

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

## Die Eignung des Peroxydaseaktivität-Testes zur Bestimmung der „relativen Phytophthora-Resistenz“ (Feldresistenz) bei Kartoffeln

Von H. HENNIGER und W. BARTEL

Mit 4 Abbildungen

Die Widerstandsfähigkeit der Kartoffel gegenüber der Kraut- und Knollenfäule gründet sich nach heutigem Wissen auf zwei, offensichtlich qualitativ verschiedenen wirksamen Mechanismen:

a) Eine nekrogene Abwehrreaktion infolge Hypersensibilität der befallenen Wirtszelle (Inkompatibilität) sistiert das Wachstum des eingedrungenen Erregers (MÜLLER und BÖRGER, 1941).

b) Die Wirtspflanze wird durch den Krankheitserreger infiziert und befallen. Durch verschiedene, ursächlich noch unbekannte Faktoren — verlängerte Inkubationszeit, geringere Sporulationsrate und Infektionshäufigkeit usw. — wird die Propagation des Erregers im Feldbestand vermindert und der epidemische Krankheitsverlauf abgeschwächt.

Die Resistenz auf der Grundlage der Hypersensibilitätsreaktion — auch als absolute Resistenz bezeichnet — beruht auf der Wirkung relativ weniger Resistenzgene — Überempfindlichkeitsgenen oder R-Genen —, die bei den zur Zeit vorhandenen hypersensitiv reagierenden Kartoffelsorten fast ausnahmslos aus dem Material der südamerikanischen Wildkartoffelsorten *Solanum demissum*, *S. semidemissum* und *S. stoloniferum* stammen (SCHICK und HOPFE, 1962). Infolge des Auftretens physiologischer Rassen des Pilzes haben sich die ursprünglichen Erwartungen nicht erfüllt, und die Erfolgsaussichten der Resistenzzüchtung auf dieser Basis erscheinen gegenwärtig relativ gering.

Während bei Formen mit absoluter Resistenz bisher eine schnelle Anpassung des Pilzes durch Mutation erfolgte, konnte bei dem an zweiter Stelle genannten Resistenzprinzip — der Feld- oder Inkubationsresistenz, nach FRANDSEN (1956) besser als „relative Resistenz“ bezeichnet — eine solche Anpassung nicht in dem Maße beobachtet werden. Zwischen verschiedenen physiologischen Rassen ließen sich zwar Virulenzunterschiede feststellen (HAUSSDÖRFER, 1959), die jedoch die relative Resistenz der einzelnen Sorten nicht überdeckten. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit, bei der Züchtung krautfäuleresistenter Sorten künftig die relative Resistenz wiederum stärker zu beachten. Eine Prüfung der absoluten Resistenz sowie die Feststellung eventuell vorhandener Überempfindlichkeits-Gene bereitet im Laboratorium mit Hilfe eines geeigneten Sortimentes an *Phytophthora*-Rassen keine besonderen Schwierigkeiten. Um eine einwandfreie Kenntnis des Verhaltens bezüglich der relativen Resistenz zu erhalten, bedarf es dagegen jahrelanger Feldbeobachtungen. Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, durch die Entwicklung geeigneter Laboratoriumsprüfmethoden eine Abkürzung der Prüfzeit zu erreichen, indem unter konstanten Infektions- und Umweltbedingungen verschiedene Kriterien, wie Infektionswahrscheinlichkeit, Ausbreitungsgeschwindigkeit des Myzels, Sporangienentwick-

lung usw., zur Charakterisierung der Feldresistenz herangezogen wurden (VOWINCKEL, 1926; SCHAPER, 1951; MÜLLER und HAIGH, 1953; BLACK, 1954; KAISER und KLINGLER, 1955; DESHMUKH und HOWARD, 1956; HAUSSDÖRFER, 1959; UMAERUS, 1960). HAUSSDÖRFER kommt nach der Überprüfung verschiedener Kriterien zu dem Schluß, daß bei der Beurteilung der relativen Resistenz die Sporulationsintensität der ausschlaggebendste Faktor ist. Die beschriebenen Methoden erfordern jedoch einen relativ hohen Arbeitsaufwand sowie sehr sorgfältiges und gewissenhaftes Arbeiten, um vergleichbare und auswertbare Resultate zu erhalten. Die Prüfung umfangreichen Zuchtmaterials zur Selektion feldresistenter Formen bleibt auch damit verhältnismäßig schwierig.

