

**Zeitschrift:** Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz = Matériaux pour la flore cryptogamique suisse = Contributi per lo studio della flora crittogama svizzera

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 8 (1933)

**Heft:** 4

**Artikel:** Beiträge zur Kenntnis der Fusariose des Roggens

**Autor:** Anliker, Johannes

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-816980>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

BEITRÄGE  
ZUR  
KRYPTOGAMENFLORA  
DER  
SCHWEIZ

---

AUF INITIATIVE DER SCHWEIZ. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT  
UND AUF KOSTEN DER EIDGENOSSENSCHAFT  
HERAUSGEGEBEN VON  
EINER KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

---

**BAND VIII, HEFT 4**

Beiträge zur Kenntnis  
der Fusariose des Roggens

Von

JOHANNES ANLIKER

Ingenieur-Agronom  
von Gondiswil (Bern)

ZÜRICH  
DRUCK UND VERLAG VON GEBR. FRETZ A. G.  
1935

**VERLAG GEBR. FRETZ A. G. ZÜRICH 8**

Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz

**Auf Initiative der Schweizer. Botanischen Gesellschaft und  
auf Kosten der Eidgenossenschaft herausgegeben**

Band I, Heft 1:

**Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Rostpilze**

Von Prof. Dr. ED. FISCHER. 132 Seiten, gross 8°, mit 2 Tafeln. Preis Fr. 2.—

Band I, Heft 2:

**Die Farnkräuter der Schweiz** Von Dr. HERMANN CHRIST in Basel

189 Seiten, gross 8°. Preis Fr. 2.—

Band I, Heft 3 (vergriffen):

**Algues vertes de la Suisse** Par R. CHODAT

Band II, Heft 1:

**Le «Boletus subtomentosus» de la région genevoise** Par CH.-ED. MARTIN

50 Seiten, gross 8°, mit 18 Tafeln. Preis Fr. 7.—

Band II, Heft 2:

**Die Uredineen der Schweiz** Von Prof. Dr. ED. FISCHER

685 Seiten, gross 8°, mit 342 Figuren. Preis Fr. 14.—

Band III, Heft 1:

**Les Mucorinées de la Suisse** Par ALF. LENDNER

182 Seiten, gross 8°, mit 59 Figuren und 3 Tafeln. Preis Fr. 5.—

Band III, Heft 2:

**Die Brandpilze der Schweiz** Von Prof. Dr. H. C. SCHELLENBERG

225 Seiten, gross 8°, mit 79 Figuren. Preis Fr. 5.—

Band IV, Heft 1:

**Die Kieselalgen der Schweiz** Von FR. MEISTER

261 Seiten, mit 48 Tafeln. Preis Fr. 14.—

Band IV, Heft 2:

**Monographies d'Algues en culture pure** Par R. CHODAT

278 Seiten, mit 9 Tafeln. Preis Fr. 12.—

**Zu beziehen durch alle Buchhandlungen**

BEITRÄGE  
ZUR  
KRYPTOGAMENFLORA  
DER  
SCHWEIZ

---

AUF INITIATIVE DER SCHWEIZ. BOTANISCHEN GESELLSCHAFT  
UND AUF KOSTEN DER EIDGENOSSENSCHAFT  
HERAUSGEGEBEN VON  
EINER KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

---

**BAND VIII, HEFT 4**

Beiträge zur Kenntnis  
der Fusariose des Roggens

Von

JOHANNES ANLIKER

Ingenieur-Agronom  
von Gondiswil (Bern)

Z Ü R I C H  
DRUCK UND VERLAG VON GEBR. FRETZ A. G.  
1935

# Beiträge zur Kenntnis der Fusariose des Roggens

Von

JOHANNES ANLIKER

Ingenieur-Agronom

von Gondiswil (Bern)

ZÜRICH

DRUCK UND VERLAG VON GEBR. FRETZ A. G.

1935

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung: Literatur; wirtschaftliche Bedeutung der Fusariose	1
1. Kapitel. Ergebnisse einer Umfrage unter praktischen Landwirten . . . . .	7
2. Kapitel. Eigene Isolierungen . . . . .	11
Zusammenstellung der isolierten <i>Fusarium</i> -Arten . . . . .	13
Charakterisierung der für die Infektionsversuche verwendeten Stämme	15
Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	18
3. Kapitel. Physiologische Versuche . . . . .	19
1. Wachstum von <i>Fusarium herbarum</i> und <i>Fusarium nivale</i> auf festen und in flüssigen Nährböden . . . . .	20
2. Veränderung der Reaktion der Nährlösung . . . . .	30
Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	35
4. Kapitel. Feldversuche . . . . .	36
1. Die Versuchsfragen . . . . .	36
2. Die Versuchsmethodik . . . . .	37
3. Die Versuchsergebnisse . . . . .	48
4. Besprechung der Versuchsergebnisse . . . . .	56
a) Einfluss der Bodenart auf die Schädigung durch <i>Fusarium nivale</i> . . . . .	57
b) Der Einfluss der Saatgutbeize . . . . .	63
c) Die Anfälligkeit bzw. Resistenz von Landroggen und Petkuserroggen gegenüber <i>Fusarium nivale</i> . . . . .	66
d) Einfluss der Saatzeit auf die Schädigung durch <i>Fusarium nivale</i> . . . . .	68
5. Zusammenfassung der Ergebnisse der Feldversuche . . . . .	71
5. Kapitel. Topf-Infektionsversuche . . . . .	72
1. Das Versuchsziel . . . . .	72
2. Versuchsmethodik . . . . .	76
3. Die Versuchsergebnisse . . . . .	82
a) Methoden der Bewertung des Befalls . . . . .	82
b) Die Krankheitssymptome und ihre Bewertung . . . . .	83
4. Besprechung der Versuchsergebnisse . . . . .	85
a) Versuche mit <i>Fusarium herbarum</i> . . . . .	85
b) Versuche mit <i>Fusarium nivale</i> . . . . .	96
5. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	110
Verzeichnis der benützten Literatur . . . . .	113
Tafeln I—III	

# Einleitung

## Literatur

Unter Fusariose verstehen wir im allgemeinsten Sinne Krankheitserscheinungen, die durch irgendeine *Fusarium*-Art hervorgerufen werden. Es kann sich dabei um Erkrankungen des Keimlings, der grösseren oder der ausgewachsenen Pflanze handeln. Ferner fällt der Befall des reifenden wie des ausgereiften Kornes durch *Fusarium* auch unter diesen Begriff. Das Krankheitsbild ist daher keineswegs einheitlich; je nach dem Entwicklungszustand der Pflanzen und den begleitenden äusseren Bedingungen können verschiedene Formen der Fusariose auftreten.

Die Möglichkeit der Erkrankung an Fusariose besteht bei Roggen, wie bei andern Getreidearten, schon unmittelbar nach der Saat im Herbst. Die Infektion kann dabei vom Boden oder vom Korne selbst ausgehen. Während SCHAFFNIT (1912) und BALTZER (1930) die Bodeninfektion als wichtiger betrachten, schreiben HILTNER (1907), VOLKART (1908), neuerdings auch LUNDEGÅRDH (1923) und APPEL jun. (1924) der Saatgutinfektion grössere Bedeutung zu. Als Resultat entstehen die Keimlingskrankheiten, für die besonders KRAMPE (1926) verschiedene Symptome angibt. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Erkrankung der Keimlinge ist die Zeitspanne von der Saat bis zum Erscheinen der ersten Blätter an der Erdoberfläche. Nach GÄUMANN (1932) ist eine direkte Infektion durch *Fusarium* nur bis zu diesem Zeitpunkte möglich. Auch KRAMPE (1926) beobachtet bei seinen Versuchen Infektion in den ersten Entwicklungsstadien; dagegen gelingt SCHAFFNIT (1912) die künstliche Infektion auch älterer Pflanzen. Praktisch sind wahrscheinlich die jungen Roggenpflanzen während des ganzen Herbstes und bei milder Witterung auch im Winter der Gefahr des Angriffs durch die verschiedenen *Fusarium*-Arten ausgesetzt.

Besonders gefährlich wird die Fusariose für die junge Roggen-saat bei starken, namentlich aber bei späten Schneefällen. Während das Wachstum der Pflanzen bei den tiefen Temperaturen unmöglich ist, vermögen verschiedene Fusarien nach den Untersuchungen von SCHAFFNIT (1912) noch verhältnismässig gut zu gedeihen. Sie werden dabei durch den erhöhten Kohlendioxyd Gehalt der Luft (LUNDEGÅRDH, 1923), oder die hohe Boden- und Luftfeuchtigkeit angeregt (SCHAFFNIT, 1912, 1920), so dass am Rande des schmelzenden Schnees oder noch

unter demselben jene charakteristischen Myzelüberzüge entstehen, die zu der Bezeichnung «Schneesimmel» geführt haben und oft einen ganzen Roggenbestand vernichten können. Der «Schneesimmel» ist die gefährlichste Form der Fusariose und besitzt daher die grösste wirtschaftliche Bedeutung. Er ist aus diesem Grunde dem praktischen Landwirt am besten bekannt und wird auch in der Literatur am meisten erwähnt. Nach SCHAFFNIT (1912, 1920) tritt er in Deutschland in rauhen Gebirgslagen, besonders an Nordhängen auf, wo der Schnee lange liegen bleibt und langsam abschmilzt, während er in der Ebene nicht zu finden sein soll. In der Schweiz, wo die Erscheinung sowohl im Mittellande wie in bergigen Gegenden beobachtet wird, scheint sie durch starke, besonders spät eintretende Schneefälle gefördert zu werden. Gleiche Verhältnisse erwähnt EGLITS (1931) für Lettland; er stellt eine deutliche Abhängigkeit der durch den «Schneesimmel» verursachten Schäden von der Dauer der Schneedecke und dem Zeitpunkte der Schneeschmelze fest.

Mit dem Beginn des Schossens im Frühjahr sind die jungen Roggenpflanzen der Gefahr der Schädigung durch *Fusarium* noch keineswegs entwachsen. Die Erkrankung äussert sich von dieser Periode an hauptsächlich in der Bräunung und Vermorschung des Halmgrundes und der Wurzeln, was u. a. erhöhte Neigung zu Lagerfrucht bedingt. Diese Form der Fusariose wird heute allgemein als Fusskrankheit bezeichnet; der Name ist jedoch deshalb irreführend, weil er auch für Krankheitserscheinungen verwendet wird, die durch die Tätigkeit anderer Pilze, wie *Ophiobolus* und *Leptosphaeria*, entstehen. APPEL (1906) und VOLKART (1908) waren die ersten, die Fusarien als Erreger beobachteten. Ein prinzipieller Unterschied zwischen den Keimlings- und Fusskrankheiten besteht nicht. Sie sind schon zeitlich nicht scharf auseinander zu halten, da Symptome der Fusskrankheit schon im Herbst auftreten können. KRAMPE (1926) stellt ausserdem fest, dass beide Krankheitsformen durch dieselben *Fusarium*-Arten hervorgerufen werden, und dass sich die Fusskrankheit stets auf die Infektion des Keimlings zurückführen lässt.

Auch der Halm kann von Fusarien besiedelt werden. SCHAFFNIT (1930) prägt dafür den Ausdruck Halmfusariose. Ob die Myzelien wirklich, wie es derselbe Autor annimmt, bis in die Ähre gelangen und dort die Samenanlagen infizieren, scheint noch nicht ganz sicher zu sein. ATANASOFF (1920) gelang die Isolierung von *Gibberella Saubinetii* bei Weizen nur aus den der Ähre am nächsten gelegenen Halmstücken, was in diesem Fall für eine Infektion von aussen spricht. In einer frühern Arbeit (1912) verneint SCHAFFNIT das Emporwachsen des *Fusarium*-Myzels im Halm, während DOYER (1921) wiederum bei

Weizen die Infektion der Ähre durch *Gibberella Saubinetii* vom Halme aus für möglich hält.

Jedenfalls steht fest, dass auch die Körner von der Fusariose erfasst werden, sei es, dass die Sporen von aussen zwischen die Spelzen gelangen oder dass die Infektion durch den Halm erfolgt. SCHAFFNIT (1912) unterscheidet zwischen Primär- und Sekundärinfektion, je nachdem die Samenanlagen oder die gelb-vollreifen Körner infiziert werden.

Wenn in den bisherigen Ausführungen alle Schädigungen des Roggens, die sich auf Fusarien zurückführen lassen, unter dem Begriff Fusariose zusammengefasst wurden, so geschah dies absichtlich. Die Bezeichnung hat den Vorteil, dass sie alle Krankheitsformen umfasst und zugleich den Zusammenhang mit den Erregern zum Ausdruck bringt. Sie scheint mir daher sehr zweckmässig zu sein und findet auch bereits in den Arbeiten von LUNDEGÅRDH, VON PFEIL (1928) und BALTZER (1930) Verwendung.

In diesem Zusammenhange möchte ich darauf hinweisen, dass der Ausdruck «Schneesimmel» in der Literatur oft in doppeltem Sinne gebraucht wird; einmal als Bezeichnung für die Krankheitsform, sodann als Benennung für *Fusarium nivale*. Da es aber wahrscheinlich ist, dass diese Art nicht allein die genannte Schädigung hervorruft, so erscheint es richtiger, den Ausdruck «Schneesimmel» nur für das Krankheitsbild, nicht aber für einen Erreger zu verwenden.

An der Entstehung der Fusariose sind verschiedene Arten von Fusarien beteiligt. *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. galt lange Zeit als der einzige Erreger des Schneesimmels. SCHAFFNIT (1912) erwähnt ausser der genannten Art besonders: *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. (Syn. *F. rubiginosum* App. et Wr.), *F. herbarum* (Corda) Fr. (Syn. *F. metachroum* App. et Wr.), *F. herbarum* (Cda.) Fr., var. *avenaceum* (Fr.) Wr. (Syn. *F. subulatum* App. et Wr.) und *F. didymum* (Hart.) Wr., von denen er aber nur *F. nivale* für einen echten Parasiten hält. Auch VON PFEIL (1928) nimmt mehrere Fusarien als Ursache dieser Krankheitsform an; er isoliert von Roggenkörnern mit Ausnahme von *F. didymum* sämtliche der oben genannten Arten, dazu *F. equiseti* (Cda.) Sacc., f. 1 Wr. (Syn. *F. ossicolum* Sacc.). Auch nach APPEL jun. (1924) erzeugen *F. herbarum* (Cda.) Fr. und *F. herbarum*, var. *avenaceum* (Fr.) Wr. unter geeigneten Bedingungen Schneesimmel. Nach SCHAFFNIT (1920) kommt für die Primärinfektion des Kornes nur *F. nivale* in Betracht.

Alle oben angegebenen *Fusarium*-Arten, ohne *F. didymum*, bezeichnet KRAMPE (1926) auch als Erreger der Fusskrankheiten. Von

Roggen isolierte er ferner *F. moniliforme* Sheld., var. *antophilum* (A. Br.) Wr. (Syn. *F. antophilum*). *F. culmorum* kommt nach seinen Versuchen eine besondere Bedeutung zu. Dagegen sollen nach SCHAFFNIT (1930) *F. nivale* und *F. culmorum* keine typische Fusskrankheit erzeugen.

Aus den vorstehenden Angaben ist ersichtlich, dass die parasitologischen Äusserungen der einzelnen *Fusarium*-Arten noch nicht abgeklärt sind. Ebenso ist die Frage der Saatgutbeize, die den Gegenstand mehrerer Untersuchungen bildet, immer noch umstritten. Während die Mehrzahl der Autoren wie HILTNER (1911), LINDFORS (1920), OPITZ (1921), LUNDEGÅRDH (1923), KRAMPE (1926) v. PFEIL (1928), EGLITS (1931) u. a. die Beize trotz gelegentlicher Misserfolge als vorteilhaft empfehlen, schreiben ihr SCHAFFNIT (1911, 1912) und BALTZER (1930) bedingten Wert zu, weil dadurch nur die Saatgutinfektion bekämpft werde.

Das physiologische Verhalten (Temperatur- und Reaktionsansprüche) verschiedener, uns hier interessierender *Fusarium*-Arten haben SCHAFFNIT (1912), SCHAFFNIT und MEYER (1930), LUNDEGÅRDH (1923) und TOGASHI (1931) geprüft.

Die schon mehrfach erwähnten Arbeiten von BALTZER (1930) und v. PFEIL (1928) sind deshalb beachtenswert, weil sie als erste über die Anfälligkeit, bezw. Resistenz zahlreicher Roggensorten und Stämme Aufschluss geben. BALTZER (1930) führt ausserdem wertvolle systematische Untersuchungen über die verschiedenen Infektionsmethoden durch. Die Versuche von KRAMPE erlauben, die Anfälligkeit der wichtigsten Getreidearten gegenüber einer Anzahl Fusarien zu vergleichen.

Über die Anfälligkeit von Roggensorten des schweizerischen Anbaugesbietes fehlen bis heute eingehende Untersuchungen. BUCHLI (1930) beobachtet die durch *Fusarium* verursachte Schädigung bei Roggenanbauversuchen; er bezeichnet alle geprüften Sorten als mehr oder weniger resistent.

Wenig bekannt ist dagegen über den Zusammenhang zwischen der Bodenbeschaffenheit und dem Auftreten der Fusariose. Manche Angaben von seiten der Praxis und der Literatur deuten darauf hin, dass solche Beziehungen bestehen. Nach SCHAFFNIT (1912) fördern stagnierende Nässe und bindige Böden die Bildung des Schneeschimmels, dafür wird aber mehr der Nährstoff- und Wassergehalt als die Bodenart verantwortlich gemacht (1930). Nach dem gleichen Autor soll *Fusarium nivale* alkalische Böden vorziehen und auf saurem Boden gar keine Bedeutung besitzen. BALTZER (1930) bemerkt, dass stark humose Erde den *Fusarium*-Befall begünstigt, ohne aber weiter auf den Einfluss der Bodenzusammensetzung einzugehen. Aus den Untersuchungen von KRAMPE (1926) geht hervor, dass die physikalische

Bodenbeschaffenheit in dieser Beziehung wichtig ist; er beobachtet Fusskrankheiten auf leichtem und schwerem Boden.

Das Ausmass der Schädigung durch Fusariose scheint endlich durch eine Reihe kulturtechnischer Massnahmen mitbestimmt zu werden. Nach SCHAFFNIT (1911, 1912) ist besonders nach früher Saat das Auftreten des Schneeschimmels zu erwarten. HILTNER (1907, 1911) teilt im allgemeinen diese Auffassung, doch beobachtet er auch schwere Auswinterungsschäden nach später Saat. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der Saatzeit und der Erkrankung an Fusariose hat APPEL (1925) durchgeführt. VOLKART prüfte die Frage für Weizen und fand bei mittelspäter Saat (kurze Zeit vor dem Einwintern) den grössten Schaden. Ausser der Saatzeit üben auch die Vorfrucht, die Düngung und die Saattiefe einen Einfluss auf das Auftreten der Fusariose aus. Die Angabe SCHAFFNIT's (1930), wonach vermehrter Schaden bei mehrmaligem Anbau derselben Getreideart auf dem gleichen Grundstück zu konstatieren ist, wird gelegentlich durch die Beobachtung praktischer Landwirte bestätigt. SCHAFFNIT (1912) bezeichnet grosse Saattiefe als vorteilhaft; NEUWEILER (1925) dagegen findet keine sichergestellten Unterschiede im *Fusarium*-Befall bei verschiedener Pflanztiefe.

#### Wirtschaftliche Bedeutung der Fusariose

Die Schäden, die der Roggenbau alljährlich durch die Tätigkeit der Fusarien erleidet, sind ganz beträchtlich. Hieher ist nicht nur der Ernteausfall zu zählen, sondern auch die Mehrausgaben, die durch die Neubestellung der Äcker nach starker Auswinterung notwendig werden. Dabei wird es kaum möglich sein, den Anteil des Schadens für eine einzelne *Fusarium*-Art, z. B. *Fusarium nivale*, anzugeben; es kann sich nur darum handeln, den Verlust zu erfassen, der durch die Gesamtheit der fraglichen Fusarien entsteht. Die Fusariose gehört ohne Zweifel neben den verschiedenen Rostarten und dem Roggenhalmbrecher (*Leptosphaeria herpotrichoides* de Not.) zu den gefährlichsten pflanzlichen Feinden der Roggenkultur.

APPEL (1921) berechnet für Deutschland im Mittel der Jahre 1901—1912 die Menge Saatroggen, die durch die Auswinterung verloren ging, auf 12,611 Mill. kg, welche einen Wert von 2,647 Mill. Mark darstellen. Dazu kommen die Kosten für die Neubestellung der Felder im Betrage von ca. 5,159 Mill. Mk., so dass der ganze Verlust rund 7,8 Mill. Mk. beträgt. Ausser in Deutschland ist die Roggenfusariose, speziell auch der Schneeschimmel in Frankreich (NAOUMOFF, 1914), in Oesterreich (BROŽ, 1915), in Schweden (LINDFORS, 1920; LUNDEGÅRDH, 1923) und in Lettland (EGLITS, 1931), vermutlich aber

auch in den übrigen baltischen Ländern und in Dänemark bekannt. Die Berechnungen von APPEL (1921) können nicht ohne weiteres auf die schweizerischen Verhältnisse übertragen werden (GÄUMANN, 1927), da in unserm Lande nicht überall Roggen gebaut wird und die klimatischen Bedingungen recht verschieden sind. Für die Roggen bauenden Gebiete würden sich wahrscheinlich ähnliche Werte ergeben, bis heute fehlen jedoch noch Erhebungen über die Flächen, die wegen Auswinterung umgepflügt werden mussten. Den durch die Fusariose verursachten Minderertrag an Roggen zu ermitteln, dürfte noch schwerer fallen; sicher sind aber oft die Ertragseinbussen, besonders nach späten Schneefällen, ganz bedeutend (siehe Seite 7—9).

Nimmt man an, dass der Bestand eines Roggenackers durch Fusariose während des Winters um 25 % gelichtet wurde (vergleiche die Angaben auf Seite 8), so bedeutet dies nach den üblichen Ansätzen einen Ernteausfall von 700 kg Roggen pro ha, was einem Geldwert von Fr. 196.— entspricht. Allerdings kann der dünnere Bestand durch die Bestockung im Frühjahr und durch kräftiges Wachstum der Pflanzen wieder etwas ausgeglichen werden. Ist der Schaden grösser, so dass Neuansaat notwendig wird, so hat man neben dem Saatgut auch den Mehraufwand an Arbeit zu berücksichtigen. Die Rechnung weist dann folgende Werte auf:

Saatgut für 1 ha, 120 kg zu Fr. 30.—	=	Fr. 36.—
Neubestellung pro 1 ha (säen und eggen)	=	» 50.—
Summe		Fr. 86.—

Somit ergibt sich im Falle starker Auswinterung ein Mehraufwand von Fr. 86.— gegenüber den Produktionskosten bei normaler Entwicklung der Wintersaaten.

Für eine rationelle Bekämpfung der Fusariose ist die Kenntnis der einzelnen, die Erkrankung fördernden Umstände unerlässlich. Bei der Besprechung der Literatur wurden die noch nicht abgeklärten Fragen in den Vordergrund gestellt. Die vorliegende Arbeit, die sich mit den Keimlings-, zum Teil auch mit den Fusskrankheiten befasst, greift eine Anzahl solcher Probleme heraus. Es sind dies die folgenden:

1. Physiologische Untersuchungen mit verschiedenen Fusarienarten.
2. Einfluss der Bodenart auf die Entstehung der Fusariose.
3. Anfälligkeit, bezw. Resistenz verschiedener für die Schweiz wichtiger Roggensorten.
4. Wirkung der Saatgutbeize.
5. Beziehung zwischen der Saatzeit und der Schädigung durch die Fusariose.
6. Einfluss der Temperatur auf den Verlauf der Infektion durch *Fusarium*.

## 1. Kapitel

# Ergebnisse einer Umfrage unter praktischen Landwirten

Zu Beginn der Untersuchungen schien es wünschenswert, die Erfahrungen einer grösseren Zahl von Praktikern über den Gegenstand der Fusariose zu sammeln. Zu diesem Zwecke wurden an grössere und kleinere landwirtschaftliche Betriebe Fragebogen versandt, die meistens wieder beantwortet eingingen. Diese enthielten Fragen über die Art und den Zeitpunkt des Auftretens der Fusariose, den Einfluss der Bodenart, der Düngung und der Vorfrucht, über Sortenanfälligkeit und die Höhe des verursachten Schadens. Wir hofften auf diese Weise unter anderem auch Aufschluss über Fragen zu erhalten, die sich durch den Versuch nur schwer oder mit grossem Zeitaufwand lösen lassen (Vorfrucht und Ausmass der Schädigung). Solche Erhebungen gewähren einen Einblick in die mannigfachen Verhältnisse und Probleme der Praxis. Man muss sich dabei freilich bewusst bleiben, dass nicht alle Angaben verwertet werden können, da diese oft unter ganz ungleichen äusseren Bedingungen und an verschiedenem Material gewonnen wurden oder auf ungenauen Beobachtungen beruhen. Trotzdem können die Ergebnisse oft wertvolle Anregungen für die auszuführenden Versuche bieten.

Da der Schneeschimmel den Landwirten am besten bekannt ist, wurde hauptsächlich an diese Erscheinung angeknüpft, aber auch auf die andern Krankheitsformen aufmerksam gemacht. Die Angaben beziehen sich aus diesen Gründen in erster Linie auf den Schneeschimmel.

Von 19 eingelaufenen Antworten enthielten 12 positive, brauchbare Resultate, die hier in etwas abgekürzter Form wiedergegeben seien.

1. Busswil, 573 m ü. M. Gebiet der bernischen Klee graswirtschaft (wie auch die Angaben unter 2–6). Schneeschimmel tritt in grossem Masse auf, wenn viel Schnee fällt, in den Monaten März und April. Spätere Folgen: dünner Bestand. Bodenart, Düngung und Fruchtfolge haben keinen Einfluss; frühe Saat wirkt ungünstig. Es werden alle Sorten betroffen. Angaben über die Höhe des Schadens fehlen.

2. Langenthal, 490 m ü. M. Der Schneeschimmel kommt in Mulden vor, wo der Schnee lange liegen bleibt, besonders nach starken Schneefällen. Zeit März und April. Folgen des Schneeschimmels wurden nicht beobachtet. Feuchter Tonboden fördert die Erkrankung. Über Fruchtfolge, Düngung etc. ist nichts bekannt. Meistens wird Petkuserroggen befallen.
3. Gondiswil, 680 m ü. M. Schneeschimmel wird ziemlich selten, an schattigen Stellen der Äcker beobachtet: Februar bis April. Der Befall äussert sich später durch Neigung zu Lagerfrucht. Schädigungen zeigen sich nur auf Moorboden; sie werden durch grossen Wassergehalt des Bodens und durch starke Stickstoffdüngung gefördert. Durch regen Fruchtwechsel und zweckmässige Düngung gelingt es, Schäden weitgehend zu vermeiden. Über Sortenanfälligkeit fehlen Angaben. Der Ernteausfall betrug in einem Fall 50 % als Folge der eingetretenen Lagerung.
4. Gondiswil, 660 m ü. M. Schneeschimmel tritt gelegentlich im März an Nordhalden auf, wenn der Schnee lange liegen bleibt; er bewirkt in späten Entwicklungsstadien häufig Lagerfrucht; hauptsächlich auf lehmigen Böden. Am stärksten werden Saaten befallen, die im Herbst schon sehr dicht standen; über die Fruchtfolge fehlen Beobachtungen. Da das Saatgut (Petkuserroggen) immer gebeizt wird, ist der Schaden meist gering; bei langandauernder Schneedecke beträgt er etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  des normalen Ertrages.
5. Münsingen, 550 m ü. M. Schneeschimmel wird gelegentlich in verschiedenen Lagen festgestellt, Feuchtigkeit begünstigt ihn. Petkuserrogen ist relativ stark anfällig, doch wird auch Landroggen befallen. Die Erkrankung äussert sich sowohl durch Verfärbungen der Körner als durch Auswintern.
6. Oppligen, 562 m ü. M. Schneeschimmel scheint auf dem alten «angestammten» Landroggen, der hier gebaut wird, nicht aufzutreten. Ein Versuch mit verschiedenen Zuchtsorten brachte infolge vollständiger Auswinterung einen ausgesprochenen Misserfolg.
7. Avenches, 480 m ü. M. Schneeschimmel kam vor Jahren, in den Monaten Februar und März, in sehr grossem Ausmasse vor. Die Schädigung belief sich bis auf 100 %. Teilweise wirkt sich die Erkrankung später durch Vermorschung der Halmbasis und Neigung zu Lagerfrucht aus. Der Befall wird durch die Vorfrucht nicht beeinflusst, dagegen sind die Verluste ganz zurückgegangen, seit die sauren Böden Volldüngungen und sehr hohe Gaben von Kalk erhalten. Weitere Angaben fehlen. Ähnliche Erscheinungen zeigt auch der Weizen.
8. Muri, Kt. Aargau, 482 m ü. M. Roggen wird hier nicht gebaut, wohl aber werden Auswinterungsschäden an andern Getreidearten beobachtet; gewisse Bodenarten, erhöhter Wasser- und Humusgehalt verschlimmern die Erscheinungen. An den betreffenden Stellen beträgt der Ertragsausfall bis 90 %. Es ist noch nicht erwiesen, dass Düngung mit Phosphorsäure Besserung bringt.
9. Liestal, 328 m ü. M. *Fusarium*-Befall wird von Roggen, in zwei Fällen auch von Weizen gemeldet, der nach dem Schossen Neigung zu Lagerfrucht, Vermorschung der Halme und kleine Körner bedingt. Die Erkrankung tritt sowohl auf Lössboden wie auf Lehmmergel auf, sie wird vermutlich bei Weizen durch mehrmaligen Anbau auf demselben Grundstück begünstigt. Die Schäden erreichen ca. 5—10 %.
10. Ober-Embrach, 462 m ü. M. Kleeergraswirtschaft mit ausgedehntem Ackerbau. Der Schneeschimmel kommt hier auf schwerem, feuchtem, drainiertem Boden, in den Monaten November und Dezember (?) vor. Folgeerscheinungen

wie Lagerfrucht, Verfärbungen der Halme etc. können jedes Jahr wahrgenommen werden. Nur Petkuserroggen leidet unter dieser Erkrankung, die Auswinterungsschäden betragen schätzungsweise 20—25%. Bezüglich Düngung, Vorfrucht usw. fehlen Angaben.

11. Saxerriet, 436 m ü. M. Starker *Fusarium*-Befall ist bis jetzt in zwei Fällen beobachtet worden und zwar auf Moorboden, wenn nicht gebeizt wurde; die Bestände waren so dünn, dass im Frühjahr die Äcker umgebrochen wurden. Bei Verwendung von Trockenbeizmitteln kommt die Saat stets ohne Schaden durch den Winter.
12. Landquart, 527 m ü. M. Die Erscheinung des Schneeschimmels ist hier bekannt, schädigt aber den Roggen nicht jedes Jahr. Die Gefahr ist am grössten, wenn Schnee fällt, bevor der Boden gefroren ist, und die Schneedecke übermässig lange liegen bleibt. Derartige Schäden zeigen sich stets im Frühjahr unmittelbar nach der Schneeschmelze, dagegen nie im Herbst. Über den Einfluss der Bodenart fehlen genaue Beobachtungen, doch scheinen schwere, feuchte Böden gefährlicher zu sein. Der stärkste Befall wurde im Winter 1923/24 verzeichnet, wo während vier Monaten ununterbrochen Schnee lag. Rothenbrunnerroggen bewährt sich etwas besser als gewöhnlicher Landroggen.

Von den Fragebogen gelangten sieben zurück, ohne Angaben über die Fusariose zu enthalten, sei es dass in den betreffenden Gebieten kein oder nur ganz wenig Roggen gebaut wird oder der Schneeschimmel überhaupt noch nie wahrgenommen wurde. Es handelt sich zur Hauptsache um grössere, gutgeleitete Betriebe, wo das Auftreten der Krankheit nicht entgehen sollte. Möglicherweise wird das Saatgut dort regelmässig gebeizt und dadurch die Fusariose des Roggens etwas zurückgedrängt. Angaben hierüber liegen jedoch nicht vor. In zwei Fällen (Obersteckholz und Regensdorf) darf jedenfalls mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, dass in der fraglichen Gegend der Roggen gelegentlich auch unter ähnlichen Symptomen erkrankt, da von Orten, die nicht mehr als 2,5 km entfernt liegen, Fusarien-Schäden gemeldet wurden. In Regensdorf hatte ich selber Gelegenheit, auf einem Felde, das sich etwa fünf Minuten von den Grundstücken des betreffenden Gutes entfernt befindet und die gleiche Bodenart aufweist, starke Schneeschimmelbildung zu beobachten (siehe Kap. 2, S. 12). Dass die Keimlings- und Fusskrankheiten leicht übersehen werden, braucht nicht zu verwundern, da sie weniger auffällig sind als der Schneeschimmel.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Übereinstimmend wird das Auftreten des Schneeschimmels in Zusammenhang gebracht mit der Stärke des Schneefalles und der Dauer der Schneebedeckung. Die grösste Schädigung ist während und unmittelbar nach der Schneeschmelze zu befürchten.

In einem einzigen Fall wird Fusariose schon in den Monaten November und Dezember beobachtet.

2. Allgemein wird hohe Bodenfeuchtigkeit als begünstigender Faktor für die Bildung des Schneeschimmels angesehen. Die Bodenart hat nach den Angaben verschiedener Einsender einen entscheidenden Einfluss darauf; vor allem scheint Moorboden, überhaupt Boden mit hohem Humusgehalt, gefährlich zu sein. Auch auf Ton- und Lehmböden wie auf Lösserde und Lössmergel treten Erkrankungen auf.

3. Über die Wirkung der Fruchtfolge, der Düngung und der Saatzeit liegen nur einzelne Angaben vor. Durch mehrmaligen Anbau von Roggen auf demselben Felde wird die Gefahr des *Fusarium*-Befalls erhöht. Starke Düngung mit Stickstoff bewirkt ebenso vermehrte Disposition zur Erkrankung; in derselben Richtung wirken frühe Saat und dichter Bestand im Herbst.

4. Petkuserroggen wird mehrfach gegenüber Landroggen als anfälliger bezeichnet, doch leidet auch dieser häufig unter Auswinterung. Rothenbrunnerroggen soll etwas widerstandsfähiger sein als gewöhnlicher Landroggen.

5. Der durch die Fusariose verursachte Schaden erreicht ganz verschiedene Werte. In einzelnen, besonders ungünstigen Fällen beträgt er 100%, d. h. fast alle Pflanzen wurden durch die Tätigkeit der Fusarien vernichtet. Mittelschwere Fälle mit einem Ertragsausfall von 20—25% scheinen häufig zu sein.

Die Ergebnisse einer solchen Umfrage werden um so zuverlässiger, je mehr Antworten zur Verfügung stehen, weil damit die Wahrscheinlichkeit, dass fehlerhafte Beobachtungen zurücktreten, zunimmt. Im vorliegenden Fall ist die Zahl zu klein, als dass sichere Schlüsse daraus gezogen werden dürften. Immerhin weisen die gewonnenen Angaben auf eine Reihe von Fragen hin, deren Lösung wichtig erscheint.

## 2. Kapitel

# Eigene Isolierungen

Bis dahin fehlten für das Gebiet der Schweiz Untersuchungen über das Vorkommen bestimmter *Fusarium*-Arten. Es lag nahe, zu vermuten, dass die gleichen oder ähnliche Arten, wie sie z. B. in Deutschland gefunden wurden (SCHAFFNIT 1912, KRAMPE 1926, v. PFEIL 1928, WOLLENWEBER 1931), auch für die Schweiz nachzuweisen seien. Nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. Dr. E. SCHAFFNIT in Bonn sollte *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. besonders in dem bergigen Gelände der Schweiz häufig zu finden sein und Schneeschimmel verursachen. Es war daher von Interesse, die Fusarien-Arten zu bestimmen, die sich von erkranktem Roggen und von befallenem Saatgut isolieren lassen.

Die Isolierung von *Fusarium* wurde aber noch aus einem andern Grunde notwendig. Im Jahre 1929 legte ich Feldversuche mit einem von Baarn (Zentralstelle für Pilzkulturen) bezogenen Stamm von *F. nivale* an, der sich für diese Zwecke als ungeeignet erwies. Trotz mehrmaliger Übertragung auf verschiedene sterile Substrate wie Reis, Roggenkörner, Roggenblätter, Kartoffeln etc. blieb die Bildung von Konidien aus, weshalb bei den genannten Versuchen Myzelinfektion angewendet werden musste. Da sich die Infektion mit Hilfe einer Konidien suspension viel einfacher und leichter gestaltet, war es wünschenswert, einen Stamm von *F. nivale* zu besitzen, der leicht fruktifiziert.

Im Frühjahr 1931 bot sich Gelegenheit, an mehreren Orten *Fusarium*-Material zu sammeln. Vom 6.—10. März schneite es stark; die Schneehöhe betrug in der Umgebung von Zürich 60 cm, in höhern Lagen entsprechend mehr. Die Schneeschmelze war in der Umgebung von Zürich (ca. 450 m ü. M.) am 22. März beendet, an schattigen Hängen fanden sich noch um Ostern (5. April) kleinere Schneeflecken. In bergigen Lagen, z. B. in Eriswil (Kt. Bern, 800—900 m ü. M.) lag auch nach Ostern noch reichlich Schnee. Der Boden war dort an Nordhängen erst etwa am 20. April schneefrei. Während der Zeit der Schneeschmelze konnte fast im ganzen Mittellande in den Roggen-

beständen Schneeschimmel beobachtet werden. Der Stand der Roggen-saaten war beim Eintritt der wärmeren Witterung, anfangs April, in flachen Gegenden meist recht gut, während sich im höheren Hügellande häufig schwere Auswinterungsschäden zeigten. Nicht selten waren in Roggenäckern 80—90 % der Pflanzen vernichtet. In dichten Beständen bildeten sich auf den dem Boden anliegenden Blättern ausgedehnte Myzelwatten. Abgestorbene, rötlich verfärbte Blätter und Pflanzen fehlten fast auf keinem Felde. Ausser auf Roggen und andern Getreidearten waren die rötlich-weissen Myzelrasen auch auf Kunst- und Naturwiesen zu finden.

In der Zeit vom 5.—29. April 1931 wurden an fünf verschiedenen Orten solche von *Fusarium* befallene Pflanzen und Pflanzenteile gesammelt und daraus mehrere Arten dieser Gattung isoliert.

Nachstehend eine Zusammenstellung der Herkunft des Ausgangsmaterials und des Zeitpunktes der Isolierung.

a) Material von Grasnarbe:

5. und 6. April Untermosen oberhalb Wädenswil, ca. 450 m ü. M. Gebiet der Graswirtschaft in bester Obstlage. Auf älteren Kunstwiesen waren besonders in der Nähe von Schneeflecken oder an noch feuchten Stellen lockere Myzelüberzüge festzustellen; an schon etwas abgetrockneten Partien waren auf toten, rötlich verfärbten Blättern oft Sporenlager zu finden. Besonders befallen zeigten sich Stöcke von *Dactylis glomerata* und *Lolium italicum*.

b) Material von Roggen:

11. April Gut Riethof, Regensdorf bei Zürich, 446 m ü. M. Wechselwirtschaft. Aus 2 Feldern mit Landroggen. Die Saaten standen sehr schön, über dem Boden lagen viele abgestorbene Blätter, eingetrocknetes Myzel war reichlich vorhanden.
27. April Vorwellsberg, südlich Willisau, Kt. Luzern, ca. 700 m ü. M. Aus je einem Bestand Landroggen und Petkuserroggen.
- 27./28. April Gondiswil, Kt. Bern, 620—700 m ü. M. Gebiet der bernischen Klee-graswirtschaft. Material aus verschiedenen Betrieben, teils von Land-, teils von Petkuserroggen. Die Schädigungen waren ungleich, schwach bis sehr stark.
29. April Schwendi, im südlichen Teil der Gemeinde Eriswil, Kt. Bern, 840—1000 m ü. M. Klee-graswirtschaft. Material von zahlreichen Roggenäckern, nur Landroggen; entsprechend der höhern Schneedecke traten hier grössere Auswinterungsschäden auf, in drei Fällen erreichten sie nahezu 100 %.

Im Laboratorium wurden die durch *Fusarium* infizierten Pflanzen zunächst mit Leitungswasser abgewaschen und hierauf in Glasdosen gelegt, deren Boden mit Filtrierpapier ausgekleidet war und die etwas Wasser enthielten. Teile des sich entwickelnden Myzels wurden auf

Malzagar übertragen (Zusammensetzung S. 20). Waren auf den befallenen Blättern Sporenlager vorhanden, so gelangte man durch Erstellung von Konidiensuspensionen verschiedener Konzentration auf einem kürzeren Wege zu Reinkulturen.

Ein längerer Studienaufenthalt an der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem, wo ich Gelegenheit hatte, im mykologischen Laboratorium unter der Leitung von Herrn Oberregierungsrat Dr. H. W. WOLLENWEBER zu arbeiten, ermöglichte die Bestimmung der isolierten *Fusarium*-Arten. Es ist meine Pflicht, der Direktion der Biologischen Reichsanstalt für die Überlassung des Arbeitsplatzes sowie dem Leiter des genannten Institutes für seine zuvorkommende und anregende Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen. Ebenso danke ich Herrn Dr. H. RICHTER für manche wertvolle Hilfe.

Um alle Isolierungen zur Sporenbildung zu bringen, wurden die Pilze auf dazu geeignete Nährböden übertragen (Kartoffelsaftagar, Gerstenähre, Hafermehlagar). Auf diesen Nährmedien bildeten alle Arten und Stämme in 1—2 Wochen Konidien; als besonders günstiges Substrat ist in dieser Beziehung Hafermehlagar mit Zusatz von 5‰ Glyzerin und 0,5‰ Milchsäure hervorzuheben. Hatten sich genügend Konidien entwickelt, so wurden in der üblichen Weise (Plattenkulturen) Einsporenkulturen hergestellt. Diese wurden auf ein Sortiment von Fusarien-Nährböden übertragen, das aus Kartoffelsaftagar, kombiniertem Hafermehlagar, BROWN'schem Agar, gekochtem Reis, Kartoffelstück, Kartoffelstengel, Lupinenstengel und Gerstenähre bestand. Die Unterschiede des Wachstums auf den verschiedenen Substraten erlauben es, in vielen Fällen schon rein makroskopisch eine *Fusarium*-Art, sicher aber die Sektion zu erkennen. Von den wichtigsten Isolierungen wurden reife Sporen in tausendfacher Vergrößerung gezeichnet und ausserdem die Septenzahl der Konidien bestimmt.

Herr Dr. WOLLENWEBER kontrollierte in freundlicher Weise alle Kulturen.

Aus dem beschriebenen Material konnten folgende, nach Herkünften geordnete Arten isoliert werden:

- a) Von Grasnarbe (ältere Kunstwiese); Wädenswil
- |   |      |
|---|------|
| <i>Fusarium herbarum</i> (Corda) Fr. <sup>1</sup> | 2mal |
| » <i>culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc. <sup>1</sup>  | 2mal |
| » <i>nivale</i> (Fr.) Ces. <sup>1</sup>           | 2mal |
| » <i>solani</i> (Mart. pr. p.) App. et Wr.        | 2mal |

<sup>1</sup> Der Einfachheit halber werden in Zukunft die Autorennamen den Namen der Spezies nicht mehr beigefügt. Wo nichts anderes angegeben, sind die oben bezeichneten Arten zu verstehen.

b) Von Roggen: Vorwellsberg bei Willisau.

<i>Cylindrocarpon olidum</i> Wr.	1mal	(von Petkuserroggen)
<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.	1mal	(von Land- und Petkuserroggen)

Gondiswil.

<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.	2mal	(von Landroggen)
» <i>herbarum</i> (Cda.) Fr.	4mal	(2mal von Petkuserroggen)

Eriswil.

<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.	3mal	(nur von Landroggen)
» <i>herbarum</i> (Cda.) Fr.	—	
» <i>orthoceras</i> App. et Wr.		
» <i>v. longius</i> (Sherb.) Wr.	1mal	

Regensdorf.

