähren jener Axen, die ihre Entstehung der kräftigen Bestockung der Roggenpflanze verdanken. Die Ähren dieser Bestockungstribe fallen aber immer kleiner aus als die Ähren der primären Axen. In dieser allgemein bekannten Tatsache liegt also der Grund, warum wir bei kleinen Ähren einen vermehrten Mutterkornbefall feststellen als bei grossen. Wir sehen also an diesem Beispiel, dass die mathematische Feststellung einer Beziehung zwischen der Ährengrösse und dem Mutterkornbefall an sich die biologische Folgerung noch nicht zulässt, dass Roggenähren mit kleinerer Blütenzahl eine gesteigerte Anfälligkeit gegenüber *C. purpurea* aufweisen als solche mit grosser Blütenzahl. Der zahlenmässig festgestellte Zusammenhang zwischen der Ährengrösse und dem Mutterkornbefall beweist noch keine direkte physiologische Abhängigkeit. Die hier gefundene Tatsache beruht nicht auf einem Einfluss der Ährengrösse auf die Anfälligkeit, sondern ist lediglich darin begründet, dass ausschliesslich die Ähren der Bestockungssachsen, die immer eine geringere Blütenzahl aufweisen, der Sekundärinfektion, die ihrerseits einen starken Mutterkornbefall bedingt, anheimfallen.

Zusammenfassung.

1. Die drei Arten *Claviceps purpurea* Tul., *Claviceps microcephala* Wallr. und *Claviceps paspali* Stev. et Hall., sowie der von *Glyceria borealis* isolierte Stamm 1 b (ev. *C. Wilsoni* Cooke) weisen bei saprophytischer Lebensweise starke Unterschiede in ihrem physiologischen Verhalten auf.
2. Besonders eingehend verfolgten wir den Einfluss der Temperatur auf das Myzelwachstum auf Nährböden und in Nährösungen. Die Temperaturkurven der verschiedenen *Claviceps*-Arten weichen namentlich in den Kardinalpunkten Minimum und Optimum voneinander ab, während das Temperaturmaximum bei allen unter-

suchten Stämmen zwischen 30 und 33° C liegt. (Vgl. Tab. 8, S. 95.)

3. Bei den verschiedenen Stämmen der biologischen Art *C. purpurea* f. sp. *secalis* lassen sich sowohl in bezug auf Nährstoffansprüche, Habitusbild der Reinkulturen wie auch Temperatureinfluss deutlich zwei Gruppen unterscheiden, nämlich einerseits diejenigen, die von Roggensklerotien isoliert wurden und anderseits jene, die von den wilden Gräsern *Poa pratensis*, *Bromus inermis* und *Festuca elatior* herstammen. Wir stellen in physiologischer Beziehung eine weitere Differenzierung innerhalb der von Stäger aufgestellten biologischen Art fest.
4. Die Versuche über den Einfluss der Reaktion des Substrates auf das Myzelwachstum lassen ebenfalls wesentliche Unterschiede in der Reaktionsempfindlichkeit zwischen *C. purpurea* Stamm HK, *C. microcephala* und *Claviceps*-Stamm 1 b erkennen.
5. Die Stämme 13 a (*Poa pratensis*), 4 b (*Bromus inermis*), 8 b (*Festuca elatior*) und 1 b (*Glyceria borealis*) bildeten bei sorgfältiger Ernährung und langer Kulturdauer regelmässig charakteristische, bereits makroskopisch erkennbare Myzelverknotungen, die als Pseudosklerotien bezeichnet werden. Der Alkaloidnachweis (Ergotamin) bei solchen sklerotienähnlichen Myzelien gelang jedoch nicht.
6. Unsere Versuche über den Einfluss der Temperatur auf die Keimung der Sklerotien nach erfolgter Kälteeinwirkung ergaben, dass Temperaturen von 9—15° C besonders keimungsauslösend wirken. Zur Weiterentwicklung und namentlich zur Ausreifung der Perithecienköpfchen sind höhere Temperaturen (15—21° C) erforderlich.
7. Zur Prüfung des Einflusses verschiedener Faktoren auf den Mutterkornbefall des Roggens, wie Standweite, Düngung und Sortenanfälligkeit, wurden Feldversuche angelegt.
8. Aus den Ergebnissen des Feldversuches über den Einfluss der Standweite des Roggens (vgl. Tab. 11, Abb. 10, S. 112/113) geht hervor, dass die Vergrösserung der Standweite der Roggenkeimpflanzen bei Winterroggen eine Zunahme des Mutterkorntrages, bei Sommerroggen dagegen eine Abnahme desselben bedingt. Der Einfluss der Standweite des Roggens auf den Mutterkornbefall steht in direktem Zusammenhang mit der Bestockung bzw. mit der ungleichmässigen Entwicklung der Roggenpflanzen, die ihrerseits durch die Verlängerung der Blühdauer die Sekundärinfektion begünstigt. Das ungleiche Verhalten der beiden Roggensorten beruht nicht auf einer Verschiedenheit der Anfälligkeit gegenüber *C. purpurea*, sondern ist eine direkte Folge ihrer unterschiedlichen Bestockung.

