

(Aus der Universität Minnesota und dem United States Department of Agriculture.)

## Pathologische Probleme bei der Züchtung krankheitswiderstandsfähiger Weizen- und Gerstensorten im Sommerweizengebiet der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika.

Von **E. C. Stakman**, **J. J. Christensen**<sup>1</sup> und **Hanna Becker**<sup>2</sup>,

Die Entwicklung krankheitswiderstandsfähiger Getreidesorten ist oft ausschlaggebend für die Steigerung der Ernteerträge und der Anbau solcher Sorten ist für die Unterdrückung verschiedener Krankheiten notwendig. Allerdings müssen manchmal noch gewisse Bekämpfungsmaßnahmen mit der Verwendung resistenter Sorten verbunden werden, da eine vollkommene Immunität bei den Sorten, die den Anforderungen des Handels entsprechen, selten ist. Um eine befriedigende Kontrolle über einige Krankheiten zu erreichen, ist es notwendig, zugleich mit der Verwendung resistenter Sorten eine oder mehrere der folgenden Methoden zu verbinden, wie: Saatgutauswahl, Saatgutbeize, Fruchtfolge, eine besondere Bodenbearbeitung, richtige Aussaatzeit oder sonstige vorbeugende Maßnahmen. Außerdem ist die Ausrottung des Zwischenwirtes oder der Unkräuter, die auch von den Krankheitserregern befallen werden können, oft von Bedeutung. Wenn auch gewisse Maßnahmen zur Ergänzung notwendig sein mögen, so ist doch der Anbau resistenter Sorten das Wesentliche,

oder macht die übrigen Bekämpfungsmaßnahmen billiger und wirksamer.

Im Sommerweizengebiet des oberen Mississippi-tales der Vereinigten Staaten, d. h. in Minnesota, Süd-Dakota, Nord-Dakota und Ost-Montana können viele der verheerendsten Krankheiten von Körner- und auch gewissen anderen Feldfrüchten nur durch die Verwendung resistenter Sorten unterdrückt werden. Manchmal genügt allein der Anbau dieser resistenten Sorten, manchmal aber müssen auch noch gewisse Bekämpfungsmaßnahmen ergänzend angewandt werden. So kann z. B. der verheerende Schwarzrost, *Puccinia graminis*, nur durch die Verwendung resistenter Sorten *und* durch die Ausrottung der anfälligen Berberitze unterdrückt werden. Dasselbe gilt für den Kronenrost des Hafers, *P. coronata*, bei dem nur der Anbau resistenter Sorten und die Ausrottung des Zwischenwirtes, *Rhamnus* spp., zum Ziele führt. Bei den anderen wichtigen Getreiderosten in diesem Gebiet, *P. triticina* und *P. dispersa*, fehlt der Zwischenwirt oder fällt überhaupt nicht ins Gewicht, um so mehr kann der Anbau resistenter Sorten die Krankheit unterdrücken. Der Flachsrost, *Melampsora lini*, macht alle seine Stadien auf dem Flachs durch; deshalb sind auch hier resistente Sorten als Bekämpfung wirksam. Dasselbe könnte man für viele andere Krankheiten wie Fußkrankheit des Getreides, Flachswecke, Maisbrand usw. sagen. Bei teilweise resistenten Sorten aber sind gewisse Bekämpfungsmaßnahmen viel wirksamer, als sie es bei anfälligen Sorten sind. So kann bei hochanfälligen Sorten das Beizen des Getreides gegen Brand nicht immer zum Ziele führen, werden aber mittelresistente Sorten gebeizt, so kann der Befall praktisch unterdrückt werden.

Aber nicht nur das Wesen aller der Krankheiten, die den größten Schaden hervorrufen, fordert gebieterisch die Verwendung resistenter Sorten im oberen Mississippi-tal, sondern auch die geographischen und klimatischen Eigen-

<sup>1</sup> Seit vielen Jahren hat das United States Department of Agriculture mit verschiedenen Versuchsstationen der einzelnen Staaten zusammengearbeitet, um krankheitswiderstandsfähige Getreidesorten zu züchten. Die Zusammenarbeit bei Sommerweizen war am ausgedehntesten auf den Stationen in Minnesota und Nord-Dakota, diejenige bei Gerste auf der Versuchsstation Wisconsin. In Minnesota wurde die Züchtung auf Krankheitswiderstandsfähigkeit lange Zeit gemeinsam von der Abteilung für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung und der Abteilung für Pflanzenkrankheiten und Botanik durchgeführt. Die Verfasser haben mit Dr. H. K. HAYES und anderen Mitgliedern der Abteilung für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der Universität Minnesota zusammengearbeitet, um einige von denen in dieser Schrift erwähnten Sorten herauszubringen. Die anderen Sorten stammen von anderen Stellen. Es würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, die Geschichte jeder einzelnen Sorte auszuführen; es mußten deshalb viele Einzelheiten weggelassen werden.

<sup>2</sup> Der letzte Verfasser führte in Halle-Saale, Institut für Pflanzenbau, in erster Linie die Übersetzung durch.

heiten dieses Gebietes sind derart, daß weit-  
ausgedehnte Epidemien sich scheinbar periodisch  
entwickeln und auf diese Weise örtliche Be-  
schränkung schwierig oder unmöglich machen.  
Zum Beispiel wird beinahe durchgehend von  
Süd-Mexiko bis Nord-Canada Weizen in einer  
Ausdehnung von über 2500 Meilen ohne jede  
natürliche Grenze angebaut. Natürlich können  
Sporen vieler Krankheitserreger über das ganze  
Gebiet durch den Wind ausgestreut werden.  
In einem derartig ausgedehnten Gebiet ist das  
Klima ausgesprochen kontinental mit großen  
Schwankungen von Temperatur, atmosphäri-  
scher Feuchtigkeit und Regenfällen. Infolge-  
dessen scheinen die Bedingungen für die Ent-  
wicklung einer oder der anderen Krankheit  
beinahe jedes Jahr so günstig zu sein, daß Epi-  
demien entstehen können, selbst wenn verhält-  
nismäßig wenig Pflanzen zu Beginn der Vege-  
tationsperiode befallen sind.

So ist es von ungeheurer Bedeutung, daß  
Sorten geschaffen werden, die sowohl unemp-  
findlich gegen Einflüsse der Umwelt als auch  
gegen die verschiedenen Krankheitserreger sind.  
Die Züchtungsprobleme sind daher komplex  
und müssen auf möglichst breite Basis gebracht  
werden. In den letzten 25 Jahren sind durch  
das United States Department of Agriculture  
und durch verschiedene staatliche Versuchs-  
stationen in den Vereinigten Staaten wesentliche  
Fortschritte gemacht worden, aber es hat auch  
einige Enttäuschungen gegeben. Viele Sorten  
haben ihre Resistenz nur für eine beschränkte Zeit  
behalten oder sie nur in gewissen Gebieten be-  
wiesen. Einige Sorten, die als resistent gegen  
gewisse Krankheiten ausgegeben wurden, zeigten  
sich derartig anfällig gegenüber anderen Krank-  
heiten, daß sie unbrauchbar wurden. Wieder  
andere erfüllten nicht die Ansprüche an Stand-  
festigkeit, Ertragsfähigkeit und Qualität. Diese  
Erfahrungen waren sowohl für die Anbauer wie  
für die Züchter entmutigend und führten zu  
weiteren Untersuchungen, die zu einem um-  
fassenderen Verständnis der Probleme und zur  
Anwendung besserer Methoden führten.