<i>Fusarium nivale</i> (Fr.) Ces.	6mal	(von Landroggen)
» <i>solani</i> (Mart.) v. <i>Martii</i>		
(App. et Wr.) Wr.	1mal	
» <i>merismoides</i> Corda	1mal	

Das obige Verzeichnis erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Einmal konnten aus Mangel an Zeit nicht alle gesammelten Proben auf *Fusarium* untersucht werden, sodann wurden durch die Art der Isolierung vorzugsweise nur diejenigen Arten erfasst, die leicht Myzel bildeten. Es ist durchaus möglich, dass bei weiterer Prüfung die Zahl der Stämme, eventuell auch die Zahl der Arten noch vermehrt worden wäre.

Unter den Isolierungen ist *F. nivale* 14mal vertreten (= 50%), *F. herbarum* kommt 6mal vor; *F. nivale* macht also den grössten Teil der Isolierungen aus. Irgendwelche Schlüsse über die Häufigkeit des Vorkommens einer bestimmten *Fusarium*-Art daraus ziehen zu wollen, erlauben diese wenigen Isolierungen nicht, dazu müssten umfangreichere Erhebungen vorliegen. Festgestellt kann werden, dass *Fusarium nivale* im Gebiet des schweizerischen Mittellandes in höheren und tieferen Lagen auftritt.

Auffallend ist der Unterschied im *Fusarium*-Gehalt zwischen Material von Roggen und solchem von Grasnarbe. Von Wiesland (Wädenswil) liessen sich hauptsächlich *Fusarium herbarum* und *F. culmorum* isolieren; *F. nivale* tritt hier hinter diesen beiden Arten zurück.

Zu erwähnen ist ferner eine Isolierung von Roggenkörnern. Eine Probe erstklassigen Saatgutes (Landroggen), das 1929 (nach einem schneereichen Winter) einen erkrankten Bestand lieferte, wurde auf ihren *Fusarium*-Gehalt untersucht. Etwa 100 Körner ge-

langten in Zinkkästchen auf sterilem Ziegelgrus zur Aussaat. Von einigen verpilzten Körnern konnten zwei Fusarien isoliert werden. Die Bestimmung ergab *Fusarium equiseti* (Cda.) Sacc. und *F. solani*.

Obschon im Rahmen dieser Arbeit hauptsächlich von Roggen isolierte Fusarien besprochen werden sollen, sei an dieser Stelle doch über das Vorkommen einer weiteren *Fusarium*-Art, und zwar bei Weizen berichtet. Anlässlich der Kontrolle eines Versuchsfeldes in Avenches (siehe Kap. IV., S. 51) im April 1930 beobachtete ich auf einem benachbarten Weizenfeld (Sorte Mont Calme), schwere Schädigungen an den jungen, etwa 10 cm hohen Pflanzen. Mehr oder weniger zusammenhängende Flächen, die etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  des ganzen Bestandes von ca. 10 ha ausmachten, fielen schon von weitem durch ihre braungrüne Verfärbung auf. Die Pflanzen waren dort schlaff und lagen meist dem Boden auf, während andere Pflanzen sich normal entwickelten. Erkrankte Pflanzen liessen sich fast immer leicht aus der Erde ziehen, wobei der vermorschte Halmgrund zerriss. Eine Anzahl solcher Pflanzen wurden mitgenommen und in feuchte Kammern ausgelegt. In allen Fällen wurde dieselbe *Fusarium*-Art isoliert: *Fusarium sambucinum* Fuck., die Konidienform der *Gibberella pulicaris* (Fr.) Sacc.

Diese Angabe dürfte die erste für das Gebiet der Schweiz sein.

Von den bisher genannten Isolierungen verlangen drei Arten erhöhtes Interesse, weil sie im Verlaufe der vorliegenden Arbeit als Infektionsmaterial dienten oder weil sie in ihren morphologischen Eigenschaften von andern bekannten *Fusarium*-Arten abweichen. Es sind dies:

- a) *Fusarium herbarum*, Stamm 204,
- b) » *nivale*, Stamm 302,
- c) » *nivale*, Stamm 401.

*Fusarium herbarum*, Stamm 204 und *F. nivale*, Stamm 302 fanden bei den in Kap. V (S. 76) beschriebenen Infektionsversuchen Verwendung. Aus den angegebenen Gründen werden diese drei Formen hier etwas näher charakterisiert.

a) *Fusarium herbarum*, Stamm 204, stammt von befallenem Petkuserroggen von Gondiswil und zeichnete sich unter den andern Isolierungen derselben Art durch besonders kräftiges Wachstum und reichliche Sporenbildung aus.

Abbildung 1 stellt einige 30 Tage alte Sporen aus einer Kultur auf Lupinenstengeln dar. Von 100 Konidien derselben Kultur wurde die Septenzahl festgestellt und dabei die folgenden Werte gefunden:

Zahl der Septen	1	2	3	4	5	6
Zahl der Sporen	1	0	19	60	20	0

Die Zahl der Septen schwankt hauptsächlich zwischen 3 und 5, die meisten Sporen besitzen 4 Querwände (mittlere Septenzahl = 3,98). An gleichem Sporenmateriale wurden folgende Masse ermittelt: 3-septierte Sporen  $48,3 \times 3,3 \mu$ , 4-septierte  $57,8 \times 4,0 \mu$ , 5-septierte  $64,5 \times 3,8 \mu$  (Mittelwerte  $53,6 \times 3,65 \mu$ ); die extremen Werte betragen  $37,3-66,0 \mu$  für die Länge und  $2,5-4,5 \mu$  für die Breite.

WOLLENWEBER (1910) gibt für Länge und Breite der Konidien die folgenden Werte an: 3-septierte Sporen:  $41 \times 3,4 \mu$ , meistens  $30-48 \times 2,7-3,9 \mu$  (höchstens  $22-61 \times 2,3-6 \mu$ ); 5-septierte:  $56 \times 3,7 \mu$ , meist  $45-66 \times 3,1-4,5 \mu$  ( $35-80 \times 2,5-6 \mu$ ).

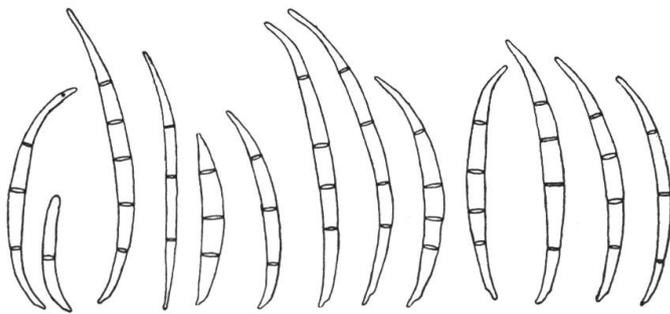


Abb. 1  
Sporen von *Fusarium herbarum*, Stamm 204. Aus einer Kultur auf Lupinenstengel 30 Tage alt. Vergr. 500  $\times$ .

b) *Fusarium nivale*, Stamm 302 wurde aus Landroggen-Material von Eriswil gewonnen. Die Schädigung war in dem betreffenden Fall ganz beträchtlich, sie erreichte in einem grossen Teil des Ackers ca. 70%. Dieser Pilz bildete von allen Stämmen der gleichen Art am meisten Sporen. Auf kombinierten Hafermehlagar entstand nach 14 bis 20 Tagen eine dichte, zusammenhängende, orangefarbene Schicht von Konidien. In ähnlicher Masse besass diese Eigenschaft nur noch ein aus Material von Regensdorf isolierter Stamm, Nr. 408; etwas schwächer fruktifizierten Nr. 401 und 405. 200 Konidien einer 46 Tage alten Kultur auf Kartoffelsaftagar ergaben folgende Verteilung der Septenzahl (Abb. 2):

Zahl der Septen	0	1	2	3	4	5
Zahl der Sporen	1	53	53	93	0	0

Konidien mit 3 Septen sind am zahlreichsten, doch finden sich auch 2- und 1-septierte häufig (mittlere Septenzahl = 2,19). 3-septierte Sporen messen  $20,9 \times 3,7 \mu$  (extreme Werte:  $17,5-26,3 \times 2,5-4,7 \mu$ ), 2-septierte  $19,5 \times 3,8 \mu$  ( $14,5-24,1 \times 2,7-5,2 \mu$ ), 1-septierte  $17,1 \times 3,65 \mu$  ( $13,4-20,0 \times 3,0-4,5 \mu$ ). Obige Werte stammen von 18-46 Tage alten Konidien aus vier verschiedenen Nährsubstraten.

Die mittlereren Längenmasse stimmen mit denen von WOLLENWEBER (1931) gefundenen gut überein. Die Breitenmasse dagegen

stehen etwas über den in der *Fusarium*-Monographie angegebenen; sie liegen aber noch innerhalb der dort mitgeteilten grössten Amplituden. Nur bei einer 2-septierten Spore wurde eine grössere Breite gemessen ( $5,2 \mu$ ).

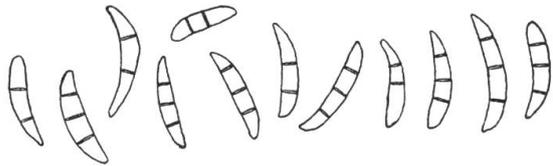


Abb. 2  
Sporen von *Fusarium nivale*, Stamm 302. Aus einer Kultur auf Kartoffelsaftagar, 46 Tage alt. Vergr.  $500 \times$ .

c) *Fusarium nivale*, Stamm 401 ist eine Isolierung aus Material (Landroggen) von Regensdorf. Gegenüber dem eben besprochenen Stamm 302 unterscheidet er sich durch etwas grössere Sporenmasse und grössere Septenzahl. 100 Sporen einer 44 Tage alten Kultur auf Hafermehlagar wiesen die nachstehende Septierung auf (Abb. 3):

Zahl der Septen	1	2	3	4	5	6	7
Zahl der Sporen	9	13	68	4	2	3	1

Konidien mit 3 Septen machen auch hier den grössten Prozentsatz aus, doch werden im Gegensatz zu der Isolierung 302 auch höher septierte Fruchtformen gebildet (mittlere Septenzahl =  $2,90$ ). Die Sporenmasse betragen (gleiche Kultur wie oben): 3-septierte Sporen  $26,0 \times 4,7 \mu$ , 4—5-septierte  $31,6 \times 4,9 \mu$ , 6—7-septierte  $33,6 \times 5,15 \mu$ . Da nur eine kleinere Anzahl von Messungen vorliegt, werden nur die Mittelwerte angegeben. Die mittleren Masse der 3-septierten Sporen sind deutlich grösser als die entsprechenden des Typus von *Fusarium nivale*. Die Länge liegt noch innerhalb der extremen Werte, die Breite dagegen überschreitet die obere Grenze um  $0,2 \mu$ . Bessere Übereinstimmung besteht mit den Massen von *Fusarium nivale*, var. *majus* Wr. (Konidienform von *Calonectria graminicola*, var. *neglecta* Krampe). WOLLENWEBER gibt für diese Form an (*Fusarium*-Monographie, 1931, S. 319): 3-septierte Sporen  $26,0 \times 5,3 \mu$ , 4—5-septierte  $27,5$

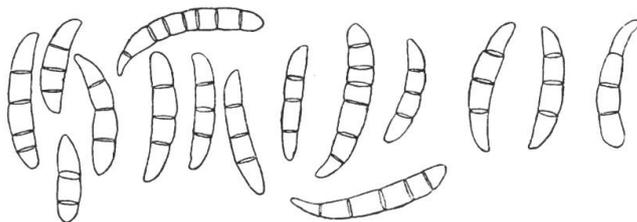


Abb. 3  
Sporen von *Fusarium nivale*, Stamm 401. Aus einer 44 Tage alten Kultur auf Hafermehlagar. Vergr.  $500 \times$ .

$\times 5,5 \mu$ , 6—7-septierte  $29,0 \times 5,75 \mu$ . Die Längenmasse des Stammes 401 stimmen mit denen der *majus*-Form vorzüglich überein, die Breite der Sporen jedoch bleibt hinter den entsprechenden Werten zurück. Unsere Form 401 hält also zum Teil die Mitte zwischen dem Typus von *Fusarium nivale* und der genannten Varietät. Eine «forma media» aufzustellen, erscheint mir als verfrüht, zuvor müsste nament-

lich eine grössere Zahl von Sporenmessungen vorgenommen werden. Für die Möglichkeit, dass es sich in dem Stamm 401 doch um *Fusarium nivale*, v. *majus* handeln könnte, spricht der Fundort. Das Gut Riethof (bei Regensdorf) liegt rund 15 km von Witikon entfernt, woher das Material stammte, aus dem KRAMPE seine Var. *neglecta* von *Calonectria graminicola* (Berk. et Brme.) Wr. isolierte.

Die vorliegenden Angaben dürften genügen, die Identität des Stammes 204 mit *Fusarium herbarum* und die der Stämme 302 und 401 mit *F. nivale* nachzuweisen.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Von jungen Roggenpflanzen aus erkrankten Beständen des schweizerischen Mittellandes wurden folgende, nach Häufigkeit geordnete, Arten von *Fusarium* isoliert: *Fusarium nivale*, *F. herbarum*, *F. solani*, var. *Martii*, *F. orthoceras*, var. *longius*, *F. merismoides* und *Cylindrocarpon olidum*.  
 Von Grasnarbe wurden erhalten; *Fusarium herbarum*, *F. culmorum*, *F. nivale* und *F. solani*.  
 Von Roggenkörnern: *Fusarium equiseti* und *F. solani*.  
 Von jungen, erkrankten Weizenpflanzen: *Fusarium sambucinum* (= *Gibberella pulicaris*).
2. In den untersuchten Fällen war an der Entstehung der Fusariose bei Roggen *Fusarium nivale* am meisten beteiligt. An 2. Stelle folgt *Fusarium herbarum*. Allgemeine Schlüsse über die Verbreitung der beiden Arten können daraus nicht abgeleitet werden.
3. Von *Fusarium nivale* wurde ein Stamm isoliert, dessen Sporen in bezug auf die Grösse zwischen dem Typus und der Var. *majus* stehen.

### 3. Kapitel

## Physiologische Versuche

In diesem Kapitel wird über Versuche berichtet, welche dazu beitragen sollen, das physiologische Verhalten der *Fusarium*-Arten, mit denen Infektionsversuche ausgeführt wurden, aufzuklären.

Für das Zustandekommen einer Infektion einer höhern Pflanze durch irgendeinen pflanzlichen Parasiten sind verschiedene Faktoren massgebend. Neben «inneren» Bedingungen, wie Anfälligkeit, Resistenz und Immunität auf seiten des Wirtes und Virulenz oder mangelnde Vitalität auf der Seite des Parasiten, wird der Infektionsverlauf auch durch eine Reihe «äusserer» Umstände beeinflusst. Einer der wichtigsten dieser Umweltfaktoren ist, wie neuere Arbeiten von STAKMAN und LEVINE, DICKSON, ECKERSON, LINK, JONES und HOLBERT u. a. (zit. bei FISCHER & GÄUMANN, 1929) ergeben haben, die Boden- und Lufttemperatur.

Um sich optimal zu entwickeln, stellen Parasit und Wirt ganz bestimmte Ansprüche an die Aussentemperatur, die von Fall zu Fall wechseln können. Je näher die Aussentemperatur den optimalen Wachstumstemperaturen von Parasit und Wirt steht, um so günstiger sind für diese die Lebensbedingungen. Für das Gelingen und die Stärke der Infektion ist entscheidend, bei welcher Temperatur das Wachstumsoptimum der beiden Partner erreicht wird. Eine bestimmte Temperatur kann für die Entwicklung der Wirtspflanze günstig sein, während die gleiche Temperatur auf das Gedeihen des Parasiten nachteilig wirkt. In diesem Fall werden die Abwehrreaktionen des Wirtes stark unterstützt und eine Infektion ist kaum zu erwarten. Wird dagegen die Entwicklung des Parasiten durch die Temperatur gefördert, das Wachstum des Wirtes aber nicht angeregt oder sogar gehemmt, so ist eine Infektion wahrscheinlich. Der Infektionsverlauf ist also die Resultierende dieser beiden, in entgegengesetzter Richtung wirkenden Wachstumsvorgänge. Fallen die Temperaturansprüche von Parasit und Wirt zusammen, so hat man theoretisch über den ganzen Temperaturbereich einen annähernd gleichen Befall zu erwarten.

Sind die Ansprüche jedoch verschieden, so wird der Befall an einer bestimmten Stelle am stärksten sein, eben dort, wo der Parasit gegenüber dem Wirt in bezug auf die Entwicklungsmöglichkeit im Vorteil ist.

Aus den oben dargelegten Gründen ist die Kenntnis der Temperaturansprüche von Parasit und Wirt zum Verständnis der Infektionsbedingungen notwendig. Die hier zunächst zu besprechenden Versuche haben die Aufgabe, die Abhängigkeit des Wachstums der Parasiten von der Temperatur zu zeigen. Entsprechende Untersuchungen wurden durchgeführt mit *Fusarium herbarum*, *F. nivale* und *F. culmorum*.

## 1. Wachstum von *Fusarium herbarum* und *F. nivale* auf festen und in flüssigen Nährböden

### Versuchsmethodik

Der einzig gangbare Weg zur Lösung dieser Aufgabe besteht in der Kultur der Pilze auf künstlichen Substraten. Dabei stehen 2 Möglichkeiten offen: 1. Kultur auf festen Nährböden, 2. Kultur in flüssigen Nährmedien. Feste Nährböden eignen sich besonders zur Feststellung des Längenwachstums, bzw. der Zuwachsgeschwindigkeit. Diese stellt ohne Zweifel einen brauchbaren Maßstab für die Wachstumsenergie eines Pilzes dar; die Methode hat aber den Nachteil, dass nur das an der Oberfläche gebildete Myzel berücksichtigt wird. Die Kultur in einer Nährlösung erlaubt, das entstandene Myzel quantitativ zu bestimmen. Als Mangel dieser Methode mag gelten, dass der Sauerstoffzutritt gegenüber der Kultur auf festen Nährböden erschwert und der Unterschied zwischen natürlichem und künstlichem Substrat noch grösser ist. Die Verfahren ergänzen sich, weshalb beide in den vorliegenden Versuchen Verwendung fanden.

Für die Bestimmung des Längenzuwachses diente als Nährboden Malzagar, der im Liter 20 g Agar und 40 g Malzextrakt der Firma Wander A.-G. in Bern enthielt. Nach der Analyse der Fabrik waren in der angegebenen Menge Malzextrakt vorhanden: 16,4 g Maltose, 12,8 g Dextrin, 2,8 g Albuminosen und Peptone und 0,6 g Nährsalze (phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia, Alkalien).

100 ccm des verflüssigten Nährbodens wurden in Kolleschalen von ca. 20 cm Durchmesser abgefüllt und im Dampftopf bei 1 Atmosphäre Druck 3 mal, während 1½ Stunden sterilisiert. Hierauf wurde mit einer Impfnadel ein kleines Stückchen aus einer sporenfreien *Fusarium*-Kultur in die Mitte des erstarrten Substrates gebracht. Die 120 beimpften Schalen gelangten in 12 Thermostaten, deren Tempe-

peraturen in Intervallen von  $3^{\circ}$  den Bereich von  $0-33^{\circ}$  C umfassten. Die Temperaturen wurden täglich kontrolliert, und aus den Ablesungen am Schlusse eines Versuches die mittlere Temperatur berechnet. Hatte das Myzel der am stärksten wachsenden Kulturen den Rand der Schalen erreicht, was nach 10—15 Tagen der Fall war, so wurde von jeder Kultur der kleinste und der grösste Durchmesser des Myzelrasens gemessen, aus beiden Werten das arithmetische Mittel gezogen und aus den 10 zusammengehörenden Zahlen einer Temperaturserie der mittlere Durchmesser berechnet. Der mittlere Fehler gibt über die Schwankung der Resultate Auskunft. Gelegentlich musste eine Kultur infolge Mischinfektion aufgegeben werden.

Für die Kultur in Nährlösungen wurden 100 ccm einer geeigneten Nährflüssigkeit in Erlenmeyerkolben von 400 ccm Inhalt abgefüllt, diese mit Watte verschlossen und wie oben fraktioniert sterilisiert. Zur Beimpfung der Kolben diente eine konzentrierte Sporensuspension. In jeden Kolben mit Nährlösung wurden 3 Ösen voll dieser Sporenaufschwemmung übertragen. Je 10 Kolben kamen in einen Thermostaten zu stehen. Nach 2—3 Wochen wurden die Kulturen aus den Thermostaten entfernt und in den nächsten Tagen verarbeitet. In einigen Fällen musste ein Teil der Kolben in den Kühlraum gestellt werden ( $-1,0$  bis  $+1,0^{\circ}$  C), wo sie 1—2 Tage verblieben. Wie die Versuchsergebnisse zeigen, ist das Wachstum bei dieser Temperatur ganz minimal, so dass die entstandenen Fehler nicht stören. Das Myzel wurde auf Filter gebracht und 2 mal mit kochendem Wasser übergossen, um die Hyphen abzutöten. Filter und Myzel wurden mit Wasser von  $60-70^{\circ}$  C ausgewaschen, in einem Thermostaten bei  $30^{\circ}$  etwas angetrocknet und endlich das lufttrockene Myzel bei  $103^{\circ}$  C während 4 Stunden zur Trockne gebracht. Die Tabellen geben das arithmetische Mittel der 10 beobachteten Myzel-Trockengewichte einer Temperaturserie und den mittleren Fehler wieder.

### Versuchsergebnisse

#### a) Versuche mit *Fusarium herbarum*

Tabelle 1 stellt das Längenwachstum von *F. herbarum*, Stamm 204 auf Malzagar dar.

Zur Bestimmung des Myzel-Trockengewichtes von *Fusarium herbarum* diente RICHARD'sche Nährlösung. Diese enthält auf 1 Liter destilliertes Wasser 0,5 g Monokaliumphosphat, 2,5 g Magnesiumsulfat, 4 g Kaliumnitrat, 10 g Ammoniumnitrat, 50 g Traubenzucker und 20 mg Eisenchlorid. Der entstehende Niederschlag von Eisenphosphat war sehr geringfügig und konnte daher vernachlässigt werden. In dieser Nährlösung wuchs der von Baarn bezogene wie der selbst

**Tab. 1** Mittlere Durchmesser der Kulturen von *F. herbarum*, Stamm 204 auf Malzagar nach 15 Tagen. (Abb. 4.)

Mittlere Temperatur ° C	Mittlerer Durchmesser mm	Mittlerer Fehler mm
-0,9	3,9	± 0,3
+3,1	14,6	± 0,8
6,1	31,1	± 0,5
8,2	43,1	± 0,8
11,7	64,2	± 0,9
14,7	82,1	± 1,05
18,0	109,9	± 0,9
20,9	134,9	± 1,1
24,0	144,4	± 0,6
26,9	133,0	± 2,2
30,1	38,1	± 2,7
33,3	0	0

isolierte Stamm 204 sehr gut. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der beiden Versuchsserien vereinigt.

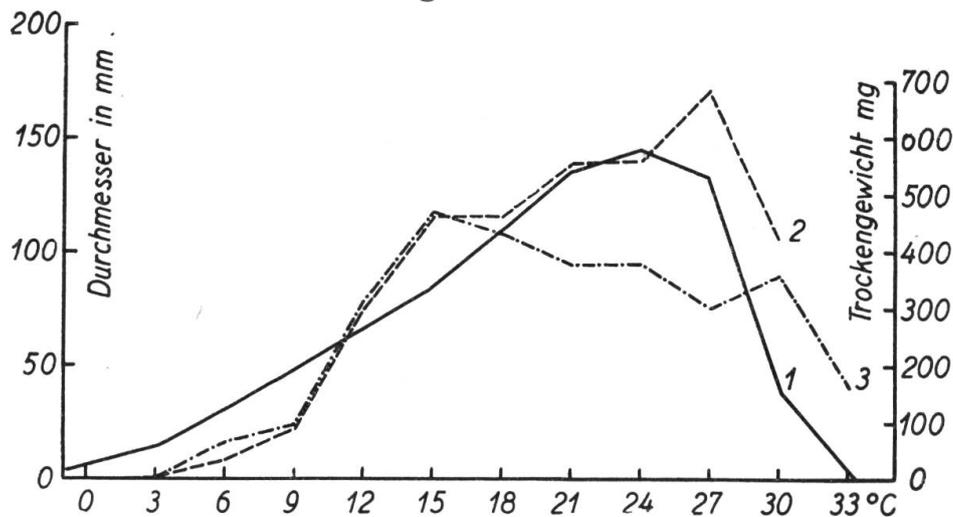


Abb. 4. Wachstum von *Fusarium herbarum*, Stamm 204 (1) auf Malzagar und des Stammes Baarn (3) und 204 (2) in RICHARD'scher Nährlösung.

Das Wachstumsoptimum von *Fusarium herbarum*, Stamm 204, auf Malzagar liegt im Bereich von 21—27° C mit einem flachen Maximum bei 24°. Nach den höhern Temperaturen nimmt das Wachstum sehr rasch ab; bei 30° wurde ungefähr gleich viel Myzel gebildet wie bei 9°, bei 33° dagegen keines mehr. Bei -0,9° C wächst der Pilz wohl schwach, aber noch merklich; die untere Wachstumsgrenze konnte nicht mehr bestimmt werden, sie liegt vermutlich noch etwas tiefer.

**Tab. 2** Myzel-Trockengewichte von *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn und Stamm 204, nach 28–30 Tagen. Kultur in RICHARD'scher Nährlösung. (Vergl. Abb. 4.)

Temperatur der Thermostaten ° C	<i>Fusarium herbarum</i> , Stamm Baarn, 28 Tage alt		<i>F. herbarum</i> , Stamm 204, 30 Tage alt	
	Myzel- Trockengewicht mg	Mittlerer Fehler mg	Myzel- Trockengewicht mg	Mittlerer Fehler mg
—0,6	0	—	0	—
3,2	Spuren	—	Spuren	—
6,1	63,1	± 4,0	33,1	± 2,1
8,7	96,4	± 8,7	87,2	± 12,4
12,0	312,2	± 23,6	298,4	± 47,6
14,5	470,2	± 28,4	462,3	± 44,6
17,9	432,1	± 16,1	462,2	± 20,4
21,0	377,9	± 25,3	554,6	± 27,9
24,0	378,9	± 12,8	559,8	± 57,6
27,2	301,3	± 17,5	684,0	± 30,6
30,2	357,7	± 25,0	421,8	± 31,5
32,9	164,1	± 27,6		
19,3 im Licht			679,7	± 29,4
im Dunkeln			554,6	± 41,2

Bei Kultur in Nährlösung ist auffallend, dass gegenüber der Kultur auf festem Substrat die Wachstumsgrenzen beträchtlich nach oben verschoben sind. Das Wachstum der beiden untersuchten Stämme beginnt bei 3° C. Bis 15° erfolgt ein steiler, gemeinsamer Anstieg; während aber bei Stamm 204 das Myzel-Trockengewicht von hier an noch stark zunimmt, hat der Stamm von Baarn bei dieser Temperatur schon sein Wachstumsoptimum erreicht. Die entsprechende Kurve sinkt von 15° langsam bis 30° und fällt dann steil ab. Die Wachstumsintensität zwischen 15° und 24° ist nicht wesentlich verschieden. Die Differenzen der Einzelbestimmungen liegen hier wohl zum Teil ausserhalb der Fehlergrenzen; berechnet man jedoch den mittleren Fehler der Gewichtsunterschiede, so ergibt sich, dass die betreffenden Werte den üblichen Bedingungen nicht genügen. (Die Differenz zweier Einzelbestimmungen einer Versuchsreihe soll bekanntlich mindestens das 3fache des zugehörigen mittleren Fehlers betragen.) Man kann daher den Temperaturbereich von 15–24° als das Gebiet des optimalen Wachstums dieses Stammes betrachten. Der Stamm 204 dagegen weist bei 27° ein ausgeprägtes Optimum auf; nach der Seite des Maximums fällt die Kurve sehr schnell.

Für das verschiedene Verhalten der beiden Stämme scheinen 2 Erklärungen möglich zu sein. Entweder handelt es sich um biologische Rassen von *Fusarium herbarum* mit ungleichen physiologischen Eigenschaften oder der von Baarn bezogene Stamm ist infolge fort-dauernder Kultur auf künstlichen Nährsubstraten degeneriert und vermag bei Temperaturen um 24° nicht mehr in gleichem Masse zu gedeihen.

Angaben über das Wachstum von *Fusarium herbarum* sind in der Literatur spärlich. SCHAFFNIT (1912) beobachtet auf festen Nährböden bei 20° besseres vegetatives Wachstum als bei 12 und 26°, während in unsern Versuchen der Pilz bei 27° noch annähernd gleich gut wächst wie bei 20°.

Gleichzeitig mit den Kulturen in den Thermostaten wurden beimpfte Kolben im Laboratorium bei Zimmertemperatur aufgestellt, und zwar 10 Kolben im Licht, ca. 1 m vom Fenster entfernt und 10 Kolben im Dunkeln dicht daneben in einer Kartonschachtel. Die Ergebnisse sind der Tabelle 2 angefügt. In den Kulturen, die im vollen Tageslicht standen, entwickelte sich deutlich mehr Myzel, die Sporenproduktion dagegen war bei beiden Reihen gleich. Der Unterschied im Myzel-Trockengewicht der Licht- und Dunkel-Kulturen liegt ausserhalb des mittleren Fehlers. Die mittlere Temperatur des Raumes betrug während des Versuches 19,3° C; die Kulturen wurden zeitweise von der Sonne beschienen.

#### b) Versuche mit *Fusarium nivale*

Malzagar erwies sich zur Kultur von *Fusarium nivale* als geeignetes Substrat. Zur Prüfung gelangten die Stämme 302 und 408; der letztere deshalb, weil seine Verwendung bei den Infektionsversuchen vorgesehen war. In Tabelle 3 sind die Resultate der beiden Versuchsserien zusammengestellt.

Die obere Wachstumsgrenze liegt für beide Stämme etwas oberhalb 33° C. Der Stamm 408 wächst optimal bei 21° (20—22°) C, für den Stamm 302 wurde ein Optimum bei 21—24° festgestellt. Bemerkenswert ist, dass der Stamm 408 bei 0° in 13 Tagen noch Myzelrasen von durchschnittlich 20 mm Durchmesser bildet; sein Minimum befindet sich vermutlich bei —3,0° C.

*Fusarium nivale* in einer Nährlösung zu kultivieren bereitete anfänglich Schwierigkeiten. In RICHARD'scher Lösung gedieh nur der von Baarn bezogene Stamm, doch ging später sein Wachstum darin stark zurück (vergl. S. 32). Für Stamm 302 erwies sich das gleiche Substrat als ungeeignet, ebenso die Lösungen nach KNOP (KÜSTER, 1913, S. 17) und MELIN (MELIN, 1925), wobei der Pilz stets mittelst

**Tab. 3** Längenwachstum von *Fusarium nivale*, Stamm 302 auf Malzagar nach 10 Tagen und von Stamm 408 nach 13 Tagen.

<i>Fusarium nivale</i> , Stamm 302, 10 Tage alt			<i>Fusarium nivale</i> , Stamm 408, 13 Tage alt		
Mittlere Temperatur ° C	Mittlerer Durchmesser mm	Mittlerer Fehler	Mittlere Temperatur ° C	Mittlerer Durchmesser mm	Mittlerer Fehler
-0,8	3,4	± 0,5	-0,9	20,0	± 1,3
+2,9	16,0	± 1,7	+3,2	36,3	± 3,3
6,0	31,9	± 2,5	6,0	68,2	± 2,6
9,0	52,5	± 3,2	8,9	94,8	± 5,7
11,8	96,3	± 2,0	12,3	135,6	± 4,2
14,2	120,0	± 2,2	15,1	147,9	± 4,9
18,0	145,1	± 1,5	18,0	176,5	± 3,2
21,0	158,8	± 1,0	21,1	204,9	± 1,0
24,2	159,5	± 0,7	23,8	182,0	± 1,8
27,2	46,0	± 6,6	27,2	55,8	± 6,5
30,1	1,9	± 1,04	30,3	Spuren	—
32,4	0	—	32,9	0	—

Konidien übertragen wurde. In einer Lösung nach BURGEFF (BURGEFF, 1909) war wenigstens bei den tiefern Temperaturen schwaches Wachstum zu verzeichnen. Zusätze von asparaginsaurem Natrium (2<sup>0/00</sup>), Glykokoll (2<sup>0/00</sup>) und Gelatine (1<sup>0/0</sup>) zu den genannten Lösungen brachten wohl teilweise gesteigertes Wachstum, indessen war die

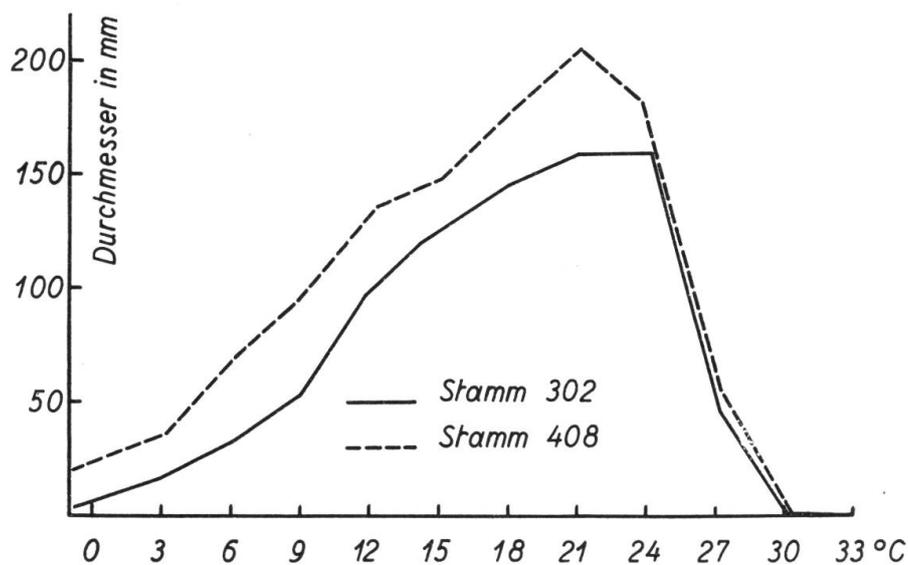


Abb. 5

Wachstum von *Fusarium nivale*, Stamm 302 und 408 auf Malzagar.

Myzelbildung in keinem Fall befriedigend. Zusätze von Glycerin, Milchsäure und Traubenzucker wirkten ungünstig. Als brauchbar erwies sich die KNOP'sche Lösung I in Verbindung mit 2,5% Apfelpektin. Die Nährlösung hatte folgende Zusammensetzung: Kalziumnitrat 1 g, Magnesiumsulfat, Kaliumchlorid und Monokaliumphosphat je 0,25 g, 1 Tropfen einer 1% Eisenchloridlösung, 25 g Apfelpektin in 1000 ccm destilliertem Wasser. Mit dieser Lösung wurde eine erste Versuchsserie durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 4 (Abb. 6).

**Tab. 4** Myzel-Trockengewichte von *Fusarium nivale*, Stamm 302, nach 27 Tagen. Kultur in KNOP'scher Lösung mit Pektin.

Mittlere Temperatur ° C	Mittleres Myzel-Trockengewicht mg	Mittlerer Fehler mg
-0,6	Spuren	—
+3,1	26,8	± 1,2
6,1	34,4	± 1,35
9,0	37,7	± 0,7
11,6	44,2	± 0,6
14,9	44,6	± 2,5
17,8	56,7	± 1,1
21,1	52,2	± 1,2
24,0	61,3	± 1,6
27,1	Spuren	—
30,2	0	—

Das Wesentlichste an diesem Versuch ist wohl der Befund, dass *Fusarium nivale* Pektin als Nährstoff verwerten kann. In der entsprechenden KNOP'schen Lösung ohne Pektin war das Wachstum sehr mangelhaft.

Der Versuch ergibt für *Fusarium nivale* ein Wachstumsminimum bei 0° und ein Optimum bei 24° C, das Maximum liegt wenig oberhalb 27° C. Die Unregelmässigkeiten der Kurve bei 15 und 21° sind nicht sichergestellt. Da die Myzelerträge zu klein sind, um daraus sichere Schlüsse über das Verhalten des Pilzes in einer Nährlösung ziehen zu können, musste nach einem anderen, geeigneteren Medium gesucht werden. Der beste Erfolg wurde endlich mit einer Lösung von 50 g Malzextrakt (siehe S. 20) in 1 Liter destilliertem Wasser erzielt. Es war notwendig, die Lösung vor dem Sterilisieren einmal aufzukochen und von dem entstandenen Eiweissniederschlag durch filtrieren zu trennen. Nach der üblichen 3-maligen Sterilisation zeigte die Lösung eine Wasserstoffionenkonzentration von pH 5,26. Die Beimpfung der Kolben geschah in der üblichen Weise mit Hilfe einer Sporensuspension.

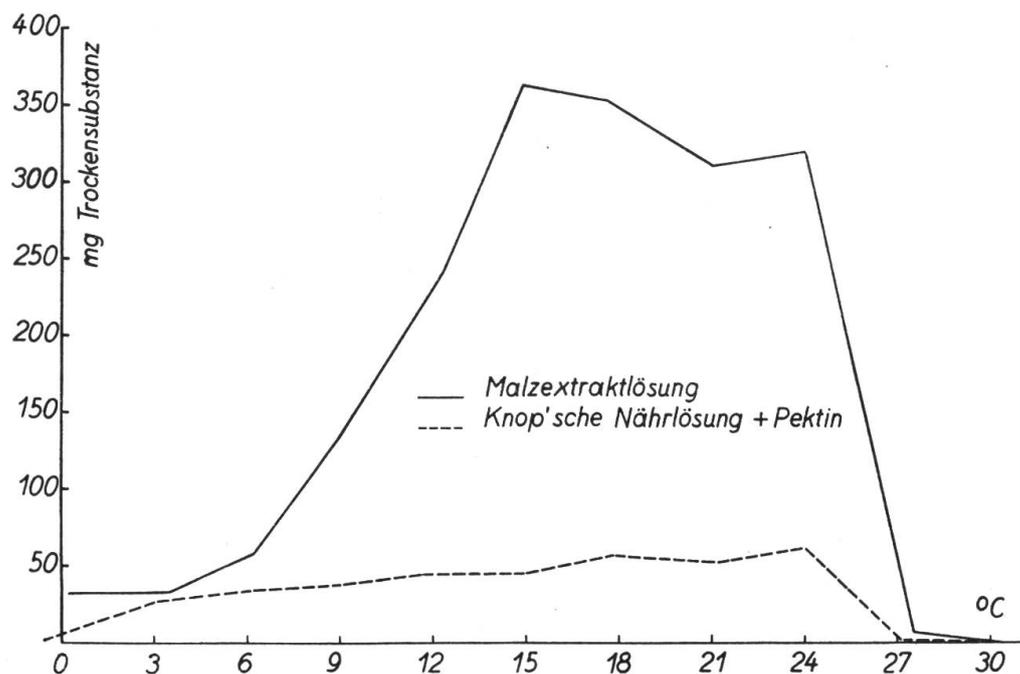


Abb. 6. Wachstum von *Fusarium nivale*, Stamm 302 in Malzextraktlösung und in Knop'scher Nährlösung mit Pektin.

Die Malzextraktlösung übertraf die Erwartungen in jeder Weise. Innerhalb weniger Tage entwickelte sich bei den optimalen Temperaturen eine dichte Myzeldecke; auch Sporenbildung war festzustellen. Nach einer Woche war unverkennbar das Wachstum bei 21 und 24 ° am besten. Nach 21 Tagen wurden die Kulturen in den Kühlraum gestellt und in den beiden nächsten Tagen verarbeitet. Wie sich nachher herausstellte, war die Versuchsdauer zu lang. Die in Tabelle 5

**Tab. 5** Myzel-Trockengewicht von *Fusarium nivale*, Stamm 302, nach 21 Tagen. Kultur in Malzextraktlösung (5%). (Abb. 6.)

Mittlere Temperatur °C	Mittleres Myzel-Trockengewicht mg	Mittlerer Fehler mg
+ 0,2	32,0	± 1,8
+ 3,5	33,2	± 1,4
6,2	58,2	± 1,0
8,9	133,2	± 3,6
12,3	240,9	± 9,8
14,9	363,5	± 11,3
17,6	354,2	± 22,3
21,0	311,3	± 11,9
24,0	320,1	± 13,2
27,5	6,7	± 2,1
30,3	0	—

wiedergegebenen Myzel-Trockengewichte lassen ein Optimum bei 15° erkennen, was aber mit der Beobachtung während des Versuches im Widerspruch steht. Dieser Gegensatz scheint seine Erklärung darin zu finden, dass bei den optimalen Temperaturen der Nährstoffvorrat nicht für die ganze Dauer des Versuches ausreichte. Nach LUZ (1934), der ähnliche Verhältnisse für *Fusarium lycopersici* beschreibt, hat man anzunehmen, dass von dem Zeitpunkte an, wo die Nährstoffe (in unserem Falle Maltose und Eiweissverbindungen) aufgebraucht sind, ältere Myzelien absterben, ihre Zellinhalte durch die nun permeablen Wände diffundieren und zum Teil für den Aufbau neuer Hyphen verwendet werden. Dadurch wird verständlich, dass in der Folge, von 15° an, das Myzelgewicht nicht auf derselben Höhe bleibt, sondern abnimmt, und zwar um so mehr, je früher der Nährstoffvorrat erschöpft war. Zieht man durch den Punkt, wo die Kurve umknickt (15°), eine neue Abszisse und trägt von dieser aus die negativen Differenzen der Myzelerträge nach oben ab, so ergibt sich eine Kurve, die viel besser den beobachteten Verhältnissen entspricht. Man geht daher kaum fehl, das Wachstumsoptimum des Pilzes in dieser Lösung bei 21 und 24° C anzunehmen.

Das Wachstumsmaximum von 27° deckt sich vollkommen mit dem des vorhergehenden Versuches in KNOP'scher Lösung mit Pektin. Hinsichtlich der untern Wachstumsgrenze besteht soweit Übereinstimmung zwischen den beiden Versuchen, als der Myzelertrag bei 3° beinahe gleich hoch ist; dagegen vermag *Fusarium nivale* in Malzextraktlösung bei 0° noch zu gedeihen; das Minimum liegt hier unter dem Nullpunkt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuche mit *Fusarium nivale* auf Malzagar stimmen gut mit den Angaben von SCHAFFNIT (1912) überein. Die Werte von TOGASHI (1931) liegen zum Teil höher als die hier angegebenen; die Wachstumsoptima decken sich, als Maximum gibt TOGASHI aber 32° und als Minimum sogar +7,0° C an. Ob bei seinen Versuchen eine andere Rasse von *Fusarium nivale* vorgelegen hat oder ob die Unterschiede auf die Verschiedenheit des Substrates (Birnaragar) zurückzuführen sind, muss dahingestellt bleiben.

Bezüglich einer Zusammenfassung der Ergebnisse verweise ich auf Tabelle 7 am Schlusse dieses Abschnittes (S. 30).

#### Versuche mit *Fusarium culmorum*

Vergleichshalber sei das Ergebnis eines Versuches mit *Fusarium culmorum* in RICHARD'scher Nährlösung hier beigefügt. Aus Tabelle 6 ist ersichtlich, dass der Pilz sein Wachstum bei 3° beginnt. Das

Optimum von 24° ist gegenüber beiden benachbarten Werten sichergestellt, dagegen liegen die Myzelgewichte von 15—21° innerhalb der Fehlergrenzen. Man braucht also bei 15° kein zweites Optimum anzunehmen. Bei 33° wird noch eine beträchtliche Myzelmenge gebildet, der Versuch ist daher noch auf die beiden folgenden Temperaturstufen zu ergänzen. SCHAFFNIT (1912) ermittelt ein Maximum bei 34°, TANJA (1933) auf Malzagar ein solches zwischen 33—36°; während ihre Versuche ein ziemlich breites Optimum ergaben (21—27°), fällt das Minimum wiederum mit unserem Befund zusammen.