Es lag daher nahe, nach anderen mit dem Merkmal der relativen Resistenz korrelierenden Eigenschaften zu suchen, deren Bestimmung, z. B. auf der Grundlage chemischer Teste, wesentlich einfacher durchzuführen ist. Bereits 1939 berichtete GRETSCHECHNIKOV über positive Beziehungen der Peroxydaseaktivität (PA) zur *Phytophthora*-Resistenz. Dieser Befund wurde durch KAMMERMANN (1951), KEDAR (1959) und UMAERUS (1959, 1960) bestätigt, wobei aber nur eine positive Korrelation der PA zur relativen Resistenz bestand; die absolute Resistenz der Formen mit R<sub>1</sub>-Genen (*Demissum*-Hybriden) zeigte keine Beziehungen zur PA. Die relative Resistenz der *Tuberosum*-Sorten kann mit Hilfe des Peroxydaseaktivität-Testes (PA-Test) ungefähr abgeschätzt werden (KAMMERMANN, 1951), wobei die Sicherheit durch Verbesserung der Methodik noch erhöht werden könnte. Einschränkend wird aber bemerkt: „Die Zuverlässigkeit des PA-Testes ist jedoch weitaus geringer als die des biologischen Prüfungsverfahrens“. In einer weiteren Mitteilung (KEDAR, 1959) wird vorgeschlagen, den PA-Test als Ergänzung bei der Selektion *Phytophthora*-resistenter Formen anzuwenden, wobei auch bei Formen mit R<sub>1</sub>-Genen die auf der Wirkung sogenannter „minor genes“ (BLACK, 1954) basierenden Merkmale der relativen Resistenz erfaßt werden können.

In der Pflanzenzüchtung setzt sich gegenwärtig das Bestreben durch, mit Hilfe der Frühdiagnose, möglichst unter Laborbedingungen, den größten Teil des Zuch Zielen nicht entsprechenden Materials auszumerzen, so daß die arbeitsaufwendigen Freilandprüfungen eingeschränkt werden können. Es schien daher naheliegend, den PA-Test als Verfahren zur Frühselektion des Materials auf relative *Phytophthora*-Resistenz zu überprüfen. Nach VON SENGBUSCH (1957) könnte beim Vorliegen einer positiven Korrelation der PA und der relativen Resistenz von einer Frühdiagnose gesprochen werden, da die relative Resistenz zu den Eigenschaften zu rechnen ist, die unter normalen Bedingungen gar nicht oder nur schwer erkennbar sind.

## Material und Versuchsmethodik

Zur Bestimmung der Enzymaktivität wurden Blätter im Freiland kultivierter Sorten und Stämme der Haupt- und Kontrollprüfung sowie des Kulturkartoffelsortimentes des Institutes für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz verwendet. Die Auspflanzung war zwischen dem 12. und 20. April 1961 erfolgt und die weitere Kultur in der üblichen Weise vorgenommen worden. Die Blätter wurden morgens zwischen 7.00 und 8.00 Uhr gepflückt und stets der mittleren Staudenregion (5–6 Blatt von oben) entnommen. Anschließend wurden 10 g des Blattmaterials nach Entfernen der Blattstiele abgewogen und die Proben in einer Tiefkühltruhe bei  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren und aufbewahrt. Nach Erfahrungen von UMAERUS (1959), die bestätigt werden können, wird dabei selbst nach wochenlanger Aufbewahrung die Enzymaktivität nicht vermindert.

Zur Bestimmung der Fermentaktivität eigneten sich Rohsaftpräparate ebensogut wie Azetontrockenpulver-Präparate, bei denen die Aktivität bezogen auf das Frischgewicht etwas geringer als die der Rohsaftpräparate war. Zur Herstellung der Rohsaftpräparate wurden 10 g des gefrorenen Blattmaterials mit 10 ml eiskaltem Aqua dest. in einem Homogenisator (Mixette) unter Kühlung 5 Minuten homogenisiert und anschließend durch einen weichen Faltenfilter filtriert. Bei  $1-2^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt, zeigten diese Rohsaftlösungen, fernerhin als Enzymlösung bezeichnet, nach 8 Std. noch keine Aktivitätsverminderung. Im Mörser unter Zusatz von Quarzsand sehr sorgfältig zerkleinert und nachfolgend zentrifugierte Präparate wiesen nur eine unwesentlich höhere Aktivität gegenüber den nur im Homogenisator behandelten auf.

Zur Bestimmung der PA wurden verschiedene Methoden erprobt:

### a) Brenzkatechin-Methode

3 ml Brenzkatechin-Lsg. 1/25 M + 3 ml 1/10 M Phosphatpuffer pH 6,0 + 3 ml 1/10%ige  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lsg. wurden in einer 1 cm-Küvette nach der Zugabe von 3 ml Enzymlösung gründlich vermischt und die Zunahme der Extinktion in einem lichtelektrischen Kolorimeter nach Lange unter Verwendung eines Blaufilters BG 7 verfolgt. Die erste Messung erfolgte 30 sec nach der Zugabe der Enzymlösung, dann wurde alle 15 sec bis zur Dauer von 3 min abgelesen. Zur Auswertung gelangte die Zunahme der Extinktion zwischen 60 sec und 120 sec nach Reaktionsbeginn.