Die oben angeführten Tatsachen können am  
besten an den schon früher gemachten Erfah-  
rungen mit Weizen und Gerste dargestellt  
werden, jedoch die grundlegenden Regeln gelten  
auch für andere Feldfrüchte. Auf Tabelle 1 wird  
ein Überblick über das durchschnittliche Ver-  
halten der Weizensorten im Felde gegen acht  
verschiedene Krankheiten gegeben auf Grund  
von Beobachtungen, die im Sommerweizen-  
gebiet, vor allem in Minnesota, im Verlaufe von  
ungefähr 25 Jahren gemacht wurden.

Während dieser Beobachtungszeit wurden  
wenigstens 20 neue Weizensorten im Sommer-  
weizengebiet eingeführt, und beinahe jede brachte  
neue Krankheitsprobleme mit sich oder ver-  
änderte wenigstens die alten. Viele Jahre lang  
waren Haynes, Glynden und Preston die allge-  
mein angebauten Sorten, und Schwarzrost (*P.  
graminis*) und Steinbrand (*Tilletia* spp.) waren  
die einzig wirklich wichtigen Krankheiten. Als  
Marquis diese Sorten in breitem Umfange er-  
setzte, spielte der Steinbrand keine Rolle mehr,  
und der Schwarzrost schien etwas weniger  
schädlich, weil Marquis etwas früher reifte.  
Aber Ährenfusariose (*fusarial head blight*), die  
früher nicht ins Gewicht fiel, nahm plötzlich  
vorherrschende Bedeutung ein, da die neue  
Sorte viel anfälliger gegen diese Krankheit war.

Die verheerende Schwarzrost-Epidemie im  
Jahre 1916 zeigte deutlich die Notwendigkeit,  
Sorten anzubauen, die resistenter gegen Rost  
waren als Marquis und ähnliche Sorten. Da keine  
zufriedenstellenden Sorten von Vulgare-Weizen  
zur Verfügung standen, ersetzte Durum den  
Vulgare-Weizen in solchem Maße, daß innerhalb  
weniger Jahre die Durum-Sorten mehr als 50 %  
der Weizenanbaufläche von Nord-Dakota ein-  
nahmen. Die Durum-Sorten schienen nicht nur  
gegen Dürre resistenter als der Vulgare-Weizen,  
sondern sie waren auch resistent gegen Schwarz-  
rost (*P. gram.*), Braunrost (*P. trit.*), Steinbrand  
(*Till. trit.*) und Flugbrand (*Ustilago tritici*);  
jedoch erwiesen sie sich bald viel anfälliger für  
Fußkrankheiten (*Helminthosporium sativum* und  
*Fusarium* spp.) und für Mutterkorn (*Claviceps  
purpurea*) als die Vulgare-Sorten, die durch sie  
ersetzt worden waren. Die Sache wurde noch  
schlimmer, als man bald entdeckte, daß diese  
Durum-Sorten vollkommen anfällig gegen ein-  
zelne Schwarzroststrassen waren; sie wurden 1923  
und in einigen darauffolgenden Jahren ernstlich  
durch Schwarzrost geschädigt. Ungefähr um  
das Jahr 1925 fing auch der Steinbrand an, sie  
in hohem Maße zu befallen, weil sie, wie sich  
nachträglich herausstellte, sehr anfällig für  
einige Rassen von *Tilletia tritici* waren, die an-  
scheinend entweder nicht vorhanden gewesen  
waren oder sich vorher nicht weiter verbreitet  
hatten (17, 18).

Immerhin waren in der Auswahl und Züchtung  
rostresistenter Sorten Fortschritte gemacht  
worden. Im Jahre 1919 kam ein neuer, gegen  
Schwarzrost resistenter Vulgare-Weizen — *Kota*  
— von der Versuchstation Nord-Dakota heraus.  
Aber *Kota* wurde nur kurze Zeit angebaut, weil  
er bald als sehr anfällig gegen Braunrost, Flug-  
brand und Steinbrand befunden wurde. Hinzu

Tabelle 1. Durchschnittliches Verhalten von Weizen-Sorten gegen acht Krankheiten im oberen Mississippi-Tale von Nord-Amerika.<sup>1)</sup>

Weizen-Sorte	Jahr der Einführung	Grad der Anfälligkeit oder Resistenz <sup>2)</sup>							
		Schwarzrost ( <i>Puccinia graminis</i> )	Braunrost ( <i>Puccinia triticina</i> )	Steinbrand ( <i>Tilletia</i> spp.)	Flugbrand ( <i>Ustilago tritici</i> )	Ährenfusariose ( <i>Fusarium</i> spp.)	Fußkrankheit <sup>3)</sup>	Mutterkorn ( <i>Claviceps purpurea</i> )	Black chaff <sup>4)</sup>
<i>Triticum vulgare</i>									
Sommer-Weizen									
Preston . . . . .	1896	A	MR	MR	R	R	MR	R	R
Glyndon . . . . .	1899	A	MR	A	R	R	MR	R	R
Haynes Bluestem .	1899	A	MR	A	R	R	MR	R	R
Marquis . . . . .	1913	A	MA	MR	R	A	MR	R	R
Kota . . . . .	1919	MR	A	A	A	MA	MR	R	MR
Ruby . . . . .	1920	A	MR	MR	R	MA	MR	R	R
Reliance . . . . .	1926	A	A	A	R	A	MR	R	R
Ceres . . . . .	1926	MR	A	A	A	MA	MR	R	MR
Hope . . . . .	1926	R	R	R	R	MA	MR	R	A
Reward . . . . .	1928	MA	MA	MA	MA	MA	MA	R	R
Marquillo . . . . .	1929	MR	MR	MR	R	A	A	R	MR
Thatcher . . . . .	1934	R	A	MR	R	MA	MR	R	R
Winter-Weizen									
Minturki . . . . .	1917	R	A	R	R	R	MR	R	R
Minhardi . . . . .	1917	A	A	A	R	A	MR	R	R
<i>Triticum durum</i>									
Kubanka . . . . .	1901	MA	R	MA	R	A	A	MA <sup>5)</sup>	R
Pentad . . . . .	1911	R	R	MA	R	A	A	MA	R
Monad . . . . .	1913	R	R	MA	R	A	A	MA	R
Acme . . . . .	1914	R	R	MA	R	A	A	MA	R
Mindum . . . . .	1917	MA	R	MA	R	A	A	MA	R

<sup>1)</sup> Die Widerstandsfähigkeit sowie Anfälligkeit der meisten dieser Sorten kann sich durch Umwelteinflüsse beträchtlich ändern. Ferner sind alle aufgeführten Krankheiten durch Erreger verursacht, die in mehr oder weniger viele pathogene Rassen zerfallen (siehe Tabelle 3). Einige Sorten sind entweder resistent oder anfällig, was von den im Augenblick auftretenden Rassen abhängig ist. Das auf der Tafel angeführte Verhalten ist das durchschnittliche Verhalten im Felde während einer Reihe von Jahren und braucht nicht unbedingt das ursprüngliche der betreffenden Sorte zu sein, noch das endgültige. Zum Beispiel war Ceres meist hoch- bis mittelresistent gegen Schwarzrost, aber im Jahre 1935 sehr anfällig. Sein durchschnittliches Verhalten indessen ist MR. Ebenso waren die Durum-Weizen ursprünglich gegen Schwarzrost in hohem Maße resistent, aber in einigen Jahren sind sie doch sehr anfällig gewesen. In einer Zeitspanne von 15 Jahren waren sie häufiger resistent als die Vulgare-Weizen. Dies ist aus der Tabelle nicht zu ersehen; es wurde einzig der Versuch gemacht, einen Begriff von dem relativen praktischen Wert der Sorten im Hinblick auf ihre Krankheitswiderstandsfähigkeit im Laufe der letzten 25 Jahre zu geben.

<sup>2)</sup> R = resistent; A = anfällig; MR = mäßig resistent; MA = mäßig anfällig.

<sup>3)</sup> Hauptsächlich hervorgerufen durch *Helminthosporium* spp. und *Fusarium* spp.