9. Die Ergebnisse des Feldversuches über den Einfluss der Düngung des Roggens auf den Mutterkornbefall (vgl. Tab. 12, Abb. 12, S. 121/122) berechtigen zur Folgerung, dass die starke Zunahme des absoluten Mutterkornertrages bei steigenden Nährstoffgaben nicht auf einer vermehrten Anfälligkeit beruht, sondern lediglich als Folgeerscheinung der Steigerung der Gesamtährenanzahl zu werten ist. Es ist also auch bei der Einwirkung der Düngung eine Abhängigkeit des Mutterkornertrages von der Bestockung der Roggenpflanzen zu erkennen. Obschon wir bei unserm Düngungsversuch wesentliche Unterschiede in der Wirkung der einzelnen Nährstoffe Kali, Stickstoff und Phosphorsäure feststellen, gestatten diese nur auf einem einjährigen Versuch basierenden Ergebnisse keine Verallgemeinerung.
10. Die Einführung der Kultur des Mutterkorns auf Roggen für pharmazeutische Zwecke hängt unseres Erachtens in erster Linie davon ab, ob eine für die Masseninfektion geeignete Methode gefunden werden kann.
11. Zwischen der Mutterkornanzahl einer Ähre und ihrem Gesamtgewicht besteht eine positive Korrelation. Die Steigerung des Gesamtgewichtes der Mutterkörner einer Ähre bei zunehmendem Befall zeigt, dass der Mutterkornertrag durch Masseninfektion gehoben werden kann. Die von Kirchhoff (1929) aufgestellte Tatsache, dass grosse Zahl der Mutterkörner und grosses Gewicht derselben sich gegenseitig ausschliessen, ist nur bedingt richtig, nämlich nur soweit sie sich auf die Grösse der einzelnen Mutterkörner bezieht.
12. Zwischen dem Befall und dem relativen Mutterkorngewicht (ausgedrückt in Prozent des Gesamtkorngewichts) einer Ähre besteht eine sehr enge Beziehung. Damit ist der zahlenmässige Beweis für die strenge Reziprozität zwischen der Entwicklung des Parasiten und des Wirtes an einem konkreten Beispiel (*C. purpurea*) erbracht.
13. Wir fanden als letzte Beziehung eine negative Korrelation zwischen der Ährengrösse (Gesamtkornanzahl) und dem Mutterkornbefall. Die statistisch erwiesene Tatsache, dass kleinere Ähren einen stärkeren Mutterkornbefall aufweisen als grössere, lässt sich biologisch damit erklären, dass ausschliesslich die Ähren der Bestockungssachsen der Sekundärinfektion, die ihrerseits einen starken Mutterkornbefall verursacht, anheimfallen. Die Ähren dieser Bestockungstrieben weisen aber stets eine kleinere Blütenzahl auf als jene der primären Axen.