### b) Benzidin-Ascorbinsäure-Test (BAS-Test)

Dieser Test wurde von LYR (1957) entwickelt und soll weitgehend die Nachteile der früher gebräuchlichen Verfahren vermeiden. Durch eine einfache und schnelle Arbeitsweise eignet sich der BAS-Test besonders gut zur Durchführung großer Serienanalysen. Zur PA-Bestimmung bei Kartoffelblättern wurde der BAS-Test wie folgt angewendet: In einem weiten Reaktionsglas (2,2 cm Ø, zur Vermeidung des Schäumens) wurden 4 ml 0,02%ige Benzidinlösung in n/10 Azetatpuffer pH 5,3 + 1 ml 0,1%ige Ascorbinsäure-Lsg. + 1 ml Enzymlösung gegeben. Die Reaktion erfolgte in einem temperaturkonstanten Wasserbad bei  $25^{\circ}\text{C}$ . Zur besseren und ständigen Durchmischung der Flüssigkeit wurde Luft hindurchgeleitet. Die Aktivität der Ascorbinsäureoxydase erwies sich unter den gewählten Reaktionsbedingungen als so gering, daß sie vernach-

lässigt werden konnte. Bei Reaktionsbeginn wurden möglichst schnell dem Gemisch 2 ml 0,3%ige  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lsg. zugesetzt und die Zeit vom Reaktionsbeginn bis zur vollständigen Oxydation der Ascorbinsäure zur Dehydroascorbinsäure gestoppt. Der Endpunkt der Oxydation der Ascorbinsäure ist sehr genau an der schlagartigen Verfärbung des oxydierten Benzidins zu erkennen, eine direkte Oxydation der Ascorbinsäure durch die Peroxydase ist nicht möglich. Die Abweichungen sind bei Wiederholungen mit dieser Methode dermaßen gering, daß auf eine Fehlerrechnung verzichtet werden kann. Die kürzeste Reaktionszeit (höchste Aktivität) wurde bei der Sorte Blanik am Ende der Vegetation mit 8,5 sec gemessen, die längste Zeit betrug über 200 sec. Die Enzymaktivität wurde umgerechnet auf mg Ascorbinsäure/min/g Frischgewicht.

Ein Vergleich des BAS-Testes mit der von KEDAR (1959) beschriebenen Methode (Extinktionsmessung einer Guajakol-Lsg.) ergab eine gute relative Übereinstimmung der Werte; im Bereich niederer Aktivitäten zeigte die letztere Methode relativ etwas höhere Aktivität an. Mit Hilfe des BAS-Testes konnten in unserem Laboratorium zwei Personen (eine Person zur Herstellung der Enzymlsg., die andere für die Aktivitätsbestimmung) in einer Stunde 30 Bestimmungen durchführen.

## Experimentelle Ergebnisse

Die ersten Voruntersuchungen wurden im Jahre 1960 mit 10 verschiedenen Kartoffelsorten unterschiedlichen Resistenzgrades durchgeführt. Zur PA-Bestimmung diente die Brenzkatechin-Methode. Ergänzend wurden von der gleichen Enzymlösung die Phenolaseaktivität ( $\text{O}_2$ -Verbrauch in der Warburg-Apparatur mit Chlorogensäure als Substrat) bestimmt. Die in Abb. 1 schematisch dargestellten Ergebnisse lassen keine klaren Beziehungen der PA zur Feldresistenz erkennen, ebenso ist dies bei der Phenolaseaktivität der Fall.

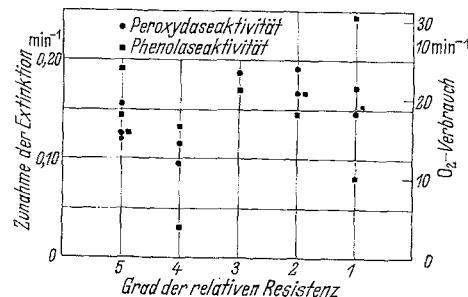


Abb. 1. Die Höhe der Peroxydaseaktivität (bestimmt mit der Brenzkatechin-Methode) sowie der Phenolaseaktivität in Kartoffelblättern von 10 Sorten mit unterschiedlicher relativer Resistenz.

Diese von den Befunden früherer Autoren (KAMMERMANN, 1951; UMAERUS, 1959, 1960; KEDAR, 1959) abweichenden Ergebnisse waren der Anlaß, die Versuche im Jahre 1961 mit einer größeren Anzahl von Sorten und einer zu verschiedenen Zeitpunkten vorgenommenen PA-Bestimmung zu wiederholen.

In der Tabelle 1 sind die untersuchten Sorten getrennt nach Reifezeit und vorhandenen Resistenzgenen aufgeführt. Die Angaben über den Grad der relativen Resistenz, Reifezeit und R-Gene wurden einer Arbeit von SCHICK, MÖLLER, HAUSSDÖRFER und E. SCHICK (1958) entnommen. Die dortigen Angaben beziehen sich hauptsächlich auf das Verhalten der Sorten in Groß-Lüsewitz. Nach Angaben von UMAE-

Tabelle 1. Die Höhe der Peroxydaseaktivität (PA) in mg Ascorbinsäure/min/g Frischgewicht einer Anzahl Sorten verschiedener Reifezeit und verschiedenen Resistenzgrades.