<sup>4)</sup> Hervorgerufen durch *Bacterium translucens* var. *undulosum*; wahrscheinlich auch zum Teil natürliches Schwarzwerden, das sortentypisch bedingt ist.

<sup>5)</sup> Für Weizen verhältnismäßig außergewöhnlich anfällig, aber nicht so anfällig wie Roggen.

kam, daß er weich im Stroh war und andere unerwünschte Eigenschaften besaß. Er wurde aber auf der Versuchsstation Nord-Dakota mit Marquis gekreuzt, und die Sorte Ceres entstand auf diese Weise (30). Diese neue Sorte war viel

besser als Kota in allgemein landwirtschaftlicher Beziehung und schien annähernd dieselben Krankheitsreaktionen zu haben wie sein einer Elter, dessen beste Eigenschaft in seiner Schwarzrostresistenz bestand. Bis zum Jahre 1935 war

Ceres die am meisten angebaute Vulgare-Sorte sowohl in den meisten Gebieten von Dakota als auch in vielen Bezirken von Minnesota. Aber in jenem Jahre wurde er buchstäblich durch eine Schwarzrostepidemie vernichtet, die hauptsächlich durch eine verhältnismäßig neue Schwarzrostrasse: Rasse 56 (*P. graminis tritici*) hervorgerufen wurde. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß Ceres, der verschiedene untergeordnete Rostepidemien gut überstanden hatte, nicht einmal dem Angriff einer einzigen Schwarzrostrasse Widerstand leisten konnte, wenn alle Bedingungen für die Entwicklung einer starken und ausgedehnten Epidemie sehr günstig waren.

In der Zwischenzeit waren einige der rostwiderstandsfähigsten *Durum*-Sorten mit Marquis und anderen guten Vulgare-Weizensorten gekreuzt worden. Diese Arbeit läuft seit 1908. Nachdem viele Vorversuche und Kreuzungen gemacht worden waren, konzentrierte man sich hauptsächlich auf Iumillo  $\times$  Marquis-Kreuzungen, weil Iumillo eine der resistentesten *Durum*-Sorten zu sein schien, die zur Verfügung standen. Aber es stellte sich eine Koppelung zwischen *Durum*-Eigenschaften und Rostresistenz heraus, aus diesem Grunde schienen die Aussichten auf Erfolg ungewiß. Jedoch die Züchter erkannten, daß diese Koppelung gelegentlich durchbrochen werden konnte, und daß es wahrscheinlich notwendig sein würde, die Populationen in großem Umfange anzubauen, um die gewünschte Kombination zu erhalten. Es wurde also eine möglichst große Individuenzahl der Populationen angebaut, und in einer  $F_3$ -Linie traten einzelne Pflanzen auf, die *Vulgare-Weizeneigenschaften mit hoher Resistenz vereinigten*. Aus einem der von diesen Pflanzen erzielten Stämme entstand die Sorte Marquillo (15, p. 7), mittel- bis hochresistent gegen Schwarzrost, Braunrost und Flugbrand, aber sehr anfällig für Ährenfusariose und Helminthosporium-Fußkrankheit, Krankheiten, durch die viele Vulgare  $\times$  *Durum*-Weizenstämme vorher im Zuchtgarten ausgeschieden worden waren. Auch ließ die Farbe des aus Marquillo gewonnenen Mehles zu wünschen übrig, so daß diese Sorte nicht länger mehr empfohlen wird.

Die Züchtung von Ceres und Marquillo war ein merklicher Schritt vorwärts in der Resistenzzüchtung; aber man erkannte, daß noch bessere Sorten notwendig waren und hervorgebracht werden konnten. Ein weiterer Erfolg in dieser Richtung ist die Sorte Thatcher (15). Sie ging aus einer Doppelkreuzung (Marquis  $\times$  Iumillo)  $\times$  (Marquis  $\times$  Kanred) hervor. Der

Stamm, der aus der Marquis  $\times$  Iumillo-Kreuzung gewonnen wurde, ist eine Schwesternauslese zu dem, aus welchem Marquillo stammt. Der Iumillo-Elter brachte einen hohen Grad von der „Resistenz erwachsener Pflanzen“ (adult plant resistance) mit, die hauptsächlich morphologischen Eigenschaften zuzuschreiben ist. Der Kanred-Elter steuerte Immunität in allen Stadien der Wirtspflanzenentwicklung bei, und zwar gegen jene Rostrassen, gegen die Kanred immun ist. Thatcher wurde im Jahre 1934 für den Anbau herausgegeben und widerstand der Epidemie von 1935 außerordentlich gut, allerdings war die Anbaufläche nicht sehr ausgedehnt. Es ist jedoch anzunehmen, daß er ziemlich heftig von Rost befallen werden kann, wenn er dem Angriff gewisser Schwarzrostrassen (z. B. *P. graminis tritici* 36) unter gewissen Witterungsumständen ausgesetzt sein würde, da er bereits auf Versuchsflächen ungefähr halb so stark wie die anfälligsten Sorten, die unter denselben Bedingungen gewachsen waren, von Rost befallen wurde. Verff. glauben, daß es notwendig sein wird, Sorten mit noch größerer Resistenz gegen Schwarzrost zu züchten und vor allem mit mehr Resistenz gegen Braunrost (*P. triticina*) und Ährenfusariose, wofür Thatcher empfänglich ist. Man wird wahrscheinlich am ehesten dabei zum Ziel kommen, wenn man Thatcher, Ceres und gewisse andere Sorten mit Hope und seinem Schwesternstamm H-44 kreuzt.

Hope und H-44 wurden von McFADDEN aus einer Kreuzung zwischen dem Vulgare-Weizen Marquis mit Jaroslav Emmer gezüchtet. Obgleich weder Hope noch H-44 wirklich gute Weizen sind, so sind doch beide im allgemeinen widerstandsfähiger gegen die meisten der schädlichen Krankheiten des Sommerweizens als irgendwelche anderen Sorten, die zur Verfügung stehen, ausgenommen vielleicht *Triticum Timopheevi*. Hope und H-44 sind schon in großem Umfange zu Kreuzungen verwendet worden, und es sind Stämme von hochgradiger Resistenz gegen Schwarzrost und gegen die meisten anderen zerstörenden Krankheiten erzielt worden. Indessen gibt es unter diesen Kreuzungen eine starke Koppelung zwischen Rostresistenz und Anfälligkeit für „black chaff“, das durch *Bacterium translucens* var. *undulosum* hervorgerufen wird, wofür Hope und H-44 viel anfälliger sind als irgendwelche anderen Sommerweizen, die bisher beobachtet wurden (14).

Damit stellt sich eine neue Schwierigkeit heraus, deren Tragweite noch nicht so bekannt ist, als sie sein sollte. Diese Krankheit wurde teil-

weise einige Zeit mit einer dunklen Färbung verwechselt, die mehr durch genetische Faktoren als durch irgendwelche Krankheitserreger verursacht wird (10), aber die Tatsache bleibt bestehen, daß Hope und H-44 und ihre Nachkommenschaften sehr anfällig für echte bakterielle „black chaff“-Krankheit sind, die unter günstigen Witterungsumständen beträchtlichen Schaden anrichten kann.

Trotzdem ist es möglich, daß Sorten mit der Resistenz des Hope-Typus bald angebaut werden, und es ist aller Grund zu der Annahme vorhanden, daß sie im allgemeinen resistenter sein werden als irgendeine von den früher angebauten Sorten. Aber selbst die Resistenz von Hope ist nicht immer dieselbe.