**Tab. 6** Myzel-Trockengewicht von *Fusarium culmorum*, Stamm von Baarn, nach 28 Tagen. Kultur in RICHARD'scher Nährlösung.

Temperatur °C	Mittleres Myzel-Trockengewicht mg	Mittlerer Fehler mg
3,2	Spuren	—
6,1	19,1	± 3,7
8,7	94,2	± 28,6
12,0	388,6	± 60,3
14,5	567,3	± 60,7
17,9	554,6	± 34,4
21,0	500,8	± 25,2
24,0	681,6	± 53,1
27,2	461,7	± 33,9
30,2	241,8	± 7,5
32,9	222,3	± 7,8

*Fusarium culmorum* stellt somit deutlich grössere Wärmeansprüche als z. B. *Fusarium nivale*, was für die Infektionsmöglichkeit von besonderer Bedeutung sein dürfte.

Zum Schlusse seien die Ergebnisse der Wachstumsversuche bei verschiedener Temperatur übersichtlich dargestellt (siehe Tab. 7). Bei der Übertragung der gewonnenen Ergebnisse auf die natürlichen Verhältnisse muss man sich jedoch stets daran erinnern, dass die physikalische und chemische Beschaffenheit der künstlichen Substrate von der des Ackerbodens weitgehend verschieden ist. Am ehesten scheint mir der Vergleich der auf Malzagar erzielten Werte mit den Bedingungen des Bodens zulässig zu sein, obwohl z. B. die osmotischen Zustände der Ackerkrume von denen des genannten Nährbodens ebenfalls stark abweichen.

**Tab. 7** Temperaturansprüche von *Fusarium herbarum*,  
*F. nivale* und *F. culmorum*.

Fusarium-Art	Substrat	Minimum °C	Optimum °C	Maximum °C
<i>F. herbarum</i>				
Stamm 204	Malzagar	unter - 1,0	24,0	um 33,0
Stamm 204	RICHARD'sche Nährlösung	+ 3,0	27,0	über 33,0
Stamm Baarn	RICHARD'sche Nährlösung	+ 3,0	15,0	über 33,0
<i>F. nivale</i>				
Stamm 302	Malzagar		21,0 — 24,2	um 32,0
Stamm 408	Malzagar	unter - 1,0	21,1	um 31,0
Stamm 302	KNOP'sche Lösung + Pektin	- 0,6	24,0	27,1
Stamm 302	Malzextrakt- lösung	unter 0°	21,0 — 24,0	etwas über 27,5
<i>F. culmorum</i>				
Stamm Baarn	RICHARD'sche Nährlösung	+ 3,0	24,0	über 33,0

## 2. Veränderung der Reaktion der Nährlösung

Ein anderer der am Anfang dieses Kapitels erwähnten Aussenfaktoren, die das Wachstum von Parasit und Wirt beeinflussen, ist die chemische Beschaffenheit des Bodens, des Substrates oder des Zellsaftes des Wirtsgewebes. Neben der Art und der Menge der Ionen, für die Parasit und Wirt ein mehr oder weniger ausgeprägtes selektives Vermögen besitzen (LAGERBERG, zit. bei FISCHER und GÄUMANN, 1929), spielt besonders die Wasserstoffionenkonzentration eine wichtige Rolle. Beide Partner entwickeln sich meist in einem bestimmten Konzentrationsbereich optimal, während Reaktionen, die ausserhalb dieser Grenzen liegen, die Wachstumsvorgänge bedeutend hemmen.

Den Einfluss der Reaktion des Substrates auf die Entwicklung der Parasiten, wie *Fusarium nivale*, *F. herbarum* und *F. culmorum* haben SCHAFFNIT und MEYER (1930) untersucht. Aus ihren Versuchen geht hervor, dass die genannten Arten schwach saure bis schwach alkalische Bodenreaktion vorziehen; einzig *Fusarium culmorum* wächst, wenn auch in geringerer Masse, noch bei einer Reaktion von pH 4,10. Den Reaktionsansprüchen der Pilze entsprach auch der Erfolg der Infektionsversuche; der stärkste Befall trat bei Infektion mit *Fusarium*

*nivale* und *F. culmorum* in der Nähe des Neutralpunktes auf; *F. herbarum* vermochte die Pflanzen im schwach sauren wie im alkalischen Bereich gleich stark zu infizieren.

Die Wasserstoffionenkonzentration der für die Wachstumsversuche (Seite 20—29) verwendeten künstlichen Substrate betrug bei Malzagar pH 5,48, bei RICHARD'scher Nährlösung pH 4,51 und bei Malzextraktlösung pH 5,26.

Nach dem oben Gesagten kann es für den Parasiten nicht gleichgültig sein, welche Reaktion der Zellsaft des Wirtsgewebes aufweist. Nach KAPPEN (1918) liegt diese für die verschiedenen Nutzpflanzen zwischen pH 5,0 und 7,2. In diesem Zusammenhange erhält die Fähigkeit einiger *Fusarium*-Arten, in künstlicher Kultur die Reaktion der Nährlösung zu verändern, besondere Bedeutung. So konnte LUNDEGÄRDH (1923) für *Fusarium herbarum*, WHITE (1927) für *F. lycopersici* und TANJA (1933) für *Gibberella Saubinetii* (Dur. et Mont.) Sacc. nachweisen, dass sich die Reaktion der Nährflüssigkeit während der Versuchsdauer von 50—70 Tagen von der sauren nach der alkalischen Seite hin verschiebt. Die Reaktion der Nährlösung strebt nach dem im alkalischen Gebiete liegenden, isometabolischen Punkte hin, der auch erreicht wird, wenn die Anfangsreaktion der Lösung bereits alkalisch war. Von diesem Punkte an bleibt die Alkalinität der Flüssigkeit annähernd konstant.

In der bisherigen Literatur wurde diese Erscheinung vorwiegend als ein primäres Vermögen des Parasiten gedeutet, die Reaktion des Nährmediums nach der ihm zusagenden Seite zu verschieben und man war geneigt, diese Erkenntnis ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse beim Infektionsvorgang zu übertragen. Ob sich aber in der lebenden Pflanzenzelle dieselben physiologischen Vorgänge abspielen, wie in diesem speziellen Fall in synthetischer Nährlösung, ist nicht erwiesen. LUZ (1934) gelangt neuerdings auf Grund eingehender Untersuchungen an *Fusarium lycopersici* und *F. lini* zu einer andern Auffassung. Er betrachtet die Verschiebung der Reaktion nicht als einen primären, sondern als einen sekundären Vorgang, der durch die veränderte Ionenaufnahme bei beginnendem Nährstoffmangel bedingt wird. Danach würde also das Vermögen der betreffenden *Fusarium*-Arten, den Zellsaft der befallenen Pflanzen aktiv zu verändern, gar nicht bestehen, und der Parasit wäre gegenüber dem Wirt nicht mehr im Vorteil.

Für *Fusarium nivale* fehlten bis jetzt derartige Untersuchungen. Es ist aber wünschenswert, gerade auch das Verhalten dieses Pilzes zu kennen, da er vielfach als die für unsern Getreidebau gefährlichste *Fusarium*-Art bezeichnet wird. Da sowohl *Fusarium lycopersici* als

Vertreter der Sectio Elegans wie *Gibberella Saubinetii* als Vertreter der Sectio Discolor die besagte Eigenschaft zeigen, ist es auch in systematischer Hinsicht von Interesse, ob das zur Sectio Arachnites gehörende *F. nivale* die gleiche Eigentümlichkeit aufweist.

Die Lösung der Frage sollte im Anschluss an WHITE (1927) ebenfalls durch Kultur des Pilzes in Lösungen von verschiedener Reaktion erreicht werden. Vorversuche hatten ergeben, dass *Fusarium nivale*, Stamm Baarn in RICHARD'scher Nährlösung (siehe S. 24) befriedigend wuchs. Später ging diese Fähigkeit zurück, was mit ein Grund war, warum die Versuche nicht fortgesetzt werden konnten. Um das Ausfallen der Phosphate in Form unlöslicher Verbindungen beim Alkalisichwerden der Lösung zu vermeiden (Bildung von  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4$ ), wurde Magnesium und Eisen weggelassen. Der Pilz wuchs in dieser modifizierten, magnesiumfreien Nährlösung annähernd gleich gut wie in der magnesiumhaltigen (siehe die Myzelerträge in Tab. 8). Durch Zusatz von 1 n Natronlauge wurde die ursprüngliche Reaktion der Lösung verändert. Im ganzen wurden 2 Versuchsserien angelegt; die erste zeigte nach dem Sterilisieren einen pH-Wert von 3,97 (ohne NaOH), die zweite nach Zusatz von Natronlauge einen solchen von 5,16 (ebenfalls nach der Sterilisation gemessen). Die weitere Behandlung erfolgte wie früher angegeben (S. 20); einzig die Beimpfung musste in einer andern Weise vorgenommen werden. Da der aus Baarn bezogene Stamm von *Fusarium nivale*, der für diese Untersuchungen Verwendung fand, keine Makrokonidien bildete, wurden an Stelle einer Sporenaufschwemmung möglichst kleine Stückchen einer Agar-Kultur in die Kolben übertragen. Die beimpften Kolben gelangten in einen Raum, dessen Temperatur 21—22° C betrug. In Abständen von 2—3 Tagen wurde von 5, in einzelnen Fällen auch nur von 4 Kulturen das Myzel abfiltriert und nach der auf Seite 21 beschriebenen Weise das Myzeltrockengewicht ermittelt. Eine Probe des Filtrates diente für die Bestimmung der Reaktion der Lösung. Die Messung der Wasserstoffionenkonzentration geschah wie auch in frühern Versuchen elektrometrisch mit der Platin-Chinhydronelektrode. Die Schwankungen der pH-Werte der 4—5 Einzelbestimmungen betragen weit weniger als eine pH-Einheit, so dass unbedenklich das arithmetische Mittel daraus gezogen werden konnte (JANCKE, 1931). Aus dem gleichen Grunde lässt es sich rechtfertigen, die zugehörigen mittleren Fehler zu berechnen.

Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen, die in Tab. 8 wiedergegeben sind, stimmen gut überein. Die Myzelerträge nehmen in Versuch II, von kleineren Schwankungen, die innerhalb der Fehlergrenzen liegen, abgesehen, mit dem Alter der Kulturen regelmässig

zu. Im ganzen betrachtet ist dies auch bei Serie I der Fall. Vor dem 30. Tage beobachtet man hier einen raschen Zuwachs des Myzel-Trockengewichtes, dem eine Abnahme bis zum 39. Tage folgt. Der Myzelertrag am 42. Tage steht wieder auf gleicher Höhe wie der am 30. Tage. Da diese beiden Werte sicher gestellt sind, kann man den unregelmässigen Verlauf nicht einfach auf Versuchsfehler zurückführen. Der relativ starke Zuwachs steht möglicherweise im Zusammenhang mit einer vermehrten Aufnahme von Ammoniak-Stickstoff, wodurch die vorausgehende Zunahme der Azidität verständlich würde.

**Tab. 8** Myzel-Trockengewicht und Reaktion der Nährflüssigkeit bei Kultur von *Fusarium nivale*, Stamm Baarn in modifizierter (magnesiumfreier) RICHARD'scher Lösung.

Serie I: Ausgangsreaktion pH = 3,97					Serie II: Ausgangsreaktion pH = 5,16				
Tage	Reaktion pH	Mittl. Fehler	Myzel- ertrag mg	Mittl. Fehler mg	Tage	Reaktion pH	Mittl. Fehler	Myzel- ertrag mg	Mittl. Fehler mg
0	3,97	± 0,03	—	—	0	5,16	± 0,02	—	—
3	3,95	± 0,05	11,5	± 4,0	3	4,51	± 0,04	17,3	± 3,0
6	3,50	± 0,02	21,8	± 2,5	6	3,25	± 0,06	50,4	± 5,7
9	3,22	± 0,03	63,1	± 10,9	8	3,09	± 0,02	112,4	± 11,7
11	3,32	± 0,04	68,4	± 8,6	10	3,10	± 0,01	129,2	± 13,5
12	3,19	± 0,03	97,9	± 6,8	13	3,20	± 0,01	124,0	± 9,6
14	3,46	± 0,03	96,9	± 6,2	15	3,12	± 0,04	160,2	± 12,7
16	3,25	± 0,04	123,4	± 22,5	20	3,22	± 0,04	225,4	± 18,2
18	3,47	± 0,08	164,9	± 16,0	22	3,23	± 0,04	252,1	± 31,0
20	3,42	± 0,11	186,2	± 10,2	24	3,42	± 0,01	280,6	± 13,0
23	3,48	± 0,19	213,9	± 32,2	27	3,40	± 0,02	312,6	± 19,4
25	3,33	± 0,11	203,7	± 22,3	30	3,52	± 0,03	363,0	± 38,2
27	3,10	± 0,02	219,8	± 10,4	32	3,46	± 0,04	344,3	± 21,7
30	3,21	± 0,09	343,8	± 42,3	35	3,59	± 0,05	325,0	± 30,3
32	3,22	± 0,11	297,5	± 30,8	37	3,44	± 0,05	374,0	± 33,9
34	3,24	± 0,15	—	—	39	3,43	± 0,05	484,0	± 36,9
37	3,20	± 0,07	278,6	± 61,8	42	3,47	± 0,06	444,4	± 18,9
39	3,07	± 0,03	252,1	± 15,0	49	3,34	± 0,08	579,0	± 43,9
42	3,02	± 0,07	349,6	± 56,4	52	3,22	± 0,07	556,1	± 45,2
44	3,13	± 0,10	343,6	± 56,3	55	3,44	± 0,13	518,4	± 26,3
46	3,16	± 0,08	472,7	± 51,3	58	3,29	± 0,07	579,0	± 43,4

Mit dem stetigen Anstieg des Myzelertrages in Versuch II ist erwiesen, dass der Nährstoffvorrat, trotzdem das Magnesium in der Lösung fehlte, bis zum Schlusse des Versuches ausreichte. Die verhältnismässig hohen Ernten fallen um so mehr auf, als auch die

Wasserstoffionenkonzentration der Nährlösung bedeutend über den von SCHAFFNIT und MEYER (1930) gefundenen Werten der optimalen Wachstumsreaktion stand. Da sich die Angaben dieser beiden Autoren aber auf das Wachstum auf Erde und in Bodenauszügen beziehen, ist ein Vergleich mit unserm Versuch nicht ohne weiteres möglich. Dazu müssten Untersuchungen über das Wachstum von *Fusarium nivale*, wie auch von *F. herbarum*, auf synthetischen Nährböden und Lösungen von verschiedenen pH-Werten vorliegen. Solche Versuche fehlen aber bis dahin; wohl prüfte LUNDEGÅRDH (1923) das Wachstum von *F. herbarum* und anderer *Fusarium*-Arten in Lösungen ungleicher Reaktion, er ermittelte aber dabei nur die Veränderung der Wasserstoffionenkonzentration des Substrates, nicht auch die Myzelgewichte.

Für den Verlauf der Reaktion der Nährflüssigkeit in den vorliegenden Versuchsserien ist das steile Abfallen zu Beginn derselben charakteristisch. Betrug die Reaktion der ersten Serie anfänglich  $\text{pH} = 3,97$ , so sank sie innerhalb von 9 Tagen auf  $\text{pH} = 3,22$ . In der Folge nahm sie bis zum 23. Tage wieder etwas zu ( $\text{pH} = 3,48$ ), fiel dann erneut rasch bis  $\text{pH} = 3,10$  und erreichte am 42. Tage  $\text{pH} = 3,03$ . Ausgeprägter ist die Zunahme der Azidität in Serie II, wo die Reaktion während 8 Tagen von  $\text{pH} = 5,16$  auf  $\text{pH} = 3,09$  fällt. Im weiteren Verlauf steigt die Kurve hier bis zum 35. Tage an ( $\text{pH} = 3,59$ ) und sinkt dann allmählich bis zum Schlusse des Versuches. In unbeimpften Kolben blieb während der ganzen Versuchsdauer die Reaktion unverändert.

Aus der starken Zunahme der Wasserstoffionenkonzentration am Anfang der Versuche scheint hervorzugehen, dass zu dieser Zeit entweder vorwiegend Kationen durch den Pilz aufgenommen werden, so dass ein Überschuss von Anionen in der Lösung zurückbleibt, oder aber Stoffwechselprodukte, wie organische Säuren, in die Flüssigkeit diffundieren. Ähnliche Verhältnisse fand auch LUZ (1934) in den schon erwähnten Untersuchungen über den Stoffwechsel von *Fusarium lycopersici*.

Das eigenartige Verhalten der Reaktion in einem magnesiumfreien Substrat liess vermuten, dass in einer vollwertigen, alle Nährstoffe enthaltenden Lösung der Reaktionsverlauf ein anderer sein werde. Diese Überlegung wurde bestätigt durch einen Vorversuch, der im Anschluss an die Myzelgewichtsbestimmungen von *Fusarium nivale*, Stamm 302, aus Malzextraktlösung (S. 27) durchgeführt wurde. Filtratproben, die aus Kulturen von  $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $9^\circ$  und  $27^\circ$  stammten, ergaben die in Tab. 9 dargestellten Reaktionswerte. Die Nährlösung zeigte zu Anfang des Versuches ein  $\text{pH}$  von 5,26.

Die nachstehenden Werte stellen das arithmetische Mittel aus 2—5

**Tab. 9** Veränderung der Reaktion einer 5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Malzextraktlösung durch *Fusarium nivale* nach 21 Tagen.

Anfangsreaktion pH = 5,26	0°	3°	6°	9°	27°
	6,01	6,09	5,80	5,45	5,95

Bestimmungen dar. Daraus ist ersichtlich, dass die Reaktion des Nährsubstrates keineswegs fällt, sondern schwach zunimmt, bei 3° um 0,83 pH-Einheiten. Auffallenderweise ist die Zunahme der pH-Ziffern dort am grössten, wo das Wachstum schwächer war (0°, 3° und 27°). Bei der Beurteilung dieses Vorversuches muss in Betracht gezogen werden, dass die Malzextraktlösung infolge ihres hohen Gehaltes an Eiweissstoffen und Kohlehydraten gegen Reaktionsänderung stark gepuffert ist. Ausserdem handelt es sich hier nicht wie in dem letzten Versuch (Tab. 8) um den von Baarn bezogenen Stamm von *Fusarium nivale*, sondern um die Isolierung 302.

### Zusammenfassung

1. Bei Kultur von *Fusarium nivale*, Stamm Baarn, in magnesiumfreier, modifizierter RICHARD'scher Nährlösung fiel die Reaktion von ihrem ursprünglichen Werte (pH = 3,97 und 5,16) während der ersten Tage bis etwas oberhalb pH = 3,0 und entfernte sich im weiteren Verlauf der Versuche nur noch unwesentlich von diesem Punkte. Die Myzelgewichte nahmen in einem der beiden Versuche bis zum Schlusse regelmässig zu, im andern nur bis zum 30. Tage.
2. Die Reaktion einer 5<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Malzextraktlösung wurde durch *Fusarium nivale*, Stamm 302, in 21 Tagen in der Richtung nach dem Neutralpunkte verschoben.

## 4. Kapitel

# Feldversuche

### 1. Die Versuchsfragen

In den Jahren 1929—1931 wurden an verschiedenen Orten der Schweiz Feldversuche angelegt, denen die folgenden Versuchsfragen zugrunde lagen:

- a) Einfluss der Bodenart auf die Schädigung durch *Fusarium nivale*.
- b) Wert der Saatgutbeize.
- c) Anfälligkeit bzw. Resistenz von schweizerischem Landroggen und von Petkuserroggen gegenüber *Fusarium nivale*.
- d) Einfluss der Saatzeit auf den Grad der Erkrankung an Fusariose.

Während die Versuche des Jahres 1929/30 ausschliesslich die drei ersten Fragen behandelten, stand bei den Versuchen der Jahre 1930/32 die Beziehung zwischen Saatzeit und der Schädigung durch *Fusarium* im Vordergrund des Interesses.

Die Behandlung der Beizfrage ergab sich aus der Versuchsanordnung. Da der *Fusarium*-Gehalt des Bodens und des Saatgutes die Wirkung der künstlichen Infektion bei Feldversuchen stets verwischt und dadurch Versuchsfehler bedingt, erschien es wünschenswert, die beiden natürlichen Infektionsquellen nach Möglichkeit auszuschalten. Den *Fusarium*-Gehalt des Bodens zu vermindern, ist praktisch ausgeschlossen, dagegen gelingt es, durch Beizen des Saatgutes wenigstens die am Korn haftenden Keime abzutöten. Aus diesem Grunde wurde für die Versuche 1929/31 gebeizter Roggen verwendet. Durch Vergleich der Erträge des ungebeizten mit denen des gebeizten Roggens erhält man Aufschluss über die Wirkung der Beize auf den verschiedenen Bodenarten.

Um Zeit zu gewinnen, musste ich mich darauf beschränken, die Feldversuche mit schweizerischem Landroggen und Petkuserroggen durchzuführen. Beide Sorten eignen sich für Infektionsversuche besonders gut, da sie in mehrfacher Hinsicht einander entgegengesetzte Eigenschaften besitzen.

Der schweizerische Landroggen stellt eine langährige, braunkörnige, durch Zucht gar nicht oder nur wenig veränderte Landrasse (Population) dar. Hohe Winterfestigkeit und gute Kornqualität sind charakteristisch, während die Standfestigkeit öfters zu wünschen übrig lässt. Der hinreichend bekannte Petkuserroggen zeichnet sich durch hohen Ertrag und befriedigende Standfestigkeit aus, ist aber weniger winterhart und liefert ein Mehl, das dem des Landroggens hinsichtlich der Qualität nachsteht.

Die Saatzeit ist namentlich deshalb wichtig, weil sie unter Umständen, ohne vermehrte Auslagen zu verursachen, ein Mittel zur Bekämpfung, bzw. Verhütung der Fusariose sein kann. In der landwirtschaftlichen Praxis gilt im allgemeinen die zweite Hälfte des September als der beste Zeitpunkt zur Aussaat des Roggens. Besonders in bergigen Lagen hält man sich an diese Regel; in flachen Gegenden mit milderem Klima gelangt der Roggen auch später, nicht selten erst Anfang November zur Saat. Gelegentlich wird aber auch die Ansicht vertreten, dass gerade bei später Saat die Auswinterung des Roggens weniger zu befürchten sei.

## 2. Die Versuchsmethodik

### a) Die Versuchsfelder

Bei der Auswahl der Versuchsflächen war das Interesse darauf gerichtet, Felder mit möglichst verschiedenen Bodenarten zu erhalten. Die Grundstücke lagen ohne Ausnahme im schweizerischen Mittellande, in einer Höhe von 435—675 m ü. M., waren aber z. T. beträchtlich voneinander entfernt. So betrug die grösste Entfernung zwischen den Versuchsfeldern von Avenches und Brüttsellen (ebenso Wädenswil) rund 140 km. Nach Möglichkeit wurden am gleichen Ort mehrere Felder bestellt, so in Witzwil und Avenches.

An Bodenarten waren u. a. vertreten: Reiner Sand, sandiger Lehm, sandiger Ton und ausgesprochene Torferde. Die Ergebnisse der Schlämmanalysen nach KOPECKY sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Der Einfachheit halber sind darin auch die Böden der späteren Versuche (1930/32) aufgeführt (Brüttsellen II und Regensdorf). Ebenso ist auch die Höhenlage der Versuchsfelder angegeben.

Bei der Auswahl der Felder erhielten ungedüngte Böden den Vorzug, doch waren einige Versuchsfelder im Herbst oder Frühjahr 1929 gedüngt worden. Über den Humus- und N-gehalt gibt ebenfalls Tabelle 10 Aufschluss.

**Tab. 10**

Analysenergebnisse der Bodenproben der Versuchsfelder.

Versuchsfeld	Klassifikation	Höhe ü.M. m	pH	Humus %	N %
Avenches II	Anmooriger Lehm	438	7,38	12,51	0,66
Avenches I	Sand	438	7,54	3,52	0,15
Witzwil I	Sand	435	7,60	3,75	0,15
Witzwil II	Torferde	435	6,18	60,66	2,14
Langenthal	Toniger Lehm	490	6,66	2,00	0,12
Gondiswil	Toniger Sand	675	7,41	4,47	0,18
Wädenswil	Toniger Lehm	450	7,18	4,79	0,30
Brüttisellen I	Sandiger Ton	438	7,10	7,70	0,49
Brüttisellen II	Torferde	438	7,44	15,86	1,18
Regensdorf	Toniger Lehm	443	7,10	5,96	0,30

Die Klassifikation der Böden wurde nach der an den schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten gebräuchlichen Methode, die der von GESSNER (1931, S. 215—217) beschriebenen ähnlich ist, ermittelt. Die Bestimmung der Humusstoffe erfolgte nach der Methode von PALLMANN und ZOBRIST (1932). Für die übrigen Analysen waren die Vorschriften von WIEGNER (1926) massgebend. Die Wasserstoffionenkonzentration der Bodensuspensionen wurde elektrometrisch mit Hilfe der Chinhydronelektrode gemessen.

Die vorliegenden Werte stellen das Mittel aus Bestimmungen an 2—4 Bodenproben dar.

Mit wenigen Ausnahmen standen die Versuchsflächen saathbereit zur Verfügung. In einigen Fällen war noch eine Bearbeitung mit der Hacke notwendig. Die Versuchsfelder wurden in Beete von 2,2 m<sup>2</sup> eingeteilt, von denen je zwei eine Parzelle bildeten. Ein Versuchsfeld von normaler Grösse enthielt 30 solcher Parzellen, also 60 Beete. Bei den Versuchen von Wädenswil und Brüttisellen beschränkte ich mich auf eine Parzellengrösse von 2,2 m<sup>2</sup>, die auch bei den Versuchen der beiden folgenden Jahre beibehalten wurde, da sie sich als genügend gross erwies. Wege von 30—40 cm Breite trennten die Beete voneinander, so dass genügend Raum für die Besichtigung der einzelnen Pflanzen, das Auszählen und das Jäten vorhanden war. Gegen den übrigen Teil des Feldes, das fast immer auch Getreide trug, war die Versuchsfläche durch einen Weg von 50 cm Breite abgegrenzt. Nachdem die Erde bis zur gewünschten Feinheit zerkleinert war, wurden in Abständen von etwa 16 cm kleine Furchen in die Beete gezogen. Die beiden äussersten Rinnen waren vom Rande ebenfalls rund 16 cm entfernt.

### b) Das Saatgut

Für alle Versuche kamen, wie schon früher erwähnt wurde, schweizerischer Landroggen und Original Petkuser-Winterroggen zur Verwendung. Landroggen keimte zu 95,0%, Petkuserroggen zu 94,7%. Da der *Fusarium*-Gehalt des Getreides von Jahr zu Jahr wechselt, andererseits aber möglichste Gleichmässigkeit in den Versuchsbedingungen anzustreben war, erschien es vorteilhaft, für alle Versuche das gleiche Saatgut zu verwenden. So diente der 1929 bezogene Landroggen auch für die Versuche der beiden folgenden Jahre, desgleichen der 1930 bezogene Original Petkuserroggen für den Versuch in Regensdorf (1931/32). Auf diese Weise wurde wohl einerseits Gleichartigkeit in bezug auf den *Fusarium*-Gehalt des Saatgutes erreicht, andererseits entstand daraus für die Vergleichbarkeit der Versuche ein Nachteil. Naturgemäss nahm mit dem Alter des Saatroggens auch dessen Keimfähigkeit ab. Sie betrug 1931 noch 93,3% für gebeizten und 92,0% für ungebeizten Landroggen. Gebeizter wie ungebeizter Petkuserroggen keimte im gleichen Zeitpunkte noch mit 81,3%. Da aber weniger die absolute Höhe des Ertrages der einzelnen Versuche als das Verhältnis der Versuchsreihen untereinander entscheidend ist, dürfte der genannte Fehler keine grosse Rolle spielen. Er beeinflusst wohl am meisten das Verhältnis zwischen gebeiztem und ungebeiztem Roggen. Immerhin ist der Nachteil, der durch das ungleiche Keimvermögen bedingt wurde, wahrscheinlich grösser als der Vorteil, den die Gleichartigkeit im *Fusarium*-Gehalt mit sich brachte. Nach KRAMPE (1926) hat (bei erstklassigem Saatgut) «der minimale *Fusarium*-Befall für den normalen Verlauf des Versuches keine Bedeutung».

Zur Beizung des Saatgutes diente eine 1‰-Lösung von Sublimat. Eine für alle Versuche des betreffenden Jahres ausreichende Menge Landroggen und Petkuserroggen blieb 30 Minuten unter Umrühren in dieser Lösung, wobei obenauf schwimmende Körner beseitigt wurden. Nachher wurde die Beizlösung abgessen, die Körner 1 mal mit Leitungswasser abgespült und hierauf 5—6 mal ausgewaschen, wobei das Wasser jedesmal während 5—10 Minuten die Körner bedeckte. Diese wurden schliesslich in einem Thermostaten ausgebreitet und bei 30° C getrocknet. Von gebeiztem und ungebeiztem Saatroggen wurden je nach der Parzellengrösse 200 oder 400 (entsprechend einer Beetfläche von 2 bzw. 4 m<sup>2</sup>) normal ausgebildete, nicht druschbeschädigte Körner abgezählt.

### c) Die Infektion und Aussaat

Die Infektion des Roggens erfolgte bei allen Feldversuchen mit dem 1929 von Baarn bezogenen Stamm von *Fusarium nivale*. Auf

gekochtem Reis, der durch fraktionierte Sterilisation im Dampftopf erhalten wurde, liess sich der Pilz anfänglich leicht vermehren. Nach 2—3 Wochen war eine Reisschicht in einer Petrischale vollständig bewachsen. Sporenbildung trat jedoch trotz mehrfacher Übertragung auf andere Nährböden, wie Roggenkörner, Roggenblätter, Kartoffel- und Rübenstücke, nie ein; auch das direkte Tageslicht hatte, entgegen der Angabe von PEUSER (1931), keinen Einfluss auf die Sporenbildung. An Stelle der Infektion mit Hilfe einer Sporensuspension, die sich für die vorliegenden Versuche am besten geeignet hätte, musste daher die Infektion mit zerriebenem Myzel treten. Die zur Infektion verwendeten Kulturen hatten mit wenigen Ausnahmen ein Alter von 3—5 Wochen. Eine solche Plattenkultur bildete das Infektionsmaterial für 400 Roggenkörner, bzw. eine halbe Kultur für 200 Körner.

In einem Porzellanteller wurde von Hand eine oder eine halbe Kultur von *Fusarium nivale* in kleine Stücke zerrieben und mit den 400 bzw. 200 Körnern vermischt. Die Körner kamen auf diese Weise mit den Myzelstückchen in enge Berührung. Da die *Fusarium*-Kulturen meistens noch etwas feucht waren, entstand ein klebriges Gemisch. Um das Ausstreuen trotzdem zu ermöglichen, wurde eine Hand voll trockene Erde oder trockener Sand des betreffenden Ackers zugesetzt und alles gut miteinander vermengt. Die Körner mit dem daran haftenden Myzel und Reis wurden hierauf samt der Erde in die 5 Furchen eines Beetes gestreut, wobei darauf zu achten war, dass die Körner einzeln zu liegen kamen. Der Abstand von Korn zu Korn betrug in der Regel 3—4 cm.

Als Kontrolle wurde in einer 2. Versuchsreihe gebeizter, nicht infizierter Saatroggen ausgesät. Eine 3. Versuchsreihe bestand aus Parzellen mit ungebeiztem Saatgut. Die Zahl der Wiederholungen betrug in der Regel 5, doch kamen durch die Grösse der Versuchsflächen bedingte Abweichungen vor (im Minimum 3, im Maximum 6 Parzellen). Die Anzahl der Parzellen einer Versuchsreihe ist in den Ertragstabellen angegeben. Die Verteilung der Parzellen eines Versuchsfeldes zeigt Abb. 7.

Eine Ausnahme in dieser Versuchsanordnung bildete der Versuch des Jahres 1929/20 in Brüttisellen (I). Auf Anregung von Herrn Dr. Neuweiler in Oerlikon wurde hier neben den andern Versuchsreihen auch ungebeizter Roggen nach der oben beschriebenen Weise infiziert und ausgesät. Die Zahl der Wiederholungen betrug 6. Die Anordnung der Parzellen gibt Abb. 8 wieder.

Gegen die im vorstehenden beschriebenen Infektionsmethode konnte eingewendet werden, dass das Sublimat trotz des Auswaschens

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
6	5	4	3	2
5	4	3	2	1
4	3	2	1	6
3	2	1	6	5
2	1	6	5	4
1	6	5	4	3

Abb. 7  
Verteilung der Parzellen der Ver-  
suche von 1929/32.  
Schematisiert.

Versuchsreihen	Land- roggen	Petkuser- roggen
Gebeiztes Saatgut mit Infektion	Nr. 1	Nr. 4
Gebeiztes Saatgut ohne Infektion	Nr. 2	Nr. 5
Ungebeiztes Saatgut ohne Infektion	Nr. 3	Nr. 6

6	7	8
3	4	5
8	1f	2
5	6	7
2	3	4
7	8	1e
4	5	6
1d	2	3
6	7	8
3	4	5
8	1c	2
5	6	7
2	3	4
7	8	1b
4	5	6
1a	2	3

Abb. 8  
Verteilung der Parzellen des Versuches Brüttsellen I  
(1929/30).

Versuchsreihen	Landroggen	Petkuserroggen
Gebeizt mit Infektion	Nr. 1	Nr. 5
Gebeizt ohne Infektion	Nr. 2	Nr. 6
Ungebeizt mit Infektion	Nr. 3	Nr. 7
Ungebeizt ohne Infektion	Nr. 4	Nr. 8

der Körner mit Wasser noch in ausreichender Menge vorhanden war, um eine Schädigung des beigemischten *Fusarium*-Myzels herbeizuführen, um also die Infektion abzuschwächen. Diese Überlegung be-

wog mich, beim letzten Feldversuch in Regensdorf (1931/32) ungebeiztes Saatgut zur Infektion heranzuziehen. Als Kontrolle wurde ungebeizter Roggen ohne Infektion gesät; in der 3. Versuchsreihe gelangte gebeizter Roggen zur Aussaat. Die übrige Versuchsanordnung entsprach den frühern Versuchen.

Die Saatzeit der Versuche der Vegetationsperiode 1929/30 fiel zwischen den 30. Oktober und den 11. November. Die Saat erfolgte also sehr spät. Der Umstand, dass der letzte Feldversuch 12 Tage nach dem ersten angelegt wurde, kann als Einwand gegen die Vergleichbarkeit der Resultate der einzelnen Versuche angeführt werden. In der Tat hat ein Unterschied in der Saatzeit, wie spätere Untersuchungen zeigten, (Tab. 21—22) besonders in vorgerückter Jahreszeit einen Einfluss auf die Grösse des *Fusarium*-Schadens. Der Verlauf der Witterung während der Keimperiode kann seinerseits wiederum das Ausmass dieser Schädigung beeinflussen. In dieser Hinsicht war das milde Wetter im Monat November (siehe unter d) für die Entwicklung der Pflanzen äusserst günstig und wirkte wohl ausgleichend auf die zeitlichen Unterschiede der Saat.

Nach der in Abb. 7 dargestellten Versuchsanordnung wurden 1930 in Brüttisellen bei Zürich wieder 3 Versuche angelegt, jedoch an einer andern Stelle des Versuchsareals, wo Torferde vorherrschte. Die Aussaat erfolgte zu drei verschiedenen Zeiten; erstmals am 3. Oktober (frühe Saat), sodann am 17./18. Oktober (mittlere Saat) und zuletzt am 27./28. November (späte Saat).

In gleicher Weise gelangte ein Jahr später in Regensdorf bei Zürich auf tonigem Lehm ein Saatzeitversuch zur Durchführung. Die erste Saat fand am 21. September, die zweite am 10. Oktober und die letzte am 3. November statt. Im Gegensatz zu frühern Versuchen wurde hier ungebeizter Roggen infiziert (vergl. oben), die 3. Versuchsreihe enthielt gebeiztes, nicht infiziertes Saatgut.

#### d) Die klimatischen Versuchsbedingungen

Die nicht unbedeutende Entfernung der Versuchsflächen bedingte naturgemäss Unterschiede in den klimatischen Bedingungen und ich bleibe mir bewusst, dass diese Ungleichheit als Einwand gegen die Zuverlässigkeit der Versuche erhoben werden kann. Immerhin dürfte die Verschiedenheit der klimatischen Faktoren nicht zu gross sein, da alle Versuchsfelder im schweizerischen Mittellande liegen, das in klimatischer Hinsicht ziemlich einheitlichen Charakter trägt. In dieser Beziehung war die Höhenlage der Felder günstiger, indem sich alle, mit Ausnahme desjenigen von Gondiswil, in einer Höhe von 435–490 m befanden. Die klimatischen Bedingungen, unter denen die Versuche

**Tab. 11** Temperatur-Monatsmittel und langjährige Temperaturmittel der Versuchsfelder in °C.

Meteoro- logische Station	Versuchs- feld	Jahre	Monate											
			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Neuenburg	Witzwil	1929/30	10,4	4,8	3,8	1,9	0,9	5,6	9,7	11,4	19,2	17,1	17,4	
Neuenburg	Witzwil	1864-1900	8,9	4,0	0,6	-0,5	1,1	4,4	8,7	13,1	16,5	18,6	17,8	
Freiburg	Avenches	1929/30	9,0	4,0	2,7	1,4	-0,6	4,8	7,9	10,4	17,3	15,7	16,2	
Freiburg	Avenches	1900-1930	7,9	2,7	0,1	-1,3	-0,3	3,1	6,7	11,7	14,9	16,8	16,2	
Olten	(Langenthal u.)	1929/30	9,8	4,1	3,5	1,7	0,4	5,5	9,7	12,1	19,9	17,3	17,3	
Olten	(Gondiswil )	1864-1900	8,5	4,0	-0,2	-1,2	0,8	4,0	8,8	12,9	16,6	18,4	17,3	
Zürich	(Wädenswil )	1929/30	10,3	4,6	3,8	1,8	0,4	5,6	9,5	12,0	19,3	16,8	17,1	
Zürich	und	1931/32	8,2	5,4	-0,3	0,5	-2,8	2,4	7,6	12,2	15,4	17,1	19,6	
Zürich	(Regensdorf )	1864-1930	8,6	3,7	0,2	-0,9	0,8	4,2	8,6	13,0	16,3	18,1	17,2	
Baden	Regensdorf	1931/32	7,3	4,9	-0,5	0,2	-3,0	2,0	7,5	11,8	15,1	17,1	19,0	
Baden	Regensdorf	1900-1930	8,6	3,6	1,0	-0,6	0,3	4,1	8,0	12,9	15,8	17,6	16,6	
Winterthur	Brüttisellen	1929/30	8,9	3,8	2,5	0,3	-1,2	4,4	8,8	12,0	18,7	16,9	16,2	
Winterthur	Brüttisellen	1930/31	8,6	5,7	0,7	-1,0	-1,8	-1,0	6,9	15,2	17,3	16,4	15,1	
Winterthur	Brüttisellen	1864-1930	7,8	3,4	-0,9	-1,8	0,2	3,2	8,3	12,5	16,2	18,0	16,8	

standen, sind aus den Tabellen 11—13 ersichtlich, die die mittleren Monatstemperaturen, die monatlichen Niederschlagsmittel sowie Angaben über die Schneebedeckung des Bodens und der Schneehöhe enthalten. Die in diesen Tabellen zusammengestellten Daten wurden von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich in bereitwilligster Weise zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Neben eigenen Beobachtungen leisteten besonders die Berichte von W. BRÜCKMANN über den Witterungsverlauf in der Schweiz (1929—1932) wertvolle Dienste.

Trotz der späten Saatzeit liefen die Saaten der Versuche 1929/30 sehr gut auf, was hauptsächlich auf die warme und trockene Witterung im November zurückzuführen ist. Innerhalb von 14—21 Tagen hatte der Roggen auf sämtlichen Feldern gekeimt. Während des ganzen Winters herrschte sehr mildes Wetter, was besonders für die Monate Dezember 1929 und Januar 1930 gilt. Im schweizerischen Mittellande betragen in diesem Zeitraume die Abweichungen vom langjährigen Temperaturmittel  $+4-5^{\circ}\text{C}$  (BRÜCKMANN, 1929/30). Während aber der Dezember nass war, fielen im Januar und im Februar sehr wenig Niederschläge. Der Winter zeichnete sich zudem durch Schneearmut aus; in Zürich war der Boden im Dezember 1, im Januar 0 und im Februar 6 Tage mit Schnee bedeckt. Die Schneehöhe überstieg 10 cm nie. Die Voraussetzungen für das Auftreten schwerer Fusariose-Schäden,

**Tab. 12** Monatliche Niederschlagsmengen, langjährige Mittel und Anzahl der Regentage der Versuchsfelder.

Kolonne a: Niederschlagsmengen in mm.  
Kolonne b: Anzahl der Regentage.

Meteoro- logische Station	Versuchs- feld	Jahre	Monate																							
			X		XI		XII		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
Neuenburg	Witzwil	1929/30	70	11	67	12	115	20	49	6	39	6	56	12	57	11	111	17	70	10	170	15	67	12		
		1864—1900	72		86	100		64		6	67		71		77		79	94		85		85	100			
Murten	Avenches	1929/30	89	11	59	10	159	23	50	9	26	7	69	12	89	13	128	20	144	14	205	16	90	12		
		1900—1930	72		73	80		46		52		64		77		85		105		99		100		100		
St. Urban	Langenthal	1929/30	124	15	53	12	140	20	52	6	32	7	72	14	138	12	189	15	85	11	237	19	150	12		
		1900—1930	84		82	101		78		65		84		97		103		122		115		120		120		
Luthern	Gondiswil	1929/30	141	13	73	15	171	19	51	7	43	9	123	18	199	13	225	25	183	13	274	19	174	14		
		1900/1930	101		101	117		79		67		107		124		132		167		140		138		138		
Horgen	Wädenswil	1929/30	138	12	51	12	147	17	42	7	17	4	98	17	182	12	255	16	128	10	249	20	145	17		
		1900—1930	101		81	93		72		61		89		115		112		147		152		144		144		
Oerlikon	Brüttisellen	1929/30	122	12	33	12	105	16	27	8	16	5	66	14	159	13	156	16	81	10	252	18	134	15		
		1930/31	137	15	114	13	47	13	81	15	75	15	112	9	73	14	125	9	107	15	167	14	173	25		
		1900—1932	76		58	71		55		45		69		82		88		111		125		114		114		
Boppelsen	Regensdorf	1931/32	82	8	21	4	54	8	56	5	8	2	93	10	73	10	150	20	101	10	237	18	60	7		
		1900—1930	85		74	85		69		56		74		89		100		119		127		116		116		

**Tab. 13** Schneetage und  
Schneehöhen im schweizerischen Mittellande.

Meteoro- logische Station	Schneetage oder Schneehöhe	Jahr	Monate						
			Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April
Zürich	Schneetage	1929/30	0	0	1	0 (3)	6	0	0 (3)
	Schneehöhe, cm		0	0	3	0	9	0	0
	Schneetage	1930/31	0	0 (2)	1 (2)	14	24	20	0 (18)
	Schneehöhe, cm		0	0	1	15	40	57	0
	Schneetage	1931/32	0 (1)	0	13	2	9	7	0 (2)
	Schneehöhe, cm		0	0	3	2,5	12	18	0
Aarau	Schneetage	1929/30	0	0 (2)	9 (6)	1 (1)	1 (7)	1	0
	Schneehöhe, cm		0	0		0	0	1	0
Bern	Schneetage	1929/30	0	0 (1)	8	0 (3)	10	3 (2)	0 (1)
	Schneehöhe, cm		0	0	7,2	0	9,5	9,7	0
Freiburg	Schneetage	1929/30	0	0 (2)	8 (9)	2 (3)	15 (8)	3 (6)	0 (3)
	Schneehöhe, cm		—	?	?	?	?	?	—

Schneehöhe bedeutet die grösste erreichte Höhe der Schneedecke.  
Schneetage = Anzahl der Tage, an denen der Boden mehr als zur Hälfte mit Schnee bedeckt war. In Klammern die Zahl der Tage, an denen der Schnee den Boden nicht zur Hälfte bedeckte.

speziell die Bildung des Schneeschimmels, waren also nicht vorhanden. Auf einen milden und nassen April und einen ausgesprochen kühlen und regnerischen Mai folgte ein sehr warmer, trockener Juni. Der Monat Juli dagegen war wiederum niederschlagsreich und brachte Temperaturen, die unter dem Mittel lagen.