Sorte	Überempfindl. Gene	Resistenzgrad <sup>1</sup>	PA	Sorte	Überempfindl. Gene	Resistenzgrad <sup>1</sup>	PA
Frühe:				Mittelspäte:			
Amsel	rr	5	9,5	Apollo (Argo)	rr	4	3,7
Anemone	rr	5	9,2	Sabina	rr	4	11,5
Erstling	rr	5	8,3	St. Gü. 52.15/72	R <sub>1</sub>	4	6,9
Sieglinde	rr	5	4,5	Aquila	R <sub>1</sub>	4	5,0
Vera	rr	5	6,1	Johanna	rr	3	7,6
Tulinski	R <sub>1</sub>	5	6,4	Schwalbe	rr	3	7,9
Marktredw. Frühe	rr	4	6,1	St. Gü. 49/3016	rr	3	5,3
Frühmölle	rr	2	8,9	Spatz	R <sub>1</sub>	3	4,5
Früherpel	rr	2	9,5	Biene	rr	2	9,8
Niederarnb. Jacobi	R <sub>1</sub>	1	9,8	Blanik	rr	2	18,3
				Libertas	rr	2	7,0
				St. Lüs. 52.357/20	R <sub>1</sub>	2	5,3
				St. Lüs. 52.407/30	R <sub>1</sub>	2	6,1
				Apta	R <sub>1</sub>	1	7,5
Mittelfrühe:				Späte:			
Flava	rr	5	7,9	Industrie	rr	4	8,4
Suevia	R <sub>1</sub>	5	5,1	Kerr's Pink	rr	4	8,3
Mittelfrühe	rr	3	11,1	Fortuna	R <sub>1</sub>	4	6,3
Pirat (Spika)	rr	3	5,6	Robusta	R <sub>1</sub>	4	7,2
Drossel	R <sub>1</sub>	3	10,7	Zeisig	R <sub>1</sub>	4	5,4
Fink	R <sub>1</sub>	3	13,6	Immertreu	rr	3	8,7
St. Lüs. 52.394/34	R <sub>1</sub>	3	9,9	Ora (Mira)	rr	3	7,6
St. Lind. 2219/52	R <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	3	5,6	Bomba	R <sub>1</sub>	3	10,0
Olympia	rr	2	9,6	St. Lüs. 56.207/48	rr	2	5,6
Meise	R <sub>1</sub>	2	8,3	St. Lüs. 56.207/52	rr	2	6,0
St. Lind. 1171/50	R <sub>1</sub>	2	10,2	St. Bürs 1232/53	rr	2	4,9
St. Lüs. 51.58/24	R <sub>1</sub>	2	9,4	Sperber (Star)	R <sub>1</sub>	2	2,5
Cornelia	R <sub>1</sub>	1	6,7	Gerlinde (Capella)	rr	1	4,5

<sup>1</sup> Resistenzgrad: 1 = sehr hoch, 2 = hoch, 3 = mittel, 4 = gering, 5 = sehr gering

RUS (1959) kann das Resistenzverhalten unter verschiedenen geographischen Bedingungen beträchtlich voneinander abweichen. Die Enzymaktivität wurde von am 4., 8. und 13. Juli gepflückten Blättern bestimmt. Ein späterer Vergleich war leider wegen der bereits am letzten Termin erfolgten Krautabtötung der Bestände nicht mehr möglich. In die Tabelle wurden die Mittelwerte der am 4. und 13. Juli erhaltenen Aktivität eingetragen, da die Werte des 8. Juli gegenüber den

anderen allgemein niedriger lagen. Dies kann damit erklärt werden, daß 36 Stunden vor der Blattentnahme 25 mm Niederschlag gefallen waren, und nach GRETSCHEUSCHNIKOV (1939) hat eine hohe Bodenfeuchtigkeit eine Verminderung der PA zur Folge.

Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse in Abb. 2 graphisch dargestellt. Auch aus dieser Darstellung geht hervor, daß in unseren Versuchsergebnissen eine positive Korrelation zwischen PA und dem Grad der relativen Resistenz kaum angedeutet ist. Die Sorten mit der höchsten PA (Blanik, Kotnow) besitzen zwar gleichzeitig eine hohe relative Resistenz, es gibt aber auch Sorten mit hoher Resistenz (Gerlinde), die trotzdem im Blattpresssaft nur eine sehr niedrige PA aufweisen. Die Reifezeit sowie die Hypersensibilitätsresistenz (R-Gene) haben ebenfalls zufolge der Abb. 2 keinen deutlich erkennbaren Einfluß auf die Höhe der PA.

Zur Vervollständigung wurde bei einer Anzahl von Sorten das Myzelwachstum im Blatt gemessen und vom gleichen Blattmaterial die PA bestimmt. Zu diesem Zweck wurden je 10 Fiederblättchen jeder Sorte auf der Blattunterseite mit einem kleinen Tropfen einer dichten Zoosporensuspension der Rasse 1.2.3.4 infiziert. Die Aufbewahrung der infizierten Blätter geschah in Infektionsrahmen (HAUSSDÖRFER, 1959) bei 18–20 °C und diffusem Tageslicht. Die Myzelausbreitung wurde am 4. Tage nach der Infektion gemessen und als Durchmesser in mm (Mittel des größten und kleinsten Durchmessers) verwertet. Zwischen der Myzelausbreitung (Abb. 3) bestehen demnach ebenfalls nur sehr lockere Zusammenhänge. Die positiven Beziehungen zwischen Myzelausbreitung