Während einiger Jahre, unmittelbar nachdem er herausgebracht wurde, wurde Hope als wirklich immun gegen Schwarzrost angesehen. Doch ist es jetzt bekannt, daß er hin und wieder schwer von Rost befallen werden kann. Auf Versuchsfeldern in Minnesota waren 35% von Rost befallen und, nach ABBOTT (2) wurde er in Peru durch Rost vernichtet, eine Tatsache, die für die Verff. vollkommen klar war, nachdem sie die von ABBOTT gesandten Pflanzen untersucht hatten.

Wieso ist es möglich, daß die Reaktion von Hope gegen Schwarzrost von praktischer Immunität bis zur völligen Anfälligkeit schwanken kann? Wenn man das Vorhandensein von Krankheitserregern und günstigen Umständen für deren Entwicklung annimmt, so gibt es zwei Hauptgründe für die verschiedene Resistenz einer Sorte im Felde:

1. Das Vorhandensein oder Fehlen gewisser Rostrassen.

2. Schwankendes Resistenzverhalten der Wirtspflanze gegenüber verschiedenen Rost-rassen auf Grund besonders günstiger Vorbedingungen der Umwelteinflüsse für eine Infektion.

Versuche, die Miss HART, University of Minnesota, und andere vom United States Department of Agriculture gemacht haben, zeigen, daß beide Faktoren im Falle von Hope (11, 12, 25) wirksam sind. Im Keimlingsstadium besitzt Hope gegen einige Rostrassen protoplasmatische Resistenz, aber gegenüber anderen ist er anfällig. Wenn die Pflanzen aber älter werden, werden sie infolge der Entwicklung ihrer funktionellen und morphologischen Eigenschaften, die Keimlingspflanzen nicht besitzen, gewöhnlich resistenter gegen alle Rassen. Die Spaltöffnungen von Hope öffnen sich langsamer als diejenigen der meisten anderen Sorten, und es ist darum für die Keim-

schläuche des Schwarzrostes schwieriger, einzudringen. Selbst wenn der Rost eingedrungen ist, haben die Gewebe, in denen er sich entwickeln kann (Collenchymstränge) ein geringeres Ausmaß als bei anfälligen Sorten. Weiter, wenn Hope-Pflanzen in vollem Sonnenlicht wachsen, entwickelt sich das Mycel sogar der Rostrassen, für die die Keimlinge anfällig sind, aus noch unbekanntem Gründen nicht normal, obgleich es sich bei geringerer Lichtintensität normal entwickeln kann. Man kennt also folgende Faktoren, die zu einem Rostbefall von Hope führen — wahrscheinlich gibt es aber auch noch andere:

1. Das reichliche Vorhandensein von infektiöskräftigen Rassen.

2. Ein Zusammentreffen von reichlicher Feuchtigkeit und genügend Licht während einer ausreichenden Zeitdauer, um das Keimen von Sporen und das Eindringen von Keimschläuchen zu ermöglichen.

3. Verhältnismäßig geringe Lichtintensität, um die Entwicklung des Rostmycels möglich zu machen.

In der Natur müssen sich diese verschiedenen Umstände mehrmals wiederholen, damit sich eine Epidemie entwickeln kann. Die Erfordernisse für eine starke Rostentwicklung auf Hope sind mannigfaltiger als für die meisten anderen Sorten; folglich werden sie weniger oft gleichzeitig erfüllt. Hope wurde bisher nicht so oft von Rost befallen als die meisten anderen Sorten, und es hat auch in Zukunft nicht den Anschein. Hope stellt eine höchst bedeutende Beihilfe zur Lösung des Schwarzrostproblems dar und er verdient seinen Namen. Aber er ist auch in hohem Maße mitschuldig für die Entdeckung, daß selbst die „Resistenz erwachsener Pflanzen“ unter verschiedenen Bedingungen sehr veränderlich sein kann, und daß der Grad der Rostentwicklung auf einigen Sorten im Felde von komplexen Faktoren bestimmt wird, die in einer ganz gewissen Reihenfolge und in gewissen Kombinationen arbeiten müssen, um ein bestimmtes Ergebnis hervorzubringen.

Aus den gesammelten Erfahrungen mit Weizen wird es klar, daß bemerkenswerte Fortschritte in der Züchtung auf Krankheitsresistenz gemacht worden sind, aber ebenfalls, daß es viele Faktoren gibt, die berücksichtigt werden müssen, um Regeln aufstellen zu können, die zu einem schnellen und sicheren Erfolg führen. Dieses bezieht sich auch auf Gerste, Hafer und viele andere Feldfrüchte, aber nur einige Beispiele aus der Gerstenzüchtung sollen herausgenommen werden.

Das Krankheitsproblem bei *Gerste* hat sich

mit der Erzeugung und Einführung neuer Sorten wiederholt verändert (Tab. 2). *Manchuria* und *Oderbrucker*, sechszeilige, rauhgrannige Sorten, wurden vor 25 Jahren allgemein angebaut. Beide sind anfällig für Schwarzrost, ziemlich anfällig für Streifenkrankheit (*Helminthosporium gramineum*) und Fusarial head blight; ersterer ist mäßig resistent gegen Hartbrand (*Ustilago hordei*), letzterer mäßig anfällig, aber beide sind ziemlich resistent gegen Flugbrand, gegen spot

brucker (hohe Ertragssorten und gute Braugersten) mit der glattgrannigen *Lion* gekreuzt. Die ersten Manchuria-Lion-Kreuzungen waren so anfällig gegen *Helminthosporium sativum*, daß sie sich als ungenügend erwiesen. Deshalb wurden weitere Kreuzungen gemacht, aus denen *Velvet* und *Glabron* schließlich hervorgingen, die die Resistenz gegen *Helminthosporium sativum* mit Glattgrannigkeit vereinten (13).

Aber nachdem diese Sorten mehrere Jahre

Tabelle 2. Das Verhalten verschiedener Gerstensorten im Felde gegen zehn Krankheiten<sup>1</sup>

Sorte	Jahr der Einführung	Grad der Anfälligkeit oder Resistenz									
		Schwarzrost ( <i>Puccinia graminis</i> )	Zwergrost ( <i>Puccinia anomala</i> )	Hartbrand ( <i>Ustilago hordei</i> )	Falscher Flugbrand ( <i>Ustilago medians</i> )	Flugbrand ( <i>Ustilago nuda</i> )	Streifenkrankheit ( <i>Helminthosporium gramineum</i> )	Ährenfusariose ( <i>Fusarium</i> spp.)	Kernel blight <sup>3</sup> ( <i>Fungi Imperfecti</i> )	Helminthosporiose ( <i>Helminthosporium sativum</i> )	Mehltau ( <i>Erysiphe graminis</i> )
Manchuria .	1880	A <sup>3</sup>	A	MR	MR	MR	A	MA	MR	MR	A
Oderbrucker	1895	A	A	MA	—	MR	A	MA	MR	MR	A
Trebi . . . .	1918	MA	A	A	A	R	MR	MA	MA	A	A
Minsturdi . .	1919	A	A	A	A	MR	A	MA	MR	MR	MR
Svansota . . .	1919	A	A	MA	A	MA	A	MR	MR	MR	A
Spartan . . .	1926	MR	A	—	—	A	R	MR	MA	MA	A
Peatland . . .	1926	R	A	R	R	R	A	MR	MR	MR	MR
Velvet . . . .	1926	A	A	MR	MR	A	A	A	MA	MR	A
Wisconsin . .											
Nr. 38 . . . .	1929	MA	A	R	R	A	MR	A	MA	MR	A
Glabron . . .	1929	A	A	R	R	A	MR	A	MA	MR	A

<sup>1</sup> Der Grad von Anfälligkeit oder Resistenz bezieht sich auf Beobachtungen während einer Reihe von Jahren unter natürlichen Bedingungen im Felde. Wie in Verbindung mit Tabelle 1 erklärt worden ist, wurde versucht, das durchschnittliche Verhalten gegen Krankheiten während einer Periode von Jahren für praktische Zwecke anzugeben. Siehe Fußnote 1 unter Tabelle 1.