Literaturverzeichnis.

- A d e r h o l d , R. 1905. Zur Biologie und Bekämpfung des Mutterkorns. (Arb. a. d. biol. Abt. f. Land- und Forstwirtschaft a. Kais. Ges.-Amt. **5**, S. 31.)
- B a r g e r , G. 1931. Ergot and Ergotism. Edinburgh. 279 p.
- B a u r , F. 1928. Korrelationsrechnung. Mathematisch-Physikalische Bibliothek, B. G. Teubner, Leipzig und Berlin.
- B e h r e n s , W. U. 1933. Mathematische Methoden für Versuchsansteller. Verlag von Eugen Ulmer, Stuttgart.
- B o n o r d e n , H. F. 1858. Beobachtungen über die Bildung von *Spermoedia Clavus (Secale cornutum)*. (Bot. Ztg., **16**, S. 97—99.)
- B o n n s , W. W. 1922. A Preliminary Study of *Claviceps purpurea* in Culture. (Amer. Journ. of Bot., **9**, S. 339—354.)
- B r e f e l d , O. 1881. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie. Heft IV, Münster i. W.
- 1908. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie. Heft XIV, Münster i. W.
- B r o w n , H. B. 1916. Life History and Poisonous Properties of *Claviceps paspali*. (Journ. Agr. Res., **7**, S. 401—406.)
- C h a r l i e r , C. V. L. 1920. Vorlesungen über die Grundzüge der mathematischen Statistik, Verl. Scientia, Lund.
- D e l a c r o i x , 1903. Travaux de la station de Pathologie végétale. (Bull. de la Soc. mycol. de France, **19**, 2. u. 4. fasc.)
- E n g e l k e , C. 1902. Neue Beobachtungen über die Vegetationsformen des Mutterkornpilzes *Claviceps purpurea* Tulasne. (Beiblatt zur Hedwigia, **51**, S. 221—222.)
- 1905. Über neue Beobachtungen über die Vegetationsformen des Mutterkornpilzes. (50.—54. Jahresber. d. naturhist. Ges. Hannover, S. 70—72.)
- F a l c k , R. 1911. Über die Luftinfektion des Mutterkornes (*Claviceps purpurea* Tul.) und die Verbreitung pflanzlicher Infektionskrankheiten durch Temperaturströmungen. (Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen, 43. Jahrg. S. 202—227.)
- 1922. Über die Bekämpfung und die Kultur des Mutterkorns im Roggenfelde. (Pharm. Ztg. 67. Jahrg. Nr. 73—75, 77, 79.)
- F i s c h e r , E. und G ä u m a n n , E. 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena.
- H e c k e , L. 1921. Die Kultur des Mutterkorns. (Schweiz. Apoth. Ztg., **59**, S. 277—281, 293—296.)
- 1922. Die Kultur des Mutterkorns. (Schweiz. Apoth. Ztg., **60**, S. 45—51.)
- 1923. Neue Erfahrungen über Mutterkornkultur. (Wiener landw. Ztg. 6. Jan.)
- J o h a n n s e n , W. 1926. Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 3. Aufl. Jena.
- K i r c h h o f f , H. 1929. Beiträge zur Biologie und Physiologie des Mutterkornpilzes. (Centralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. und Infektionskrankh., Zweite Abtlg., **77**, S. 310—369.)
- K r o n a c h e r , C. 1930. Biometrik. Berlin, P. Parey.
- K ü h n , J. 1863. Untersuchungen über die Entwicklung, das künstliche Hervorrufen und die Verhütung des Mutterkorns. (Mitt. a. d. physiol. Laboratorium u. d. Versuchsstation d. landw. Institutes d. Univ. Halle.)
- L u z , G. 1934. Über den Stoffwechsel von *Fusarium lycopersici* und *Fusarium lini*. (Phytopath. Zeitschr., **3**, S. 585—638.)
- M c C r a e , Adelia. 1931. The Reactions of *Claviceps purpurea* to Variations of Environment. (Amer. Journ. of Bot., **18**, S. 50—78.)