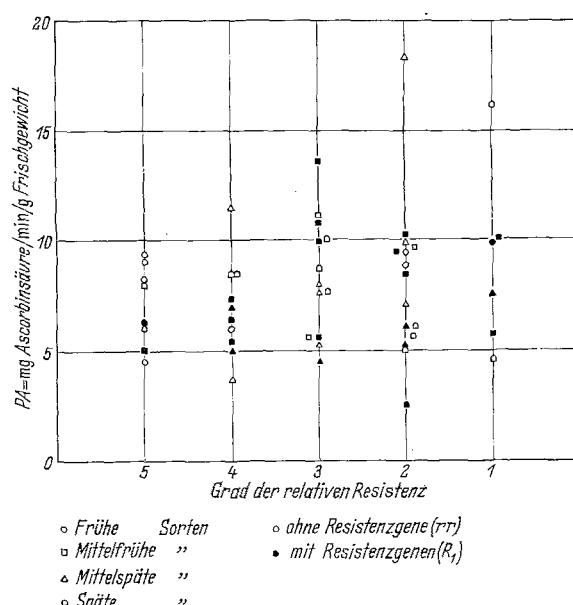


Abb. 2. Die Höhe der Peroxydaseaktivität (bestimmt mit dem Benzidin-Ascorbinsäure-Test nach LYR — 1957) in Blattextrakten von 52 Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit und unterschiedlichen Resistenzgrades.

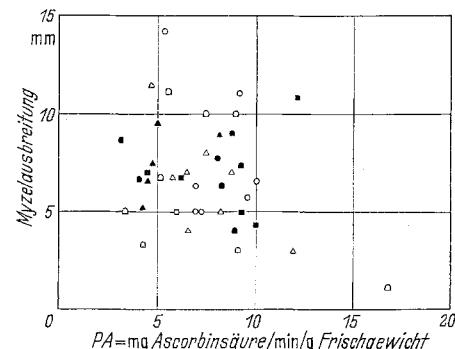


Abb. 3 (links). Beziehungen zwischen der Höhe der Peroxydaseaktivität und des Myzelwachstums von *Phytophthora infestans* im Blatt bei 40 Kartoffelsorten verschiedener Reifezeit und unterschiedlichen Resistenzgrades (Bedeutung der Symbole s. Abb. 2).

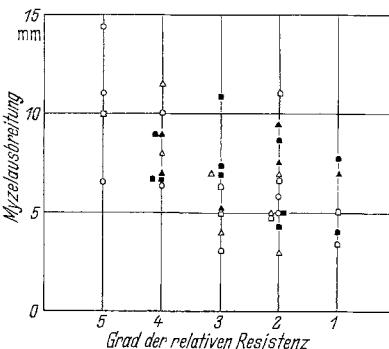


Abb. 4 (rechts). Beziehungen zwischen dem Myzelwachstum im Blatt (Mycel ausbreitung) und der relativen Resistenz bei 40 Kartoffelsorten verschiedenen Resistenzgrades (Bedeutung der Symbole s. Abb. 2).

Tabelle 2. Der Vergleich der relativen Resistenz und der PA bei verschiedenen Sorten ohne Resistenzgene (rr) nach Angaben von UMAERUS (1959) und eigenen Untersuchungsergebnissen.

Reihenfolge	Sorte	Reifezeit <sup>1</sup>	Angaben nach UMAERUS (1959)		eigene Versuchsergebnisse			
			relative PA	Resistenzgrad <sup>2</sup>	Resistenzgrad n. SCHICK u.a. <sup>3</sup>	PA mg/Asc./min/g Frischg.	relative PA	Reihenfolge
1.	Centifolia	msp	98%	1,0	3	15,25	88%	3.
2.	Voran	msp	92%	0,8	4	17,35	100%	1.
3.	Ackersegen	sp	86%	1,0	2	8,65	50%	6.
4.	Hindenburg	msp	80%	--	4	17,05	98%	2.
5.	Earline	fr	60%	0,4	5	9,4	54%	5.
6.	Pontiac	msp	54%	0,5	5	5,75	33%	8.
7.	Bintje	mfr	50%	0,4	5	7,4	43%	7.
8.	Cobbler	fr	48%	0,3	5	12,4	71%	4.

<sup>1</sup> fr = früh, mfr = mittelfrüh, msp = mittelpünktig, sp = spät

<sup>2</sup> 1 = resistent, 0,1 = anfällig

<sup>3</sup> 1 = sehr hohe Resistenz, 5 = sehr geringe Resistenz

und dem Grad der relativen Resistenz (HAUSSDÖRFER, 1959; UMAERUS, 1960) können dagegen bestätigt werden (Abb. 4), obgleich auch hier offensichtlich größere Abweichungen vom Mittel vorkommen können. Um die Sicherheit dieser Ergebnisse zu erhöhen, wäre es notwendig, die Versuche zu verschiedenen Zeitpunkten genügend oft zu wiederholen, aber dies war nicht der Zweck der vorliegenden Untersuchungen.