Die Witterung der beiden folgenden Versuchsjahre wich von der des Jahres 1929/30 bedeutend ab. Die Monate Oktober bis Dezember 1930 glichen denen des Vorjahres noch etwas, indem alle drei mild ausfielen, besonders der November brachte äusserst hohe Temperaturen. Im Gegensatz zu Oktober und November, wo reichlich Regen fiel, war der Dezember trocken. Die ersten drei Monate des Jahres 1931 zeichneten sich, namentlich Februar und März, durch ausgiebigen Schneefall aus. Während im Januar, der als warm gelten kann, trotz vieler Schneefälle der Boden nur 14 Tage mit Schnee bedeckt war, (Schneehöhe maximal 7—15 cm), dauerte die Schneebedeckung im März und Februar mindestens zwei Drittel des Monats (für Zürich 20 und 24 Tage). Die Höhe des Schnees erreichte Werte von 40—60 cm (in Zürich maximal 57 cm). Besondere Erwähnung verdient der späte Schneefall vom 8. — 10. März. Im Mittellande war der Boden bis zum 22. März mit Schnee bedeckt; in höhern Lagen,

dank der vorwiegend kühlen Witterung des April, entsprechend länger, (siehe Kap. II, S. 11). Von den Sommermonaten waren Mai und Juni durch warme und mehr oder weniger trockene Witterung gekennzeichnet, denen eine kühle und regnerische Schlechtwetterperiode im Juli und August folgte.

Die klimatischen Verhältnisse des Winters 1930/31 unterschieden sich also durch die reichlichen Schneefälle der Monate Januar bis März deutlich von dem Vorjahre. *Fusarium*-Befall war namentlich nach dem späten Schneefall vom März zu befürchten. Tatsächlich wurden auch viele Roggenäcker beobachtet, welche die Schneeschimmelerscheinung zeigten.

Die Vegetationsperiode 1931/32 begann mit trockener Witterung im Oktober bis Dezember; die Temperaturen des Oktober und Dezember blieben unter dem Mittel, der November dagegen war wiederum zu mild. Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Jahren lag in der Ostschweiz schon im Dezember während 13 Tagen Schnee (3 cm). Der Januar war schneearm, erst Februar und März brachten wieder eine Schneedecke (maximal 12 und 27 cm), die 7 bis 9 Tage anhielt. Die grössere Schneemenge fiel wiederum im März. Während des ganzen Zeitabschnittes vom April bis Juli herrschte mehr oder weniger kühles Wetter, besonders der Juli blieb hinter den Temperaturmitteln zurück. Während April und Juni normale oder zu kleine Niederschlagsmengen aufwiesen, waren Mai und Juli trübe und regnerisch. Erst im August stellte sich mit Trockenheit und grosser Wärme sommerliches Wetter ein.

#### e) Die Feldbesichtigung und Ernte der Versuche

Nachdem sich die Saaten im Frühjahr etwas erholt hatten, wurden die Felder im März und April besichtigt und dabei, soweit es die fortgeschrittene Bestockung erlaubte, die Zahl der überwinterten, lebenden Pflanzen festgestellt. In einigen Fällen war der Roggen zur Zeit der Besichtigung schon so gross, dass die einzelnen Pflanzen nicht mehr mit Sicherheit auseinanderzuhalten waren, um so mehr, als bei der Saat die Körner gelegentlich sehr nahe zu liegen kamen.

Die Vegetationsdauer der Versuche von 1929/30 bewegte sich zwischen 262 und 290 Tagen, die der beiden folgenden Jahre je nach der Saatzeit zwischen 251 und 320 Tagen. Die Ernte des Roggens fiel mit Ausnahme des Versuches von Gondiswil, der erst am 23. August geerntet wurde, in die Zeit vom 21. Juli bis zum 9. August. Die Daten der Aussaat und der Ernte sowie die Vegetationsdauer der einzelnen Versuche sind in den Ertragstabellen (Tab. 14—22) angegeben.

Die Erntemethode erfuhr bei einigen Versuchen kleinere Abänderungen, innerhalb eines Versuches aber wurden alle Parzellen

auf dieselbe Weise geerntet. Nach eingetretener Kornreife wurde beetweise der Roggen gemäht, wie üblich zum Trocknen ausgelegt und der Ertrag einer Parzelle zusammengebunden. Die Bündel wurden hierauf ungefähr in halber Höhe durchschnitten, so dass alle Ähren zu der obern Hälfte kamen, diese in Säcke verpackt und nach Zürich versandt. Der untere Teil wurde sogleich gewogen und von jeder Parzelle Proben für die Bestimmung des Wassergehaltes genommen. Nachdem sich ergeben hatte, dass der Wassergehalt des Strohes einer Versuchsreihe nicht stark schwankte, begnügte ich mich in der Folge damit, von jeder Versuchsreihe eine Probe für den genannten Zweck zu reservieren. Das Gewicht des obern Teiles des Strohes mit den Ähren wurde unmittelbar vor dem Dreschen ermittelt. Bei einigen Versuchen war es möglich, den gesamten Strohertrag nach Zürich zu bringen.

Die Erntemethode der Versuche von Brüttisellen, Wädenswil, Langenthal und Gondiswil wich von der oben beschriebenen ab, indem der Roggen nicht geschnitten, sondern von Hand sorgfältig ausgezogen wurde. Der Grund hiezu lag in der Absicht, die durchschnittliche Anzahl der Halme einer Pflanze bei infizierten und nicht infizierten Reihen zu ermitteln, um einen eventuellen Zusammenhang zwischen Bestockung und *Fusarium*-Befall nachzuweisen. Da bei der Aussaat öfters zwei oder mehr Körner zusammenklebten, der Abstand zwischen den einzelnen Pflanzen daher sehr gering war, konnte der Bestockungsgrad nicht in allen Fällen einwandfrei festgestellt werden.

Dank des gütigen Entgegenkommens der Direktion der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon war ich in der Lage, den grössten Teil der Ernte in der genannten Anstalt zu dreschen.

Je nach der Menge des Strohes bediente ich mich einer kleinen Dreschmaschine; bei kleineren Erträgen führte tüchtiges Klopfen des in einem Sacke sich befindenden Strohes und der Ähren ebenfalls zum Ziele. Proben des gedroschenen Strohes dienten gleichfalls zur Bestimmung des Gehaltes an Trockensubstanz. Dieser wurde nach der üblichen Methode durch Trocknen des lufttrockenen Materials bei 104° C während 4 Stunden erhalten. Abweichend hievon erforderten die Roggenkörner ein längeres Trocknen bei der gleichen Temperatur; die Gewichtskonstanz war in der Regel erst nach mindestens 24 Stunden erreicht. Ein beträchtlicher Teil der Trockensubstanzbestimmungen der Ernte von 1930 wurde in der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Oerlikon nach der dort gebräuchlichen Methode ausgeführt.

Das Stroh wurde auf g genau, die Körner auf 0,1 g genau gewogen.

## 3. Die Versuchsergebnisse

Weitaus der grösste Teil der Versuche entwickelte sich normal bis zur Ernte. Die Versuche in Witzwil auf Torferde (II) und in Avenches auf anmoorigem Lehm (II) litten unter starker Verunkrautung durch

**Tab. 14** Versuchsfeld Avenches I. Sand.

Versuchsjahr 1929/30. Saat am 30. Oktober, Ernte am 23. Juli.

Vegetationsdauer = 266 Tage. 5 Wiederholungen.

a) Körner- und Stroherträge von je 400 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittl. Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittl. Fehler	Verh.- zahl
<i>Landroggen</i>	g	g	%	g	g	%
gebeizt mit Infektion	447,3	± 52,9	87,48	1280,7	± 104,8	85,74
gebeizt ohne Infektion	511,3	± 30,8	100,00	1493,7	± 109,8	100,00
ungebeizt ohne Infektion	535,1	± 93,1	104,65	1394,1	± 195,3	93,33
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	543,7	± 70,4	100,65	1614,2	± 137,8	88,91
gebeizt ohne Infektion	540,2	± 44,2	100,00	1815,6	± 313,0	100,00
ungebeizt ohne Infektion	649,2	± 110,4	120,18	1622,1	± 177,2	89,34

**Tab. 15** Versuchsfeld Avenches II. Anmooriger Lehm.

Versuchsjahr 1929/30. Saat am 28. Oktober, Ernte am 24. Juli.

Vegetationsdauer = 269 Tage. 5 Wiederholungen.

Körnererträge von je 400 Körnern in g Trockensubstanz.<sup>1</sup>

Versuchsreihen	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
<i>Landroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	514,3	± 28,2	67,45
gebeizt ohne Infektion	762,5	± 32,5	100,00
ungebeizt ohne Infektion	640,7	—	84,03
<i>Petkuserroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	498,5	± 75,0	65,74
gebeizt ohne Infektion	758,3	± 73,0	100,00
ungebeizt ohne Infektion <sup>1</sup>	—	—	—

<sup>1</sup> Infolge starker Verunkrautung durch die Zaunwinde (*Convolvulus sepium* L.) wurde hier der Strohertrag nicht bestimmt. Aus dem gleichen Grunde wurden die Reihen «ungebeizt ohne Infektion» fallen gelassen.

**Tab. 16** *Versuchsfeld Witzwil II. Reiner Sand.*  
 Versuchsjahr 1929/30. Saat am 2. November, Ernte am 21./22. Juli.  
 Vegetationsdauer = 262 Tage. 4 Wiederholungen.

Körner- und Stroherträge von je 400 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	734,6	± 41,6	91,58	3052,4	± 227,8	83,04
gebeizt ohne Infektion	802,1	± 50,0	100,00	3675,0	± 201,5	100,00
ungebeizt ohne Infektion	802,1	± 111,0	100,00	3319,1	± 200,3	90,29
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	1068,4	± 77,4	88,09	3977,5	± 236,4	88,55
gebeizt ohne Infektion	1212,9	± 64,7	100,00	4491,0	± 251,5	100,00
ungebeizt ohne Infektion	1112,7	± 104,6	91,74	3976,8	± 506,1	88,53

**Tab. 17** *Versuchsfeld Gondiswil. Toniger Sand.*  
 Versuchsjahr 1929/30. Anzahl der Wiederholungen = 4.  
 Saat am 6. November, Ernte am 22./23. August.  
 Vegetationsdauer = 290 Tage.

a) Körner- und Stroherträge von je 400 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	768,0	± 47,3	65,17	2503,0	± 283,8	70,27
gebeizt ohne Infektion	1178,5	± 23,4	100,00	3562,0	± 325,7	100,00
ungebeizt ohne Infektion	1042,0	± 36,9	88,42	3704,5	± 137,4	104,00
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	1014,0	± 87,4	73,21	3024,2	± 178,3	84,90
gebeizt ohne Infektion	1385,0	± 63,8	100,00	3615,5	± 243,2	100,00
ungebeizt ohne Infektion	1421,0	± 66,2	102,60	4090,0	± 307,6	114,82

die grosse Zaunwinde (*Convolvulus sepium* L.). In Witzwil überwucherte die genannte Pflanze den Roggen so stark, dass der Versuch aufgegeben werden musste. Er zeigte zur Zeit der Besichtigung am 23. April 1930 besonders deutlich die Unterschiede zwischen den infizierten und nicht infizierten Reihen. Da in diesem Zeitpunkt sich

## b) Anzahl der lebenden Pflanzen am 25. April 1930.

Versuchsreihen	Anzahl der Pflanzen	Mittlerer Fehler	Verhältniszahl
<i>Landroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	161,2	± 13,9	62,75
gebeizt ohne Infektion	257,0	± 7,9	100,00
ungebeizt ohne Infektion	208,2	± 1,7	81,00
<i>Petkuserroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	108,2	± 10,15	62,51
gebeizt ohne Infektion	173,0	± 13,6	100,00
ungebeizt ohne Infektion	197,5	± 15,5	114,2

**Tab. 18** Versuchsfeld Langenthal. Toniger Lehm. Versuchsjahr 1929/30. Anzahl der Wiederholungen: infizierte Parzellen = 4, nicht infizierte = 3. Saat am 4. November, Ernte am 4./5. August. Vegetationsdauer = 274 Tage.

a) Körner- und Stroherträge von je 400 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trockensubstanz	Mittlerer Fehler	Verhältniszahl	Trockensubstanz	Mittlerer Fehler	Verhältniszahl
	g	g	%	g	g	%
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	177,3	± 34,1	81,14	531,0	± 83,1	86,91
gebeizt ohne Infektion	218,5	± 48,0	100,00	611,0	± 148,0	100,00
ungebeizt ohne Infektion	235,7	± 25,6	107,87	756,3	± 47,1	123,78
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	139,0	± 39,6	50,80	345,0	± 71,3	49,85
gebeizt ohne Infektion	273,6	± 92,0	100,00	692,0	± 229,5	100,00
ungebeizt ohne Infektion	235,0	± 49,5	85,89	659,0	± 154,6	95,23

## b) Anzahl der lebenden Pflanzen am 26. April 1930.

Versuchsreihen	Anzahl der Pflanzen	Mittlerer Fehler	Verhältniszahl
<i>Landroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	172,2	± 21,9	74,25
gebeizt ohne Infektion	232,0	± 12,3	100,00
ungebeizt ohne Infektion	215,3	± 3,3	92,70
<i>Petkuserroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	104,0	± 6,6	57,80
gebeizt ohne Infektion	180,0	± 21,2	100,00
ungebeizt ohne Infektion	163,0	± 11,1	90,50

**Tab. 19** Versuchsfeld Wädenswil. Toniger Lehm.  
Versuchsjahr 1929/30. Saat am 11. November, Ernte am 2. August.  
Vegetationsdauer = 264 Tage. 5 Wiederholungen.

a) Körner- und Stroherträge von je 200 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	300,6	± 45,8	66,66	912,7	± 91,6	73,85
gebeizt ohne Infektion	455,0	± 51,2	100,00	1235,9	± 127,8	100,00
ungebeizt ohne Infektion	384,8	± 49,6	84,57	1176,2	± 152,6	95,15
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	411,2	± 31,1	76,54	850,3	± 87,4	72,12
gebeizt ohne Infektion	537,2	± 33,6	100,00	1179,0	± 91,7	100,00
ungebeizt ohne Infektion	502,8	± 51,5	93,60	1184,2	± 76,6	100,44

b) Anzahl der lebenden Pflanzen am 12. April 1930.

Versuchsreihen	Anzahl der Pflanzen	Mittlerer Fehler	Verhältnis- zahl
<i>Landroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	82,4	± 14,4	66,56
gebeizt ohne Infektion <sup>1</sup>	123,8	± 10,5	100,00
<i>Petkuserroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	63,2	± 6,65	69,91
gebeizt ohne Infektion <sup>1</sup>	90,4	± 7,6	100,00

<sup>1</sup> Bei den Reihen «ungebeizt ohne Infektion» wurde die Zahl der Pflanzen nicht bestimmt.

die meisten Pflanzen schon bestockt hatten, musste auf eine Auszählung verzichtet werden; der damalige Stand der Parzellen ist in den Abbildungen 1–3 (Taf. I) festgehalten.

Etwas schwächer als der Versuch in Witzwil wurde der Versuch II in Avenches durch die Zaunwinde in Mitleidenschaft gezogen. Obschon sich auch hier das Unkraut stark vermehrt hatte, war es möglich, die Körnererträge zu bestimmen (Tab. 15, S. 48). Die Wirkung der Infektion mit *Fusarium nivale* trat am 24. April auf diesem Felde noch viel deutlicher in Erscheinung als bei dem oben erwähnten Versuch in Witzwil (siehe Abb. 1 u. 2, Taf. II). Der stark lückenhafte Bestand der infizierten Parzellen war auffallend.

**Tab. 20** Versuchsfeld Brüttisellen I. Sandiger Ton.  
Versuchsjahr 1929/30. Saat am 9. November, Ernte am 30./31. Juli.  
Vegetationsdauer = 264 Tage. 6 Wiederholungen.

a) Körner- und Stroherträge von je 200 Körnern in g Trockensubstanz.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	268,4	± 26,9	67,73	702,0	± 118,1	70,20
gebeizt ohne Infektion	396,3	± 53,0	100,00	999,7	± 133,1	100,00
ungebeizt mit Infektion	159,1	± 16,6	40,15	517,9	± 56,0	51,81
ungebeizt ohne Infektion	280,7	± 36,5	70,83	758,0	± 104,5	75,80
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	234,7	± 52,4	53,00	625,7	± 93,4	56,40
gebeizt ohne Infektion	442,8	± 34,0	100,00	1109,5	± 91,3	100,00
ungebeizt mit Infektion	101,5	± 20,8	22,92	243,2	± 56,4	21,92
ungebeizt ohne Infektion	327,1	± 56,2	73,87	936,4	± 130,2	84,40

b) Anzahl der lebenden Pflanzen am 1. April 1930.

Versuchsreihen	Anzahl der Pflanzen	Mittlerer Fehler	Verhältnis- zahl
<i>Landroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	97,8	± 13,0	69,86
gebeizt ohne Infektion	140,0	± 12,9	100,00
ungebeizt mit Infektion	68,0	± 7,2	48,57
ungebeizt ohne Infektion	95,5	± 4,5	68,21
<i>Petkuserroggen</i>			
gebeizt mit Infektion	60,2	± 10,8	63,50
gebeizt ohne Infektion	94,8	± 7,3	100,00
ungebeizt mit Infektion	46,2	± 7,6	48,73
ungebeizt ohne Infektion	85,2	± 7,1	89,87

Anschliessend folgen die Korn- und Stroherträge sämtlicher Versuche und soweit dies festgestellt wurde, die Zahl der lebenden Pflanzen im Frühjahr. Die Tabellen 14–22 enthalten die mittleren Korn- und Stroherträge der 2 oder 4 m<sup>2</sup> grossen Parzellen. Es wurde davon Umgang genommen, die Erträge auf eine grössere Flächeneinheit (z. B. 1 ha) umzurechnen, da die Versuchsergebnisse wegen der extrem geringen Saattiefe nicht mit den üblichen Ertragsziffern verglichen werden können.

**Tab. 21** Einfluss der Saatzeit auf die Schädigung durch *Fusarium nivale*. Versuchsfeld Brüttisellen II. Moorboden (Humusgehalt = 15,9%). Versuchsjahr 1930/31.

Körner- und Stroherträge von je 200 Körnern, in g Trockengewicht.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
a) Frühe Saat: 3. Okt.						
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	116,9	± 36,0	74,79	337,1	± 74,4	78,76
gebeizt ohne Infektion	156,3	± 12,6	100,00	428,0	± 28,7	100,00
ungebeizt ohne Infektion	78,3	± 28,3	50,10	234,9	± 72,0	54,88
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	100,3	± 26,8	50,28	310,2	± 68,1	56,75
gebeizt ohne Infektion	199,5	± 58,8	100,00	488,3	± 108,4	100,00
ungebeizt ohne Infektion	201,4	± 36,2	100,95	567,5	± 82,5	116,22
b) Mittlere Saat: 17./18. Okt.						
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	71,0	± 18,45	46,31	264,2	± 61,45	63,02
gebeizt ohne Infektion	153,2	± 25,4	100,00	419,2	± 67,6	100,00
ungebeizt ohne Infektion	102,5	± 27,0	66,93	279,1	± 71,5	66,58
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	195,9	± 74,0	74,29	506,1	± 88,6	78,84
gebeizt ohne Infektion	263,7	± 21,2	100,00	641,9	± 52,7	100,00
ungebeizt ohne Infektion	201,7	± 32,3	76,49	495,4	± 72,6	77,18
c) Späte Saat: 27. Nov.						
<i>Landroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	5,0	± 1,7	14,53	35,7	± 11,6	22,04
gebeizt ohne Infektion	34,4	± 10,35	100,00	161,7	± 23,8	100,00
ungebeizt ohne Infektion	34,6	± 8,7	100,58	157,8	± 22,7	97,60
<i>Petkuserroggen</i>						
gebeizt mit Infektion	4,7	± 1,8	22,78	45,8	± 13,2	30,33
gebeizt ohne Infektion	22,8	± 2,7	100,00	151,0	± 17,0	100,00
ungebeizt ohne Infektion	19,8	± 6,3	86,92	131,0	± 21,0	86,75

**Tab. 22a** Einfluss der Saatzeit auf die Schädigung durch *Fusarium nivale*. Versuchsfeld Regensdorf. Toniger Lehm. Versuchsjahr 1931/32.

Anzahl der lebenden Pflanzen am 14. April 1932.

Versuchsreihen	Anzahl der Pflanzen	Mittlerer Fehler	Verhältniszahl
a) Frühe Saat: 21. Sept.			
<i>Landroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	106,2	± 2,6	93,65
ungebeizt ohne Infektion	113,4	± 4,5	100,00
gebeizt ohne Infektion	116,2	± 4,45	102,47
<i>Petkuserroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	103,2	± 5,7	88,05
ungebeizt ohne Infektion	117,2	± 5,6	100,00
gebeizt ohne Infektion	122,2	± 7,8	104,27
b) Mittlere Saat: 10. Okt.			
<i>Landroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	71,0	± 5,2	84,32
ungebeizt ohne Infektion	84,2	± 5,2	100,00
gebeizt ohne Infektion	81,6	± 6,9	96,91
<i>Petkuserroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	58,8	± 5,3	80,11
ungebeizt ohne Infektion	73,4	± 6,7	100,00
gebeizt ohne Infektion	83,8	± 7,1	114,17
c) Späte Saat: 3. Nov.			
<i>Landroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	51,4	± 7,5	75,59
ungebeizt ohne Infektion	68,0	± 3,8	100,00
gebeizt ohne Infektion	81,0	± 6,9	107,16
<i>Petkuserroggen</i>			
ungebeizt mit Infektion	59,6	± 2,55	66,08
ungebeizt ohne Infektion	90,2	± 3,1	100,00
gebeizt ohne Infektion	92,2	± 8,2	102,22

**Tab. 22b** Einfluss der Saatzeit auf die Schädigung durch *Fusarium nivale*. Versuchsfeld Regensdorf. Toniger Lehm. Versuchsjahr 1931/32.

Körner- und Stroherträge von je 200 Körnern, in g Trockengewicht.

Versuchsreihen	Körnerertrag			Strohertrag		
	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl	Trocken- substanz	Mittlerer Fehler	Verhält- niszahl
	g	g	%	g	g	%
a) Frühe Saat: 21. Sept.						
<i>Landroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	264,4	± 9,3	99,35	715,2	± 34,9	94,08
ungebeizt ohne Infektion	266,1	± 16,9	100,00	760,1	± 59,4	100,00
gebeizt	231,5	± 32,4	86,98	674,2	± 66,7	88,70
<i>Petkuserroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	260,7	± 32,3	82,95	604,8	± 80,0	83,29
ungebeizt ohne Infektion	314,3	± 32,3	100,00	726,1	± 90,0	100,00
gebeizt	427,3	± 31,0	135,96	981,5	± 86,5	135,17
b. Mittlere Saat: 10. Okt.						
<i>Landroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	223,2	± 12,4	86,35	518,7	± 32,6	78,76
ungebeizt ohne Infektion	258,5	± 20,6	100,00	658,6	± 67,0	100,00
gebeizt	205,3	± 14,3	79,43	523,2	± 39,2	79,44
<i>Petkuserroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	238,0	± 20,6	72,43	502,7	± 60,4	71,75
ungebeizt ohne Infektion	328,6	± 33,7	100,00	700,6	± 57,7	100,00
gebeizt	353,8	± 23,0	107,66	728,7	± 33,1	104,00
c) Späte Saat: 3. Nov.						
<i>Landroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	58,9	± 13,4	52,93	159,3	± 32,0	65,48
ungebeizt ohne Infektion	111,4	± 12,8	100,00	243,3	± 33,8	100,00
gebeizt	114,3	± 16,2	102,68	281,2	± 38,4	115,58
<i>Petkuserroggen</i>						
ungebeizt mit Infektion	168,8	± 27,9	61,20	347,9	± 57,5	65,98
ungebeizt ohne Infektion	275,9	± 13,7	100,00	527,2	± 54,5	100,00
gebeizt	177,2	± 19,6	64,22	429,6	± 32,3	81,48

#### 4. Besprechung der Versuchsergebnisse

Als Maßstab des durch *Fusarium nivale* verursachten Schadens diente in den vorliegenden Versuchen der Ertrag an Körnern und Stroh, ausserdem wurde vereinzelt auch die Anzahl der lebenden Pflanzen im Frühjahr bestimmt. Die erste Methode hat den Vorteil, dass sie die Einwirkung der Fusarien während der ganzen Vegetationsperiode zum Ausdruck bringt. Mit der Zahl der lebenden Pflanzen wird nur die Einwirkung des Pilzes in der Zeitspanne von der Saat bis zum Auszählen erfasst, immerhin dürfte in diesem Zeitpunkte die Periode der stärksten Schädigung abgelaufen sein. Die Berücksichtigung des Krankheitsgrades gelang bei der Auszählung nur so weit, als kleine und schwache Pflanzen nur mit der halben Zahl eingesetzt wurden; sehr kleine, krüppelhafte Pflanzen, die offensichtlich bald darauf eingingen, zählten nicht mit. Die Körner- und Stroherträge lassen die Unterschiede im *Fusarium*-Befall deutlicher hervortreten, da infizierte, schwächliche Pflanzen auch geringere Erträge liefern. Die Pflanzenzahl der infizierten Reihen und der Kontrollen leistete als Ergänzung der Körner- und Stroherträge gute Dienste und bestätigte meistens auch deren Ergebnisse.

Da die Erntegewichte der einzelnen Versuche zu stark schwankten, konnte als Maßstab für die erfolgte Infektion durch *Fusarium nivale* nicht die absolute Höhe der Erträge in Betracht kommen. So lieferten die Versuche von Gondiswil und Witzwil (Tab. 16 und 17) am meisten Körner und Stroh; grösstenteils über 1000 g Körner auf einer Parzelle von 4 m<sup>2</sup>. Die kleinsten Erträge sind beim Versuch von Langenthal zu verzeichnen (Tab. 18), wo die Körnergewichte 300 g nicht erreichen. Neben dem für den Roggenbau ungünstigen Boden (toniger Lehm) hat hier offensichtlich die schattige Lage des Versuchsfeldes nachteilig gewirkt. Entscheidend für die Wirkung der Infektion ist allein das Verhältnis der Erträge der infizierten und nicht infizierten Parzellen; man hat also stets die Körner- und Strohgewichte der infizierten Parzellen mit denen der Kontrollparzellen zu vergleichen. Aus diesem Grunde wurden in den Tabellen 14—22 die Erträge des gebeizten und nicht infizierten Saatgutes, da sie in der Regel das Optimum darstellten, = 100 gesetzt und alle Korn- und Strohgewichte der übrigen Parzellen in Prozente dieses Wertes umgerechnet. Die letzte Kolonne der Ertragstabellen gibt diese Verhältniszahlen wieder. In analoger Weise wurde auch die Anzahl der Pflanzen der infizierten Parzellen auf diejenige der sonst gleich behandelten Kontrollparzellen bezogen.

Durch Ergänzung der Verhältniszahlen der infizierten Parzellen

auf 100% ergibt sich direkt der prozentische, durch die Infektion mit *Fusarium nivale* verursachte Ertragsausfall.

Die Verhältniszahlen erlauben, sowohl die Erträge des gebeizten und infizierten Saatgutes mit denen des nicht infizierten Roggens zu vergleichen, als auch die Erntegewichte des gebeizten Getreides mit denen des ungebeizten in unmittelbare Beziehung zu setzen.

Nachstehend werden die Ergebnisse nach Versuchsfragen geordnet besprochen.

a) Einfluss der Bodenart auf die Schädigung durch *Fusarium nivale* (siehe Abb. 9 und 10).

Vergleicht man bei den Versuchen aller drei Jahre die Korn- und Strohgewichte der infizierten Parzellen mit denjenigen der entsprechenden Kontrollparzellen, so lässt sich fast überall eine durch die Infektion mit *Fusarium nivale* bedingte Ertragseinbusse erkennen. In Tabelle 23 sind die auf die nicht infizierten Kontrollparzellen bezogenen Ertragsziffern (Verhältniszahlen) der infizierten Reihen, nach steigenden Ertragsausfällen geordnet, zusammengestellt. Da auch die Feldversuche des Jahres 1930/31 in Brüttisellen und des Jahres 1931/32 in Regensdorf über denselben Versuchsgegenstand Auskunft geben, sind die betreffenden Ergebnisse hier ebenfalls beigelegt.

Aus der Tabelle geht hervor, dass der durch die Infektion mit *Fusarium nivale* bedingte Ertragsrückgang auf den verschiedenen Bodenarten ungleich ist, es scheint aber ein deutlicher Zusammen-

**Tab. 23** Erträge der infizierten Versuchsreihen von Land- und Petkuserroggen auf verschiedenen Bodenarten, ausgedrückt in % der Ernte der Kontrollparzellen.

Versuchsfeld	Bodenart	Saatzeit	Landroggen		Petkuserroggen	
			Körner	Stroh	Körner	Stroh
			%	%	%	%
Witzwil II	Reiner Sand	2. Nov.	91,58	83,04	88,09	88,55
Avenches I	Sand	30. Okt.	87,48	85,74	100,65	88,91
Avenches II	Anmooriger Lehm	28. Okt.	67,45	—	65,74	—
Wädenswil	Toniger Lehm	11. Nov.	66,66	73,85	76,54	72,12
Gondiswil	Toniger Sand	6. Nov.	65,17	70,27	73,21	84,90
Langenthal	Toniger Lehm	4. Nov.	81,14	86,91	50,80	49,85
Brüttisellen I	Sandiger Ton	9. Nov.	67,73	70,20	53,00	56,40
ungebeiztes, infiziertes Saatgut			40,15	51,81	22,92	21,92
Brüttisellen II	Torferde	18. Okt.	46,31	63,02	74,29	78,84
Brüttisellen II		27. Nov.	14,53	22,04	22,78	30,33
Regensdorf	Toniger Lehm	3. Nov.	52,93	65,48	61,20	65,98

hang zwischen der eingetretenen Schädigung und der Bodenart vorzuliegen. So geht infolge der Infektion der Körnerertrag im Versuch von Witzwil auf Sandboden auf 91% zurück, während im Versuch in Brüttsellen auf Torferde das Korngewicht nur noch 46% der Kontrollparzellen erreicht.

Auf den fast reinen Sandböden der Versuchsfelder Witzwil und Avenches ist der Ertragsausfall am geringsten; der Rückgang der

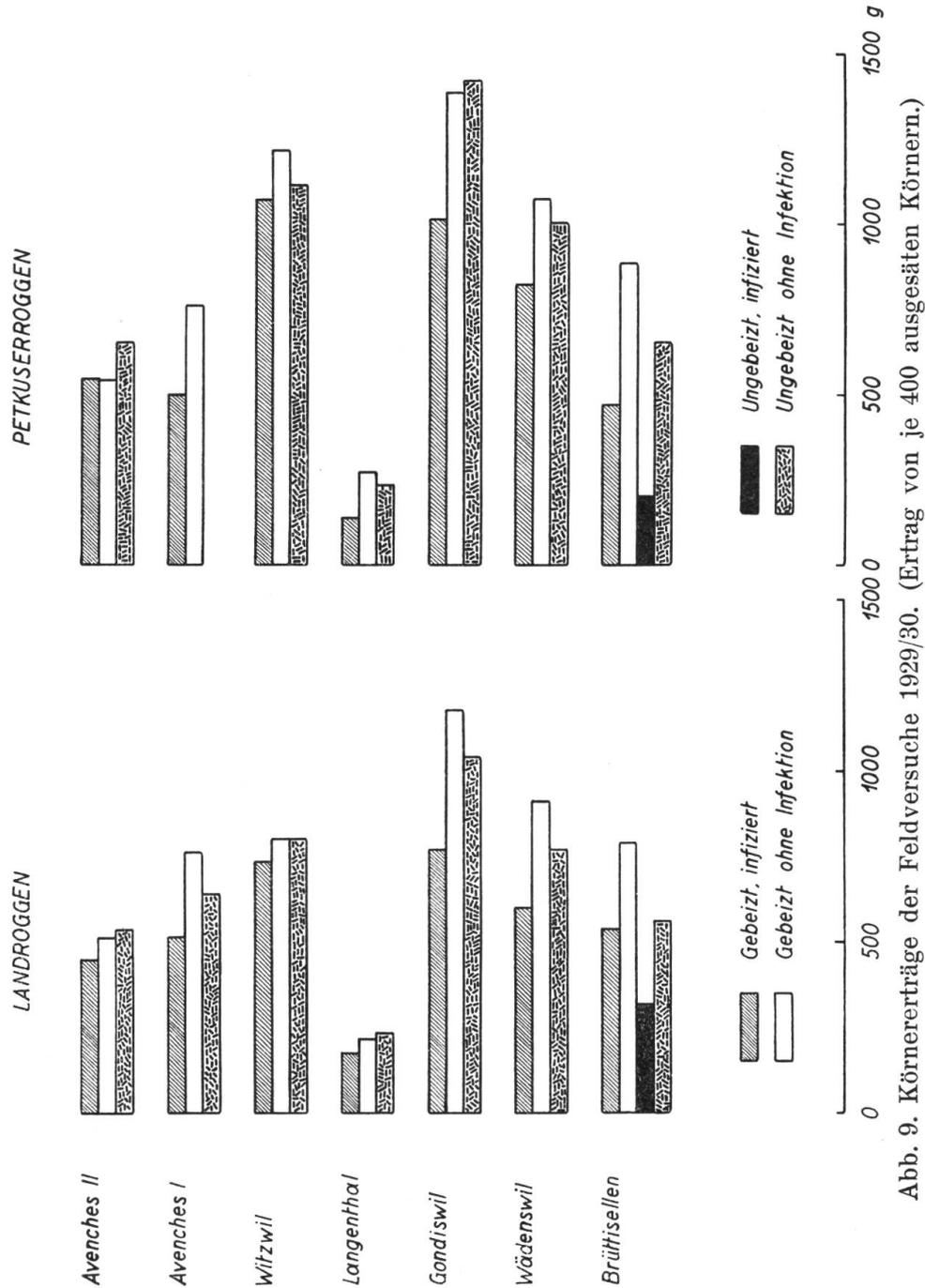


Abb. 9. Körnererträge der Feldversuche 1929/30. (Ertrag von je 400 ausgesäten Körnern.)

Kornerträge beträgt bei dem Versuch in Witzwil 8,4% für Landroggen und rund 12% für Petkuserroggen. Bei dem Versuch in Avenches wurde das Korngewicht durch die Infektion gleichfalls um 12,5% vermindert, während der Petkuserroggen überhaupt keine Einwirkung zeigte. Hiezu ist zu bemerken, dass die Unterschiede zwischen den infizierten und Kontrollparzellen bei dem Versuch von Avenches innerhalb der Fehlergrenzen liegen; beim Versuch von Witzwil über-

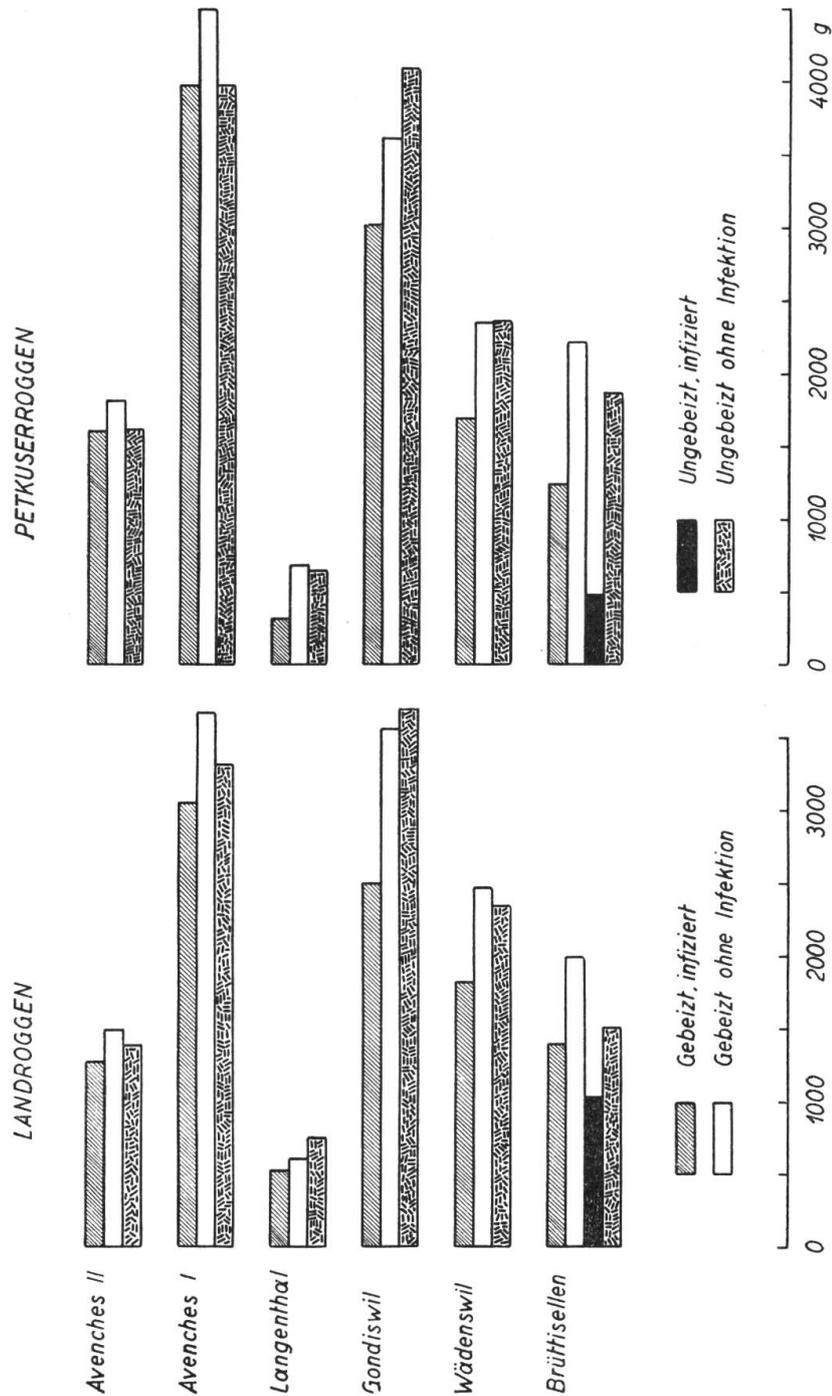


Abb. 10. Stroherträge der Feldversuche 1929/30. Ertrag von je 400 ausgesäten Körnern.)

schreiten die Differenzen mehrheitlich knapp die Grenze des mittleren Fehlers.

Etwas grösser sind die Ertragsrückgänge auf tonigem Lehm (Wädenswil) und tonigem Sand (Gondiswil). Die Körner- und Strohgewichte stehen bei beiden Versuchen auf gleicher Höhe; die Übereinstimmung der Wiederholungen ist besser als bei den vorhergehenden Versuchen, da die Ertragsunterschiede sich deutlich ausserhalb der Fehlergrenzen bewegen. Die Reaktion der beiden Böden unterscheidet sich nicht wesentlich (siehe Tab. 10, Seite 38). Auf ungefähr derselben Stufe hinsichtlich des Ernteverlustes steht der Versuch Avenches II auf humusreichem Lehm. Der Petkuserroggen liefert hier jedoch schon etwas weniger Körner. Der Versuch ist aber deshalb unzuverlässig, weil einzelne Parzellen stark durch die grosse Zaunwinde verunkrautet waren. Anlässlich der Feldbesichtigung am 24. April zeigten sich zwischen den infizierten Parzellen und den Kontrollen viel grössere Unterschiede in der Zahl und Grösse der Pflanzen, als dies in dem Ernteertrag zum Ausdruck kommt (siehe Seite 51 und Abb. 1 und 2, Tafel II).

Die nächst höhere Stufe des *Fusarium*-Schadens ist bei den Versuchen von Langenthal und Brüttisellen auf tonigem Lehm und sandigem Ton zu verzeichnen. Zwar machen bei dem Versuch in Langenthal die Korn- und Stroherträge der infizierten Parzellen bei Landroggen wiederum über 80% der Kontrollparzellen aus, was ungefähr den Verhältnissen des Versuches von Avenches I auf tonigem Sand entspricht. Die Erträge des Landroggens im Versuch von Brüttisellen auf sandigem Ton decken sich mit denen von Gondiswil und Wädenswil auf tonigem Sand, bzw. tonigem Lehm. Die Erntegewichte des Petkuserroggens haben sowohl beim Versuch in Langenthal als auch in Brüttisellen bedeutend abgenommen. Sie erreichen an beiden Orten nur noch rund 50% der Kontrollparzellen. Petkuserroggen ist also nach diesen beiden Versuchen zu schliessen empfindlicher gegen die Infektion durch *Fusarium nivale* als Landroggen.

Der höchste Grad der Schädigung durch *Fusarium nivale* ist bei dem Versuch in Brüttisellen II auf humusreichem Ton (Humusgehalt 15,86%) zu beobachten. Leider konnte der entsprechende Versuch des Jahres 1929/30 in Witzwil auf Torferde (Humusgehalt rund 60%) nicht verwertet werden, da die Zaunwinde derart massenhaft auftrat, dass die Erträge kein richtiges Bild mehr ergeben hätten. Die entstandene Lücke wird durch den Versuch II in Brüttisellen nur mangelhaft ausgefüllt, da der Humusgehalt dieses Versuchsfeldes zu gering ist. Der Vergleich wird zudem erschwert, weil die Saatzeit dieses Versuches mit derjenigen der Versuche von 1929/30

nicht vollständig übereinstimmt. Die mittelspäte Saat des Versuches von Brüttsellen deckt sich zeitlich ungefähr mit den zuerst gesäten Versuchen des Jahres 1929/30, ist aber von der Saatzeit des Versuches von Wädenswil um 11 Tage entfernt. Ich lege gleichwohl dem Vergleich die mittelspäte Saatzeit vom 17./18. Oktober zugrunde. Für den Landroggen ist der Ertragsrückgang von 20% deutlich. Die mittleren Körner- und Stroherträge liegen ausserhalb der Fehlergrenzen. Der Petkuserroggen weicht hier merkwürdigerweise stark von dem Verhalten des Landroggens ab. Die infizierten Parzellen lieferten hier 74—78% der Erträge der Kontrollparzellen, womit wiederum die Höhe der Erntegewichte der Versuche auf tonigem Lehm (Wädenswil) und tonigem Sand (Gondiswil) erreicht ist. Zieht man aber in Betracht, dass die Erträge des infizierten Saatgutes bei extrem später Saat (27. November) auf 14—22% der Kontrollparzellen sinken, so darf man annehmen, dass eine etwas spätere Saatzeit (etwa am 5. November) schon einen merklichen Ausfall im Korn- und Strohgewicht zur Folge gehabt hätte. Übereinstimmend mit den Erntegewichten zeigten sich anlässlich der Besichtigung der Versuchsfelder im Frühjahr die grössten Unterschiede zwischen infizierten und nicht infizierten Parzellen auf den stark humushaltigen Feldern von Witzwil und Brüttsellen II.

Stellen wir die Frage, auf welche Komponente der Bodenbeschaffenheit der verschieden starke Ertragsrückgang zurückzuführen ist, so fällt auf, dass mit zunehmender Schädigung durch *Fusarium nivale* auch der Humusgehalt des Versuchsfeldes ansteigt. Mit dem Gehalt an organischen Bestandteilen nimmt im Boden naturgemäss auch der Gehalt an N-Verbindungen zu. Es könnte also sowohl der höhere Humusgehalt als auch der Reichtum an Stickstoffverbindungen für den vermehrten Ertragsausfall verantwortlich sein. Nach welcher Seite diese Frage zu beantworten ist, soll hier nicht entschieden werden; dazu sind weitere einschlägige Versuche erforderlich.