<sup>2</sup> R = resistent, A = anfällig, MR = mäßig resistent, MA = mäßig anfällig.

<sup>3</sup> Viele *Fungi Imperfecti* und einige Bakterien können „kernel blight“ verursachen.

blotch und Fußkrankheit (*Helminthosporium sativum*).

1919 wurden 2 neue Sorten — *Minsturdi* und *Svansota* — in den Handel gegeben, und beide erwiesen sich als sehr anfällig gegen Streifenkrankheit und *Ustilago medians*. Außerdem ist *Minsturdi* auch noch anfällig gegen Hartbrand. In der Zeit von 1920—1926 wurde wegen seiner hohen Ertragsfähigkeit *Trebi* allgemein angebaut. Er ist aber sehr anfällig gegen *Ustilago hordei*, *Ustilago medians*, *Helminthosporium sativum* und Fußkrankheit, mittelmäßig anfällig gegen Ährenfusariose und nur resistent gegen *Ustilago nuda*.

Alle genannten Sorten haben rauhe Grannen, die Bauern bevorzugen aber glattgrannige Sorten. Deshalb wurden *Manchuria* und *Oder-*

feldmäßig angebaut wurden, konnte man beobachten, daß sie sehr anfällig gegen Flugbrand und Ährenfusariose waren, während sie sich resistent gegen die anderen Brande und gegen Streifenkrankheit verhielten. Allerdings fand ISENBECK (20), daß *Velvet* in Deutschland gegen eine Rasse des Streifenkrankheitserregers anfällig war, obwohl dieselbe Sorte sich resistent gegen 2 *Helminthosporium*-Rassen erwies, die er zum Vergleich aus Amerika erhalten hatte. Doch kürzlich hat sich gezeigt, daß *Velvet* auch in Minnesota anfällig gegen verschiedene Rassen ist (4).

Eine andere glattgrannige Sorte, *Wisconsin Nr. 38*, ist sehr anfällig gegen Ährenfusariose und Flugbrand, obwohl sie sonst eine gute Braugerste mit hohem Ertrag ist.

Das dringendste Problem für die Züchtung von Gersten ist heutzutage die Schaffung einer ertragreichen Sorte, die gleichzeitig gute Qualität mit Resistenz gegen Ährenfusariose und Flugbrand verbindet.

Es ist zwar wahr, daß keine der erwähnten Sorten resistent gegen Schwarzrost ist, eine der verheerendsten Krankheiten des Weizens, aber diese Krankheit verursacht bei der Gerste meistens keinen erheblichen Schaden. *Ustilago hordei*, *Ustilago medians* und *Helminthosporium gramineum* können durch Beizen bekämpft werden, während einige heute zur Verfügung stehende Sorten ziemlich resistent gegen *Helminthosporium sativum* sind.

Flugbrand und Ährenfusariose können allerdings nicht durch einfache Beizmethoden, wie sie der Bauer anwenden kann, bekämpft werden. Ährenfusariose ist doppelt gefährlich, weil sie nicht nur den Ertrag bei epidemieartigem Auftreten stark herabmindert, sondern auch die Sorte zum Verfüttern an Schweine durch ihre giftige Wirkung unbrauchbar macht.

Es scheint möglich, daß man gute Erfolge erzielen kann, wenn man *Peatland* mit glattgrannigen Sorten kreuzt, da *Peatland* (eine rauhgrannige Sorte, die 1926 auf den Markt kam) mehr oder weniger resistent ist gegen alle gewöhnlichen Gerstenkrankheiten außer gegen Streifenkrankheit. Doch gibt es viele Rassen von den wichtigsten Krankheitserregern der Gerste, und es besteht keine Sicherheit, daß *Peatland* nicht doch noch anfällig ist gegen eine schon vorhandene Rasse und gegen solche, die noch auftreten können.

Aus diesem kurzen Bericht geht hervor, daß ein Fortschritt in der Züchtung krankheitsresistenter Sorten bei Weizen und Gerste erzielt worden ist. Aber es muß doch erkannt werden, daß sich dabei viele Schwierigkeiten herausstellten und auch einige Rückschläge zu verzeichnen sind. Die Ursachen hierfür können auf Grund der einzelnen schon vorher gegebenen Beispiele wie folgt zusammengestellt werden:

1. Das Vorhandensein zahlreicher parasitischer Rassen von tatsächlich allen wichtigen Krankheitserregern (siehe Tabelle 3) macht es schwierig, Sorten zu züchten, die resistent gegen *alle* diese Rassen sind, so daß der Nutzen bestimmter Sorten auf solche Gebiete oder Jahre

beschränkt wird, in denen die für sie gefährlichen Rassen nicht vorkommen.

Es hat sich als notwendig erwiesen, beim Züchten schwarzrostresistenter Weizen Sorten zu verwenden, die im erwachsenen Stadium Resistenz (adult plant resistance) zeigen. Auf diese Weise wird die Zahl der Sorten beschränkt, die mit Erfolg in der Züchtung verwendet werden können.

2. Selbst wenn Sorten gezüchtet sind, die gegen alle bekannten parasitischen Rassen resistent sind, so können sie von neuen Rassen angegriffen werden, die von entfernteren Gegenden eingeschleppt wurden oder die durch Mutation oder Neukombination entstanden sein können



Abb. 1. Verschiedene Virulenz von *Helminthosporium*-Rasse I (hintere Reihe) und ihrer Variante (vordere Reihe) auf Marquis-Weizen.

(siehe Abb. 1). Das ist nicht nur eine theoretische Möglichkeit, sondern es ist eine nur schon häufig gezeigte Tatsache (siehe Tabelle 4).

3. Manchmal ist es schwierig, Resistenz gegen mehrere Krankheiten zu vereinen wegen teilweiser oder vollständiger Koppelung von Faktoren, die Resistenz gegen eine Krankheit und Anfälligkeit gegen eine andere bedingen.

4. Nebensächliche Krankheiten können bei neuen Sorten größere Bedeutung gewinnen. Diese Tatsache tritt manchmal nicht eher in Erscheinung, als bis die Sorte an verschiedenen Stellen und für einige Zeit angebaut worden ist.

5. Es ist nicht immer leicht, Resistenz mit anderen Leistungseigenschaften zu vereinigen, wie z. B. mit hoher Ertragsfähigkeit, Dürre-resistenz und Backqualität. Die Forderungen des Handels an Weizen und Gerste sind sehr scharf umrissen und ebenso die Ansprüche eines bestimmten Bodens und Klimas.

6. Selbst wenn man resistente Sorten vom

Tabelle 3. Zusammenstellung über physiologische Spezialisierung der wichtigsten Krankheitserreger von Weizen und Gerste in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika.