In den bisher beschriebenen Versuchen konnte keine Übereinstimmung mit den bisher bekannten Ergebnissen erzielt werden. In unseren Versuchen wurden meistenteils Sorten verwendet, die von den genannten Autoren nicht geprüft worden sind. Es erschien daher notwendig, einen Vergleich bei Sorten vorzunehmen, die z. B. von UMAERUS (1959) untersucht worden waren. Die dabei uns zur Verfügung stehenden Sorten und die erhaltenen Ergebnisse sind vergleichsweise mit den Angaben von UMAERUS in Tab. 2 eingetragen. Wenn auch keine völlige Übereinstimmung mit den Ergebnissen von UMAERUS vorliegt, so ist diese doch wesentlich besser und eine positive Korrelation ist eher nachweisbar, als man dies aus den in Abb. 2 ersichtlichen Ergebnissen annehmen sollte.

Auf die abweichenden Angaben des relativen Resistenzgrades wird in der Diskussion eingegangen.

Der Einfluß des Zeitpunktes der Probenahme auf die Höhe der PA zeigte in einem Versuch mit 9 ver-

schiedenen Sorten nur relativ geringe Differenzen:  $6^{00} = 12,45$ ;  $11^{00} = 12,65$  und  $16^{00} = 13,9$  mg Ascorbinsäure/min/g Frischgewicht. Im Verlauf der Untersuchungen konnte beobachtet werden, daß die PA mit zunehmendem Alter der Pflanzen im allgemeinen anstieg, obgleich die Blätter stets der gleichen Insertionshöhe entnommen wurden (Tab. 3).

Auf Grund der in den beschriebenen Versuchen gefundenen geringen Koppelung der PA und relativen Resistenz wurden Untersuchungen über die PA von Kartoffelsämlingen und ihrer späteren Feldresistenz nicht vorgenommen.

## Diskussion und Ergebnisse

Während über die biochemischen und physiologischen Grundlagen der absoluten, durch Überempfindlichkeits-Gene bedingten *Phytophthora*-Resistenz schon gewisse Vorstellungen bestehen, ist über die Ursache der relativen Resistenz bisher so gut wie nichts bekannt. Es ist aber wahrscheinlich, daß eine Anzahl von Faktoren am Zustandekommen beteiligt sind. Die Beurteilung des Merkmals „relative Resistenz“ als praktische Feldresistenz im Freiland wird dabei von Faktoren, wie das durch sortentypische Bestandesdichte bewirkte Mikroklima, Haftvermögen für Wassertropfen, Regenerationsvermögen usw., beeinflußt, wodurch die eigentlich im pflanzlichen Gewebe bzw. der Zelle lokalisierten Fähigkeiten zur relativen Resistenz überdeckt werden. Beispielsweise zeigt die Wildkartoffelart *Solanum polyadenium* im Freiland eine hohe Feldresistenz. Im künstlichen Infektionsversuch ist sie dagegen (mündliche Mitteilung von Herrn Dr. HAUSSDÖRFER) hoch anfällig. Die hohe Feldresistenz im Freiland ist offensichtlich eine Folge der starken Blattbehaarung, wodurch kein Tropfen haften bleibt. Die relative Resistenz auf der Grundlage der verlängerten Inkubationsdauer und verminderten Sporulationsintensität kann in der Ernährungsphysiologie des Erregers begründet sein. Obgleich für eine Anzahl untersuchter Rassen keine rassenspezifischen ernährungsphysiologischen Unterschiede (z. B. Verwertung von Aminosäuren, Kohlenhydraten usw.) nachgewiesen werden konnten (HENNIGER, 1963a) und die absolute Resistenz zweifellos nicht auf ernährungsphysiologische Belange des Erregers zurückgeführt werden kann,

Tabelle 3. Der Anstieg der Peroxydaseaktivität im Verlauf der Vegetationsperiode in mg Ascorbinsäure/min/g Frischgewicht.

Sorte	Blattentnahme am:			
	4. 7.	8. 7.	13. 7.	25. 7.
Blanik	11,9	11,5	24,7	68,0
Capella	4,3	3,7	4,7	13,8
St. Lüs. 56.207/48	3,4	5,0	7,7	22,4

reagiert *P. infestans* doch sehr empfindlich auf das Fehlen oder Vorhandensein bestimmter natürlicher Pflanzenstoffe. Z. B. wird nach unseren Untersuchungen (HENNIGER, 1963b) das Myzelwachstum von *P. infestans* bei im Blatt durchaus vorkommenden Solanin-Konzentrationen beträchtlich gehemmt. Die Rolle des Solanins ist schon verschiedentlich betont worden (ROCHLINA, 1935) und nicht unwidersprochen geblieben (RUBIN und ARZICHOWSKAJA, 1953). Unter dem jetzigen Aspekt der verschiedenen Prinzipien der *Phytophthora*-Resistenz müßten diese Untersuchungen mit inzwischen verbesserter Methodik wiederholt werden.

Welche Rolle die Peroxydase als Ursache der relativen Resistenz innehat, ist zur Zeit noch rätselhaft. Obgleich sie im Pflanzenreich weit verbreitet kommt und viel untersucht worden ist, bleibt ihre Rolle im allgemeinen Stoffwechsel und der Atmung völlig dunkel (BURRIS, 1960).