Rechnet man durch Ergänzung der Verhältniszahlen der Tabelle 23 auf 100% den direkten, prozentualen Ertragsausfall der infizierten Parzellen aus und fügt den Humus- und Stickstoffgehalt der betreffenden Versuchsfelder bei, so ergibt sich die Zusammenstellung der Tabelle 24 (siehe Abb. 11). Daraus ist ersichtlich, dass im allgemeinen der durch die Infektion mit *Fusarium nivale* bedingte Ertragsausfall mit der Zunahme des Bodens an organischen Bestandteilen parallel verläuft. Der Ertragsrückgang des Landroggens (Körner 32%) im Versuche von Brüttsellen I entspricht nicht der Zunahme des Humusgehaltes des betreffenden Feldes, ebenso wäre auf dem relativ humusreichen Versuchsfeld Avenches II ein grösserer Verlust an Körnern

zu erwarten gewesen. Die grösste Unregelmässigkeit ist aber im Ertrag des Petkuserroggens des Versuches von Langenthal festzustellen; während der infizierte Landroggen nur kleine Ertragseinbussen aufweist, sinken die Erträge des Petkuserroggens auf rund 50 %.

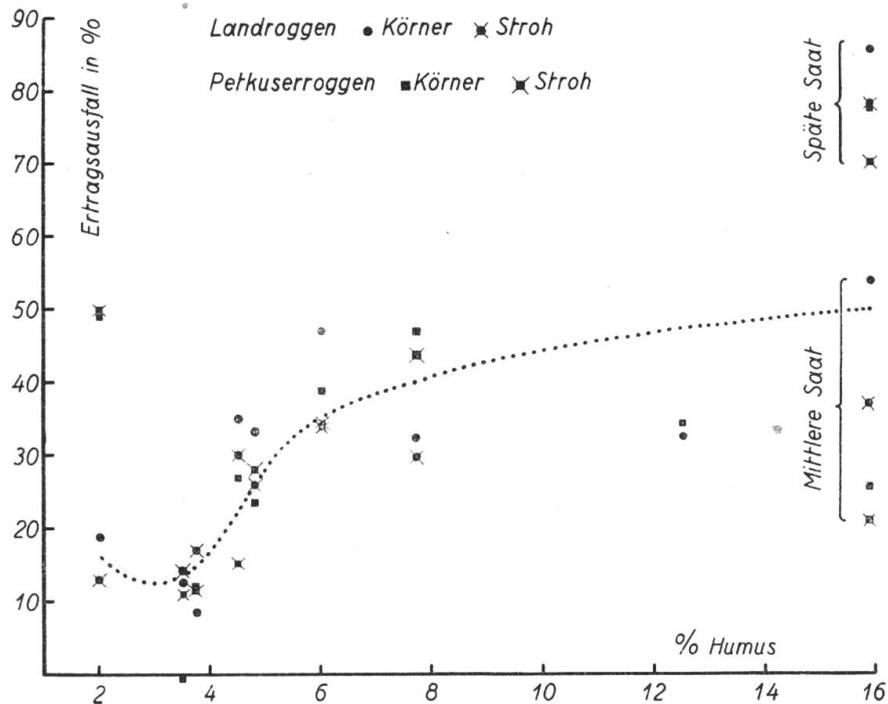


Abb. 11. Beziehung zwischen Humusgehalt der Versuchsfelder und der Schädigung durch *Fusarium nivale*.

Wird der Saatzeitversuch von Brüttsellen II mit den Versuchen der Vegetationsperiode 1929/30 verglichen, so muss daran erinnert werden, dass sich die Versuchsbedingungen des Winters 1930/31 durch den stärkern Schneefall wesentlich von denen des Vorjahres unterscheiden. Die mittlere Saat des genannten Versuches (Humusgehalt = 15,86 %) brachte mit 53,7 % den grössten Rückgang des Ertrages an Landroggen; der Ernteausschlag des Petkuserroggens machte dagegen nur 25,7 % der nicht infizierten Parzellen aus. Da die meisten Versuche der Vegetationsperiode 1929/30 nach dem 30. Oktober gesät wurden, sind die Werte der mittleren Saatzeit (18. Oktober) des Versuches Brüttsellen II etwas zu gross, um zum Vergleich herangezogen zu werden. Die extrem späte Saatzeit (27. November) lieferte viel kleinere Korn- und Stroherträge (siehe Tab. 24). Der Ertragsausfall wäre also vermutlich bei einer etwas spätern Saatzeit (5. November) grösser gewesen.

Zusammenfassend scheint ein positiver Zusammenhang zwischen

**Tab. 24** Beziehung zwischen Humus- und N-gehalt des Bodens und der Schädigung des Roggens durch *Fusarium nivale*.

Versuchsfeld	Saatzeit	Humus	N	Landroggen		Petkuserroggen	
				Körner	Stroh	Körner	Stroh
		%	%	%	%	%	%
Langenthal	4. Nov.	2,00	0,12	18,86	13,09	49,20	50,15
Avenches I	30. Okt.	3,52	0,15	12,52	14,26	+0,65	11,09
Witzwil	2. Nov.	3,75	0,15	8,42	16,96	11,91	11,45
Gondiswil	6. Nov.	4,47	0,18	34,83	29,73	26,79	15,10
Wädenswil	11. Nov.	4,79	0,30	33,34	26,15	23,46	27,88
Regensdorf	3. Nov.	5,96	0,30	47,07	34,52	38,80	34,02
Brüttisellen I	9. Nov.	7,70	0,49	32,27	29,80	47,00	43,60
Avenches II	28. Okt.	12,51	0,66	32,55	—	34,26	—
Brüttisellen II	18. Okt.	15,86	1,18	53,69	36,98	25,71	21,16
Brüttisellen II	27. Nov.	15,86	1,18	85,47	77,96	77,22	69,67

dem Humus- bzw. Stickstoffgehalt des Bodens und dem Ausmass der Schädigung durch *Fusarium nivale* vorzuliegen. Die kleinsten Ertragsverluste wurden auf Böden mit geringem Humusgehalt, die grössten Ernteaussfälle auf Böden mit relativ hohem Gehalt an organischen Stoffen beobachtet. Ausnahmen kamen vor auf tonigem Lehm, sandigem Ton und anmoorigem Lehm (siehe Tab. 23). Die kleine Anzahl der Versuche rechtfertigt einen allgemein gültigen Schluss noch nicht; weitere Versuche müssen dieses Ergebnis erst noch erhärten. Für die Richtigkeit spricht immerhin die Erfahrung der landwirtschaftlichen Praxis, die mit unserer Beobachtung übereinstimmt. So zeigten sich z. B. wiederholt auf dem Gutsbetrieb der kanton-bernischen Strafanstalt Witzwil die schwersten *Fusarium*-Schäden bei Roggen auf sehr humusreichen Böden (Torferde).

#### b) Der Einfluss der Saatgutbeize

Durch den Vergleich der Erträge von gebeiztem und ungebeiztem Roggen erhält man Aufschluss über den Einfluss der Saatgutbeize auf die Schädigung durch *Fusarium*. Massgebend ist auch hier das Verhältnis der Erträge der beiden genannten Versuchsreihen. Tabelle 25 gibt die Erträge des ungebeizten Saatgutes, ausgedrückt in Prozenten der Erträge des gebeizten Roggens, wieder.

Die Wirkung der Saatgutbeize äussert sich in den vorliegenden Versuchen nicht einheitlich; es hält zunächst schwer, besonders bei den 6 ersten Versuchen der Tabelle 25, eine Gesetzmässigkeit herauszufinden. Da das Stroh wirtschaftlich die kleinere Bedeutung be-

**Tab. 25** Erträge des ungebeizten Saatgutes,  
gemessen am Ertrag des gebeizten Roggens (= 100 %).

Versuchsfeld	Bodenart	Saatzeit	Landroggen		Petkuserroggen	
			Körner	Stroh	Körner	Stroh
			%	%	%	%
Avenches I	Sand	30. Okt.	104,65	93,33	120,18	89,34
Witzwil	Reiner Sand	2. Nov.	100,00	90,29	91,74	88,53
Avenches II	Anmooriger Lehm	28. Okt.	84,03	—	—	—
Langenthal	Toniger Lehm	4. Nov.	107,87	123,78	85,89	95,23
Gondiswil	Toniger Sand	6. Nov.	88,42	104,00	102,60	114,82
Wädenswil	Toniger Lehm	11. Nov.	84,57	95,15	93,60	100,44
Brüttisellen I	Sandiger Ton	9. Nov.	70,83	75,80	73,87	84,40
Brüttisellen II		3. Okt.	50,10	54,88	100,95	116,22
Brüttisellen II		18. Okt.	66,93	66,58	76,49	77,18
Brüttisellen II		27. Nov.	100,58	97,60	86,92	86,75
Regensdorf	Toniger Lehm	21. Sept.	114,95	112,74	73,55	73,98
Regensdorf		10. Okt.	125,91	125,88	92,88	96,14
Regensdorf		3. Nov.	97,46	86,52	155,70	122,72

sitzt, mag es gestattet sein, für die Beurteilung der Versuche hauptsächlich die Körnererträge zu berücksichtigen.

Die beiden Versuche auf Sand (Avenches I und Witzwil) lassen, soweit wir nur die Körnererträge in Betracht ziehen, keine Wirkung der Beize erkennen; das unbehandelte Saatgut ergab zum Teil eine grössere Ernte als das behandelte. Ähnlich verhält sich das Resultat des Versuches von Gondiswil auf tonigem Sand, wo die Erträge des ungebeizten und gebeizten Roggens gleich hoch stehen und nur das Korngewicht des ungebeizten Landroggens hinter dem des gebeizten zurückbleibt (84,6 %). Man kann also bei allen drei Versuchen von keinem deutlichen Beizerfolg sprechen. Auffallend ist das Verhalten der beiden Roggensorten im Versuch von Langenthal auf tonigem Lehm. Während das Korngewicht des ungebeizten Landroggens etwa um 8 % über dem der Kontrollparzellen steht, zeigt der ungebeizte Petkuserroggen dagegen eine deutliche Ertragseinbusse gegenüber dem behandelten Saatgut. Die Beize war also nur beim Petkuserroggen wirksam, versagte aber beim Landroggen.

Als Ursache des ungleichen Verhaltens von Land- und Petkuserroggen im Versuch von Langenthal können die verschiedenen Kulturansprüche dieser beiden Sorten gelten. Der empfindlichere Petkuserroggen fand auf dem strengen Ton des etwas schattigen Versuchsfeldes schlechte Wachstumsbedingungen und war daher für die Saatgutbehandlung dankbar. Der Landroggen dagegen konnte sich,

dank seiner niedrigeren Ansprüche hinreichend entwickeln und zeigte deshalb nicht den gleichen Beizerfolg.

Der erste sichere Beizerfolg ist erst auf dem relativ humusreichen, sandigen Ton des Versuches Brüttisellen I zu beobachten. Ungebeizter Landroggen wie Petkuserroggen bringen eine um durchschnittlich 25% geringere Ernte als das gebeizte Saatgut hervor.

Sucht man nach einem Zusammenhang zwischen der Beizwirkung und der Bodenart, so stellen wir fest: Der Beizerfolg ist auf den sandigen Böden von Witzwil, Avenches und Gondiswil am geringsten, teilweise überhaupt negativ. Der Unterschied zwischen gebeizten und ungebeizten Parzellen wird grösser bei den Versuchen von Wädenswil und Langenthal (toniger Lehm, Humusgehalte 4,8 und 2,0%), mit Ausnahme der Erträge des ungebeizten Landroggens. Durchaus eindeutig tritt die Wirkung der Sublimatbeize erst auf dem sandigen Ton des Versuches von Brüttisellen I (Humusgehalt = 7,7%) in Erscheinung. Man kann also, wenn auch nur sehr schwach ausgeprägt, eine Abhängigkeit des Beizerfolges von der Dispersität des Bodens und dem Humusgehalt desselben feststellen. Um sichere Schlüsse ziehen zu können, müssten selbstredend noch weitere entsprechende Versuche vorliegen. Ein solcher Zusammenhang ist nicht unwahrscheinlich, denn die Wirkung des Beizmittels wird auch dort am grössten sein, wo die Schädigung der verschiedenen *Fusarium*-Arten am bedeutendsten ist (vergl. die Ergebnisse der Tabelle 24). Allerdings muss man dabei voraussetzen, dass ein am Korn haftendes Beizmittel nicht nur die Keime in der Samenschale abtötet, sondern auch noch längere Zeit im Boden nachwirkt und den Keimling vor einer Infektion von aussen schützt. BALTZER (1930) hält eine solche Wirkung offenbar nicht für möglich und schreibt wohl hauptsächlich daher der Saatgutbeize nur soweit Bedeutung zu, als dadurch die Korninfektion bekämpft wird. Wahrscheinlich liegt aber unter praktischen Verhältnissen eine solche fungizide Wirkung der Beizmittel vor (HILTNER und LANG, 1911).

Die Versuche der Jahre 1930/32 in Brüttisellen und Regensdorf widersprechen sich hinsichtlich des Beizerfolges. Für den Vergleich mit den Versuchen des Jahres 1929/30 können die Erträge der späten Saat (3. November) des Versuches in Regensdorf herangezogen werden. Die Ergebnisse des Versuches Brüttisellen II sind schwieriger mit den früheren Versuchen zu vergleichen, da die Saatzeiten nicht übereinstimmen. Der Aussaat von Anfang November entsprechen hier etwa Erträge, welche die Mitte zwischen mittlerer und später Saat halten. Der Einfluss der Saatzeit auf den Beizerfolg interessiert uns zunächst noch nicht.

Suchen wir auch hier nach dem Zusammenhang zwischen Beizerfolg und Bodenart, so kann nur bei dem Versuch von Brüttsellen von einer positiven Beizwirkung gesprochen werden. Auf dem tonigen Lehm des Versuches von Regensdorf blieb die Beize erfolglos: Während gebeizter und ungebeizter Landroggen gleich hohe Kornerträge abwirft, übertreffen beim Petkuserroggen die Erträge des ungebeizten Saatgutes diejenigen der Kontrollparzellen um 20—50%. Einzig die Strohgewichte des Landroggens lassen eine günstige Wirkung der Saatgutbehandlung erkennen. Deutlich, wenn auch nicht durchschlagend, ist die Beizwirkung auf dem humusreichen Boden (Humusgehalt = 15,8%, N-Gehalt = 1,18%) des Feldes Brüttsellen II. Einer Saatzeit von Anfang November dürfte hier ein Rückgang der Ernte auf rund 80% beim ungebeizten Roggen entsprechen. Die Grössenordnung der Ernteverluste stimmt annähernd mit dem Versuch Brüttsellen I des Jahres 1929/30 überein.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass in der Mehrzahl der Fälle die Beize mit Sublimat einen günstigen Einfluss auf den Körner- und Strohertrag hatte, in einzelnen Fällen aber das ungebeizte Saatgut eine grössere Ernte als das gebeizte lieferte. Die Saatgutbehandlung versagte in diesen Fällen oder wirkte scheinbar ungünstig. Trotzdem darf daraus nicht auf die Wertlosigkeit der Beize geschlossen werden, da das nachträgliche Auswaschen (siehe S. 39) die Wirkung des Beizmittels vermindern musste. Die in der Praxis üblichen Beizverfahren (mit quecksilber- oder arsenhaltigen Mitteln) hätten in unsern Versuchen vermutlich auch bedeutend grössere Ertragsunterschiede zwischen behandeltem und unbehandeltem Saatgut ergeben. Die vorliegenden Versuche deuten auf einen Zusammenhang zwischen Bodenart und Beizerfolg hin, in der Weise, dass auf grobdispersen, schwach humushaltigen Böden die kleinsten, und auf humusreicheren Böden die grössten Ertragsausfälle beobachtet wurden. Vereinzelt waren auch auf Böden mit höherem Humusgehalt nur geringe Ernterückgänge der infizierten Parzellen festzustellen.

c) Die Anfälligkeit, bzw. Resistenz von schweizerischem Landroggen und Original-Petkuserroggen gegenüber *Fusarium nivale*.

Als Mass zur Feststellung, ob Unterschiede in der Anfälligkeit der beiden geprüften Roggensorten bestehen, kann wiederum nur das Verhältnis der Erträge infizierter und nicht infizierter Reihen gelten. Die in Tabelle 23 zusammengestellten Werte geben somit auch die Antwort auf die obige Versuchsfrage.

Nach der auf Seite 37 erwähnten Beurteilung des Petkuser-

roggens könnte man erwarten, dass diese Sorte bedeutend stärker unter der Infektion durch *Fusarium nivale* leide. Dies trifft jedoch in der Mehrzahl der Fälle nicht zu: In drei Versuchen (Avenches, Sand; Wädenswil, toniger Lehm; Gondiswil, toniger Sand) weist der infizierte Petkuserroggen höhere Korn- und Stroherträge auf als der gleich behandelte Landroggen. Zwei Versuche (Witzwil, Sand; Avenches, anmooriger Lehm) ergaben ungefähr gleich grosse Ertragseinbussen bei Landroggen und Petkuserroggen. Danach müsste man den Landroggen als etwas anfälliger betrachten als den Petkuserroggen, doch betragen die Unterschiede der Verhältniszahlen maximal nur 13% bei den Körnern und 14% beim Stroh. Das umgekehrte Verhältnis ergibt sich aus den Versuchen von Langenthal auf tonigem Lehm und Brüttisellen I auf sandigem Ton, wo die Korn- und Stroherträge des Petkuserroggens 14—31% unter denen des Landroggens stehen. Der Petkuserroggen scheint also in diesen Versuchen bedeutend empfindlicher gegen *Fusarium nivale* zu sein als der Landroggen.

Die Ergebnisse der beiden Saatzeitversuche Brüttisellen (Feld II) und Regensdorf, die zum Vergleich herangezogen werden, sind hinsichtlich der Resistenz der beiden Roggensorten ebensowenig eindeutig, stimmen aber unter sich gut überein. Beide Versuche lassen erkennen, dass die Anfälligkeit des Landroggens und Petkuserroggens gegenüber *Fusarium nivale* sich mit der Saatzeit ändert. Übereinstimmend lieferte bei früher Aussaat (3. Oktober, 21. September) der Landroggen die grösseren Erträge an Körnern und Stroh. Das gleiche Ergebnis zeitigte auch die mittlere Aussaat des Versuches in Regensdorf. Die Erträge des Petkuserroggens halten sich um 7—24% unter denen des Landroggens (siehe Tab. 22). Bei der mittleren und späten Saat (18. Oktober und 27. November) des Versuches Brüttisellen II und bei der späten Saatzeit des Versuches in Regensdorf (3. November) verschiebt sich dagegen das Verhältnis zugunsten des Petkuserroggens. Die Erträge des Petkuserroggens überwiegen die des Landroggens um 9—28%. In beiden Versuchen scheint die Anfälligkeit der Roggensorten von der Saatzeit abhängig zu sein: Bei früher Saat zeigt sich der Petkuserroggen anfälliger gegen *Fusarium nivale* als der Landroggen; bei später Aussaat sind die Schädigungen des Landroggens grösser.

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuchsfrage zusammenfassend, lässt sich kein deutlicher Unterschied in der Resistenz des schweizerischen Landroggens und des Original-Petkuserroggens gegenüber *Fusarium nivale* feststellen; immerhin spricht die Mehrzahl der Versuche für eine etwas grössere Anfälligkeit des Petkuserroggens.

d) Einfluss der Saatzeit auf die Schädigung durch *Fusarium nivale*. (Abb. 12.)

Auf diese Versuchsfrage beziehen sich ausschliesslich die beiden letzten Versuche von Brüttsellen (Feld II, 1930/31) und Regensdorf (1931/32). Die Unregelmässigkeit der Aussaat des Versuches Brüttsellen

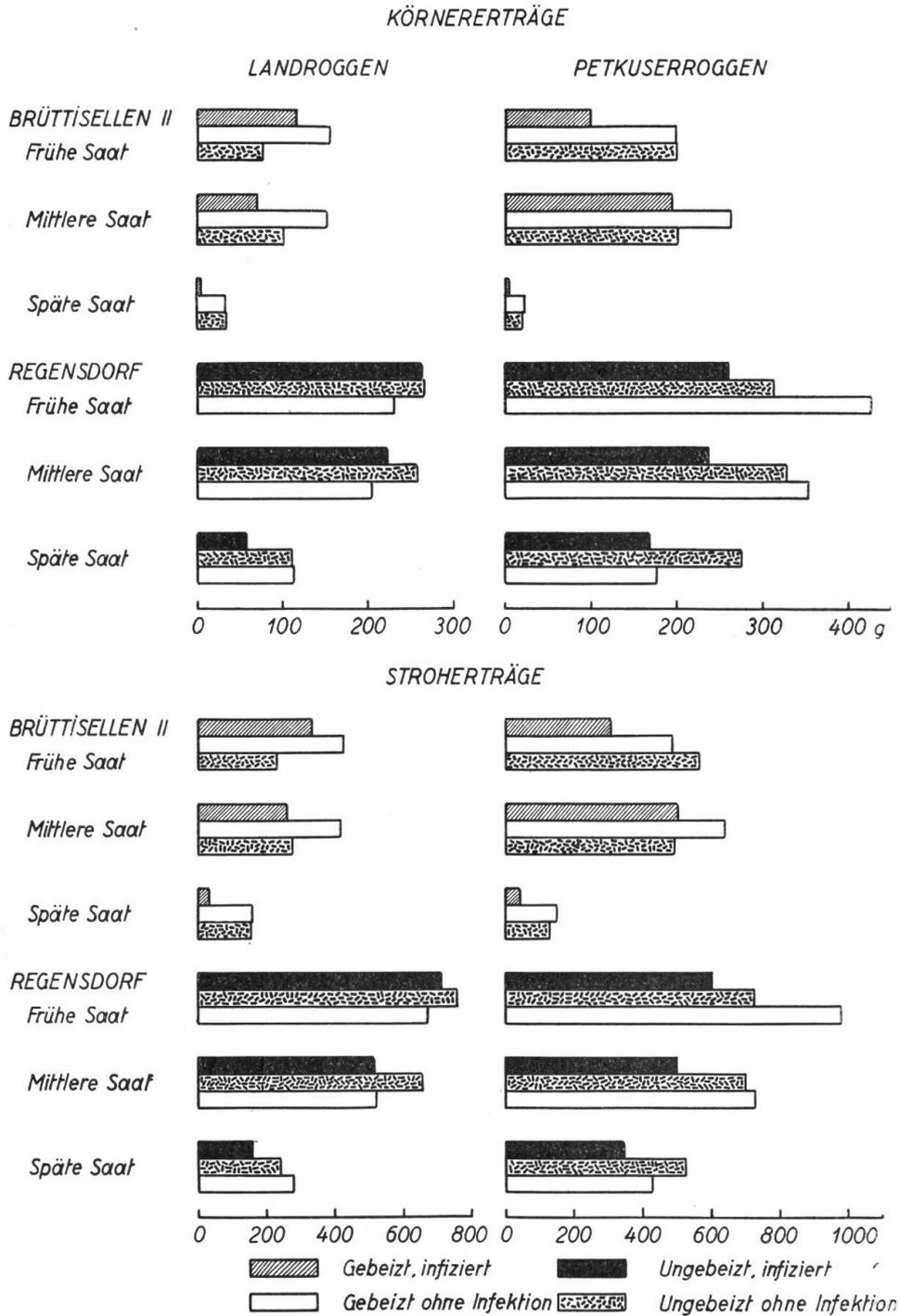


Abb. 12. Einfluss der Saatzeit auf den Befall durch *Fusarium nivale*.  
Mittlere Korn- und Stroherträge in g.

sellen II (siehe S. 42) vermindert dessen Zuverlässigkeit etwas; so ist der Zeitabschnitt zwischen mittlerer und später Aussaat zu gross. In der landwirtschaftlichen Praxis dürfte eine derart späte Saatzeit nicht oder nur ausnahmsweise vorkommen. Auf die Verschiedenheiten der klimatischen Versuchsbedingungen wurde früher hingewiesen (siehe Tab. 11—13 und S. 43—46).

Aus den Zusammenstellungen der Tabellen 21—22 geht hervor, dass im allgemeinen die absoluten Erträge der infizierten und nicht infizierten Reihen mit fortschreitender Saatzeit abnehmen. Der absolute Ertragsrückgang bei später Saat ist ohne weiteres verständlich, indem sich in diesem Fall die kürzere Vegetationsdauer auswirkt und zudem die Aussenbedingungen während der Keimung in der Regel ungünstiger sind. So wurden z. B. von der extrem späten Saat (27. November) des Versuches Brüttisellen II von gebeiztem, nicht infiziertem Landroggen im Mittel 34 g Körner geerntet, was 22,0% des Ertrages bei früher Saat entspricht. Für die Beantwortung unserer Versuchsfrage kommt aber nicht der absolute, sondern nur der relative Ertragsrückgang in Betracht. Die Erträge der infizierten Parzellen nehmen im Verhältnis stärker ab als diejenigen der Kontrollen.

Im Versuch von Brüttisellen II (Torferde, Humusgehalt = 15,9%) geht der relative Körner- und Strohertrag des infizierten Landroggens mit der Saatzeit fortschreitend zurück. Während bei früher Saat (3. Oktober) der Körnerertrag der infizierten Reihen rund 75% des Ertrages der Kontrollparzellen ausmacht, sinkt er bei mittlerer Saatzeit (17./18. Oktober) auf dessen Hälfte (46%) und beträgt bei der extrem späten Aussaat (27. November) noch rund 14%. In ähnlicher Weise vollzieht sich der Rückgang der Stroherträge. Dabei ist zu bemerken, dass die Ertragsunterschiede der infizierten- und der Kontrollparzellen bei früher Saat nicht gesichert sind, dagegen liegen die Ertragsdifferenzen der mittleren und späten Aussaat bedeutend ausserhalb der durch den mittleren Fehler gezogenen Grenzen. Die Tatsache, dass die Erträge der Kontrollreihen bei früher und mittlerer Aussaat gleich gross sind, andererseits aber die Erträge des infizierten Landroggens bei den gleichen Saatzeiten abnehmen, beweist deutlich, dass der Rückgang der Erntegewichte auf dem Befall durch *Fusarium nivale* beruht.

Der infizierte Petkuserroggen zeigt im Gegensatz zum Landroggen nicht die gleiche regelmässige Abnahme des Ertrages mit der Saatzeit. Die relativen Erträge beginnen mit 50% bei früher Saat, steigen auf 74% bei mittlerer und sinken auf 23% bei später Aussaat. Die Stroherträge entsprechen durchaus den Korngewichten. Die

Ertragsdifferenzen zwischen infiziertem und nicht infiziertem Saatgut der mittleren Saatzeit sind nicht gesichert; namentlich weisen die Korn- und Stroherträge der erstgenannten Reihe grosse mittlere Fehler auf. Die Ertragswerte der frühen und späten Saat kann man als sicher gestellt betrachten.

Die mittlere Aussaat des infizierten Petkuserroggens lieferte somit grössere Korn- und Stroherträge als die frühe; zieht man aber nur die Erntegewichte der frühen und späten Saat in Betracht, so ist der starke Rückgang unverkennbar.

Weitere Versuche, die besonders nach der Seite der frühen Saatzeit auszudehnen wären, sind wünschenswert.

Der Versuch in Regensdorf (1931/32), dem die gleiche Hauptfrage zugrunde lag, zeitigte, wenn auch etwas weniger ausgeprägt, dasselbe Ergebnis wie der Versuch von Brüttisellen. Die Erträge, des infizierten Land- und Petkuserroggens nehmen absolut und relativ um so mehr ab, je später die Aussaat im Herbst erfolgte. Unterschiede in bezug auf die Sortenanfälligkeit lassen sich nicht feststellen. Früh ausgesäet, infizierter Landroggen (21. September) zeigt gegenüber der Kontrollreihe praktisch keine Ertragseinbusse; bei mittelspäter Saatzeit (10. Oktober) sinkt der relative Körnerertrag auf rund 86% und bei später Aussaat (3. November) auf 53%. Infizierter Petkuserroggen lieferte schon bei früher Saat nur 83% der Kontrollparzellen; bei mittlerer Saatzeit gingen die Erträge auf 72% und bei später Aussaat auf 61% zurück. Die Stroherträge halten sich in ähnlichen Grenzen.

Die Ergebnisse der Körner- und Stroherträge wurden durch die Auszählung der lebenden Pflanzen am 14. April des Vegetationsjahres in vollem Umfange bestätigt (siehe Tab. 22a). Der Rückgang der Zahl der Pflanzen der infizierten Parzellen, der bei früher Saat am geringsten, bei später Saat am grössten war, weist ebenfalls auf zunehmenden *Fusarium*-Befall als Folge einer späten Saatzeit hin.

Die infolge der Infektion mit *Fusarium nivale* eingetretenen Ertragsrückgänge des Versuches von Regensdorf sind kleiner als die bei dem vorher besprochenen Versuch von Brüttisellen. Wahrscheinlich lassen sich die Unterschiede auf die Verschiedenheit der Bodenbeschaffenheit zurückführen; dem hohen Humusgehalt des Versuchsfeldes Brüttisellen II entsprechen grössere *Fusarium*-Schäden. Auf die ungleiche Anfälligkeit des Land- und Petkuserroggens wurde schon im vorausgehenden Abschnitt hingewiesen (siehe S. 67).

Die Saatzeitversuche von Brüttisellen und Regensdorf lassen einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem durch die Infektion

mit *Fusarium nivale* hervorgerufenen Schaden und der Saatzeit erkennen. Von einer Ausnahme abgesehen, bedingte frühe Saatzeit (vor dem 1. Oktober) die kleinste Schädigung; je später die Aussaat erfolgte, desto bedeutender waren die Ernteverluste.

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse der Feldversuche

1. Feldmässige Infektionsversuche auf verschiedenen Bodenarten ergaben eine mehr oder weniger deutliche Abhängigkeit des durch *Fusarium nivale* verursachten Schadens von der Bodenart. Auf humusarmen, ausgesprochenen Sandböden wurden die geringsten Ertragsverluste beobachtet. Die grössten Ertragsausfälle zeigten sich entweder auf Böden höherer Dispersität wie toniger Lehm und sandiger Ton, oder auf Böden mit hohem Humusgehalt. Der *Fusarium*-Befall des untersuchten Land- und Petkuserroggens scheint also im Zusammenhang zu stehen mit dem Gehalt an organischen Bodenbestandteilen oder dem Stickstoffgehalt einerseits und der Dispersität des Bodens andererseits.

2. Von einigen Ausnahmen abgesehen, hat das angewandte Beizverfahren (Sublimatbeize mit nachherigem Auswaschen des Saatgutes) ertragssteigernd gewirkt. Im ganzen betrachtet, liess sich auf jenen Böden die grösste Beizwirkung feststellen, die auch den stärksten Infektionserfolg brachten. Die Misserfolge der vorliegenden Versuche dürfen nicht als Argument gegen den Wert der Saatgutbeize überhaupt verwendet werden, da die Beizmethode den in der landwirtschaftlichen Praxis üblichen Verfahren nicht entsprach.

3. Bezüglich der Anfälligkeit des untersuchten Landroggens und Petkuserroggens gegen *Fusarium nivale* lässt sich kein ausgesprochener Unterschied feststellen; sowohl infizierter Landroggen wie infizierter Petkuserrogen zeigten in den vorliegenden Versuchen Ernteverluste. Landroggen scheint auf sandigen Böden etwas anfälliger zu sein; infizierter Petkuserrogen brachte auf sandigem Ton und tonigem Sand erhebliche Mindererträge gegenüber Landroggen. Da die Ertragsrückgänge bei Petkuserrogen bedeutend grösser waren als bei Landroggen, kann man diese Sorte als etwas resistenter betrachten.

4. Durch entsprechende Versuche liess sich einwandfrei eine deutliche Abhängigkeit des durch *Fusarium nivale* hervorgerufenen Schadens von der Saatzeit nachweisen. Je später die Aussaat erfolgte, desto grösser waren die durch die Infektion bedingten Ertragsausfälle. In einem Fall wies die frühe Saat höhere Ernteverluste auf als die mittelspäte. Die Versuche sind nach der ausgesprochen frühen Saatzeit hin zu ergänzen.

## 5. Kapitel

# Topf-Infektionsversuche

### 1. Das Versuchsziel

Bestand die Aufgabe der Feld-Infektionsversuche darin, den Einfluss der Bodenart, der Saatgutbeize und der Saatzeit auf den Befall durch *Fusarium* darzutun, sowie die Frage der Sortenanfälligkeit bei schweizerischem Landroggen und Original-Petkuserroggen abzuklären, so sollten die Topfversuche über den Zusammenhang zwischen der Bodentemperatur, der Bodenreaktion und dem Befall durch *Fusarium* Aufschluss geben.

Die Temperaturfrage ist deshalb von besonderem Interesse, weil der Roggen in der kältern Jahreszeit am meisten unter der Fusariose leidet. Die Tatsache, dass die wirtschaftlich bedeutendste Form der Fusariose, der Schneeschimmel, bei niedrigen Aussentemperaturen auftritt, legt die Möglichkeit eines kausalen Zusammenhanges zwischen den tiefen Temperaturen und dieser Krankheitsform nahe. Man kann sich vorstellen, dass normalerweise, bei günstigen Wachstumsbedingungen für den Wirt, es dem Parasiten, in unserem Falle den Fusarien, nicht gelingt, den Roggen zu befallen, sondern dass für das Zustandekommen einer Infektion niedrige Temperaturen notwendig sind. Da die Lebensvorgänge beim Wirt unter diesen Voraussetzungen gehemmt sind, stehen dem Eindringen eines Parasiten infolge der verminderten Abwehrmassnahmen keine grossen Schwierigkeiten mehr im Wege. Andererseits ist für das Gelingen einer Infektion erforderlich, dass der Parasit bei den tiefen Temperaturen noch ausreichend gedeihen kann. Der Erfolg einer Infektion würde also davon abhängen, was für Ansprüche Wirt und Parasit an die Temperatur stellen.

Die Temperaturansprüche verschiedener *Fusarium*-Arten (wie *F. nivale*, *F. herbarum*) wurden in Kapitel III eingehend besprochen. Von den uns hier interessierenden Arten wächst z. B. *Fusarium nivale*, Stamm 302, auf künstlichen Substraten optimal bei 21—24° C, *F. herbarum*, Stamm 204, bei 24—27° C. Als untere Wachstumsgrenze

wurden für *F. nivale*, Stamm 302, Temperaturen unter 0° (bis etwa -2°), für *F. herbarum* solche von +3 bis -1,0° C beobachtet. Weitere Angaben sind der Tabelle 7 (S. 30) zu entnehmen.

Der Einfluss der Temperatur auf das Wachstum des Roggens wurde in einem besonderen Versuch geprüft. In je 70 Steingtöpfe wurden 35 Körner Lenzburgerroggen und Petkuserroggen ohne Infektion auf neutrale Erde ausgesät (siehe S. 77). Je 5 Töpfe jeder Sorte gelangten in einen mit Wasser gefüllten, auf eine bestimmte Temperatur eingestellten Trog. 14 solcher Tröge bildeten eine Temperaturreihe von 3–42° C, wobei das Intervall zwischen 2 Trögen 3° betrug (siehe TANJA, 1933, S. 403 ff.). Die übrigen Versuchsanordnungen entsprachen vollständig den hier zu beschreibenden Infektionsversuchen (siehe S. 76 ff.). In Tabelle 26 sind die Erträge dieses Versuches zusammengestellt. Die 5 Töpfe jeder Roggensorte ergaben folgende Trockengewichte.

**Tab. 26** Kontrollversuch ohne Infektion. Erträge (Blätter und Wurzeln) von Lenzburger- und Petkuserroggen in g Trockensubstanz.

Temperatur	Lenzburgerroggen	Petkuserroggen
° C	g	g
6,1	3,1	4,0
7,2	7,9	9,7
10,9	10,8	12,3
13,1	11,0	10,9
15,1	9,5	12,7
17,1	13,2	14,9
18,3	17,7	15,8
20,5	16,0	16,7
22,0	15,9	15,6
25,4	12,4	16,8
26,1	13,1	16,4
30,6	12,0	12,1
33,0	10,9	11,7
34,1	6,3	3,3

Aus den Trockensubstanzerträgen geht übereinstimmend für beide Roggensorten als obere Wachstumsgrenze eine Bodentemperatur von etwa 33° C hervor. Bei der höchsten Temperaturstufe von rund 34° waren nur noch vereinzelt gesunde Pflanzen vorhanden. Die Bodentemperatur von 6° ermöglichte beiden Sorten ein zwar verlangsamtes, aber gesundes Wachstum. Lenzburgerroggen wächst optimal zwischen 18,3 und 22,0° Bodentemperatur. Petkuserroggen zeigt ein

breiteres und höheres Wachstumsoptimum zwischen den Temperaturen von 20,5 und 26,1° C; er benötigt also für seine Entwicklung mehr Wärme. Der gewöhnliche schweizerische Landroggen, der nicht in die Untersuchungen einbezogen wurde, dürfte sich hinsichtlich seiner Temperaturansprüche ähnlich dem Lenzburgerroggen verhalten.

Aus den obigen Darlegungen ist ersichtlich, dass die Wachstumskurven in bezug auf die Temperaturansprüche von Lenzburgerroggen und Petkuserroggen einerseits und *Fusarium nivale* und *F. herbarum* fast zusammenfallen. Die Wachstumsoptima der beiden *Fusarium*-Arten liegen beinahe vollständig im Bereich der für die Entwicklung der Roggensorten günstigsten Temperaturen. *Fusarium nivale* gedeiht bei 24° C noch sehr gut, während der Lenzburgerroggen bei dieser Temperatur sein Optimum schon überschritten hat. Diese kleinen Unterschiede besitzen aber für den Verlauf der Infektion wohl keine Bedeutung. Wichtiger sind die Verschiedenheiten der untern Wachstumsgrenzen: Während bei 0° die Entwicklung des Roggens aufhört, vermag *Fusarium nivale* noch unterhalb dieses Punktes zu gedeihen, auch *F. herbarum* zeigt auf Malzagar noch ein sehr schwaches Wachstum. Theoretisch könnte man also in diesem Temperaturgebiet, nahe der Wachstumsgrenzen, eine stärkere Infektion erwarten, da hier der Parasit gegenüber dem Wirt im Vorteil ist.

Man kann sich aber auch vorstellen, dass eine Infektion weniger an die Temperaturbedingungen gebunden sei, als dies soeben dargestellt wurde. Es braucht auf der Seite des Wirtes nicht unbedingt ein Schwächezustand vorhanden zu sein. Unter den echten Parasiten sind eine Reihe bekannt, die den Wirt auch unter Bedingungen befallen, die für seine Entwicklung günstig sind. In diesem Zusammenhang ist die Frage nach dem Einfluss der Temperatur auf die Infektion auch von Bedeutung für die immer noch umstrittene Auffassung über den Parasitismus von *Fusarium nivale* und verwandter Arten. Erfolgt eine Infektion auch unter nahezu optimalen äusseren Bedingungen, so würde *Fusarium nivale* oder *F. herbarum* zu den echten Parasiten zu zählen sein; tritt sie dagegen nur unter für die Wirtspflanzen ungünstigen Verhältnissen auf, so wird man geneigt sein, die Pilze für Schwächeparasiten zu halten. Die ausgeführten Versuche gestatten, einige Rückschlüsse über die Natur der parasitischen Verhältnisse von *Fusarium nivale* zu ziehen.

Während SCHAFFNIT (1911, 1912) *Fusarium nivale* zu den echten Parasiten zählt, greift neuerdings BALTZER (1930) diese Auffassung an. Auf Grund des geringen Infektionserfolges mit *Fusarium nivale* spricht dieser Autor dem genannten Pilze jede Art von Parasitismus ab. PEUSER (1931) sucht wiederum die Pathogenität von *Fusarium*

*nivale* zu beweisen. In seinen neuern Arbeiten neigt SCHAFFNIT (1930) mehr zu der Ansicht, dass *Fusarium nivale* wohl zu den echten Parasiten gehöre, dass aber die Schneeschimmelbildung einen Spezialfall der Roggenfusariose darstelle.

Vom praktischen Standpunkt aus betrachtet ist *Fusarium nivale*, und mit ihm auch andere Arten, ein gefährlicher Schädling des Roggenbaues. Die Frage, ob der Pilze als echter oder als fakultativer Parasit oder gar als Saprophyt anzusprechen sei, hat für die landwirtschaftliche Praxis keine wesentliche Bedeutung.

Für das Gelingen einer Infektion ist neben den Temperaturverhältnissen ausschlaggebend, ob sowohl Wirtspflanze wie Parasit die für ihre Entwicklung günstige Reaktion vorfinden. Die Reaktionsansprüche der Parasiten wurden an früherer Stelle besprochen (Seite 30). Es bleibt hier noch übrig, auf die Reaktionsansprüche des Roggens einzutreten. LUNDEGÅRDH (1923), MCILVAINE und SALTER (1920) und HOPKINS (1922 zit. bei LUNDEGÅRDH, 1923) finden im allgemeinen bei Roggen und Weizen mit abnehmender Azidität der Keimungsflüssigkeit zunehmende Keimprozentage. LUNDEGÅRDH (1923) beobachtet für Roggen zwei Keimungsoptima, das eine bei pH 7,0, das andere bei pH 4,8—5,2. MÜLLER (1926) stellt mit LEMMERMANN und FRESENIUS (1922, zit. bei LEHMANN und AICHELE, 1931) fest, dass Roggen (Petkuserroggen) relativ widerstandsfähig gegen freie Bodensäuren ist. ARRHENIUS (zit. bei WIEGNER, 1926) gibt für Schweden als Gebiet besten Roggenwachstums pH 5,0—6,0 an; nach anderen Autoren (KAPPEN, 1929, S. 250) wächst Roggen bei pH 5,0—7,0 optimal.

Nach den erwähnten Angaben über die Reaktionsansprüche von Roggen und *Fusarium nivale* und *F. herbarum* müsste man eine stärkere Infektion besonders bei alkalischer Bodenreaktion erwarten. Im Gebiet des Neutralpunktes, wo sich Parasit und Wirt optimal entwickeln, wie bei saurer Reaktion, die dem Roggen besser zusagt, sind die Bedingungen für eine bedeutendere Infektion nicht gegeben.

Die Topfversuche wurden, analog den im 4. Kapitel beschriebenen Feldversuchen, mit schweizerischem Landroggen und Original-Petkuserroggen durchgeführt. In den Versuchen 9 und 10 trat an die Stelle des Landroggens der aus diesem durch Auslese hervorgegangene, genetisch einheitlichere Lenzburgerroggen. Die Untersuchungen gestatten somit, auch Schlüsse über die Anfälligkeit der genannten Sorten gegenüber *Fusarium nivale* und *F. herbarum* zu ziehen.

Die vorliegenden Versuche wurden im Versuchshaus des Institutes für spezielle Botanik der E. T. H. in Zürich ausgeführt, wo

in zwei Abteilungen je 14 mit Wasser gefüllte, auf verschiedene Temperaturen eingestellte Holztröge zur Verfügung stehen. Jeder Trog fasst 10 Steinguttöpfe, die bis etwa 3—4 cm unter den obern Rand in das Wasser eintauchen. Die genaue Beschreibung der Einrichtung findet sich bei TANJA (1933, S. 403—407), worauf hier verwiesen sei.

## 2. Versuchsmethodik

### a) Das Saatgut

Für die Topfversuche diente das gleiche Saatgut, das für die Feldversuche Verwendung fand. Angaben über die Keimfähigkeit des Landroggens und Petkuserroggens finden sich auf Seite 39. Lenzburgerroggen keimte im Mittel mit 96,6%. Vom Petkuserroggen wurden für jeden Versuch 200 g, vom Landroggen 150 g ungebeizte Körner abgewogen. Das angegebene Gewicht entspricht der Menge für 140 Töpfe.