Krankheit	Verursacht durch	Physiologische Rassen			Bemerkungen
		Zahl der bekannt. Rassen	Bedeutung <sup>1)</sup>	Art der Entstehung	
Weizen					
Schwarzrost	<i>Puccinia graminis tritici</i>	150	**	Durch Bastardierung von Rostrassen oder Varietäten auf Berberitze, selten durch Mutation	Das Vorhandensein bestimmter Rassen wechselt stark von Jahr zu Jahr. Neue Kreuzungsprodukte unterscheiden sich oft sehr in ihrer Pathogenität von ihren Eltern.
Braunrost	<i>Puccinia triticina</i>	91	*	unbekannt	Keine Bastardierung, da in Amerika gefundene <i>Thalictrum</i> -Arten nicht anfällig sind.
Steinbrand	<i>Tilletia levis</i> <i>Tilletia tritici</i>	6 7	**	Durch Bastardierung von Rassen und Arten	Neue Rassen werden durch Sporen am Saatgut importiert.
Flugbrand	<i>Ustilago tritici</i>	7	?	Durch Bastardierung von Rassen	Neue Rassen werden leicht mit befallenem Saatgut eingeführt.
Mutterkorn	<i>Claviceps purpurea</i>	einige	?	—	Isolierungen von Sklerotien deuten auf viele unterschiedliche Rassen bei künstlicher Kultur hin, ihr pathogenes Verhalten ist unbekannt.
Fusariose	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium graminearum</i> und andere Fusarien spp.	viele	?	Durch Mutation	In den Vereinigten Staaten wird Ährenfusariose meistens durch <i>Fusarium graminearum</i> erzeugt, aber wenigstens 12 <i>Fusarium</i> -Spezies können beteiligt sein.
Helminthosporiose	<i>Helminthosporium sativum</i> und andere <i>Helminthosporium</i> spp.	viele	?	Durch Mutation	Verursacht durch verschiedene Spezies, aber <i>Helminthosporium sativum</i> ist die Hauptursache.
Black chaff	<i>Bacterium translucens</i> var. <i>undulosum</i>	einige	?	vielleicht durch Mutation	noch nicht genügend untersucht.
Gerste					
Schwarzrost	<i>Puccinia graminis tritici</i>	150	*	siehe Weizen	siehe Weizen.
	<i>Puccinia graminis secalis</i>	14			
Zwergrost	<i>Puccinia anomala</i>	9	?	Bastardierung zwischen Rostrassen auf <i>Ornithogalum umbellatum</i>	— — —
Hartbrand	<i>Ustilago hordei</i>	mehrere	**	Bastardierung zwischen Rassen untereinander und mit <i>Ustilago medians</i>	Verschiedene Kombinationen von haploiden Linien zeigen deutliche Unterschiede in ihrer Pathogenität.
„Falscher Flugbrand“	<i>Ustilago medians</i>	mehrere	?	Bastardierung zwischen Rassen untereinander und auch mit <i>Ustilago hordei</i>	Verschiedene Bastarde zwischen <i>Ustilago hordei</i> und <i>Ustilago medians</i> können sich sehr stark in ihrer Pathogenität unterscheiden.
Flugbrand	<i>Ustilago nuda</i>	?	?	—	Anzeichen für mehrere Rassen.
Meltau	<i>Erysiphe graminis hordei</i>	7	?	unbekannt	Krankheit ist meistens nicht schädlich in den Vereinigten Staaten.
Streifenkrankheit	<i>Helminthosporium gramineum</i>	viele	**	Mutation	Neue Rassen können leicht durch infiziertes Saatgut in andere Gebiete eingeschleppt werden.
Fusariose	<i>Helminthosporium</i> spp. <i>Fusarium</i> spp.	viele	?	Mutation	siehe Weizen.

<sup>1</sup> \* = wichtig, \*\* = sehr wichtig, ? = Wichtigkeit nicht sicher bekannt.

Tabelle 4. Die Schwankungen von Resistenz und Anfälligkeit bei Marquis gegenüber Steinbrand (*Tilletia levis* und *Tilletia tritici*) in Nord-Amerika.

Jahr	Reaktion auf Steinbrand	Bemerkungen	beobachtet durch:
1913—18	resistent	Beobachtungen in Minnesota	E. C. STAKMAN <sup>1</sup>
1922	mittel anfällig — anfällig	in Oregon geprüft	STEPHENS und WOOLMAN (28)
1923	resistent	3 Jahre geprüft, Frühjahrsaussaat	GAINES (7)
1924	resistent — anfällig	im Gewächshaus geprüft	FARIS (6)
1924	resistent	5 Jahre geprüft	STAKMAN, LAMBERT und FLOR (26)
1925	mittel anfällig — anfällig	2 Jahre in Kalifornien, Oregon und Washington geprüft	TISDALE, MARTIN, BRIGGS, MACKIE, WOOLMAN, STEPHENS, GAIOS und STEVENSON (29)
1926	resistent und anfällig	resistent, wenn im Frühjahr ausgesät, anfällig, wenn im Herbst ausgesät	GAINES und SINGLETON (8)
1927	mittel resistent	Bericht aus Canada	GÜSSOW und CONNERS (9)
1927	resistent - mittel resistent	Befall hängt von Steinbrandrasse ab	RODENHISER und STAKMAN (22)
1928	resistent - mittel resistent	Befall hängt von Steinbrandrasse ab	RODENHISER (21)
1929	resistent und anfällig	anfällig gegenüber <i>Tilletia levis</i> , resistent gegenüber <i>Tilletia tritici</i>	BRENTZEL und SMITH (3)
1930	resistent	gegen 5 Steinbrandherkünfte geprüft	HOLTON (17)
1930	resistent	resistent bei Frühjahrsaussaat	HEALS und GAINES (16)
1931	resistent — anfällig	Befall hängt von Steinbrandrasse ab	HOLTON (18)
1931	resistent — sehr anfällig	Befall hängt von Steinbrandrasse ab	AAMODT (1)
1933	mittel anfällig	Prüfungen in Montana gemacht	CLARK, QUISENBERRY u. POWERS (5)
1936	mittel resistent	Masseninfektion mit vielen Steinbrandherkünften	HAYES, AUSEMUS, STAKMAN, BAILEY, WILSON, BAMBERG, MARKLEY, CRIM und LEVINE (15)
1936	mittel resistent — anfällig	Befall hängt von Steinbrandrasse ab	HOLTON und HEALD (19)

<sup>1</sup> persönliche Beobachtung.

gewünschten Typ erhalten hat, wird es durch praktische Beobachtungen und wissenschaftliche Versuche immer deutlicher, daß die Resistenz selbst gegen eine einzige pathogene Rasse außerordentlich unter den verschiedenen Außeninflüssen wechseln kann. Vollkommene Krankheitsimmunität von Weizen und Gerste ist beinahe unbekannt. In einer Gegend wie das obere Mississippital in Nordamerika mit seinem ausgesprochen kontinentalen Klima sind die Schwankungen von Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und anderen Witterungserscheinungen so groß, daß jede Sorte einmal unter für sie vollkommen ungünstigen Bedingungen wachsen muß und damit für Krankheiten oft besonders anfällig werden kann.

Alle die Hindernisse aufzuzählen, die sich bei der Züchtung resistenter Sorten ergeben, erscheint beinahe als vernichtende Kritik. Aber das ist sie nicht, im Gegenteil, das Erkennen von Hindernissen und das Verstehen ihrer Wesensart liefert die Grundlage für verbesserte Methoden. Die meisten Züchter erkennen die Notwendigkeit einer Verbesserung der Methoden, aber nicht viele haben die Möglichkeiten, sie durchzuführen. Was not tut, ist, wie RÖMER gezeigt hat (23), eine sachgemäße Prüfung des Züchtungsmaterials unter den verschiedensten Bedingungen.

Es ist natürlich unmöglich, zu wissen, wie eine Sorte sich auswirken wird, bevor sie nicht unter allen Bedingungen geprüft wurde, denen

sie wahrscheinlich ausgesetzt sein wird, wenn sie feldmäßig angebaut wird. Wenn resistente Sorten von einer Krankheit schwer befallen werden, so meistens aus dem Grunde, weil mehrere Faktoren zusammen auftreten, was nicht oft der Fall ist. Darum ist es erforderlich für die Züchtung, die Sorte solchen Verhältnissen auszusetzen, die einem Zusammenwirken möglichst aller dieser Umstände entspricht, bevor sie in den Handel gegeben wird. Auf folgende Punkte sollte bei der Züchtung auf Krankheitsresistenz Nachdruck gelegt werden:

1. Es ist wesentlich, die Erbanlagen der Wirtspflanzen zu kennen, im besonderen, wie die

3. So ungeheuer wichtig es ist, die Vererbung und Ökologie der Wirtspflanze zu studieren, genau so wichtig ist es, die Vererbung und Ökologie der Krankheitserreger selbst zu erforschen. Es sollten Versuche über die Zahl und die pathogene Fähigkeit der Rassen angestellt werden, sowie über die Frage, auf welche Weise und wie häufig neue Rassen entstehen können, die gegebenenfalls bis dahin resistente Sorten befallen.