In den beschriebenen Versuchen sollte geprüft werden, ob sich der Peroxydaseaktivitäts-Test als Schnellmethode zur Bestimmung des Merkmals der relativen *Phytophthora*-Resistenz eignet bzw. als Ergänzung der biologischen Prüfverfahren (KEDAR, 1960) zweckvoll ist. Die von KAMMERMANN (1951), UMAERUS (1959, 1960) sowie KEDAR (1959) unter Verwendung relativ weniger Sorten gefundene positive Korrelation konnte mit Hilfe von 52 Kartoffelsorten und einer Bestimmung der PA an drei Terminen mit jeweils 3 Wiederholungen nicht bestätigt werden.

Die Gründe für das Zustandekommen unserer abweichenden Ergebnisse sind zur Zeit völlig unklar. Sie können nicht nur rein methodischer Natur sein, wie dies aus den in der Tab. 2 wiedergegebenen Vergleichen an acht von UMAERUS und uns untersuchten Sorten hervorgeht. Die ursprüngliche Annahme, daß die unterschiedliche Methodik der PA-Bestimmung die abweichenden Ergebnisse bewirken könnte, erwies sich als unbegründet. Bei dem direkten Verfahren (Brenzkatechin- oder Guajakol-Methode) hemmen die entstehenden Oxydationsprodukte bzw. das Ansteigen des Redoxpotentials die Reaktionsgeschwindigkeit. Beim BAS-Test bleibt bis zum Verbrauch der Ascorbinsäure das Redoxpotential niedrig und die Reaktionsgeschwindigkeit ziemlich konstant. Die Peroxydase bei den einzelnen Sorten hätte nun unterschiedlich auf eine Potentialerhöhung reagieren und somit Unterschiede der Aktivität vortäuschen können, die beim BAS-Test nicht sichtbar werden. Mit einer Anzahl Sorten durchgeführte vergleichende Bestimmungen mit dem von KEDAR angewandten Guajakol-Test und dem BAS-Test ergaben jedoch die relativ gleichen Werte.

Auch wenn in unseren Untersuchungen keine positive Korrelation zur PA vorhanden war, zeigten doch die Sorten mit der höchsten PA eine hohe relative Resistenz. Zur Selektion feldresistenten Zuchtmaterials ist die Höhe der PA offensichtlich nicht geeignet. Es wäre jedoch einmal sehr interessant, das Verhalten von Nachkommen aus Kreuzungen von Eltern mit sehr hoher Feldresistenz und hoher PA mit solchen hoher Feldresistenz und niedriger PA zu untersuchen.

Beim Vergleich der Angaben verschiedener Autoren über die Höhe der Feldresistenz findet man bei manchen Sorten beträchtliche Abweichungen. Wie Ergebnisse von UMAERUS (1959) aussagen, braucht dies nicht ein Fehlurteil zu sein. Die Feldresistenz ist von ökolo-

gischen Bedingungen abhängig: z. B. zeigt die Sorte Alpha in Iowa (Nordamerika) eine hohe und in Mexiko nur eine sehr niedrige Feldresistenz, womit aber gleichzeitig auch die jeweilige PA gekoppelt war. Die Feldresistenz und die Peroxydaseaktivität ist an die Tageslänge gekoppelt (UMAERUS, 1960). Es ist bekannt, daß aber auch andere Pflanzeninhaltsstoffe, z. B. der Chlorogensäuregehalt, witterungsabhängig sein können (WOLFGANG, SCHRÖDTER und HOFFMANN, 1959), ebenso ist dies für das Solanin bekannt. Es besteht keine Veranlassung anzunehmen, daß die Peroxydase in direkter Weise die Feldresistenz bewirkt, sondern sie kann auch mit der Bildung bzw. dem Vorhandensein anderer Stoffe gekoppelt sein, wobei diese Kopplung aber nicht zwingend ist und Ausnahmen häufig vorkommen können.

Daß die von SCHICK, MÖLLER, HAUSSDÖRFER und E. SCHICK gegebenen Angaben über den Grad der Feldresistenz auch dem Begriff der „relativen Resistenz“ (HAUSSDÖRFER, 1959) entsprechen, geht aus der in Abb. 4 gezeigten Abhängigkeit des Resistenzgrades von der Myzelausbreitung hervor. Die Abhängigkeit der vom gleichen Blattmaterial vor der Infektion bestimmten PA der Myzelausbreitung ist dagegen sehr gering.

Nach unseren Versuchsergebnissen muß die Frage der Korrelation zwischen PA und relativer Resistenz sehr kritisch betrachtet werden und bedarf zu ihrer endgültigen Klärung noch weiterer Untersuchungen mit umfangreicherem und unter gleichen Bedingungen angebautem Material.

### Zusammenfassung

Die Möglichkeit der Anwendung des Peroxydaseaktivität (PA)-Testes als Schnellmethode zur Ermittlung der relativen *Phytophthora*-Resistenz (Feldresistenz) bei Kartoffeln wurde an Hand des Verhaltens von 50 Sorten unterschiedlichen Resistenzgrades (relative sowie Überempfindlichkeitsresistenz) und unterschiedlicher Reifezeit überprüft.

Zwischen der Höhe der PA (Bestimmung mit dem Benzidin-Ascorbinsäure-Test nach LVR) und dem relativen Resistenzgrad bestand nur eine geringe Korrelation, da eine Reihe von Sorten mit einer guten relativen Resistenz nur eine geringe PA aufwiesen.