### b) Das Infektionsmaterial

Zur Infektion mit *Fusarium herbarum* (Stamm Baarn und Stamm 204) wurden Kulturen auf sterilem Reis verwendet. Je 15 g Speisereis wurden mit 45 ccm destilliertem Wasser in einen 400 ccm fassenden Erlenmeyerkolben gegeben und dreimal je 1 Stunde bei 1 Atm. Druck sterilisiert. 8 Tage nach der Impfung war in der Regel die ganze Fläche des Substrates vom Pilz bewachsen und reichlich mit Konidien durchsetzt. Für je 10 Töpfe, also für 350 Körner, wurde eine *Fusarium*-Kultur bereit gehalten. Die Kulturen hatten zu Beginn der Versuche ein Alter von 2 bis 4 Wochen. Zur Gewinnung der Konidien suspension wurde der ganze Inhalt eines Kolbens mit möglichst wenig Leitungswasser herausgespült und mit der Hand zerdrückt. Alle 14 Kulturen von *Fusarium herbarum* ergaben auf diese Weise 2—3 Liter konzentrierter Sporenaufschwemmung. *Fusarium nivale* wurde zur Erzielung von Konidien in Erlenmeyerkolben auf Hafermehlagar mit Zusatz von Glycerin und Milchsäure (siehe S. 13) kultiviert.

### c) Die Infektion des Saatgutes

Die abgewogene Menge Körner wurde hierauf mit der Konidien aufschwemmung übergossen. In dieser Lösung verblieben die Körner während  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden; bei den ersten Versuchen auch bis 12 Stunden. Dieses längere Eintauchen geschah hauptsächlich in Anlehnung an die Versuche von SCHAFFNIT (1912) und APPEL (1925), die die besten Infektionsresultate erhielten, wenn die Sporen in die Fruchtschalen der Körner einzuwachsen begannen. Bei den folgenden Versuchen

wurde jedoch das Eintauchen des Saatgutes in die Sporensuspension wieder auf höchstens zwei Stunden verkürzt, um das starke Aufquellen der Körner und eine etwaige Schädigung der Keimkraft zu vermeiden. Ich gelangte so selbständig zu einer ähnlichen Infektionsmethode, wie sie BALTZER (1930) beschreibt. Nach der angegebenen Zeit wurde die überstehende Aufschwemmung abgegossen und mit der ursprünglichen Suspension vereinigt. Dazu wurde nun so viel Leitungswasser gegeben, bis das Volumen 14 Liter betrug.

#### d) Die Versuchserde

Die bei allen hier beschriebenen Versuchen verwendete Erde stammte aus einem Mischwald des forstlichen Lehrreviers Albisrieden am Uetliberg bei Zürich. Nach den Untersuchungen von ROTH (1935) ist der Boden nach der sauren wie nach der basischen Seite schwach gepuffert. Die Reaktion der unveränderten Erde liegt nahe dem Neutralpunkte  $\text{pH} = 6,98$ . Der Gehalt an Humusstoffen beträgt 3,92%. Die wasserfreie Substanz enthält weiter in %: N 0,17,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,05,  $\text{K}_2\text{O}$  0,09, CaO 0,49, MgO 0,66, Sesquioxide 7,00, Kieselsäure 0,09%. Die Schlämmanalyse nach KOPECKY und ihre Auswertung nach dem Verfahren der schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten (siehe GESSNER, 1931, S. 215–217) ergab die Klassifikation: Toniger Lehm. Die schwache Pufferung des Bodens war bei der Wahl desselben für unsere Versuche massgebend. Nachdem die schwach angetrocknete Versuchserde ein Sieb von ungefähr 1 cm Maschenweite passiert hatte, wurden 5 kg hievon, später 4,5 kg, in die gewaschenen Töpfe eingefüllt. Um eine gleichmässige Lagerung der Erde in den Töpfen zu erreichen, wurden diese nach dem Einfüllen leicht geschüttelt.

#### e) Die Aussaat

Mit einer Pinzette wurden 35 infizierte Körner für je einen Topf abgezählt und hierauf die zehn Töpfe eines Troges nacheinander besät und sogleich die Körner mit Deckerde zugedeckt. Als solche diente stets feingesiebte Erde derselben Reaktion. Vor der Deckerde, in spätern Versuchen auch nach derselben, erhielt jeder Topf 100 ccm der verdünnten Sporenaufschwemmung. Die Deckerde wurde von Hand sorgfältig über die Körner ausgebreitet und hierauf leicht angedrückt. Die Töpfe der Versuche 1 und 2 erhielten je 275 bis 300 g Deckerde, die der folgenden je 600 g, da sich die Saattiefe im ersten Falle als zu gering erwiesen hatte. Die Körner lagen bei Verwendung von 600 g Deckerde ungefähr 3 cm tief, was der üblichen Saattiefe entspricht. Die zweite Hälfte der Deckerde konnte oft erst am zweiten Versuchstage auf die Töpfe gebracht werden. Abschliessend wurden sämtliche Töpfe leicht begossen.

Während des Winters blieben infolge der geringen Sonnenstrahlung die Raumtemperaturen hinreichend tief, um die gewünschte Temperatur der Erde in den Töpfen nicht stark zu verändern. Bei den Versuchen, die in den Monaten April bis Juni unternommen wurden, erhöhte sich die Temperatur der obersten Bodenschicht zufolge der starken Wärmestrahlung sehr stark. Um die Wirkung der Insolation herabzusetzen, wurde in diesen Fällen die Deckerde mit weissem Quarzsand überschichtet, bis die ganze Oberfläche davon bedeckt war. Hierzu waren in der Regel ungefähr 275 g feiner Quarzsand notwendig.

#### f) Weitere Versuchsanordnungen

Jeden Tag wurde einmal die Temperatur des Wassers abgelesen, notiert und wenn nötig die erforderlichen Korrekturen am Thermostaten vorgenommen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Versuchsraum schwankte während der Wintermonate zwischen 70% bis 90%; im Sommer fiel er besonders über den Mittag oft bis auf 50%. Jeden Tag wurde mit einer kleinen Giesskanne das aus den Töpfen verdunstete Wasser ersetzt; Töpfe höherer Temperatur erhielten entsprechend mehr Wasser. Die Töpfe von 3–9° Wassertemperatur zeigten meistens erst nach 2–3 Tagen einen merklichen Wasserverlust. Auf diese Weise wurde die Erde auf einem mittleren Feuchtigkeitsgrade gehalten. Zugegeben sei, dass für die Innehaltung konstanter Versuchsbedingungen die Kontrolle des Wasserersatzes durch Wägung genauer gewesen wäre. Der Einfachheit halber wurde jedoch die angegebene Methode gewählt.

Schwieriger gestaltete sich die Beurteilung des Feuchtigkeitsgehaltes der Versuchserde, wenn diese mit Quarzsand bedeckt war.

Die Temperatur der Versuchsräume wurde nach Möglichkeit auf etwa 18–22° C gehalten. Im Winter war dies durch entsprechende Lüftung und Heizung leicht zu erreichen, bereitete aber in der wärmeren Jahreszeit gelegentlich Schwierigkeiten. Die Raumtemperatur stieg bei Sonnenschein trotz intensiver Lüftung besonders über Mittag oft für einige Stunden auf 30° und darüber. Zur Verhütung eines zu starken Temperaturanstieges bei schönem Wetter enthält das Versuchshaus eine Anlage, die es erlaubt, die nach Norden und Süden geneigten Teile des Glasdaches der Halle einzeln mit Wasser zu besprühen. Dem gleichen Zweck, hauptsächlich aber der Erhaltung einer hohen Luftfeuchtigkeit, dient die Wasserzerstäubungsanlage im Raume selbst. In den vier Ecken des Versuchsraumes endigen in einer Höhe von rund 2 m Wasserleitungen in feinen Düsen, wo mittelst Pressluft Wasser in feinste Nebelform zerstäubt werden kann. Die relative

Luftfeuchtigkeit steigt bei funktionierender Zerstäubungsanlage auch bei hoher Raumtemperatur rasch auf 95—100 %.

Neben den Wassertemperaturen wurden täglich diejenigen der Versuchserde in 3—4 cm Tiefe notiert und daraus am Schlusse eines Versuches die durchschnittlichen Bodentemperaturen berechnet. In den Tabellen 27—36 sind nur diese für den Infektionsverlauf wichtigen Temperaturen angegeben.

Die Versuchsdauer betrug 21—70 Tage und richtete sich nach der Entwicklung der Pflanzen. Das ungleiche Alter der Pflanzen erschwert den Vergleich der Versuche untereinander, doch bestand ihre Hauptaufgabe darin, die durch die verschiedenen Bodentemperaturen bedingten Unterschiede im Befall innerhalb eines Versuches zu zeigen.

Eine Schwierigkeit in der Durchführung der Versuche ergab sich aus dem Umstand, dass dieselbe Erde mehrere Male hintereinander verwendet werden musste. Da für die Beschickung sämtlicher Töpfe eine beträchtliche Menge Erde notwendig war (700 kg), so wäre die Erneuerung des Topfinhaltes nach jedem Versuch auf Schwierigkeiten gestossen. Eine Sterilisation der gesamten Bodenmenge, z. B. mit Formalin (ROTH, 1935), kam aus technischen Gründen nicht in Frage. Aus diesen Gründen entschloss ich mich für die genannte Versuchsmethode. Für dieselbe *Fusarium*-Art und denselben Stamm wurde selbstredend immer der gleiche Boden verwendet. Mit der mehrmaligen Verwendung derselben Versuchserde läuft man aber Gefahr, die Versuchsfehler stark zu vergrössern, da man mit der Tatsache rechnen muss, dass mit jeder Infektion der Gehalt des Bodens an *Fusarium*-Keimen vermehrt wird und infolgedessen ein immer stärkerer Befall des Roggens auftritt. Nach den Untersuchungen von BALTZER (1930) wird jedoch durch wiederholte Verwendung derselben Versuchserde bei Infektionsversuchen der Befall nur in geringem Masse erhöht. Die Möglichkeit einer schädlichen Wirkung würde im wesentlichen davon abhängen, wie lange die *Fusarium*-Keime im Boden am Leben bleiben.

#### g) Veränderung der Reaktion der Versuchserde

Für die Durchführung von Versuchen über den Einfluss der Bodenreaktion auf den Befall durch *Fusarium* standen zwei Wege offen. Entweder verwendet man natürliche Böden von verschiedenen pH-Werten oder man benützt den gleichen Boden und bringt ihn durch Beimischung entsprechender Chemikalien auf die gewünschte Reaktion. Der erste Weg besitzt den Vorteil, dass sich die Versuchsbedingungen innerhalb praktisch vorkommender Grenzen bewegen, ihm haftet aber der Nachteil an, dass es mitunter schwer fallen wird,

Böden zu finden, die ausser der verschiedenen Wasserstoffionenkonzentration in allen Eigenschaften übereinstimmen. Die andere Methode hat den Vorteil, dass ausser der Reaktion und der von ihr abhängigen Eigenschaften, der Boden unverändert bleibt, dafür weist sie den Mangel auf, dass durch den Zusatz von Chemikalien im Boden ganz abnorme Verhältnisse geschaffen werden können.

In den hier beschriebenen Versuchen wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. GÄUMANN der zweite Weg eingeschlagen.

Erzielung der alkalischen Reaktion: Nach Beendigung der Versuche 3 und 4 wurde die schon mit *Fusarium herbarum* infizierte Erde aus den Töpfen an einen Haufen geschüttet, durchgemischt und die vorhandenen Wurzeln entfernt. Einige Proben des schon etwas angetrockneten Bodens dienten zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration; diese ergab ein pH von 6,97—7,11. Von der lufttrockenen Erde wurden 6 mal 50 g abgewogen, in Erlenmeyerkolben mit steigenden Mengen einer Lösung von Calciumhydroxyd ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) bekannten Gehaltes versetzt und die Flüssigkeit mit destilliertem Wasser auf 200 ccm ergänzt. Nach 3 Tagen erfolgte nach mehrmaligem Schütteln die Messung der Reaktion der Bodenflüssigkeit. Aus dem zugesetzten Volumen der Calciumhydroxydlösung liess sich die erforderliche Menge  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  für die gewünschte pH-Stufe annähernd berechnen. Im vorliegenden Fall waren für 100 g lufttrockene Feinerde vom mittleren pH von 7,05 3,74 Milliäquivalente notwendig, um die Reaktion auf  $\text{pH}=8,60$  zu bringen. Daraus ergeben sich für 700 kg Erde rund 2170 g festes Calciumhydroxyd. Diese Menge  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  wurde in feingemahlener Form über die in flacher Schicht ausgebreitete Erde gestreut und damit gründlich vermischt. Zur Erzielung einer vollständigen Mischung war mehrmaliges Umschaukeln und Befeuchten mit Wasser erforderlich. Die gekalkte Erde blieb noch einige Tage liegen und wurde hierauf in die Töpfe abgefüllt. Proben, die an verschiedenen Stellen der ausgebreiteten Erde entnommen wurden, ergaben gut übereinstimmende pH-Werte; die Reaktion betrug im Mittel von 5 Bestimmungen  $\text{pH}=8,83$ . Die Deckerde wurde getrennt gekalkt; sie zeigte ein mittleres pH von 8,92.

Wie zu erwarten war, ging die stark alkalische Reaktion der Erde im Laufe des folgenden Versuches zurück. So wurde am Schlusse des Versuches 5 ein pH von 7,85 gemessen. Die anfänglich sehr hohe Reaktion der Erde in Versuch 5 und 6 war schon zu Beginn der Versuche auf  $\text{pH}=8,45$  gesunken.

Erzielung der sauren Reaktion: (Versuch 7). Die Behandlung der Erde mit Salzsäure und nachfolgendem Auswaschen mit Wasser, wie sie ROTH (1935) beschreibt, konnte für unsere Zwecke,

der grossen Bodenmengen wegen, nicht Verwendung finden. Da weiter Vorversuche gezeigt hatten, dass zur Erzielung einer sauren Bodenreaktion Zitronensäure wegen der auftretenden Schimmelbildung nicht in Frage kommen konnte, verwendeten wir für diesen Zweck verdünnte Schwefelsäure. Angestrebt wurde ein pH von 4,6. Analog wie bei der Kalkung der Erde wurde die notwendige Menge Säure zur Erzielung dieses pH-Wertes durch steigende Zusätze von 1 normaler Schwefelsäure zu 50 g Boden ermittelt. Um die Reaktion von pH = 7,85 auf pH = 4,6 herab zu setzen, waren 10 ccm Säure obiger Konzentration erforderlich. Die notwendige Menge Säure wurde einzeln der abgewogenen Erde beigefügt und diese gut gemischt. Dieses Verfahren erwies sich in der Folge als ungeeignet: Trotz mehrmaligen Mischens der Erde schwankten die pH-Werte von Topf zu Topf so beträchtlich, dass dadurch die Brauchbarkeit des Versuches in Frage gestellt wird.

#### h) Die Ernte

Bei der Ernte wurde die oberste Schicht der Erde in den Töpfen sorgfältig gelockert, die Pflanzen büschelweise herausgehoben und die Wurzeln mit Wasser sorgfältig von der anhaftenden Erde befreit. Zuerst erfolgte meistens die Ernte der Töpfe der obern Temperaturstufen, da sich dort stets zahlreiche welkende Pflanzen zeigten. Bis

#### Topf-Infektionsversuche

Versuch Nr.	Erde	Roggensorte	Pilz
1. Versuche mit <i>Fusarium herbarum</i> .			
1	neutral, pH = 6,98	Landroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm 204
2	neutral	Landroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm Baarn
3	neutral	Petkuserroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm 204
4	neutral	Petkuserroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm Baarn
5	alkalisch, pH = 8,80	Petkuserroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm 204
6	alkalisch	Petkuserroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm Baarn
7 <sup>1</sup>	sauer	Petkuserroggen	<i>F. herbarum</i> , Stamm 204
2. Versuche mit <i>Fusarium nivale</i> .			
8	neutral, pH = 6,98	Petkuserroggen	<i>F. nivale</i> , Stamm 302
9	neutral	Lenzburgerroggen	<i>F. nivale</i> , Stamm 302
10	neutral	Kontrollversuch mit Petkuserroggen und Lenzburgerroggen ohne Infektion	
11	alkalisch, pH = 8,40	Petkuserroggen	<i>F. nivale</i> , Stamm 302 mit und ohne Infektion

<sup>1</sup> Der Versuch Nr. 7 auf saurer Erde wird wegen der starken Schwankung der Bodenreaktion nicht veröffentlicht.

zur Ernte der Tröge von 3° und 6° verstrichen in der Regel 4—5 Tage. Nachdem die Pflanzen gründlich auf den *Fusarium*-Befall untersucht waren, wurden sie zum Trocknen ausgebreitet. Der Ertrag von je 10 (bezw. 5) zusammengehörenden Töpfen wurde bei 98° getrocknet.

Der Übersicht halber folgt eine Zusammenstellung der ausgeführten Topfversuche (S. 81).

### 3. Die Versuchsergebnisse

#### a) Methoden der Bewertung des Befalls

Den Krankheitsbefall eines Infektionsversuches in einer Zahl zum Ausdruck zu bringen, bereitet oft Schwierigkeiten. Liegt ein stetiges Merkmal, wie z. B. die Anzahl der Sporenlager, vor, so ist die Auswertung relativ einfach. Schwieriger ist es, wie dies bei der Beurteilung der vorliegenden Infektionsversuche der Fall war, wenn fluktuierende Merkmale wie z. B. Bräunung der Koleoptile und der Halmbasis oder der allgemeine Gesundheitszustand der Pflanzen als Maßstab verwendet werden müssen. Naturgemäss kommen bei solchen Merkmalen Übergänge vor, die eine Zuteilung in Krankheitsklassen immer erschweren.

Grundsätzlich musste entschieden werden, ob bei der Bewertung des *Fusarium*-Befalls nur die Zahl der erkrankten Pflanzen oder ob auch der Krankheitsgrad berücksichtigt werden solle. Es schien uns nicht zweckmässig zu sein, nur gesunde und kranke Pflanzen auseinander zu halten; daher wurde mindestens zwischen schwach und stark kranken Pflanzen unterschieden. Bei Anwendung dieser Bewertungsart blieb immer noch die Frage offen, ob die absolute Zahl der kranken Pflanzen (Summe der schwach und stark kranken Pflanzen) als Maßstab des Befalls brauchbar sei. Es zeigte sich nämlich, dass bei den extremen Temperaturen weniger Körner keimten als bei den mittleren. Da der Ausfall an gekeimten Körnern entweder durch die extremen Temperaturen oder durch die natürliche Korninfektion bedingt sein kann, gibt die absolute Zahl der erkrankten Pflanzen kein richtiges Bild vom Infektionsverlauf. Vergleichshalber wird aber dieser Wert in den Tabellen mit angeführt. Eine bessere Wiedergabe der tatsächlichen Befallsverhältnisse erhält man, wenn die Zahl der erkrankten Pflanzen in Prozenten der aufgelaufenen Keimlinge ausgedrückt wird. In diesem Fall gelingt es, den Anteil der nicht gekeimten Körner auszuschalten.

Um die Unterschiede im Befall besser zur Darstellung zu bringen, erschien es wünschenswert, noch mehr Krankheitsklassen einzuführen.

Daher wurden sechs Befallsgruppen aufgestellt (siehe S. 84) und jede Pflanze bei der Ernte danach eingereiht. Die Summe der Befallsziffern der einzelnen Pflanzen eines Topfes ergab seinen Befallswert. Die Befallswerte einer Temperaturserie wurden wiederum addiert und aus der Summe durch Division durch die Anzahl der Töpfe der mittlere Befallswert erhalten. Als Ergänzung hiez zu liess sich leicht auch der mittlere Befallswert einer Pflanze einer Temperaturstufe berechnen.

Bis zu einem gewissen Grade kommt der Befall durch *Fusarium* auch in den Erntegewichten (Trockensubstanzerträgen) zum Ausdruck. Tritt nämlich bei einer bestimmten Temperatur eine starke Infektion auf, so muss sich bei der betreffenden Temperaturstufe auch ein deutlicher Rückgang des Erntegewichtes zeigen. In diesem Fall würde einem Befallsmaximum ein Ertragsminimum entsprechen. Ist die Infektion dagegen schwächer, so kann nur der Vergleich mit den nicht infizierten Kontrollreihen sichere Resultate vermitteln.

Nachstehend sind die verwendeten Bewertungsarten zusammengestellt. In der folgenden Besprechung der Versuchsergebnisse wird der Einfachheit halber auf die zugehörigen Nummern verwiesen. Der Befall durch *Fusarium* wird ausgedrückt durch

1. die absolute Zahl der erkrankten Pflanzen (schwach und stark erkrankte Pflanzen).
2. die Zahl der erkrankten Pflanzen, ausgedrückt in % der aufgelaufenen Pflanzen (Prozentualer Krankheitsbefall).
3. die mittleren Befallswerte (siehe oben) und den mittleren Befall einer Pflanze.
4. die Trockensubstanzerträge der einzelnen Temperaturserien.

#### b) Die Krankheitssymptome und ihre Bewertung.

Für die Beurteilung des Befalls waren die Krankheitssymptome von ausschlaggebender Bedeutung. Von Anfang an bestand die Schwierigkeit, Veränderungen der Gewebe, die durch die Einwirkung extremer Temperaturen verursacht waren, von solchen zu unterscheiden, die als Folge der Infektion betrachtet werden mussten. Namentlich zeigten sich bei den hohen Bodentemperaturen stets viele gebräunte Pflanzen, von denen anzunehmen war, dass als Ursache der Bräunung nicht nur die Infektion in Betracht zu ziehen sei. Schon bei der Ausführung der ersten Infektionsversuche machte sich daher die Notwendigkeit von Kontrollversuchen (ohne Infektion) bemerkbar. Der Kontrollversuch Nr. 10, der später eingehend besprochen wird, zeigte, dass tatsächlich die hohen Bodentemperaturen allein eine Bräunung der Halmbasis, der Koleoptile und der Wurzeln bedingen,

dass aber im Vergleich hiezu die Infektion mit *Fusarium nivale* doch eine intensivere Verfärbung dieser Organe zur Folge hat. Dieses Ergebnis hatte man bei der Bewertung des Befalls der obern Temperaturstufen stets in Rechnung zu ziehen.

Nachstehend eine übersichtliche Zusammenstellung der Krankheitssymptome und der Krankheitsgruppen.

Befallsgrad	Krankheitssymptome
0 gesund	Koleoptile, Halmbasis und Wurzeln weiss (natürliche Farbe) oder vereinzelte, kleine gelbliche Flecken. Pflanzen kräftig.
1 leicht krank	Leichte gelblichbraune Verfärbung der Koleoptile, der Halmbasis und der Wurzeln, oder vereinzelte braune Flecken. Pflanzen frisch aussehend.
2 mittel krank	Meist noch kräftig wachsende, grüne Pflanzen. Koleoptile, Halmbasis und Wurzeln zeigen deutliche hellbraune Verfärbungen oder dunkelbraune Flecken. Hin und wieder teilweise abgestorbene, am Ende braun verfärbte Wurzeln.
3 stark krank	Koleoptile und Halmbasis weisen dunkelbraune bis schwarzbraune Verfärbungen auf. Wurzeln entweder in gleicher Weise verfärbt oder in grosser Zahl rudimentär (wie abgeschnitten, am vordern Ende gebräunt). Pflanzen meist deutlich kleiner als bei 2, jedoch noch grün, wachsend.
4 sehr stark krank	Nur wenig rudimentäre (wie unter 3) oder tief braunschwarze Wurzeln. Halmbasis und Koleoptile tief braun, mehr oder weniger vermorscht. Pflanzen klein, kümmerlich, aber noch grün; Wachstum stark gehemmt. Die Pflänzchen lassen sich leicht aus der Erde ziehen.
5 sehr stark krank	Wie unter 4, aber Pflanzen ganz oder teilweise verdorrt.
6 gekeimt, aber nicht aufgelaufen	Die Keimlinge erscheinen nicht mehr über der Bodenoberfläche. Koleoptile verkürzt, Blätter unregelmässig verkrümmt oder spiralig aufgerollt. Farbe gelblichbraun.

Zwischen den einzelnen Krankheitsklassen kamen selbstredend Übergänge vor, die die Zuteilung zu einer bestimmten Gruppe erschwerten. Gelegentlich wurden auch halbe Befallsgrade verwendet, so namentlich zwischen den Klassen gesund und leicht krank (Befallsgrad  $\frac{1}{2}$ ). Die obenstehende Einteilung der Krankheitsgrade bildete sich im Laufe der ersten Versuche aus. Als «schwach krank» werden in den Tabellen die Befallsgrade 1 bis 3, als «stark krank» die Klassen 4 bis 6 bezeichnet.

Pflanzen der verschiedenen Krankheitsgrade sind auf Tafel 3 dargestellt. Sie stammen aus dem Versuch 9 mit Lenzburgerroggen. Die Ziffern der Abbildung entsprechen den oben charakterisierten Befallsklassen.

Im Zusammenhange folgen die Ergebnisse der einzelnen Versuche (Tabellen 27—36). In der anschliessenden Besprechung beziehen sich alle Angaben auf die Bodentemperaturen, die für die Auswertung

der Untersuchungen massgebend sind. Der Beurteilung der Versuche wurde hauptsächlich die Bewertungsart 2 (prozentualer Befall) zugrunde gelegt, weil sie das beste Bild des Infektionsverlaufes vermittelt. In der Zahl der aufgelaufenen Pflanzen sind auch die Keimlinge enthalten, die nicht über der Bodenoberfläche erschienen.

#### 4. Besprechung der Versuchsergebnisse

##### a) Versuche mit *Fusarium herbarum*

Versuche auf neutralem Boden (pH = 6,98)

##### Versuch 1: Landroggen infiziert mit *F. herbarum*, Stamm 204 (Tab. 27)

Der Befall, sowohl in Prozenten kranker Pflanzen wie in Befallsgraden ausgedrückt, ist im Gebiet der mittleren Temperaturen (18,9—24,8° Bodentemperatur) am niedrigsten. Im untern wie im obern Temperaturbereich nimmt die Anzahl der kranken Pflanzen zu, in dem obern etwas stärker. Sie erreicht bei der letzten Temperaturstufe von 34° zirka 60%, bei 3° und 9° rund 50% (bezogen auf aufgelaufene Keimlinge). Die Kurven der Anzahl kranker Pflanzen und die der prozentualen Krankheitsfälle decken sich hier fast vollständig; auffallend ist bei beiden der leichte Anstieg im Befall bei 15°. In den Kurven der Befallswerte kommt diese Schwankung nicht zum Ausdruck, sie verlaufen regelmässig vom tiefsten Befall bei 21—25° nach oben.

##### Versuch 2: Landroggen infiziert mit *F. herbarum*, Stamm Baarn (Tab. 28, Abb. 13)

Dieser Versuch unterscheidet sich vom vorangehenden durch den auffallend kleinen Befall im Gebiete von 9—25° Bodentemperatur. Die Zahl der erkrankten Pflanzen beträgt bei 25° 15% der aufgelaufenen Keimlinge, während Versuch 1 bei der gleichen Bodentemperatur 31% aufweist. Das Minimum des Befalls liegt bei 15°, wo etwa 3% der Pflanzen erkrankt sind. Von 25° an steigt der Befall sehr rasch bis 33,4°, die erkrankten Pflanzen erreichen hier 75%. Die starke Zunahme des Befalls von 25° an aufwärts kommt in allen drei Bewertungsarten zum Ausdruck. Einzig der mittlere Befall einer Pflanze ergibt ein anderes Bild; er bleibt von 25° an ungefähr gleich hoch, zeigt dagegen ein Optimum bei 16,7°.

Aus den beiden Versuchen, die direkt verglichen werden können, geht hervor, dass der Stamm 204 von *F. herbarum* im Temperatur-

**Tab. 27**

**Versuch 1: Landroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm 204.**

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 61 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelau- fener Pflanzen	Anzahl kranker Pflanzen			Kranke Pflanzen bezogen auf aufgelaufene Keimlinge			Befallswerte			Trocken- substanz- ertrag einer Ver- suchsreihe
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Durchschnittl. Befall pro Topf	Mittl. Befall einer Pflanze		
7,8	22,1	2,8 ± 0,4	7,8 ± 0,6	10,6	12,5 ± 2,0	36,2 ± 2,3	47,8	34,0	3,2 ± 0,12	11	
9,6	20,0	4,0 ± 0,5	5,7 ± 0,3	9,7	20,2 ± 2,6	28,6 ± 1,2	48,8	25,6	2,7 ± 0,15	15	
11,6	18,5	4,5 ± 0,5	4,5 ± 0,5	9,0	24,2 ± 2,4	24,4 ± 2,2	48,6	22,5	2,5 ± 0,12	21	
12,9	18,8	5,6 ± 0,6	4,3 ± 0,6	9,9	29,9 ± 2,9	22,3 ± 2,1	52,2	22,8	2,3 ± 0,11	29	
15,2	20,3	5,0 ± 0,6	3,3 ± 0,8	8,3	24,9 ± 2,7	16,5 ± 3,3	41,4	18,2	2,1 ± 0,13	—	
17,0	20,2	4,4 ± 0,4	2,4 ± 0,5	6,8	22,1 ± 1,9	12,1 ± 3,2	34,2	14,0	1,9 ± 0,16	—	
19,0	21,7	6,3 ± 0,8	1,3 ± 0,3	7,6	28,4 ± 2,6	5,8 ± 1,5	34,2	11,5	1,5 ± 0,15	66	
19,7	20,1	6,4 ± 0,5	1,4 ± 0,3	7,8	31,8 ± 2,2	6,9 ± 1,7	38,7	12,0	1,5 ± 0,12	63	
20,6	20,0	4,7 ± 0,4	1,6 ± 0,4	6,3	23,8 ± 2,2	7,8 ± 2,0	31,5	11,1	1,7 ± 0,16	56	
21,8	20,4	4,2 ± 0,5	3,9 ± 0,7	8,1	20,2 ± 2,2	18,6 ± 2,5	38,8	19,8	2,4 ± 0,12	45	
23,8	20,1	4,1 ± 0,6	3,6 ± 0,3	7,7	20,0 ± 2,5	17,8 ± 1,3	37,8	18,5	2,5 ± 0,11	40	
25,6	19,9	4,4 ± 0,3	5,4 ± 0,5	9,8	22,3 ± 1,6	27,1 ± 2,0	49,5	26,0	2,6 ± 0,07	31	
26,1	22,0	6,0 ± 0,4	5,1 ± 0,5	11,1	27,8 ± 2,2	22,9 ± 1,8	50,7	26,5	2,4 ± 0,09	30	
27,2	21,2	5,7 ± 0,6	7,5 ± 0,6	13,2	26,7 ± 2,5	35,5 ± 2,5	62,2	35,7	2,7 ± 0,12	17	

**Tab. 28****Versuch 2: Landroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn.**

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 52—53 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelaufener Pflanzen		Anzahl kranker Pflanzen			Prozentualer Krankheitsbefall bezogen auf aufgelaufene Keimlinge			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag einer Ver- suchsreihe
	schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Durchschnittl. Befall pro Topf	Mittl. Befall einer Pflanze	g		
7,8	1,5 ± 0,5	0,3 ± 0,2	1,8	5,9 ± 1,8	1,1 ± 0,8	7,0	2,4	0,9 ± 0,25	6		
9,6	1,3 ± 0,4	0,8 ± 0,4	2,1	4,7 ± 1,5	3,9 ± 1,9	8,6	4,7	1,5 ± 0,57	7		
11,6	0,7 ± 0,3	0,3 ± 0,2	1,0	2,7 ± 1,3	1,2 ± 0,8	3,9	1,8	0,9 ± 0,41	13		
12,9	0,3 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,8	1,1 ± 0,6	2,0 ± 0,7	3,1	2,4	1,9 ± 0,64	18		
15,2	0,4 ± 0,2	0,6 ± 0,2	1,0	1,7 ± 0,9	2,3 ± 0,9	4,0	3,5	2,6 ± 0,78	23		
17,0	0,9 ± 0,3	0,5 ± 0,2	1,4	3,1 ± 1,2	2,2 ± 0,9	5,4	3,3	1,8 ± 0,43	24		
19,0	1,5 ± 0,7	1,0 ± 0,3	2,5	5,1 ± 2,3	3,4 ± 1,0	8,4	5,1	1,8 ± 0,41	26		
19,7	1,5 ± 0,3	1,6 ± 0,4	3,1	5,6 ± 1,1	6,0 ± 1,6	11,5	7,0	2,1 ± 0,28	31		
20,6	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,4	4,1	7,9 ± 1,0	7,6 ± 1,5	15,5	8,7	2,0 ± 0,19	28		
21,8	3,3 ± 0,5	2,6 ± 0,6	5,9	13,0 ± 2,3	10,1 ± 2,1	23,1	12,0	2,0 ± 0,21	21		
23,8	5,8 ± 1,0	4,3 ± 0,9	10,1	24,0 ± 4,1	17,1 ± 3,6	41,0	19,7	1,9 ± 0,18	22		
25,6	10,0 ± 0,7	8,1 ± 0,6	18,1	36,8 ± 2,2	29,8 ± 2,0	66,7	36,2	2,0 ± 0,08	19		
26,1	10,3 ± 0,5	9,0 ± 0,9	19,3	40,0 ± 1,1	34,7 ± 2,4	74,8	40,0	2,0 ± 0,09	12		
27,2	8,7 ± 0,8	9,6 ± 0,5	18,3	36,0 ± 2,5	40,4 ± 2,4	76,4	40,5	2,2 ± 0,08	9		

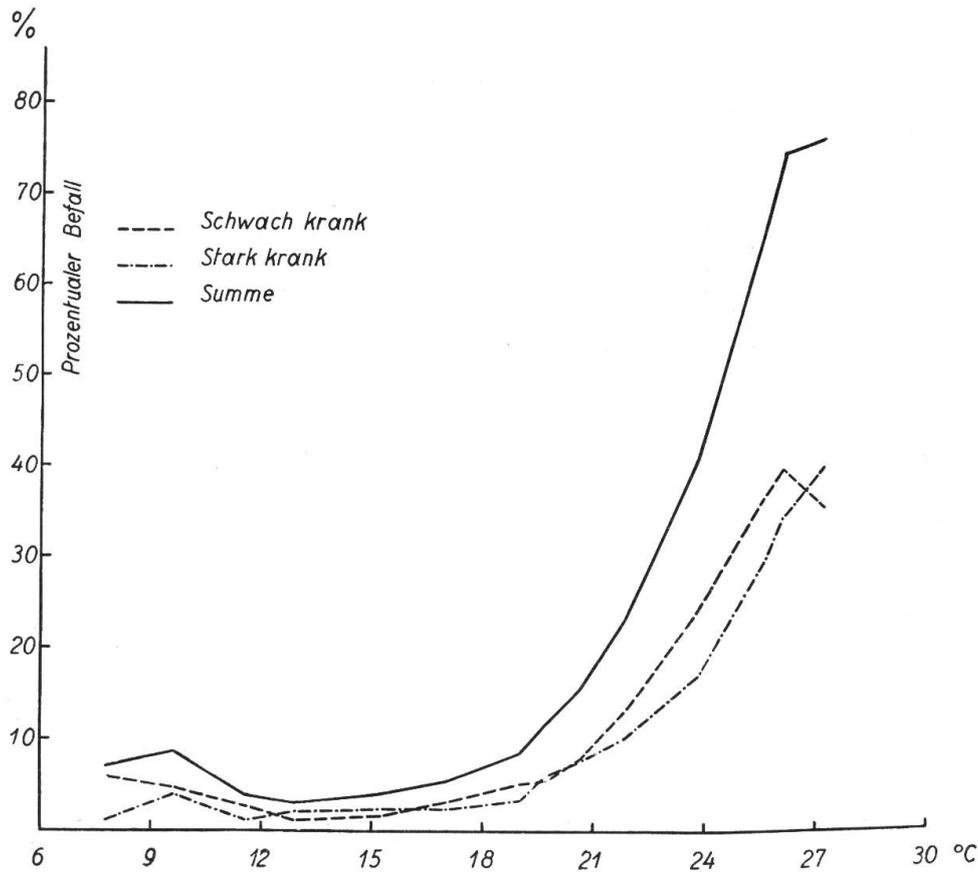


Abb. 13

Versuch 2: Landroggen infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn.  
Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

bereich von 9—25° wesentlich virulenter ist als der schon lange in Kultur stehende Stamm von Baarn. Im Gebiet der höchsten Temperaturstufen sind keine bedeutendere Befallsunterschiede festzustellen, dagegen bewirkt bei den Temperaturen von 9—25° der Stamm 204 einen deutlich höheren Befall. Die Differenz der erkrankten Pflanzen beträgt rund 40%.

Versuch 3: Petkuserroggen infiziert mit *F. herbarum*,  
Stamm 204 (Tab. 29)

*Fusarium herbarum* Stamm 204 erzeugte in diesem Versuch ebenfalls einen sehr kräftigen Befall. Mit Ausnahme der Temperaturen von 12 und 13,5°, wo am wenigsten kranke Pflanzen gefunden wurden, liegen alle Werte über 50%. Ein zweites, wohl kaum charakteristisches Minimum, zeigte sich bei einer Bodentemperatur von 22,7°. Im allgemeinen steigt der prozentuale Anteil der erkrankten Pflanzen von 15—34°, wo über 70% der Pflanzen erkrankt sind. Die stärkeren Befallsgrade sind mit grösseren Werten vertreten, be-

sonders bei den hohen Bodentemperaturen überwiegen die stark kranken Pflanzen. Die Bewertungsarten 1—3 lieferten auffallend übereinstimmende Resultate.

Versuch 4: Petkuserroggen infiziert mit *F. herbarum*,  
Stamm Baarn (Tab. 30)

Im ganzen genommen nimmt in diesem Versuch der Krankheitsbefall von den tiefsten nach den höchsten Temperaturen zu, was in allen drei Bewertungsarten zum Ausdruck gelangt. Der geringste Befall ist bei den Temperaturen von 11,6—15° zu beobachten. In gleicher Weise ergeben die Bewertungsarten 1—3 einen leichten Rückgang der Erkrankung bei 26°. Die höchsten Befallswerte wurden bei den Temperaturen von 29,4—33,4° gefunden.

Vergleichend stellen wir fest, dass sich *F. herbarum* Stamm 204 in den Versuchen 1 und 3 gegenüber dem Stamm Baarn in den Versuchen 2 und 4 als virulenter erwiesen hat. Dies kommt neben den höheren Befallszahlen auch in dem grösseren Anteil stark erkrankter Pflanzen zum Ausdruck. Im Versuch mit Stamm 204 ist ihre Zahl grösser; im Versuch mit Stamm Baarn überwiegen die schwach kranken Pflanzen. Hat in Versuch 4 die Zahl der Krankheitsfälle bei 15° Bodentemperatur schon ihr Minimum erreicht, so sind bei der gleichen Temperatur des Versuches mit Stamm 204 immer noch 60% der Pflanzen krank.

Versuche auf alkalischem Boden (pH = 8,83).

Analog den Versuchen auf neutraler Erde sollte das Verhalten von Landroggen und Petkuserroggen auch auf alkalischem Boden geprüft werden. In der Folge wurden die Versuche mit Landroggen aufgegeben und die Untersuchungen über den Einfluss der Bodenreaktion auf den *Fusarium*-Befall nur mit dem genetisch einheitlicheren Petkuserroggen weitergeführt.

Versuch 5: Petkuserroggen infiziert mit *F. herbarum*,  
Stamm 204. pH der Versuchserde = 8,83. (Siehe Tab. 31 und  
Abb. 14.)

Das Auffallendste an diesem Versuch ist die kleine Zahl der aufgelaufenen Pflanzen; besonders bei den Temperaturen von 16,7 bis 26,0° nimmt sie beträchtlich ab. Im Bereiche von 20,8—24,8° wurden nirgends über 10 Pflanzen gezählt. Diese Tatsache deutet auf eine Schädigung durch die stark alkalische Reaktion des Bodens hin. So lange im Boden noch freies Calciumhydroxyd vorhanden war, konnte eine keimungshemmende Wirkung leicht eintreten. Immerhin

**Tab. 29**

**Versuch 3: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm 204.**

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 59—63 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelaufener Pflanzen	Anzahl kranker Pflanzen			Prozentualer Krankheitsbefall bezogen auf aufgelaufene Keimlinge			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag einer Ver- suchsreihe
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
°C					%	%	%			g
7,8	19,5	4,4 ± 0,6	5,9 ± 0,6	10,3	23,1 ± 2,4	34,6 ± 5,7	57,7	2,7 ± 0,1	28,0	7
9,6	25,3	3,0 ± 0,7	3,1 ± 0,6	6,1	13,0 ± 2,6	11,3 ± 2,1	24,4	2,8 ± 0,3	16,2	9
11,6	21,3	4,2 ± 1,9	4,1 ± 0,5	8,3	19,5 ± 2,0	20,9 ± 2,3	40,4	2,5 ± 0,1	20,4	13
12,9	22,6	6,6 ± 0,7	7,6 ± 0,6	14,2	29,5 ± 3,3	34,3 ± 3,0	63,8	2,9 ± 0,1	39,6	15
15,2	27,0	7,9 ± 0,7	9,1 ± 0,6	17,0	29,0 ± 2,3	33,5 ± 1,4	62,5	3,0 ± 0,1	50,1	14
17,0	25,6	5,2 ± 0,6	9,1 ± 1,1	14,3	20,5 ± 2,4	35,8 ± 4,6	56,3	3,3 ± 0,2	47,4	16
19,0	25,1	7,4 ± 0,6	8,9 ± 0,8	16,3	29,7 ± 2,5	35,1 ± 2,1	64,8	3,1 ± 0,2	50,2	17
19,7	26,0	6,7 ± 0,5	9,5 ± 0,7	16,2	25,7 ± 1,7	36,3 ± 2,2	62,0	3,1 ± 0,1	49,7	20
20,6	25,9	6,3 ± 0,4	11,2 ± 0,9	17,5	24,5 ± 1,7	42,9 ± 2,8	67,3	3,4 ± 0,2	59,9	14
21,8	24,5	4,8 ± 0,4	8,5 ± 0,9	13,3	21,4 ± 2,6	31,4 ± 2,4	52,8	3,1 ± 0,2	45,0	17
23,8	22,9	5,9 ± 0,5	8,1 ± 1,0	14,0	26,2 ± 2,6	34,9 ± 3,4	61,1	3,05 ± 0,2	43,3	12
25,6	24,9	3,8 ± 0,6	13,8 ± 1,1	17,6	14,8 ± 1,3	56,0 ± 3,7	70,8	3,7 ± 0,1	65,6	13
26,1	23,3	2,4 ± 0,5	15,6 ± 1,4	18,0	10,0 ± 2,1	68,0 ± 6,9	78,0	4,3 ± 0,2	78,7	9
27,2	25,3	4,1 ± 0,7	14,8 ± 1,0	18,9	15,9 ± 2,5	59,1 ± 4,5	75,0	3,9 ± 0,1	73,9	11

**Tab. 30** Versuch 4: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn.

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 66—70 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelaufener Pflanzen	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % der aufgelaufenen Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag einer Ver- suchsreihe
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
7,8	19,9	1,6 ± 0,6	2,5 ± 0,5	4,1	11,5 ± 5,3	16,3 ± 2,4	27,8	3,1 ± 0,3	14,5	7
9,6	25,0	1,9 ± 0,6	1,7 ± 0,5	3,6	8,4 ± 2,3	9,3 ± 2,2	17,7	2,7 ± 0,3	9,7	12
11,6	25,0	3,2 ± 0,6	2,1 ± 0,4	5,3	12,8 ± 2,1	8,4 ± 1,5	21,2	2,2 ± 0,2	11,6	22
12,9	24,0	2,2 ± 0,6	2,4 ± 0,4	4,6	8,5 ± 2,3	10,1 ± 1,5	18,6	2,9 ± 0,3	11,8	30
15,2	25,7	4,3 ± 0,7	2,9 ± 0,4	7,2	16,5 ± 2,2	11,5 ± 1,8	28,0	2,2 ± 0,2	15,9	38
17,0	23,1	3,5 ± 0,7	1,4 ± 0,3	4,9	16,8 ± 4,0	7,7 ± 3,6	24,5	1,9 ± 0,1	11,4	32
19,0	25,0	7,2 ± 0,5	3,1 ± 0,3	10,3	29,5 ± 2,5	12,2 ± 1,2	41,7	1,8 ± 0,1	19,6	39
19,7	25,0	8,2 ± 0,6	3,0 ± 0,5	11,2	32,9 ± 2,6	12,0 ± 1,2	45,0	2,8 ± 0,1	20,2	35
20,6	22,0	6,4 ± 0,5	3,0 ± 0,4	9,4	29,7 ± 2,9	13,5 ± 1,7	43,3	1,9 ± 0,1	18,4	28
21,8	27,2	6,2 ± 1,1	2,7 ± 0,6	8,9	22,3 ± 3,5	10,0 ± 2,0	32,3	2,2 ± 0,2	16,6	33
23,8	25,8	7,0 ± 0,6	4,5 ± 0,4	11,5	27,4 ± 1,7	18,7 ± 3,0	46,1	2,2 ± 0,1	25,0	20
25,6	23,8	8,5 ± 0,7	5,5 ± 1,1	14,0	35,9 ± 2,9	22,5 ± 3,9	58,4	2,1 ± 0,2	30,5	10
26,1	16,9	4,7 ± 0,5	6,4 ± 0,9	11,1	27,7 ± 2,5	38,8 ± 4,7	66,5	2,7 ± 0,1	30,3	2
27,2	13,5	4,6 ± 0,4	4,5 ± 0,5	9,1	33,9 ± 1,9	34,0 ± 3,6	67,8	2,5 ± 0,1	22,6	4

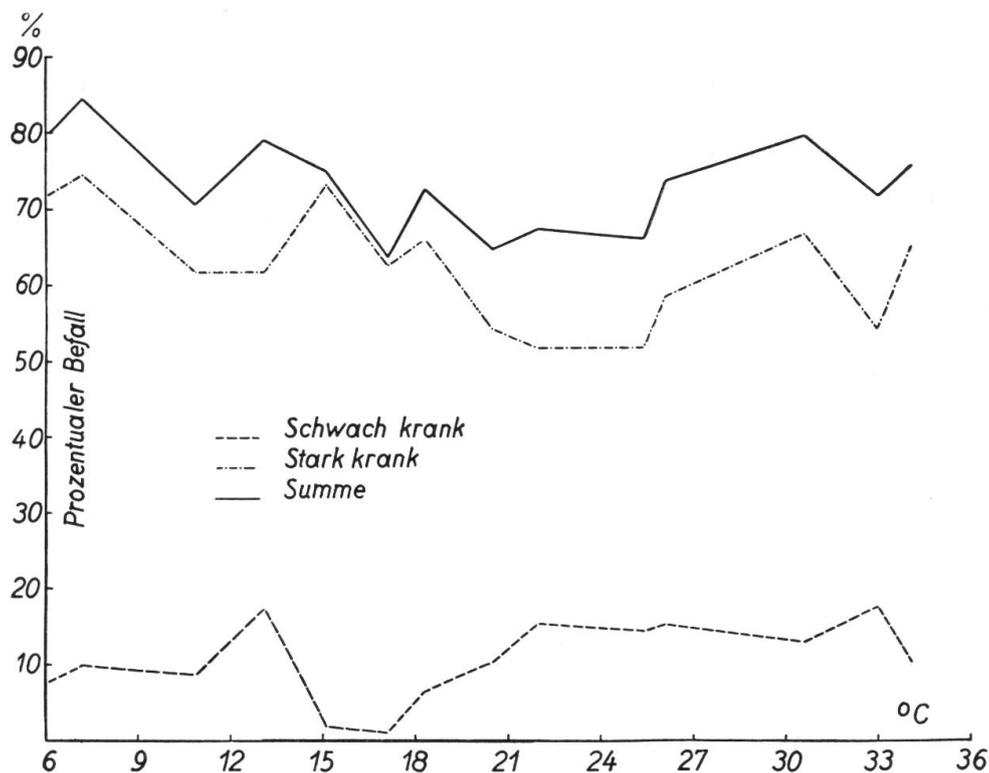


Abb. 14

Versuch 5: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm 204.  
Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

ging die anfängliche Reaktion von  $\text{pH} = 8,83$  rasch zurück. Nachteilig ist, dass auch während des Versuches die Reaktion noch weiter sank; sie betrug am Ende desselben noch  $\text{pH} = 7,85$ . Daraus geht deutlich hervor, dass es unbedingt notwendig ist, die gekalkte Erde einige Zeit zu lagern.