4. Es sollte untersucht werden, unter welchen Umwelteinflüssen die verschiedenen pathogenen Rassen gewisse Wirtspflanzen angreifen.

5. Es sind Studien notwendig, um das Wesen der Resistenz zu bestimmen, sowie die Grenzen, in-

innerhalb deren sie wahrscheinlich schwankt. Solche Studien müßten die Genauigkeit erhöhen, mit welcher das Verhalten unter verschiedenen Bedingungen vorausbestimmt werden kann. Sie sollten ebenso dazu beitragen, die besten Stämme für die Vermehrung und für den späteren Anbau auszuwählen.

6. In den Zuchtgärten sollten alle Kreuzungsnachkommenschaften mit allen bekannten pathogenen Rassen der Krankheitserreger infiziert werden, von denen die betreffende Frucht



Abb. 2. Zelte, in denen Sorten und Zuchtstämme gegen Krankheiten geprüft werden. Sie werden 2 bis 3 mal täglich bespritzt, um hohe Feuchtigkeit in ihnen zu erzeugen.

Krankheitsresistenz vererbt wird. Weiter muß man wissen, wie weit oder ob überhaupt eine Koppelung zwischen verschiedenen Eigenschaften besteht, und außerdem müssen die Grenzen, innerhalb derer die Eigenschaften sich ändern können, bekannt sein.

2. Es sollten ökologische Studien gemacht werden, um zu bestimmen, wie weit sich die Sorte an die verschiedenen Boden- und Klimaverhältnisse anpassen kann. Es werden jetzt Versuche durchgeführt, um Erfahrungen hierüber zu sammeln, indem die Sorten mehrere Jahre an verschiedenen Orten geprüft werden. Es könnten aber Zeit gespart und genauere Erfahrungen gesammelt werden, wenn man die Umwelteinflüsse für die Sorten versuchsmäßig festlegte, anstatt durch den Anbau der Sorten an verschiedenen Plätzen es dem Zufall zu überlassen, daß die gewünschten Bedingungen dort vorliegen werden.

befallen werden kann. Dabei sind die Umwelteinflüsse möglichst günstig für die Entwicklung einer schweren Epidemie zu gestalten. Da diese Bedingungen in der Natur nicht sehr oft vorkommen, so ist es doppelt wichtig, sie durch künstliche Maßnahmen in den Zuchtgärten hervorzurufen. Wenn das nicht geschieht, wird es wahrscheinlich viele Fehlschläge geben. In Zusammenarbeit des United States Department of Agriculture mit der Versuchsstation in Minnesota werden die Zuchtstämme, die untersucht werden sollen, unter großen Zelten, die mit leichtem Stoff bespannt sind, angebaut (siehe Abb. 2). Unter ihnen ist es möglich, die Temperatur, Feuchtigkeit und Lichtverhältnisse wenigstens teilweise zu regeln. Sie werden mit einer Mischung aller pathogenen Rassen der in Betracht kommenden Krankheitserreger infiziert. Einige Krankheiten entwickeln sich unter diesen Umständen sehr viel stärker als im Freiland, und man erhält

dadurch im voraus Kenntnis von dem wahrscheinlichen Verhalten dieser Sorten, wenn sie epidemischen Bedingungen in der Natur ausgesetzt werden.

Die eben angegebene Methode mag mühsam und umständlich erscheinen. Verschiedene ausgesprochene Praktiker mögen einwenden, daß die beschriebenen Methoden zu viel Arbeit erfordern und nicht immer notwendig sind. Indessen hat uns die Erfahrung eines Besseren belehrt. Sicher ist es möglich, daß ein Einzelner einmal Glück hat und zum Ziele kommt, ohne alle diese Methoden anzuwenden. Immerhin tut man gut, sich nicht allzuviel auf sein Glück zu verlassen, und wird wahrscheinlich am sparsamsten und produktivsten auf die Dauer arbeiten, wenn man die Züchtungsarbeit auf breiter Basis anlegt und mit den nötigen Versuchen unterbaut.

Zusammengefaßt also ist es dringend notwendig, resistente Sorten von Getreide- und anderen Feldfrüchten im Sommerweizengebiet von Nordamerika zu züchten, weil dies die einzige Methode ist, verschiedene Krankheiten wirklich zu bekämpfen. Die Erfahrungen mit Weizen und Gerste wurden nur deshalb angeführt, um gewisse Grundsätze darzulegen und zu zeigen, daß die oben gemachten allgemeinen Feststellungen nicht nur theoretisch sind, sondern auf wiederholten Erfahrungen beruhen, die sogar manchmal äußerst ungünstig ausgefallen sind. Trotzdem sind bereits große Fortschritte gemacht worden, und es können in Zukunft noch weitere Erfolge erzielt werden. Deshalb ist es für die Züchtung resistenter Sorten notwendig, wie tatsächlich jeder Pflanzenzüchter, der sich mit diesen Fragen gründlich beschäftigt hat, erkennen wird, daß der größte Fortschritt nur dann erreicht werden kann, wenn die Züchtungsarbeiten genügend unterstützt werden, so daß Züchter wie Pflanzenpathologe ihre Arbeit in einem angemessenen Rahmen und auf wissenschaftlicher Basis ausführen können und sich nicht allein auf gelegentliche Erfahrungen und Beobachtungen zu stützen brauchen.

Jeder Züchter muß von der Voraussetzung ausgehen, daß bessere Sorten durch Neukombination der Gene erzielt werden können. Aber die Gesetze der Genetik lassen sich auf die niederen Organismen wie die Pilze als Krankheitserreger oft ebenso gut anwenden wie auf die höheren Pflanzen. Deshalb kann man zu dem Schluß kommen, daß Pilzrassen durch weitere Kombinationen der Gene entstehen können, die virulenter sind als die bisher aufgetretenen. Diese Annahme hat sich in zahlreichen Fällen

bewahrheitet. Außerdem ist es bekannt, daß viele Pflanzeigenschaften durch einige oder sogar viele Faktoren bedingt sind, und daß sich diese Eigenschaften unter verschiedenen Umwelteinflüssen höchst verschieden auswirken können. Dasselbe gilt von der Krankheitsresistenz, die möglicherweise sogar noch zusammengesetzter ist als viele andere Eigenschaften, weil die Entwicklung der Krankheit von der genetischen Veranlagung der Wirtspflanze abhängt sowie von derjenigen des Krankheitserregers selbst, außerdem von den Einflüssen der Umwelt auf jeden Einzelnen und von der gegenseitigen Reaktion aufeinander. Wegen dieser komplexen Beziehungen sind eine ganze Anzahl von Versuchen notwendig, damit ein guter Durchschnitt aus dem Zusammenwirken der meteorologischen, bodenbedingten und biologischen Faktoren erzielt wird, um die Reaktion der Wirtspflanze gegenüber dem Krankheitserreger unter dem Zusammenwirken der verschiedensten Umstände zu kennen. Dieser Tatsache entspringen wichtige Folgerungen:

Man soll niemals zu sicher sein, daß eine resistente Sorte jederzeit und unter jeden Bedingungen resistent bleiben wird; denn es ist schwierig, selbst mit den besten Methoden, mit Sicherheit alle Umstände und jedes Zusammenreffen von Umständen herzustellen, unter welchen eine Sorte möglicherweise angebaut werden kann. Darum wird es wahrscheinlich immer wieder notwendig sein, daß neue Sorten gezüchtet werden, aber neue pathogene Rassen können ebenfalls neu entstehen. Deshalb ist es Pflicht des Pflanzenpathologen und des Pflanzenzüchters, immer über den Wechsel von Umwelteinflüssen sowie bestimmten Ansprüchen auf dem Laufenden zu sein, so daß sie jederzeit bereit sein können, ihnen entgegenzutreten.