- McFarland, F. T. 1921. Infection Experiments with *Claviceps*. (Phytopathology, **11**, S. 41—42.)
- Nobbe, F. 1904. Über Alexander Müllers Verfahren zur Reinigung des Saatroggens von Mutterkorn durch Sedimentation. (Landw. Versuchsstationen, **50**, S. 315—319.)
- Oppenheimer, C. 1929. Die Fermente und ihre Wirkungen. 5. Aufl., **3**.
- Rostowzew, S. J. 1902. Beiträge zur Keimung des Mutterkorns, *Claviceps purpurea* Tul. und *Claviceps microcephala* Wallr. (Separat-Abdruck aus den «Berichten des Moskauer Landw. Instituts». Heft 3, S. 1—16. Referat im Bot. Centralbl. 1902, **90**, S. 705—706.)
- Stäger, R. 1900. Vorläufige Mitteilung über Impfversuche mit Gramineen bewohnenden *Claviceps*-Arten. (Bot. Centralbl., **80**, Heft 3, S. 145.)
- 1903. Infektionsversuche mit Gramineen bewohnenden *Claviceps*-Arten. (Bot. Ztg. Heft VI/VII, S. 111—158.)
- 1905. Weitere Beiträge zur Biologie des Mutterkorns (Centralbl. Bakt. II. Abt., **14**, S. 25—32.)
- 1907. Neuer Beitrag zur Biologie des Mutterkorns. (Centralbl. Bakt. II. Abt., **17**, S. 773—784.)
- 1908. Zur Biologie des Mutterkorns. (Centralbl. Bakt. II. Abt., **20**, S. 272 bis 279.)
- 1910. Neue Beobachtungen über das Mutterkorn. (Centralbl. Bakt. II. Abt., **27**, S. 67—73.)
- 1912. Infektionsversuche mit überwinterten *Claviceps*-Konidien. (Mykolog. Centralbl. **1**, S. 198—201.)
- 1922. Beitrag zur Verbreitungsbiologie der *Claviceps*-Sklerotien. (Centralbl. Bakt. II. Abt., **56**, S. 329—339.)
- 1922. Impfversuche mit dem Mutterkorn des Weizens. (Sonderabdruck aus den Mitt. d. Naturforsch. Ges. Bern, S. 11—20.)
- Tanja, A. E. 1933. Untersuchungen über *Gibberella Saubinetii* und die Fusariose des Weizens. (Phytopath. Zeitschr., **6**, S. 375—428.)
- Tschuprow, A. A. 1925. Grundbegriffe und Grundprobleme der Korrelationstheorie. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin.
- Tschermak, E. 1906. Die Blüh- und Fruchtbarkeitsverhältnisse bei Roggen und Gerste und das Auftreten von Mutterkorn. (Fühlings Landw. Ztg., **55**, S. 194 bis 199.)
- 1922. Zur künstlichen Gewinnung von Mutterkorn. (Deutsche Landw. Presse, **49**, S. 175.)
- Tulasne, L. R. 1853. Mémoire sur l'ergot des Glumacées. (Annales des Sciences Naturelles, Partie Botanique. III. Sér., **20**, S. 5—56.)
- Wiegner, G. 1926. Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Borntraeger, Berlin.
- Wilson, A. S. 1875. Observations and Experiments on Ergot. (Gardeners Chronicle, **4**, S. 774—775, 807—808.)
- Zimmermann, A. 1906. Ergänzende Versuche zur Feststellung der Keimfähigkeit älterer Sklerotien von *Claviceps purpurea*. (Ztschr. f. Pflanzenkrankh., **16**, S. 129—131.)
- Zöller, W. 1925. Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers. Schlegel, Berlin.