Bewertet man den Befall nach der absoluten Zahl der erkrankten Pflanzen, so würde ein deutliches Minimum im Temperaturbereich von  $19\text{--}24,8^\circ$  erscheinen. Bezieht man jedoch die Zahl der Krankheitsfälle auf die der aufgelaufenen Pflanzen, so finden wir über das ganze Temperaturgebiet einen annähernd gleich hohen Befall. Ein leichter Rückgang der Erkrankungen, der aber zu keinen Schlüssen führen kann, ist von  $19\text{--}26^\circ$  festzustellen.

Versuch 6: Petkuserroggen infiziert mit *F. herbarum*,  
Stamm Baarn. Reaktion der gekalkten Erde =  $\text{pH} 8,78$   
(siehe Tab. 32 und Abb. 15).

Die Zahl der gekeimten Körner dieses Versuches ist etwas grösser als die des vorangehenden, jedoch immer noch gering. So gingen durchschnittlich bei den Serien von  $15,1\text{--}26,1^\circ$  nicht über 20 Pflanzen auf.

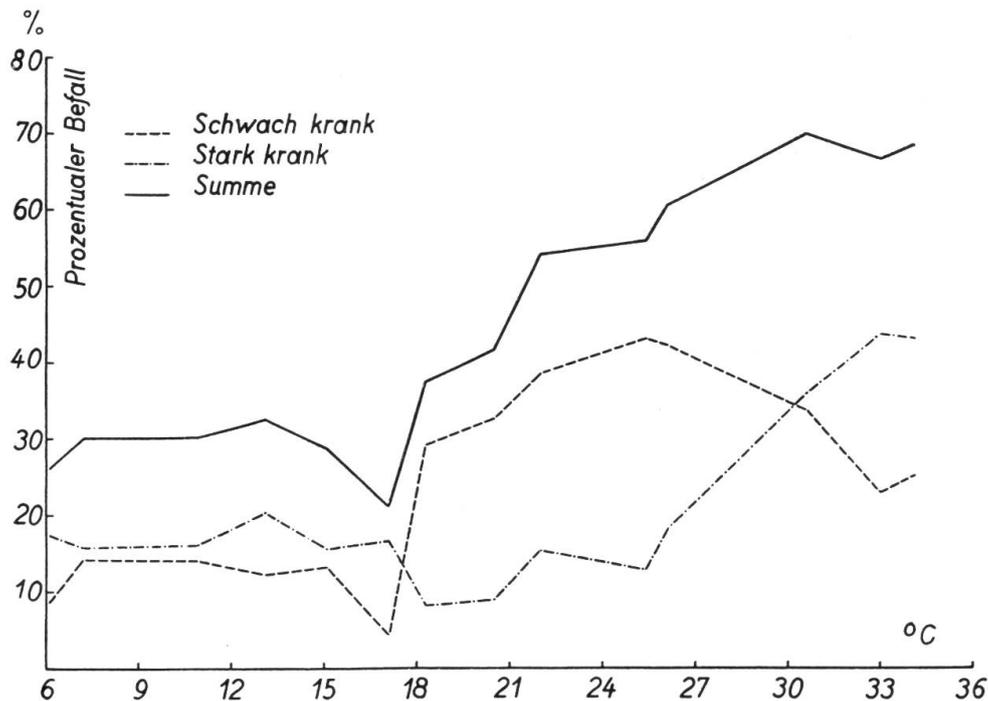


Abb. 15

Versuch 6: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn.  
Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

Alle vier Bewertungsarten ergeben hier dasselbe Befallsbild: Ein schwacher Befall bei den untern Temperaturstufen, ein sicher gestelltes Minimum bei 19° (Bodentemperatur), worauf eine rasche Zunahme der Krankheitsfälle bis zu den extrem hohen Temperaturstufen folgt. Fast über den ganzen Temperaturbereich überwiegt die Zahl der schwach erkrankten Pflanzen. Die absolute Zahl kranker Pflanzen lässt ein scharfes Befallsmaximum bei 29,4° erkennen; das gleiche kommt im durchschnittlichen Befall eines Topfes zum Ausdruck. Werden die Krankheitsfälle in Prozenten der aufgelaufenen Pflanzen ausgedrückt, so erscheint der Befall von 29,4—34,1° ungefähr gleich hoch. Da bei den obersten Temperaturen weniger Körner keimten und in diesem Temperaturbereich die Bräunung der in der Erde steckenden Pflanzenteile immer stärker ist, dürfte das Befallsoptimum von 29,4° zutreffend sein.

Stellt man die Krankheitszahlen der Versuche 5 und 6 einander gegenüber, so finden wir einen wesentlich höheren Befall bei der Infektion mit Stamm 204. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen der Versuche auf neutraler Erde überein. Der schon lange in Kultur stehende Stamm von Baarn zeigt eine geringere Virulenz als die eigene Isolierung.

Die Ergebnisse der Infektionsversuche auf neutralem und alka-

**Tab. 31**

**Versuch 5: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm 204.**

Alkalische Erde, pH = 8,83

Versuchsdauer = 21—25 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelau- fener Pflanzen	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag einer Ver- suchsreihe
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
6,1	11,7	0,9 ± 0,2	8,5 ± 1,1	9,4	7,8 ± 2,0	72,1 ± 4,0	80,0	2,9 ± 0,09	26,8	276
7,2	13,1	1,2 ± 0,3	9,8 ± 0,7	11,0	10,0 ± 2,9	74,6 ± 3,0	84,6	2,8 ± 0,07	30,8	380
10,9	10,2	1,0 ± 0,3	6,3 ± 0,5	7,3	8,8 ± 2,0	61,9 ± 3,2	70,7	2,8 ± 0,05	19,9	510
13,1	13,6	2,1 ± 0,5	7,9 ± 0,9	10,0	17,4 ± 3,4	61,9 ± 3,8	79,2	2,6 ± 0,08	28,4	759
15,1	5,9	0,2 ± 0,2	4,3 ± 0,6	4,5	2,0 ± 2,0	73,1 ± 5,3	75,1	3,1 ± 0,11	13,9	288
17,1	7,4	0,1 ± 0,1	2,4 ± 0,3	2,5	1,2 ± 1,2	62,6 ± 4,3	63,9	3,0 ± 0,04	14,8	320
18,3	4,0	0,2 ± 0,1	2,6 ± 0,5	2,8	6,5 ± 4,4	66,1 ± 2,7	72,7	2,9 ± 0,08	8,2	173
20,5	4,8	0,4 ± 0,2	2,3 ± 0,4	2,7	10,4 ± 5,2	54,4 ± 6,1	64,8	2,7 ± 0,12	7,3	173
22,0	4,5	0,7 ± 0,15	2,2 ± 0,4	2,9	15,5 ± 3,9	51,9 ± 7,0	67,5	2,8 ± 0,27	7,7	227
25,4	6,5	1,0 ± 0,3	3,3 ± 0,4	4,3	14,4 ± 3,8	51,9 ± 3,2	66,3	2,8 ± 0,15	11,7	223
26,1	10,2	1,7 ± 0,7	5,7 ± 0,6	7,4	15,2 ± 6,6	58,7 ± 6,6	73,9	2,7 ± 0,17	19,6	407
30,6	5,7	0,6 ± 0,2	4,0 ± 0,7	4,6	12,9 ± 5,4	66,9 ± 5,0	79,8	2,8 ± 0,13	13,0	226
33,3	7,9	1,5 ± 0,4	4,2 ± 0,5	5,7	17,6 ± 4,7	54,4 ± 5,7	72,0	2,8 ± 0,17	15,7	199
34,1	5,3	0,5 ± 0,3	3,3 ± 0,6	3,8	10,4 ± 4,5	65,7 ± 5,3	76,1	3,3 ± 0,21	12,5	136

**Tab. 32** Versuch 6: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium herbarum*, Stamm Baarn.

Alkalische Erde, pH = 8,78

Versuchsdauer = 26—30 Tage

Boden- temperatur	Total aufgelaufener Pflanzen		Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag
	schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf			
°C											g
6,1	4,3 ± 0,6	2,2 ± 0,5	6,5	8,6 ± 1,8	17,5 ± 2,1	26,1	1,6 ± 0,12	11,3	5,1		
7,2	3,9 ± 0,5	3,6 ± 1,0	7,5	14,2 ± 3,5	15,9 ± 2,1	30,1	2,3 ± 0,26	18,6	6,4		
10,9	4,0 ± 0,6	3,4 ± 0,3	7,4	14,1 ± 1,3	16,2 ± 2,3	30,3	2,1 ± 0,10	15,8	7,9		
13,1	4,4 ± 0,6	2,7 ± 0,6	7,1	12,3 ± 2,9	20,4 ± 2,8	32,7	2,0 ± 0,23	14,1	8,3		
15,1	1,8 ± 0,3	1,7 ± 0,5	3,5	13,3 ± 3,2	15,7 ± 3,5	28,9	1,8 ± 0,18	7,5	7,0		
17,1	2,0 ± 0,4	0,5 ± 0,2	2,5	4,4 ± 2,0	16,8 ± 3,0	21,3	1,4 ± 0,16	3,9	9,4		
18,3	3,2 ± 0,5	1,0 ± 0,4	4,2	29,3 ± 4,0	8,3 ± 3,3	37,6	1,6 ± 0,28	7,2	9,6		
20,5	3,5 ± 0,3	1,0 ± 0,4	4,5	32,7 ± 2,9	9,0 ± 3,5	41,8	1,6 ± 0,23	7,5	9,9		
22,0	4,5 ± 0,7	1,8 ± 0,3	6,3	38,6 ± 4,6	15,5 ± 2,3	54,1	1,7 ± 0,14	10,5	7,3		
25,4	6,7 ± 0,8	2,0 ± 0,5	8,7	43,1 ± 2,1	12,9 ± 2,5	56,0	1,5 ± 0,08	13,1	7,1		
26,1	8,1 ± 0,6	3,6 ± 0,5	11,7	42,3 ± 2,5	18,2 ± 2,4	60,5	1,9 ± 0,10	22,5	5,6		
30,6	6,7 ± 0,6	7,3 ± 0,8	14,0	33,8 ± 3,4	36,0 ± 3,9	69,8	2,7 ± 0,19	38,2	3,2		
33,0	3,3 ± 0,4	6,3 ± 0,6	9,6	22,9 ± 1,9	43,7 ± 2,9	66,6	3,1 ± 0,09	29,6	2,6		
34,1	2,6 ± 0,5	4,5 ± 0,6	7,1	25,1 ± 4,1	43,2 ± 4,5	68,4	3,3 ± 0,23	22,5	1,2		

lischem Boden vergleichend, lassen sich die folgenden Unterschiede feststellen. Im allgemeinen ist der Befall bei den vier untersten Temperaturstufen auf alkalischem Boden grösser als auf saurem. Das Minimum der Erkrankung verschiebt sich auf alkalischer Erde nach dem Gebiet der mittleren Temperaturen (19—21°). In beiden Fällen treten von 26,0° an aufwärts hohe Prozentsätze erkrankter Pflanzen auf.

#### b) Versuche mit *Fusarium nivale*

Versuche auf neutraler Erde (pH = 6,98)

Versuch 8: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302 (Tab. 33 und Abb. 16)

Der Infektionsverlauf dieses Versuches gleicht durchaus dem des Versuches 2 mit Landroggen und *F. herbarum*, mit dem Unterschied, dass kein so hoher Befall auftritt. Bis zur Temperatur von 18° ist die Zahl der Krankheitsfälle unbedeutend, meist unter 10%. Von hier an nimmt der Umfang der Erkrankung mehr oder weniger

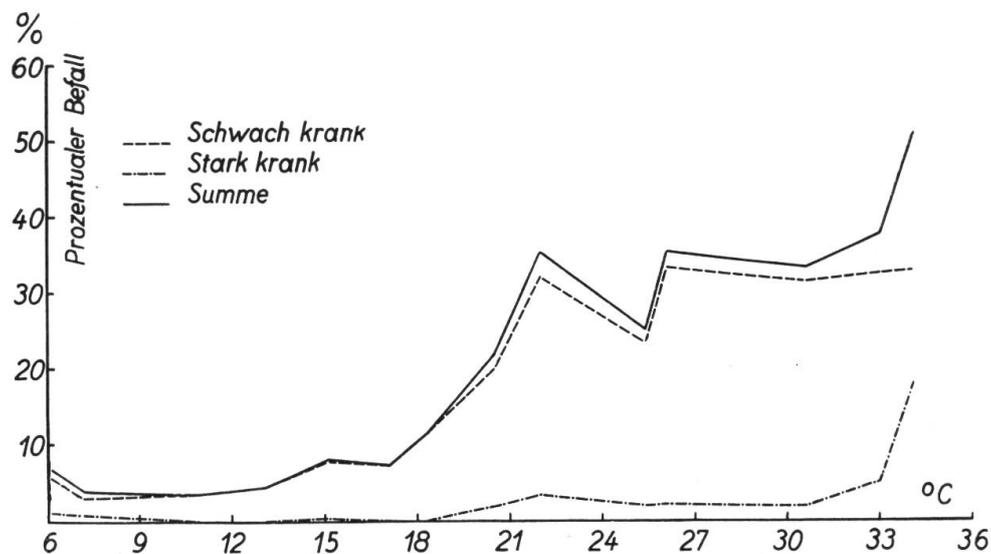


Abb. 16

Versuch 8: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % der aufgelaufenen Pflanzen.

regelmässig zu bis zur höchsten Temperaturstufe von 34,1°. Mit allen drei Bewertungsarten, deren Ergebnisse gut übereinstimmen, lässt sich ein leichter Rückgang des Befalls bei 26,0° nachweisen. Die stark erkrankten Pflanzen machen einen verschwindend kleinen Bruchteil der Summe der Krankheitsfälle aus.

Versuch 9: Lenzburgerroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302 (Tab. 34 und Abb. 17, 18)

Der Verlauf der Befallskurven unterscheidet sich von dem vorausgehenden Versuch nicht unwesentlich. Bis 16,7 und 18,9° haben wir nur einen kleinen Befall zu verzeichnen (rund 7—16%), von hier an steigt die Kurve rasch und regelmässig an. Schon bei 28° sind beinahe 80% der aufgelaufenen Pflanzen erkrankt, wobei der Hauptanteil auf die stark erkrankten Pflanzen fällt. Die Bewertung nach

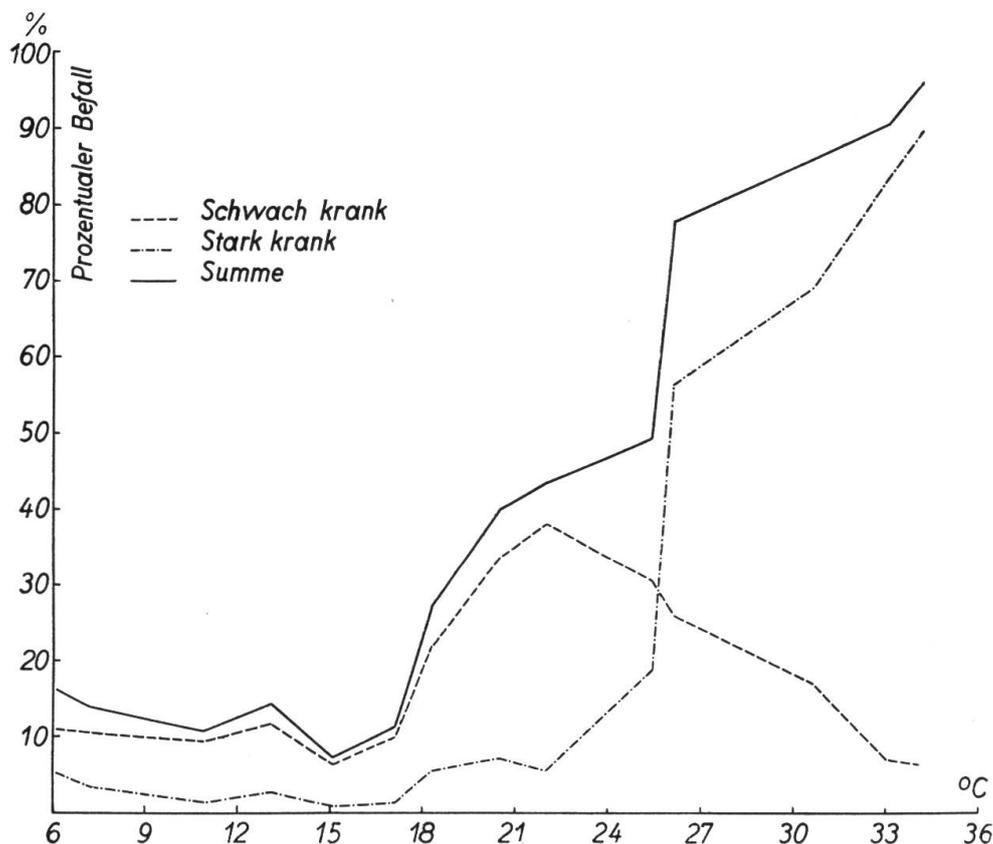


Abb. 17

Versuch 9: Lenzburgerroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

Befallsgraden lässt ebenfalls ein Minimum der Erkrankung bei 16,7 und 18,9°, sowie die darauf folgende rasche Zunahme der Befallswerte erkennen. Nach dem ausgesprochenen Erkrankungsmaximum bei 28° nimmt der durchschnittliche Befall eines Topfes wieder ab. Ein ähnliches Bild liefert die Bewertungsart 1. Der durchschnittliche Befall einer Pflanze sinkt von 2,5 bei 9° auf 1,4 bei 22,7 und 24,8° und steigt dann bis zur höchsten Temperaturstufe auf 4,4 an. Der starke Krankheitsgrad der beiden letzten Temperaturserien dürfte

**Tab. 33**

**Versuch 8: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.**

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 36—40 Tage

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
°C					%	%	%			g
6,1	32,6	1,8 ± 0,4	0,4 ± 0,2	2,2	5,6 ± 1,1	1,2 ± 0,7	6,8	1,8 ± 0,24	4,4	15,7
7,2	32,8	1,0 ± 0,4	0,3 ± 0,2	1,3	3,1 ± 1,3	0,9 ± 0,6	4,0	1,1 ± 0,33	2,2	23,4
10,9	33,1	1,2 ± 1,3	0	1,2	3,6 ± 0,4	0	3,6	1,2 ± 0,13	1,4	32,5
13,1	32,4	1,5 ± 0,3	0	1,5	4,6 ± 1,0	0	4,6	1,0 ± 0,26	1,7	38,1
15,1	32,7	2,6 ± 0,5	0,1 ± 0,1	2,6	7,9 ± 1,6	0,3 ± 0,3	8,2	1,1 ± 0,14	3,2	51,3
17,1	32,7	2,4 ± 0,6	0,4 ± 0,3	2,4	7,4 ± 1,8	0	7,4	1,1 ± 0,21	3,5	54,7
18,3	32,2	3,7 ± 0,6	0	3,7	11,5 ± 1,8	0	11,5	1,2 ± 0,11	4,5	50,2
20,5	32,2	6,5 ± 0,5	0,6 ± 0,3	7,0	20,1 ± 1,5	1,9 ± 1,0	22,0	1,3 ± 0,09	9,4	43,2
22,0	31,8	10,2 ± 1,2	1,1 ± 0,3	11,3	32,2 ± 3,9	3,4 ± 0,8	35,6	1,4 ± 0,07	15,6	34,3
25,4	33,1	7,8 ± 0,4	0,7 ± 0,3	8,5	23,4 ± 1,2	2,0 ± 1,0	25,4	1,3 ± 0,06	11,4	31,7
26,1	33,1	11,1 ± 0,9	0,7 ± 0,3	11,8	33,4 ± 2,4	2,1 ± 1,0	35,6	1,4 ± 0,06	16,4	27,9
30,6	32,7	10,3 ± 0,5	0,6 ± 0,3	10,9	31,6 ± 1,6	1,9 ± 1,0	33,4	1,3 ± 0,05	14,7	26,1
33,0	29,9	9,9 ± 1,1	1,5 ± 0,5	11,4	32,7 ± 3,6	5,1 ± 1,5	37,8	1,5 ± 0,07	17,0	24,3
34,1	30,5	10,0 ± 1,0	5,6 ± 0,8	15,6	33,0 ± 3,6	18,3 ± 2,7	51,4	2,1 ± 0,14	32,7	5,6

**Tab. 34** Versuch 9: Lenzburgerroggen, infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 21—26 Tage

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
°C					%	%	%			g
6,1	26,3	3,7 ± 0,6	1,3 ± 0,3	5,0	11,0 ± 2,0	5,2 ± 1,1	16,2	2,5 ± 0,24	12,2	6,4
7,2	29,2	3,0 ± 0,4	1,0 ± 0,3	4,0	10,5 ± 1,7	3,4 ± 0,9	13,9	2,3 ± 0,19	9,5	9,1
10,9	29,6	3,0 ± 0,3	0,4 ± 0,2	3,4	9,4 ± 0,9	1,4 ± 0,6	10,8	2,1 ± 0,36	6,0	11,6
13,1	30,0	3,5 ± 0,8	0,9 ± 0,3	4,4	11,7 ± 3,2	2,7 ± 1,1	14,4	1,7 ± 0,32	7,5	13,6
15,1	30,0	1,9 ± 0,7	0,3 ± 0,15	2,2	6,4 ± 0,7	1,0 ± 0,5	7,4	1,7 ± 0,42	3,7	12,1
17,1	29,0	2,8 ± 0,55	0,4 ± 0,2	3,2	9,9 ± 1,9	1,4 ± 0,8	11,3	1,4 ± 0,25	5,3	12,7
18,3	29,3	6,4 ± 0,5	1,6 ± 0,3	8,0	21,8 ± 1,5	5,5 ± 1,1	27,3	1,8 ± 0,12	14,5	16,2
20,5	28,1	9,5 ± 0,7	2,0 ± 0,03	11,5	33,6 ± 1,9	7,1 ± 1,0	40,7	1,4 ± 0,07	16,5	16,2
22,0	29,1	11,3 ± 1,6	1,6 ± 0,5	12,9	38,1 ± 4,6	5,5 ± 1,7	43,6	1,4 ± 0,11	18,7	13,1
25,4	25,1	7,7 ± 0,8	5,2 ± 0,6	12,9	30,6 ± 2,5	18,7 ± 1,9	49,3	2,4 ± 0,17	30,9	9,3
26,1	21,5	5,6 ± 0,5	12,1 ± 0,6	17,7	25,9 ± 2,0	56,4 ± 2,8	78,0	3,7 ± 0,13	64,5	3,0
30,6	15,4	2,9 ± 0,75	10,4 ± 0,8	13,3	17,1 ± 3,5	69,2 ± 4,9	86,3	4,0 ± 0,17	51,8	2,1
33,0	10,6	0,9 ± 0,3	8,7 ± 0,5	9,6	7,1 ± 2,7	83,8 ± 3,2	90,9	4,3 ± 0,09	40,7	0,7
34,1	6,8	0,5 ± 0,3	6,1 ± 0,8	6,6	6,4 ± 3,7	90,1 ± 4,8	96,6	4,4 ± 0,20	29,1	0,4

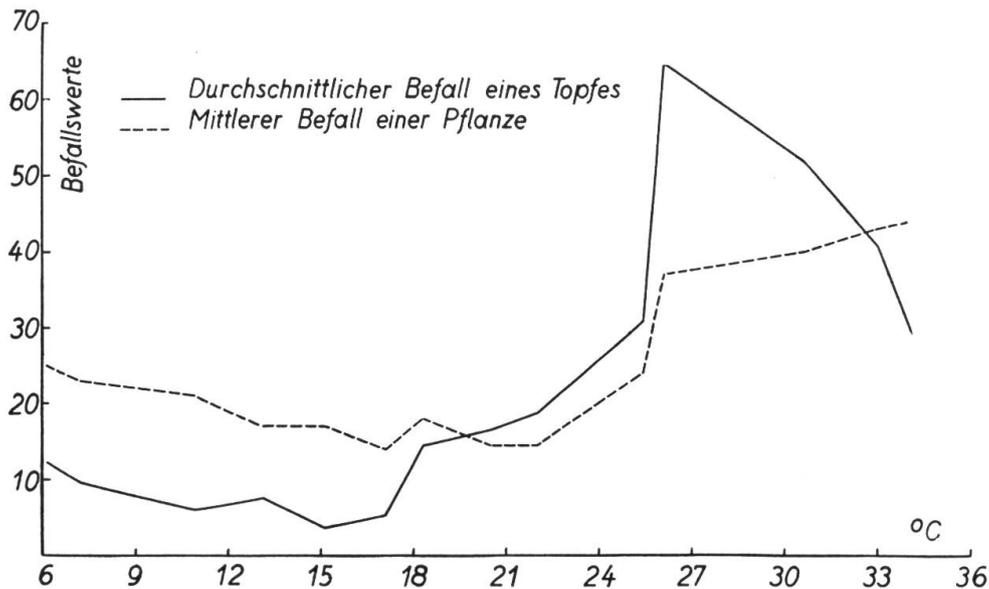


Abb. 18

Versuch 9: Lenzburgerroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
Befallswerte: Mittlerer Befall einer Pflanze und durchschnittlicher Befall eines Topfes.

wiederum ohne Zweifel auf die extrem hohe Bodentemperatur zurückzuführen sein.

Der Vergleich der Versuche 8 und 9 gibt Aufschluss über die Anfälligkeit des Lenzburgerroggens und Petkuserroggens gegenüber *Fusarium nivale*, Stamm 302. Ist bei den tieferen Bodentemperaturen (bis etwa 18,9°) kein wesentlicher Unterschied im prozentualen Krankheitsbefall wahrzunehmen, so weist der infizierte Lenzburgerroggen bei den höchsten Temperaturen (von 26,0° an aufwärts) bedeutend mehr Krankheitsfälle und einen höheren durchschnittlichen Befallsgrad auf. Lenzburgerroggen scheint also bei höheren Temperaturen anfälliger gegenüber *Fusarium nivale* zu sein.

Versuch 10: Kontrollversuch mit Lenzburger- und Petkuserroggen ohne Infektion. Neutrale Versuchserde (Tab. 35a, b und Abb. 19, 20)

Über die Gründe, die für die Ausführung dieses Versuches sprachen, wurde auf Seite 83 berichtet. Sein Ziel bestand in der Feststellung der optimalen Wachstumstemperatur der beiden Roggensorten einerseits (siehe S. 73) und des Bräunungsgrades der Halmbasis und der Koleoptile bei fehlender Infektion andererseits.

Der Kontrollversuch brachte tatsächlich den Beweis, dass weniger Pflanzen erkrankten, wenn keine Infektion vorgenommen

wird. Neben der Zahl erkrankter Pflanzen war auch der Befallsgrad geringer. Die Pflanzen der unteren und mittleren Temperaturstufen erwiesen sich mehrheitlich als gesund oder zeigten nur schwache Krankheitssymptome. Von  $26,0^{\circ}$  an traten in zunehmendem Masse Pflanzen auf, deren Stengelgrund und Wurzeln gelblichbraun verfärbt waren. Auch die Koleoptile teilte in der Regel die gleiche Farbe, hatte aber im Gegensatz zu den Infektionsversuchen meist eine normale Form. Mit Ausnahme der obersten Temperaturstufe, die in unsern Versuchen nicht mehr stark ins Gewicht fällt, war der Anteil der schwach erkrankten Pflanzen grösser. Der prozentuale Krankheitsbefall beträgt bei  $33,4^{\circ}$  Bodentemperatur rund  $38\%$ , bei der letzten Temperaturstufe ( $34,1^{\circ}$  im Boden) rund  $60\%$ . Die Werte bleiben also beträchtlich hinter denen der Infektionsversuche zurück.

Von den beiden Roggensorten weist der Petkuserroggen weniger Krankheitsfälle auf. Bis zu  $22,7^{\circ}$  ist die Zahl der kranken Pflanzen unbedeutend (unter  $10\%$ ). Beim Lenzburgerroggen schwankt im Gegensatz zum Petkuserroggen die Zahl der auf die aufgelaufenen Keimlinge bezogenen kranken Pflanzen ganz erheblich. Die Kurve verläuft so unregelmässig, dass es schwer fällt, minimale wie maximale Erkrankung zu erkennen. Anscheinend wird diese Unregel-

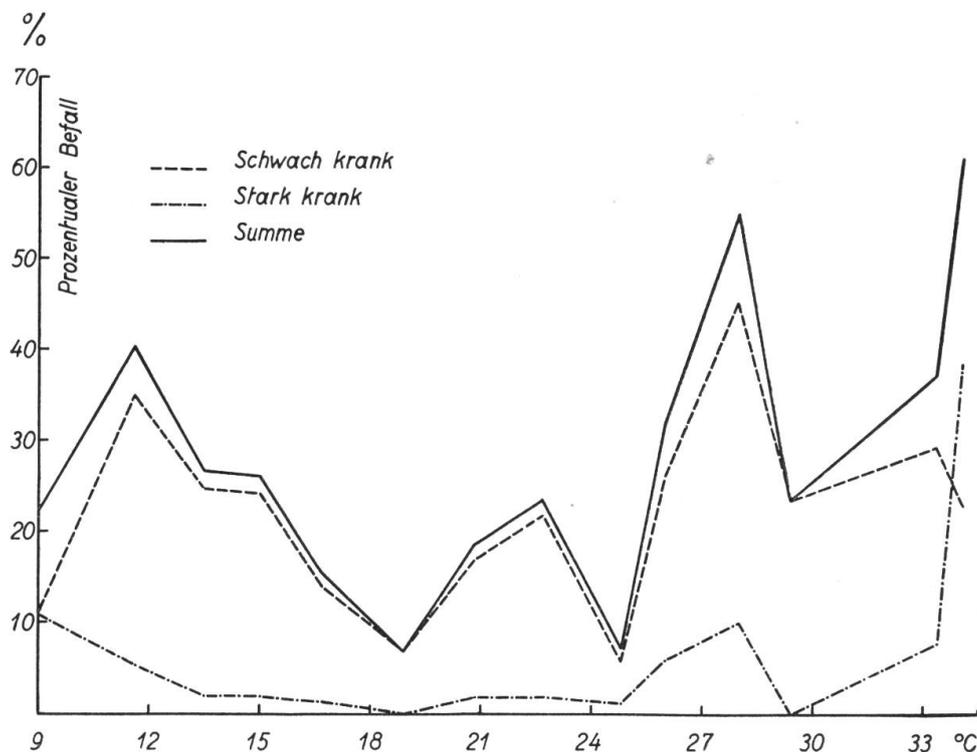


Abb. 19

Versuch 10; Kontrollversuch mit Lenzburger- und Petkuserroggen ohne Infektion. Reihe Lenzburgerroggen: Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

**Tab. 35 a** Versuch 10: Kontrollversuch (ohne Infektion) mit Lenzburgerroggen und Petkuserroggen.

Neutrale Erde, pH = 6,98

Versuchsdauer = 22—27 Tage

Reihe mit Petkuserroggen

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte			Trocken- substanz- ertrag
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	g	
9,0	33,0	2,0 ± 0,3	0,4 ± 0,4	2,4	6,1 ± 1,1	1,1 ± 2,7	7,3	1,6 ± 0,53	4,8	3,3	
11,6	32,0	2,4 ± 0,9	0,4 ± 0,2	2,8	7,5 ± 3,0	1,2 ± 0,1	8,7	1,1 ± 0,67	5,3	11,7	
13,5	32,4	2,6 ± 0,4	0,4 ± 0,2	3,0	7,9 ± 1,1	1,2 ± 0,8	9,2	1,5 ± 0,17	4,7	12,1	
15,0	32,2	1,8 ± 0,6	1,0 ± 0,3	2,8	5,5 ± 1,7	3,1 ± 0,8	8,7	2,4 ± 0,39	6,1	16,4	
16,7	35,0	2,4 ± 0,5	0,2 ± 0,2	2,6	7,0 ± 1,5	0,5 ± 0,5	7,5	1,2 ± 0,19	3,2	16,8	
18,9	33,4	1,2 ± 0,6	0,4 ± 0,2	1,6	3,6 ± 1,8	1,2 ± 0,7	4,8	1,3 ± 0,50	2,6	15,6	
20,8	32,4	2,2 ± 0,8	0,2 ± 0,2	2,4	6,8 ± 2,5	0,6 ± 0,6	7,4	0,9 ± 0,32	2,8	16,7	
22,7	32,6	1,8 ± 0,4	0,2 ± 0,2	2,0	5,5 ± 1,1	0,6 ± 0,6	6,1	1,2 ± 0,28	2,6	15,8	
24,8	32,2	5,0 ± 1,4	0	5,0	15,2 ± 4,1	0	15,2	0,6 ± 0,15	3,6	14,9	
26,0	33,0	4,6 ± 1,7	0	4,6	13,9 ± 4,9	0	13,9	1,2 ± 0,33	3,6	12,7	
28,0	33,2	6,0 ± 3,0	0,6 ± 0,4	6,6	20,2 ± 9,3	1,8 ± 1,2	22,0	1,5 ± 0,45	9,7	10,9	
29,4	32,2	10,0 ± 3,8	1,0 ± 0,6	11,0	30,7 ± 11,5	3,0 ± 1,9	33,7	1,1 ± 0,15	12,1	12,3	
33,4	33,0	8,8 ± 0,5	3,6 ± 0,5	12,4	26,7 ± 1,7	10,9 ± 1,5	37,6	1,8 ± 0,17	22,4	9,7	
34,1	25,6	4,0 ± 1,3	9,8 ± 1,3	14,2	17,0 ± 4,8	38,5 ± 5,3	55,6	3,5 ± 0,40	49,6	4,0	

**Tab. 35b** Versuch 10: Kontrollversuch (ohne Infektion) mit Lenzburgerroggen und Petkuserroggen.

Neutrale Erde, pH = 6,98      Versuchsdauer = 22—27 Tage      Reihe mit Lenzburgerroggen

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
°C					%	%	%			g
9,0	23,6	2,6 ± 1,1	2,8 ± 1,2	5,4	11,3 ± 4,2	10,9 ± 4,7	22,2	3,3 ± 0,91	20,4	6,3
11,6	29,2	10,2 ± 1,2	1,6 ± 0,8	11,8	35,0 ± 4,1	5,4 ± 2,7	40,4	1,4 ± 0,26	18,6	10,9
13,5	30,6	7,6 ± 0,8	0,6 ± 0,2	8,2	24,7 ± 2,1	2,0 ± 0,8	26,7	1,0 ± 0,08	8,4	12,0
15,0	30,4	7,4 ± 1,0	0,6 ± 0,4	8,0	24,2 ± 2,9	1,9 ± 1,2	26,1	1,1 ± 0,18	8,9	13,1
16,7	29,8	4,8 ± 0,7	0,4 ± 0,4	5,2	14,0 ± 3,6	1,4 ± 1,4	15,4	1,1 ± 0,20	6,2	12,4
18,9	30,4	2,0 ± 0,8	0	2,0	6,8 ± 3,0	0	6,8	0,6 ± 0,19	1,8	15,9
20,8	32,2	5,4 ± 1,1	0,6 ± 0,2	6,0	16,8 ± 3,6	1,8 ± 0,7	18,6	1,1 ± 0,07	6,6	16,0
22,7	31,6	4,0 ± 0,7	0,6 ± 0,4	4,6	21,8 ± 9,4	1,9 ± 1,3	23,6	1,7 ± 0,27	12,8	17,7
24,8	32,2	1,8 ± 0,7	0,4 ± 0,2	2,2	5,8 ± 2,5	1,2 ± 0,8	7,2	1,1 ± 0,49	3,4	13,2
26,0	31,4	14,6 ± 4,1	1,8 ± 0,9	16,4	26,1 ± 16,3	5,9 ± 2,8	32,0	1,5 ± 0,12	25,6	9,5
28,0	32,0	16,9 ± 3,5	2,0 ± 0,9	18,9	45,1 ± 13,9	10,0 ± 4,5	55,1	1,1 ± 0,26	31,4	11,0
29,4	31,8	7,4 ± 2,0	0	7,4	23,4 ± 6,4	0	23,4	0,9 ± 0,09	7,3	10,8
33,4	30,6	9,0 ± 0,3	2,4 ± 0,4	11,4	29,4 ± 1,0	7,8 ± 1,2	37,2	1,8 ± 0,11	20,7	7,9
34,1	26,0	10,0 ± 0,9	5,8 ± 0,7	15,8	22,7 ± 2,7	38,3 ± 2,5	61,1	3,2 ± 0,08	50,9	3,1

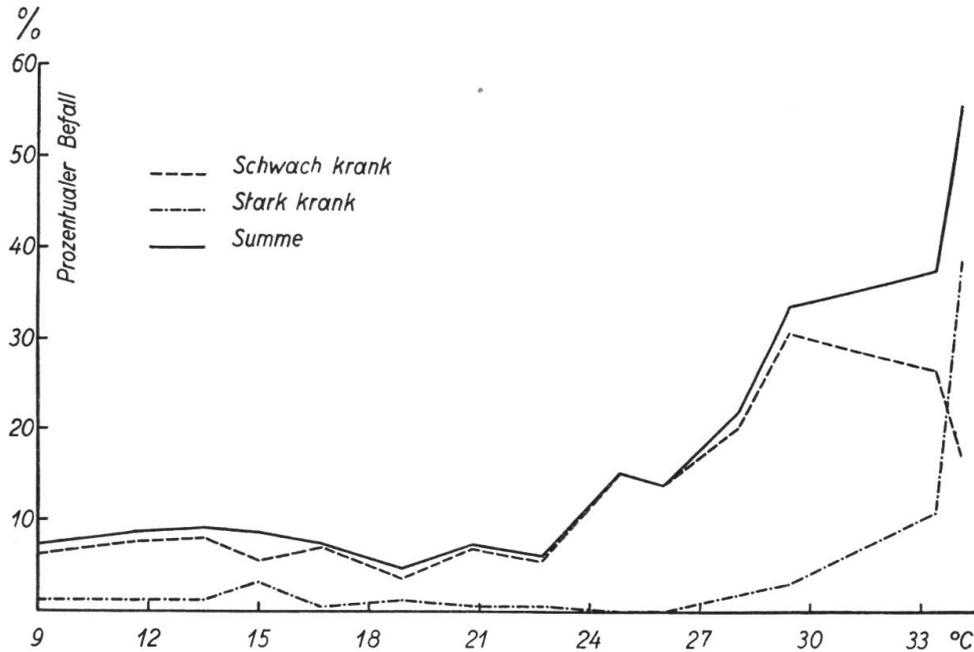


Abb. 20

Versuch 10: Kontrollversuch mit Lenzburger- und Petkuserroggen ohne Infektion. Reihe Petkuserroggen: Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen.

mässigkeit eher auf den ungleichen Feuchtigkeitsgehalt der Versuchserde als auf eine parasitäre Einwirkung irgendeines Pilzes zurückzuführen sein. Bei 18,9 und 24,8° stehen die Befallszahlen im Minimum (rund 7%), von hier an nehmen, sowohl nach der Seite der tiefern wie der höheren Temperaturen, die Krankheitsfälle zu. Bei 11,6° zeigen 40% der aufgelaufenen Pflanzen schwache Krankheits-symptome, welcher Wert sonst nur bei den Temperaturen von 28,0 und 34,1° überschritten wird. Wird der Befall nach der absoluten Zahl der kranken Pflanzen bewertet, so erhält man dasselbe Bild.