Das erfordert fortgesetzte, wissenschaftliche und praktische Arbeit. Selbst jene Sorten, die lange Zeit angebaut und dann ausgedient wurden, haben für ihre Zeit ihren bestimmten Wert gehabt. Da krankheitsresistente Sorten so wichtig und wertvoll sind, sollte schon aus diesem Grunde ihre Züchtung auf allerbreitester wissenschaftlicher Basis aufgebaut werden.

#### Literatur.

1. AAMODT, O. S.: Varietal trials, physiologic specialization, and breeding spring wheats for resistance to *Tilletia tritici* and *T. levis*. *Canad. Jour. Res.* 5, 501—528 (1931).
2. ABBOTT, E. V.: Stem rust of wheat in Peru. *Phytopathologie* 19, 1041—1043 (1929).
3. BRENTZEL, W. E., and R. W. SMITH: Varietal resistance of spring wheats to bunt. *N. D. Agr. Exp. Sta. Bul.* 231 (1929).

4. CHRISTENSEN, J. J., and T. W. GRAHAM: Physiologic specialization and variation in *Helminthosporium gramineum* RAB. Univ. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 95 (1934).
5. CLARK, J. A., K. S. QUISENBERRY and LE ROY POWERS: Inheritance of bunt reaction and other characters in Hope wheat crosses. Jour. Agr. Res. 46, 413—425 (1933).
6. FARIS, J. A.: Factors influencing the infection of wheat by *Tilletia tritici* and *Tilletia laevis*. Mycologia 16, 259—282 (1924).
7. GAINES, E. F.: Genetics of bunt resistance in wheat. Jour. Agr. Res. 23, 445—479 (1923).
8. GAINES, E. F., and H. P. SINGLETON: Genetics of Marquis × Turkey wheat in respect to bunt resistance, winter habit, and awnlessness. Jour. Agr. Res. 32, 165—181 (1926).
9. GUSSOW, H. T., and I. L. CONNERS: Studies in cereal diseases I. Smut diseases of cultivated plants, their cause and control. Canad. Dept. Agr. Bul. 81 (1927).
10. HAGBORG, W. A. F.: Black Chaff, a composite disease. Canad. J. Res. 14, 347—359 (1936).
11. HART, HELEN: Morphologic and physiologic studies on stem-rust resistance in cereals. U. S. Dept. Agr. Tech. Bul. 266 (1931).
12. HART, HELEN, and KAROL ZALESKI: The effect of light intensity and temperature on infection of Hope wheat by *Puccinia graminis tritici*. Phytopathology 25, 1041—1066 (1935).
13. HAYES, H. K., E. C. STAKMAN, FRED GRIFFEE and J. J. CHRISTENSEN: Reaction of barley varieties to *Helminthosporium sativum*. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 21 (1923).
14. HAYES, H. K., E. R. AUSEMUS, E. C. STAKMAN and R. H. BAMBERG: Correlated inheritance of reaction to stem rust, leaf rust, bunt, and Black Chaff in spring-wheat crosses. Jour. Agr. Res. 48, 59—66 (1934).
15. HAYES, H. K., E. R. AUSEMUS, E. C. STAKMAN, C. H. BAILEY, H. K. WILSON, R. H. BAMBERG, M. C. MARKLEY, R. F. CRIM and M. N. LEVINE: Thatcher wheat. Minn. Agr. Exp. Sta. Bul. 325 (1936).
16. HEALD, F. D., and E. F. GAINES: The control of bunt or stinking smut of wheat. State College of Wash. Agr. Exp. Sta. Bul. 241 (1930).
17. HOLTON, C. S.: A probably explanation of recent epidemics of bunt in durum wheats. Phytopathology 20, 353—357 (1930).
18. HOLTON, C. S.: The relation of physiologic specialization in *Tilletia* to recent epiphytotics of bunt in durum and Marquis wheats. Phytopathology 21, 687—694 (1931).
19. HOLTON, C. S., and F. D. HEALD: Studies on the control and other aspects of bunt of wheat. Wash. Agr. Exp. Sta. Bul. 339 (1936).
20. ISENBECK, K.: Untersuchungen über *Helminthosporium gramineum* RABH. im Rahmen der Immunitätszüchtung. Phytopath. Z. 5, 403—444 (1930).
21. RODENHISER, H. A.: Physiologic specialization in some cereal smuts. Phytopathology 18, 955—1003 (1928).
22. RODENHISER, H. A., and E. C. STAKMAN: Physiologic specialization in *Tilletia levis* and *Tilletia tritici*. Phytopathology 17, 247—253 (1927).
23. ROEMER, TH.: Immunitätszüchtung. Flora 28, 145—196 (1933).
24. STAKMAN, E. C.: The problem of specialization and variation in phytopathogenic fungi. Genetica 18, 372 bis 389 (1936).
25. STAKMAN, E. C., and HELEN HART: The nature of resistance of cereals to rust. Proc. Third Internat. Congress Comp. Pathology 1, 253—266 (1936).
26. STAKMAN, E. C., E. B. LAMBERT and H. H. FLOR: Varietal resistance of spring wheats to *Tilletia levis*. Minn. Studies in Plant Sci. Nr. 5, 307—317 (1924).
27. STAKMAN, E. C., M. N. LEVINE, J. J. CHRISTENSEN and K. ISENBECK: Die Bestimmung physiologischer Rassen pflanzenpathogener Pilze. Nova Acta Leopoldina Neue Folge, 3, 281—336 (1935).
28. STEPHENS, D. E., and H. M. WOOLMAN: The wheat bunt problem in Oregon. Ore. Agr. Exp. Sta. Bul. 188 (1922).
29. TISDALE, W. H., J. H. MARTIN, F. N. BRIGGS, W. W. MACKIE, H. M. WOOLMAN, D. E. STEPHENS, E. F. GAINES, F. J. STEVENSON: Relative resistance of wheat to bunt in Pacific Coast States. U. S. Dept. Agr. Bul. 1299 (1925).
30. WALDRON, L. R.: Hybrid selections of Marquis and Kota. N. D. Agr. Exp. Sta. Bul. 200 (1926).

(Aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin.)

## „Mutationen“ bei pflanzenpathogenen Viren.

(Sammelreferat.)

Von E. Köhler, Berlin-Dahlem.

Schon bevor durch STANLEY (10, 11) der Nachweis erbracht war, daß gewisse pflanzenpathogene Viren die Eigenschaften von hochwertigen kristallisierbaren Proteinen aufweisen, ist die Vorstellung verschiedentlich geäußert worden, daß sie vielleicht den Genen wesensgleich seien. Durch die Entdeckung von STANLEY hat diese Vorstellung eine weitere Unterstützung erfahren. Es mag deshalb erwünscht sein, wenn in einem Sammelreferat über die bisher bei pflanzenpatho-

genen Viren beobachteten spontanen Eigenschaftsänderungen, für die sich im Schrifttum neuerdings die Bezeichnung Mutation mehr und mehr einbürgert, berichtet wird. Denn diese Mutabilität ist die eine Eigenschaft, in der die Viren den Genen vergleichbar sind, die andere ist ihre Befähigung sich zu vermehren — wenn man von gewissen anderen, mehr hypothetischen Vergleichspunkten absieht.

Wenn man die einzelnen, mit den üblichen