Rückisolierungen aus schwarzbraun verfärbten Teilen erkrankter Pflanzen (Wurzeln und Teile der Halmbasis) wiesen die Anwesenheit von *Fusarium* nach; die Art wurde nicht bestimmt. Da ungebeiztes Saatgut zur Aussaat gelangte, erscheint die Gegenwart von *Fusarium* verständlich. Daneben können aber auch andere parasitische Pilze wie *Phoma*, *Pythium*, *Leptosphaeria* usw. vorhanden sein. Zur Erzielung idealer Versuchsbedingungen wäre Beizung des Roggens und Sterilisation der Erde notwendig gewesen. Die gleiche Anforderung kann übrigens auch an die Infektionsversuche gestellt werden.

Durch den vorliegenden Kontrollversuch wurde bewiesen, dass die mehr oder weniger starke Bräunung der Koleoptile, des Stengelgrundes und der Wurzeln der vorangehenden Versuche zum grössten

Teile durch die erfolgte Infektion mit *Fusarium herbarum* oder *F. nivale* bedingt war, dass aber auch ohne Infektion bei den höheren Temperaturstufen gelblichbraune Verfärbungen der genannten Organe auftreten.

Versuche auf alkalischer Erde (pH = 8,37—8,41)

Versuch 11: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302. Fünf Töpfe infiziert, fünf Töpfe ohne Infektion (Tab. 36 a und b, Abb. 21—23)

Da die bisherigen Infektionsversuche ergeben hatten, dass die Beurteilung der Erkrankung besonders bei den höheren Temperaturstufen schwierig war, wurde der vorliegende Versuch mit Kontrollen angelegt. Je fünf Töpfe wurden in der früher angegebenen Weise

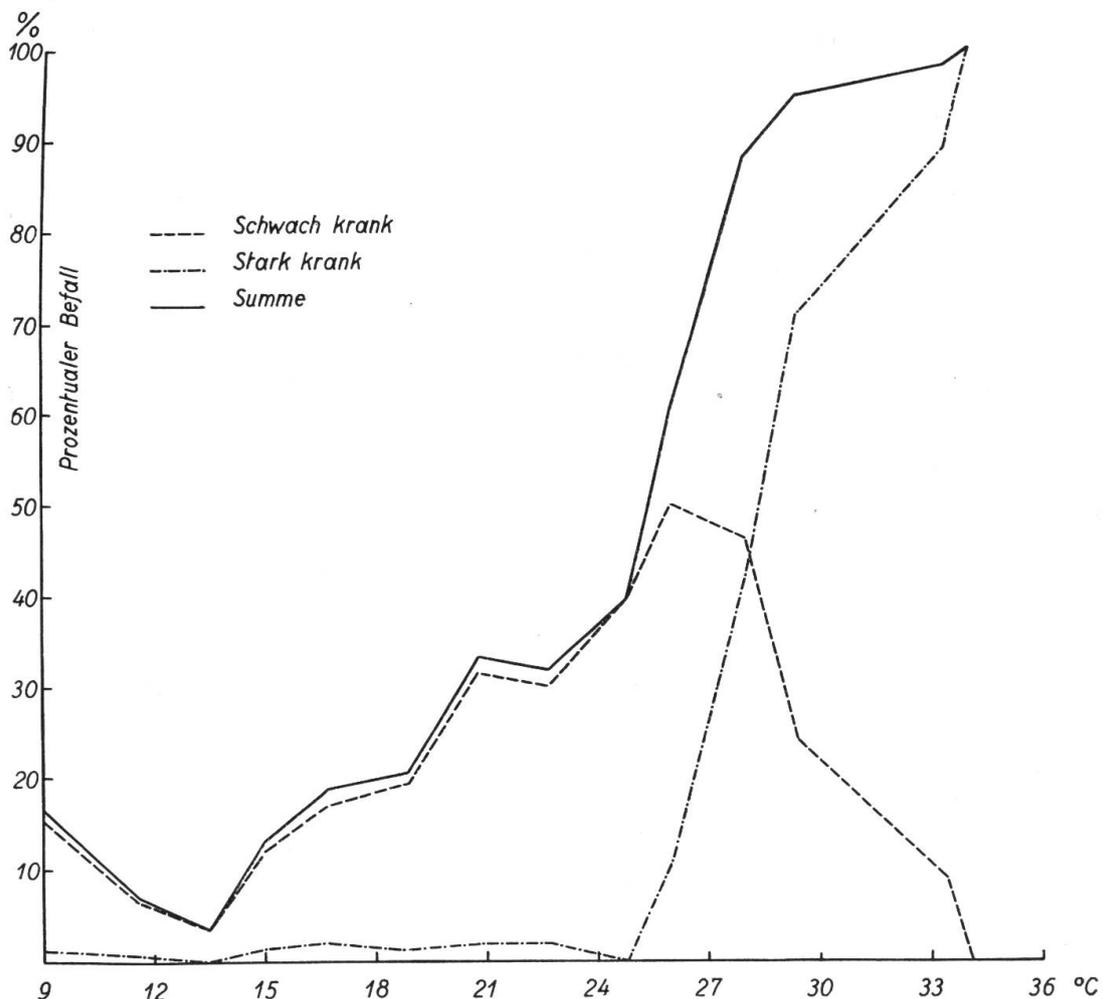


Abb. 21

Versuch 11: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302 auf alkalischer Erde. Zahl der erkrankten Pflanzen ausgedrückt in % aufgelaufener Pflanzen bei infizierter Reihe.

**Tab. 36a** Versuch 11: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
 Alkalische Erde, pH = 8,37—8,41 Versuchsdauer = 24—29 Tage Kontrollreihe

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
° C					%	%	%			g
11,6	34,0	0,2 ± 0,2	0 —	0,2	0,6 ± 0,6	0,6 ± 0,6	1,2	1,0 ± 0,77	1,0	12,8
13,5	30,0	1,2 ± 0,6	0,2 ± 0,2	1,4	4,3 ± 2,2	0,6 ± 0,6	5,0	1,3 ± 0,53	1,8	17,0
15,0	34,0	2,2 ± 0,4	0,4 ± 0,2	2,6	6,5 ± 1,1	1,2 ± 0,7	7,6	1,6 ± 0,32	4,6	25,5
16,7	27,4	2,2 ± 0,8	0,6 ± 0,4	2,8	8,7 ± 3,0	1,9 ± 1,2	10,6	2,1 ± 0,95	6,4	22,6
18,9	30,6	3,4 ± 0,9	0,4 ± 0,2	3,8	11,2 ± 3,0	3,2 ± 1,7	14,4	1,2 ± 0,21	4,4	32,1
20,8	31,2	5,4 ± 1,0	0,2 ± 0,2	5,6	17,1 ± 3,0	0,7 ± 0,7	17,8	1,0 ± 0,28	5,3	26,7
22,7	29,2	10,8 ± 1,8	0,2 ± 0,2	11,0	36,3 ± 1,4	0,7 ± 0,7	36,9	0,9 ± 0,11	10,6	24,8
24,8	31,0	14,8 ± 2,3	3,8 ± 1,6	18,6	47,7 ± 7,2	12,2 ± 4,9	59,9	1,8 ± 0,16	33,9	20,1
26,0	28,4	11,2 ± 1,5	1,2 ± 0,8	12,4	38,9 ± 3,0	3,7 ± 2,4	42,5	1,3 ± 0,14	16,2	16,0
28,0	32,6	17,4 ± 1,4	8,4 ± 2,2	25,8	53,2 ± 3,1	26,3 ± 6,8	79,5	2,2 ± 0,25	57,7	12,0
29,4	30,4	16,0 ± 1,9	11,6 ± 2,9	27,6	53,3 ± 7,8	37,6 ± 9,3	90,9	2,2 ± 0,10	61,2	6,0
33,4	30,6	11,0 ± 1,9	16,6 ± 1,1	27,6	35,5 ± 5,4	54,7 ± 4,8	90,2	2,8 ± 0,15	77,3	4,2
34,1	18,4	5,6 ± 0,4	11,4 ± 0,8	17,0	30,3 ± 1,4	62,0 ± 4,4	92,4	3,3 ± 0,12	57,3	1,4

**Tab. 36b** Versuch 11: Petkuserroggen, infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
 Alkalische Erde, pH = 8,37—8,41 Versuchsdauer = 24—29 Tage Infizierte Reihe

Boden- temperatur	Anzahl aufge- laufener Pflanz.	Anzahl kranker Pflanzen			Befall in % aufgelaufener Pflanzen			Befallswerte		Trocken- substanz- ertrag g
		schwach krank	stark krank	Summe	schwach krank	stark krank	Summe	Mittl. Befall einer Pflanze	Durchschnittl. Befall pro Topf	
°C					%	%	%			
11,6	31,8	2,0 ± 1,0	0,2 ± 0,2	2,2	6,4 ± 3,5	0,7 ± 0,7	7,1	0,8 ± 0,26	2,9	10,1
13,5	33,4	1,2 ± 1,0	0	1,2	3,6 ± 2,9	0	3,6	0,4 ± 0,22	1,0	16,2
15,0	32,0	3,8 ± 0,7	0,4 ± 0,4	4,2	11,9 ± 2,2	1,3 ± 1,3	13,2	0,9 ± 0,16	4,3	23,3
16,7	29,2	5,0 ± 0,7	0,6 ± 0,4	5,6	16,9 ± 2,0	2,0 ± 1,3	18,9	1,3 ± 0,19	7,8	20,3
18,9	31,0	6,0 ± 1,1	0,4 ± 0,2	6,4	19,4 ± 3,6	1,3 ± 0,8	20,7	1,1 ± 0,20	7,3	29,1
20,8	30,6	9,6 ± 0,6	0,6 ± 0,4	10,2	31,5 ± 2,1	1,9 ± 1,2	33,4	1,1 ± 0,10	11,6	26,1
22,7	30,6	9,2 ± 1,2	0,6 ± 0,4	9,8	30,1 ± 4,1	1,9 ± 1,3	32,0	1,1 ± 0,11	11,0	18,7
24,8	29,0	11,6 ± 1,7	0	11,6	39,7 ± 5,4	0	39,7	0,9 ± 0,08	10,0	11,2
26,0	28,4	14,2 ± 1,5	3,0 ± 0,7	17,2	50,1 ± 5,3	10,4 ± 2,4	60,5	1,4 ± 0,12	24,0	6,5
28,0	26,2	12,2 ± 1,3	10,8 ± 0,6	23,0	46,2 ± 3,7	41,9 ± 4,1	88,1	2,6 ± 0,09	58,9	0,7
29,4	23,6	5,8 ± 1,3	16,6 ± 0,8	22,4	24,1 ± 4,6	70,7 ± 3,8	94,8	3,6 ± 0,17	80,5	2,4
33,4	20,0	1,8 ± 0,9	17,8 ± 1,7	19,6	9,0 ± 4,7	88,9 ± 6,0	97,9	3,8 ± 0,39	74,8	1,3
34,1	9,4	0	9,4 ± 1,3	9,4	0	100,0	100,0	5,0 ± 0,02	46,8	0,1

mit infizierten Körnern, die andern fünf Töpfe jeder Temperaturserie mit gewöhnlichem ungebeiztem Roggen besät. Durch den Vergleich der infizierten Pflanzen mit denen der Kontrolltöpfe wurde eine grössere Sicherheit in der Beurteilung der Krankheitssymptome und damit in der Auswertung des ganzen Versuches überhaupt erzielt. Der Nachteil besteht darin, dass die Anzahl der Wiederholungen einer Versuchsreihe kleiner wird und somit das Schwankungsmass der Mittelwerte steigt.

Die Kontrolltöpfe wurden mit frischer, noch nicht infizierter Erde gefüllt, die infizierten Töpfe mit der Erde des Versuches 9. Nach der Kalkung wurden folgende pH-Werte gemessen: infizierte Erde pH = 8,37, Erde für Kontrolltöpfe pH = 8,41.

Der Versuch zeigte, dass die Pflanzen der Kontrollreihen bei höheren Bodentemperaturen an ähnlichen Symptomen erkranken, wie die der infizierten Reihen. Die Zahl der prozentualen Krankheitsfälle ist fast gleich gross (29,4%: 91% bei den Kontrolltöpfen, 95% bei den infizierten Töpfen). Die beiden Versuchsreihen unterscheiden sich aber deutlich durch den Krankheitsgrad. Der Anteil der schwach und stark erkrankten Pflanzen der infizierten Reihe

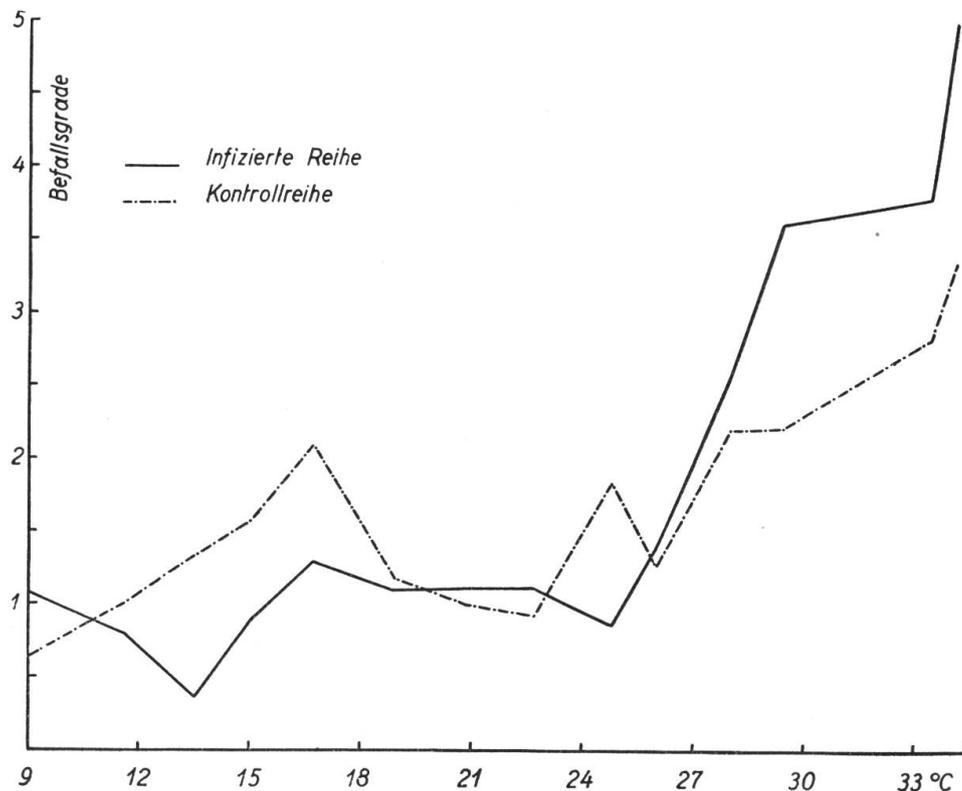


Abb. 22

Versuch 11: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
Befallswerte.

erreicht bei einer Bodentemperatur von  $28^{\circ}$  beinahe den gleichen Wert; die schweren Krankheitsfälle nehmen in der Folge rasch zu (bis 100%). In den Kontrollreihen wurden noch bei  $29,4^{\circ}$  mehr schwach kranke Pflanzen gezählt; sie werden nur bei der obersten Temperaturstufe von der Zahl der stark erkrankten Pflanzen um 20–30% übertroffen. Im Temperaturgebiet von  $20,8^{\circ}$  bis zum gemeinsamen Befallsminimum bei  $11,6$  und  $13,5^{\circ}$  halten sich die Krankheitsfälle der infizierten Reihen über denen der Kontrollen (33% gegenüber 18% bei  $20,8^{\circ}$ ).

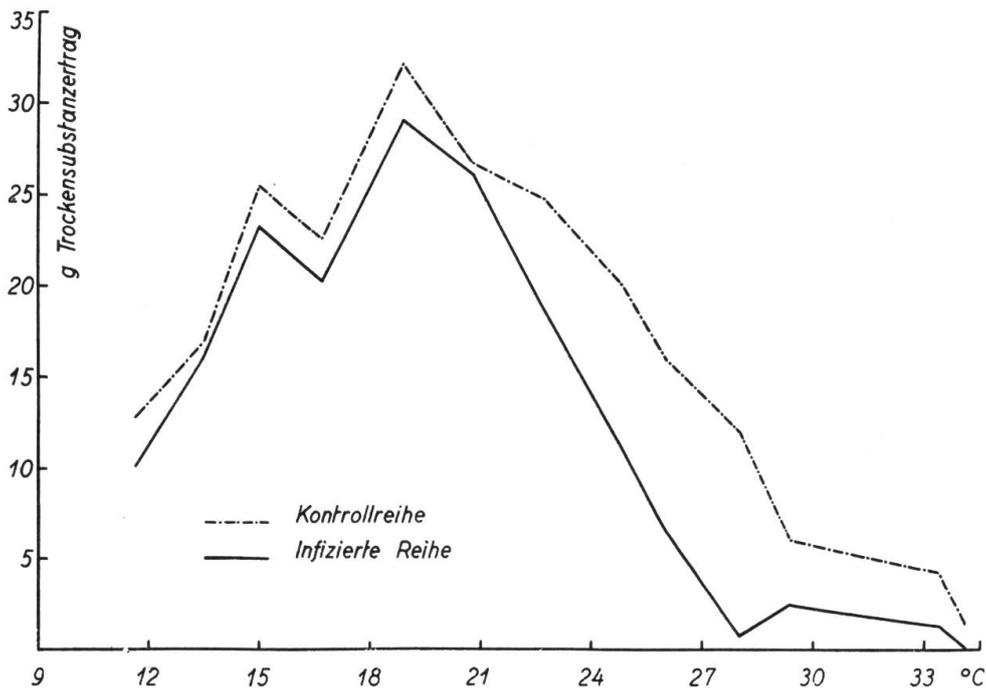


Abb. 23

Versuch 11: Petkuserroggen infiziert mit *Fusarium nivale*, Stamm 302.  
Trockensubstanzerträge der infizierten Reihe und der Kontrollreihe.

In bezug auf den Infektionsverlauf bei den unteren Temperaturstufen liefert die Bewertung nach der Anzahl der erkrankten Pflanzen das gleiche Ergebnis, abgesehen von einer unregelmässigen Zunahme der Krankheitsfälle der Kontrollpflanzen bei  $24,8^{\circ}$ . Das Befallsmaximum dagegen befindet sich nach dieser Auswertung bei  $28,0$ – $29,4^{\circ}$ , was den beobachteten Verhältnissen besser entspricht. Diese Feststellung wird durch die Trockensubstanzerträge (Bewertungsart 4) bestätigt (vergl. Abb. 23). Die Differenz der Erträge der beiden zu vergleichenden Versuchsreihen nimmt von  $22,7^{\circ}$  an stetig zu und erreicht bei der Bodentemperatur von  $28^{\circ}$  ihren höchsten Wert. Die Bewertung mit Hilfe des mittleren Befalls einer Pflanze führt zu

einem ähnlichen Ergebnis wie die Auswertung des Versuches mit Hilfe des prozentualen Krankheitsbefalls (siehe Abb. 22).

Werden die Versuche auf neutralem und alkalischem Boden miteinander verglichen, so zeigt es sich, dass auf letzterem, analog den Untersuchungen mit *Fusarium herbarum*, der Befall grösser ist. Auf neutraler bis schwach saurer Erde erkrankten bei der höchsten Temperaturstufe (34,1° Bodentemperatur) rund 50% der aufgelaufenen Pflanzen, auf gekalktem Boden 100%.

Das Auffallendste an den besprochenen Versuchen besteht darin, dass der grösste Befall durch *Fusarium herbarum* und *F. nivale* nicht, wie erwartet wurde, bei den tieferen Bodentemperaturen auftrat (vergl. die Ausführungen auf S. 74), sondern im Bereich der obern Temperaturstufen (etwa 24°—34° Bodentemperatur). Diese Feststellung ist deshalb beachtenswert, weil sie im Gegensatz zu der üblichen Auffassung der Fusariose des Roggens steht. Nahm man auf Grund der bisherigen Beobachtungen und Untersuchungen an, dass der Befall durch *Fusarium* besonders an tiefe Temperaturen gebunden sei, so beweisen die ausgeführten Versuche das Gegenteil. *Fusarium herbarum* und *F. nivale* vermögen anscheinend den Roggen nicht nur, wie dies in der Praxis der häufigste Fall ist, bei Temperaturen um 0° zu schädigen, sondern in starkem Masse auch oberhalb 27°. Immerhin müssen die Untersuchungen noch durch Versuche bei 0—6° Bodentemperatur ergänzt werden, da es wohl möglich ist, dass in diesem Temperaturbereich der Befall wieder zunimmt.

Die erwähnten Infektionsverhältnisse legen die Vermutung nahe, dass der Parasit in erster Linie die Leitungsbahnen des Roggens angreife; die Fusariose also, ähnlich wie andere durch *Fusarium* verursachte Krankheiten, unter die Tracheomykosen oder Welkekrankheiten einzureihen sei.

## 5. Zusammenfassung der Ergebnisse

### Versuche mit *Fusarium herbarum*

1. Die durch die Infektion mit *F. herbarum* verursachte Erkrankung bei Landroggen und Petkuserroggen trat entweder im ganzen Temperaturbereich der Versuche (von rund 6—34°) in gleicher Stärke auf, oder zeigte sich besonders deutlich in dem Temperaturgebiet von 25,4—33,0° C. Auf keinen Fall wurde, entgegen unseren Erwartungen, die höchste Zahl der Krankheitsfälle bei den mittleren und unteren Temperaturstufen gefunden.

2. Soweit die ausgeführten Versuche mit *F. herbarum* einen Vergleich über die Anfälligkeit bzw. Resistenz der beiden geprüften Roggensorten zulassen, erwies sich der Petkuserroggen als etwas anfälliger als der Landroggen.

3. Bei Petkuserroggen entstand durch Infektion mit *F. herbarum* auf alkalischer Erde (pH = 8,80) ein höherer Befall als auf neutraler Erde (pH = 6,98). Stamm 204 erzeugte eine wesentliche Vermehrung der Krankheitsfälle, Stamm Baarn nur eine unbedeutende. Vergleichende Versuche mit Landroggen liegen nicht vor.

4. Übereinstimmend resultierte in allen Versuchen bei Infektion mit dem von Baarn bezogenen Stamm von *F. herbarum* ein bedeutend geringerer Befall als bei der Infektion mit dem selbst isolierten Stamm 204.

#### Versuche mit *Fusarium nivale*

1. Die Infektionsversuche mit *F. nivale* liessen ohne Ausnahme einen ausgesprochen maximalen Befall (bis 100%) bei Bodentemperaturen von 26° erkennen; die durch den Pilz hervorgerufenen Schädigungen waren im Temperaturgebiet von 6—21° sehr gering.

2. Der Petkuserroggen zeichnete sich in den Versuchen mit *F. nivale* gegenüber dem Landroggen durch eine merklich grössere Resistenz aus.

3. Der Infektionserfolg von *F. nivale* scheint ebenso von der Reaktion des Bodens abhängig zu sein: Auf alkalischer Erde erschienen mehr kranke Pflanzen als auf dem neutralen Boden.

---

Zum Schlusse möchte ich allen, die durch ihre Mithilfe und sonstige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, meinen wärmsten Dank bezeugen. Insbesondere bin ich den folgenden Herren, welche die kleineren und grösseren Versuchsflächen zur Verfügung stellten, zu grossem Dank verpflichtet.

Herrn Dr. F. T. WAHLEN, Direktor der landw. Versuchsanstalt, Zürich-Oerlikon.

» Dr. E. NEUWEILER, Adjunkt an der gleichen Anstalt.

» Direktor T. SCHNEIDER und S. FREIBURGHHAUS, Landwirtschaftslehrer, landw. Schule Waldhof, Langenthal (Kt. Bern).

» H. KELLERHALS, Leiter des Landwirtschaftsbetriebes der kantonal-ber-nischen Strafanstalt Witzwil.

» H. WIDMER, Verwalter, Rübenbau, Payerne (Kt. Waadt).

Herrn FR. GERBER, Verwalter, Rübenbau, Avenches.

- » FR. JORDI-WÄLCHLI, Landwirt, Gondiswil.
- » G. ZÜRRER-ANLIKER, Verwalter, Wädenswil (gest. 1933).
- » H. DÜBENDORFER, a. Kantonsrat, Riethof, Regensdorf.

Vor allem ist es meine Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. GÄUMANN, unter dessen Leitung die vorliegenden Untersuchungen durchgeführt wurden, für das rege Interesse, das er der Arbeit entgegenbrachte und die wohlwollende Unterstützung, die er ihr stets angedeihen liess, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

## Verzeichnis der angeführten Literatur

- APPEL, O. und WOLLENWEBER, H. W. Grundlagen einer Monographie der Gattung *Fusarium* (Link). Arbeit der Kais. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, 8, 1910, S. 1—207.
- APPEL, O., jun. *Fusarium* als Erreger von Keimlingskrankheiten. Arbeiten der Biolog. Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 8, 1925, S. 263—303.
- APPEL, O. Die wirtschaftliche Bedeutung der Pflanzenkrankheiten und die Mittel zu ihrer Bekämpfung. Sonderabdruck a. d. Arbeiten der D. L. G., Heft 314, 1921, S. 1—18.
- ATANASOFF, D. *Fusarium* blight (scab) of wheat and other cereals. Journal of agricultural research, Vol. 20, 1920, S. 1—32.
- BALTZER, ULR. Untersuchungen über die Anfälligkeit des Roggens für *Fusarium*. Phytopathologische Zeitschrift, Bd. 2, 1930, S. 377—441.
- BLANCK, E. Handbuch der Bodenlehre. Berlin 1929.
- BROŽ, O. Der Schneeschimmel und seine Bekämpfung. Mitt. der k. k. landw.-bakt. Pflanzenschutzstation. Wien, 1915.
- BRÜCKMANN, W. Übersicht über den Witterungsverlauf in der Schweiz (Jahre 1929 bis 1932). Aus „Annalen d. Schweiz. Meteorolog. Zentralanstalt“, 66.—69. Jahrg.
- BUCHLI, M. Roggenanbauversuche 1927/29. Mitt. a. d. Eidg. landwirtschaftl. Versuchsanstalt Oerlikon. Landw. Jahrbuch der Schweiz, Bd. 44, 1930, S. 125—137.
- BURGEFF, H. Wurzelpilze der Orchideen. Jena 1909.
- DERLITZKI, G. Untersuchungen über Keimkraft und Triebkraft und über den Einfluss von *Fusarium nivale*. Landw. Jahrbücher, Bd. 51, 1918, S. 387—450.
- DOYER, L. Fusariumbefall des Getreides. Angewandte Botanik, Bd. 3, 1921 Heft 1 und 2.
- EGLITS, M. Missernten des Winterroggens in Lettland im Zusammenhang mit dem Schneeschimmel. Riga, 1931.
- ERIKSSON, J. Die Pilzkrankheiten der landwirtschaftl. Kulturgewächse. Teil I, S. 160 bis 164. Stuttgart, 1928.
- FRANCK, F. und KRÜGER, F. Untersuchungen über die Fusskrankheit des Getreides. Arbeiten a. d. Kais. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft. Bd. 6, 1908, S. 321—351.
- FISCHER, E. und GÄUMANN, E. Die Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. G. Fischer, Jena, 1929.
- GÄUMANN, E. Die wirtschaftliche Bedeutung unserer wichtigsten Pflanzenkrankheiten. Landw. Jahrbuch der Schweiz. 41, 1927, S. 320.
- Der Einfluss der Keimungstemperaturen auf die chemische Zusammensetzung der Getreidekeimlinge. Zeitschr. für Botanik, Bd. 25, 1932, S. 385—461.
- GESSNER, H. Die Schlämmanalyse. Akadem. Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1931, S. 215—217.

- HILTNER, L. Über das Auswintern des Getreides und das Auftreten des Schneeschimmels. Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz; 5. Jahrg., 1907, Heft 4, S. 37—38.
- Aufforderung zur Einsendung von Proben frisch geernteten Roggens. Ebenda, Heft 8, 1907, S. 85—86.
- Stimmen aus der Praxis über die Wirkung der Beizung des Saatgutes von Wintergetreide mit Sublimatlösung. Ebenda, 9. Jahrg., 1911, Heft 5, S. 69 bis 79.
- und LANG, F. Anbauversuche mit verschiedenen Winterroggensorten. Ebenda, 9. Jahrg., 1911, Heft 11.
- und IHSSSEN, G. Über das schlechte Auflaufen und die Auswinterung des Getreides infolge Befall des Saatgutes durch *Fusarium*. Landw. Jahrbücher für Bayern, 1911, S. 20—61.
- HOFFMANN-MOHS. Das Getreidekorn I. P. Parey, Berlin, 1931. S. 257 ff.
- JANCKE, O. Zur rechnerischen Auswertung von pH-Untersuchungen. Phytopatholog. Zeitschr., Bd. 3, 1931. S. 335—339.
- KAPPEN, H. Die Bodenazidität. J. Springer, Berlin, 1929, S. 250.
- KORFF, K. Beobachtungen der bayerischen Pflanzenschutzorganisation über die diesjährige Auswinterung des Wintergetreides. Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz II, 1924, S. 47—53 und 76—83.
- KRAMPE, O. *Fusarium* als Erreger von Fusskrankheiten bei Getreide. Angewandte Botanik, 8, 1926, Heft 1, S. 217—261.
- KÜSTER, E. Die Kultur der Mikroorganismen. Leipzig und Berlin, 1913.
- LEHMANN, E. und AICHELE, F. Keimungsphysiologie der Gräser. Ferd. Enke, Stuttgart, 1931.
- LINDFORS, Th. Studier öfver Fusarioser I. Snömögel och Stråfusarios. Linköping, 1920.
- LUNDEGÄRDH, H. Die Bedeutung des Kohlensäuregehaltes und der H-ionenkonzentration des Bodens für die Entstehung der Fusariosen. Botaniska Notiser, 1923, S. 25—52.
- LUZ, G. Über den Stoffwechsel von *Fusarium lycopersici* und *F. lini*. Phytopath. Zeitschr. Bd. 7, Heft 6, 1934, S. 585—638.
- MELIN, E. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza, eine ökologisch-physiologische Studie. Jena, 1925, S. 32.
- MÜLLER, L. Über den Einfluss der Bodenreaktion auf die Keimung der Wiesengräser und Kleepflanzen. Fortschritte der Landwirtschaft I, 1926, Heft 1, S. 52—56.
- NEUWEILER, E. Bericht über die Tätigkeit der Schweiz. landwirtsch. Versuchsanstalt Oerlikon in den Jahren 1920—23. Landw. Jahrbuch der Schweiz, 39, 1925, S. 254.
- Die Bekämpfung des Schneeschimmels. Landw. Jahrbuch der Schweiz, 42, 1928, S. 329—333.
- NOWACKI, A. Der Getreidebau. P. Parey, Berlin, 1920.
- OPITZ, C. Kritische Betrachtungen zur *Fusarium*-Krankheit des Wintersaatgetreides. Landw. Versuchsstat., 10, 1921, S. 219—244.
- PALLMANN, H. und ZOBRIST, L. Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Böden. Berichte der Schweiz. Botanischen Gesellschaft, 41, Heft 1, 1932, S. 99—112.
- PEUSER, H. Untersuchungen über das Vorkommen biologischer Rassen von *Fusarium nivale* Ces. Phytopath. Zeitschr., 4, 1931, Heft 1, S. 112—128.
- v. PFEIL, Graf. Beitrag zur Kenntnis der Roggenfusariose. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde II, 73, 1928, S. 347—373.

- ROTH, C. Untersuchungen über den Wurzelbrand der Fichte (*Picea excelsa* Link). Phytopath. Zeitschr., 8, 1935, Heft 1, S. 1—110.
- SALTER, R. und MCILVAINE T. C. Effect of reaction of solution on germination of seeds and on growth of seedlings. Journ. of agricultural research, Vol. 19, 1920, S. 73—95.
- SCHAFFNIT, E. Beiträge zur Biologie der Getreidefusarien. Angewandte Botanik, 9, 1911, S. 39—51.
- Der Schneeschimmel und die übrigen durch *Fusarium nivale* Ces. hervorgerufenen Krankheitserscheinungen. Landw. Jahrbücher, 43, 1912, S. 521—648.
  - Zur Systematik von *Fusarium nivale* bzw. seiner höhern Fruchtform. Mykologisches Zentralblatt, 2, 1913, Heft 5, S. 253—258.
  - Über die geographische Verbreitung von *Calonectria graminicola* (Berk. et Brom) Wr. (*Fusarium nivale* Ces.) und die Bedeutung der Beize des Roggens für die Bekämpfung des Pilzes. Landw. Jahrbücher, 54, 1920, S. 523—538.
  - Ertragseinbussen im Getreidebau durch Fusskrankheiten. Mitt. d. D. L. G., 45. Jahrg., 1930, Stück 12, S. 247—251.
  - und MEYER, H. Einfluss der Bodenreaktion auf die Lebensweise der Pilz-Parasiten. Phytopath. Zeitschr., 2, 1930, Heft 2, S. 136—149.
- SCHINDLER, H. Handbuch des Getreidebaues. 2. Aufl. P. Parey, Berlin, 1920.
- SORAUER, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. 2, Berlin, 1908.
- Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. 3, Berlin, 1928.
  - Der Schneeschimmel. Zeitschr. für Pflanzenkrankheiten, 11, 1901, S. 217—228.
- TANJA, A. Untersuchungen über *Gibberella Saubinetii* (Dur. et Mont.) Sacc. und die Fusariose des Weizens. Phytopath. Zeitschr. 6, 1933, Heft 4, S. 375—428.
- TOGASHI, K. Cardinal Temperatures of Pea-wilt *Fusarium* in Culture. Japanese Journal of Botany, Transactions and Abstractions Vol. V, Nr. 4, 1931, Tokyo.
- VOLKART A. Fusskrankheit des Getreides. 30. Jahresbericht der Schweiz. Samenuntersuchungs- und Versuchsanstalt Zürich. Landw. Jahrbuch der Schweiz. 22, 1908, S. 32—33.
- WHITE R. P. Studies on tomato wilt caused by *Fusarium lycopersici*. Journal of agricultural research, 34, 1927, S. 197—239.
- WIEGNER, G. und JENNY, H. Anleitung zum quantitativen, agritektur-chemischen Praktikum. Boroträger, Berlin, 1926.
- WOLLENWEBER, H. W. *Fusarium*-Monographie. Zeitschr. für Parasitenkunde (Zeitschr. f. wissenschaftl. Biologie, Abt. F.) 3, 1930, S. 269—516.
- Handbuch der Pflanzenkrankheiten von Sorauer, Bd. 3, 1932, 5. Aufl., S. 740 bis 743.
- ZÖLLER, W. Formeln und Tabellen zur Berechnung des mittleren Fehlers. Oskar Schlegel, Berlin, 1925.

# Erklärungen der Tafeln

## TAFEL I

Abb. 1—3: Versuch II in Witzwil auf Torferde. Abb. 1 stellt ein Beet mit gebeiztem und infiziertem Petkuserroggen dar; Abb. 2 eine dazu gehörende Kontrollparzelle (ohne Infektion). Abb. 3 zeigt links vorn ein Beet mit gebeiztem und infiziertem Landroggen, rechts daneben ein Beet mit gebeiztem aber nicht infiziertem Roggen derselben Sorte. Die infizierten Parzellen fallen durch den lückenhaften Bestand und den ungleichen Wuchs auf.

## TAFEL II

Abb. 1 und 2. Versuch Avenches II auf anmoorigem Lehm. Stand am 24. April 1930. Abb. 1: Vorn 2 Beete mit gebeiztem und infiziertem Petkuserroggen, hinten 2 Beete der gleichen Versuchsreihe ohne Infektion. Abb. 2: Dasselbe bei Landroggen.

Abb. 3 und 4. Versuch Witzwil II (reiner Sand). Abb. 3: Gebeizter, infizierter Landroggen (2 Beete in der Mitte des Bildes). Abb. 4: Gebeizter Landroggen ohne Infektion (2 Beete in der Mitte des Bildes).

## TAFEL III

Abb. 1. Pflanzen verschiedener Befallsgrade (aus Versuch 9, Lenzburgerroggen).  
Erklärung im Text (Seite 84).

TAF. I



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

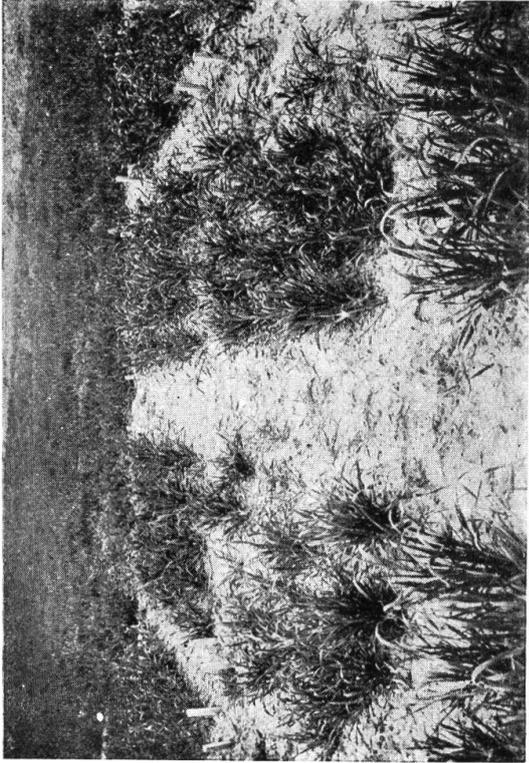


Abb. 3

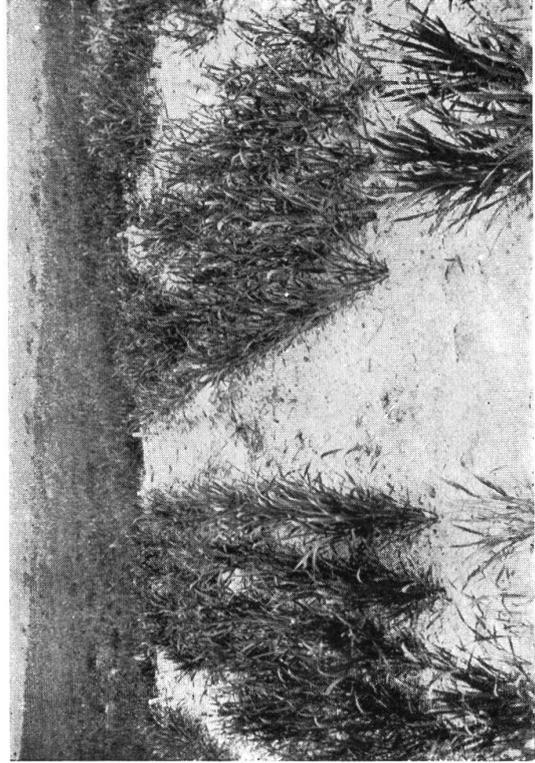


Abb. 4

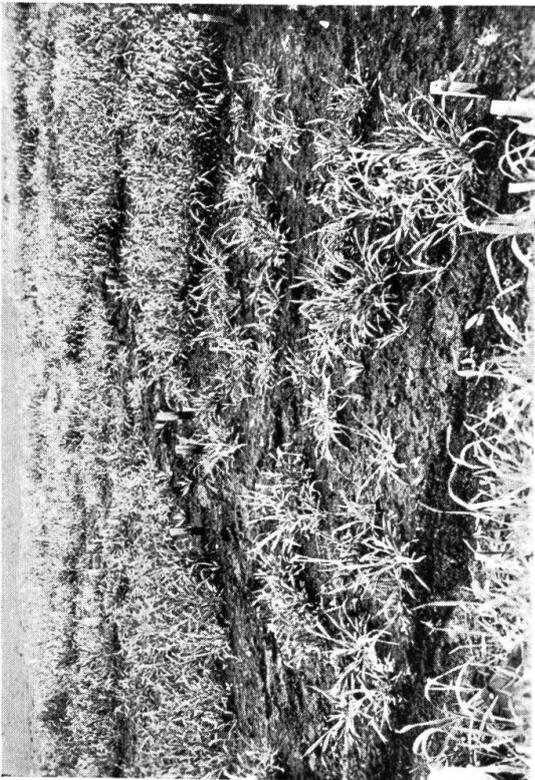


Abb. 1

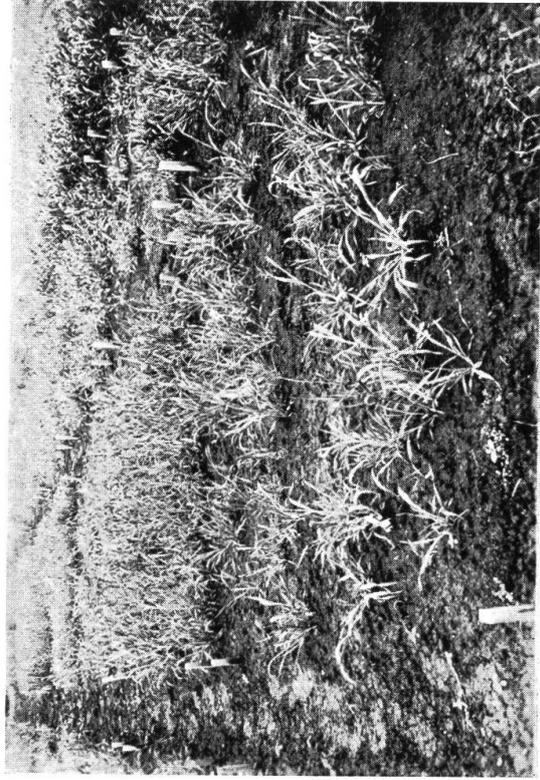


Abb. 2

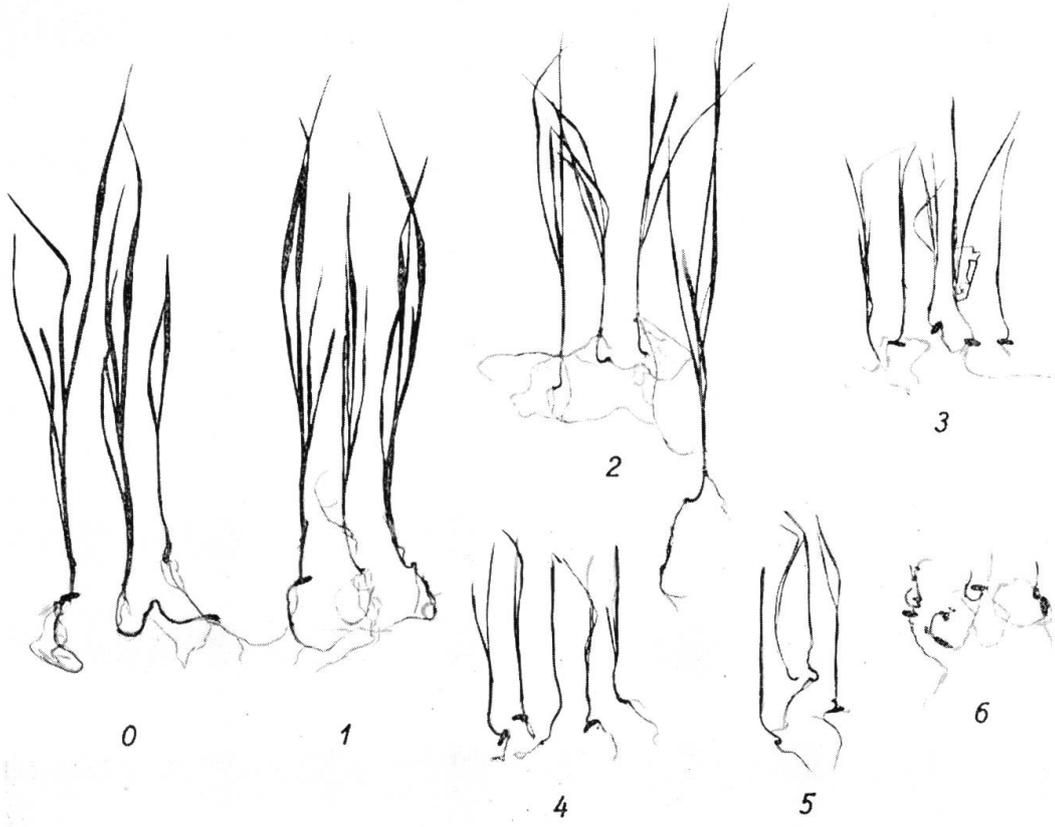


Abb. 1