Ebenfalls bestanden zwischen der Geschwindigkeit des Myzelwachstums und der PA nur lockere Beziehungen.

Im Verlauf der Vegetation erfolgte eine Zunahme der PA.

Die vergleichende Nachprüfung der von UMAERUS (1959) untersuchten Sorten ergab eine relativ gute Übereinstimmung der Ergebnisse.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist der PA-Test zur Selektion von Zuchtmaterial mit dem Merkmal der relativen Resistenz gegenüber *Phytophthora infestans* nicht geeignet.

Herr Dr. Vogel, Abt. Sorten- und Stammsprüfung, stellte uns freundlicherweise die Werte einiger noch nicht als Sorten zugelassener Stämme der Haupt- und Kontrollprüfung zur Verfügung.

### Literatur

1. BLACK, W.: Late blight resistance work in Scotland. Amer. Potato J. 31, 93–100 (1954). — 2. BURRIS, R. H.: Hydroperoxydases (peroxydases and catalases). Hbd.

Pflanzenphysiologie 12, 365 (1960). — 3. DESHMUKH, M. J., and H. W. HOWARD: Field resistance to Potato blight (*Phytophthora infestans*). Nature (Lond.) 177, 794—795 (1956). — 4. FRANDSEN, N. O.: Resistenzeigenschaften und ihre Vererbung. Hbd. der Pflanzenzüchtung, II. Auflage, 3, 71—88 (1956). — 5. GRETSCHEUSCHNIKOV, A. I.: Rôle of peroxidase in immunity against *Phytophthora infestans* de Bary. C. R. Acad. Sci. USSR, N. s. 25, 683 bis 687 (1939); Referat: Ber. wiss. Biol. 54, 617 (1940). — 6. HENNIGER, H.: Untersuchungen zur Ernährungsphysiologie verschiedener Rassen von *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. — I. Der Einfluß von Aminosäuren und organischen Säuren auf das Mycelwachstum verschiedener Rassen des Pilzes in synthetischen Nährösungen. Im Druck — (1963a). — 7. HENNIGER, H.: — III. Der Einfluß von Phenolen und Alkaloiden auf das Mycelwachstum verschiedener Rassen des Pilzes in synthetischen Nährösungen. Im Druck — (1963b). — 8. HAUSSDÖRFER, M.: Ein Beitrag zur Bestimmung der relativen *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel. Dissertation, Rostock 1959. — 9. KAISER, W., und H. KLINGER: Untersuchungen über die Feldresistenz einiger Kartoffelsorten gegen *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 7, 21 (1955). — 10. KAMMERMANN, N.: Undersökningar rörande potatisbladmöget *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. II. Sammanfat mellan potatisbaldsaftens peroxidasaaktivitet och *Phytophthora*-resistens. Statens Växtskyddsanstalt, Mitteilung Nr. 58, Stockholm 1951. — 11. KEDAR, N. (KAMMERMANN): The peroxidase test as a tool in the selection of potato varieties resistant to late blight. Amer. Potato J. 36, 315—324 (1959). — 12. LYR, H.: Ein neues Peroxydase-Bestimmungsverfahren. Biochem. Z. 329, 91—96 (1957). — 13. MÜLLER, K. O., und H. BÖRGER: Experimentelle Untersuchungen über die *Phytophthora*-Resistenz der Kartoffel. Zugleich ein Bei-

trag zum Problem der erworbenen Resistenz im Pflanzenreich. Arb. Biol. Reichsanst. 23, 189—231 (1941). — 14. MÜLLER, K. O., und J. C. HAIGH: Nature of "field resistance" of the potato to *Phytophthora infestans* de Bary. Nature (Lond.) 171, 781—783 (1953). — 15. ROCHLINA, E.: Kartoffelkrankheiten. Arb. Inst. Kartoffelwirtsch. Nr. 1, 85 (1935). — 16. RUBIN, B. A., und E. W. ARZICHOWSKAJA: Biochemische Charakteristik der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Mikroorganismen. Akademie-Verlag, Berlin 1953. — 17. SCHAPER, P.: Die Bedeutung der Inkubationszeit für die Züchtung krautfäuleresistenter Kartoffelsorten. Z. Pflanzenzüchtung 30, 292—299 (1951). — 18. SCHICK, R., u. A. HOPPE: Die Züchtung der Kartoffel. In: R. SCHICK und M. KLINKOWSKI, Die Kartoffel, ein Handbuch. Bd. II, S. 1504. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin 1962. — 19. SCHICK, R., K.-H. MöLLER, M. HAUSSDÖRFER und E. SCHICK: Die Widerstandsfähigkeit von Kartoffelsorten gegenüber der durch *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary hervorgerufenen Krautfäule. Züchter 28, 99—105 (1958). — 20. VON SENGBUSCH, R.: Frühdiagnose — Die Frühdiagnose in der Züchtung und Züchtungsforschung. Züchter, 4. Sonderheft, Springer-Verlag, Berlin 1957. — 21. UMAERUS V.: The relationship between peroxidase activity in potato leaves and resistance to *Phytophthora infestans*. Amer. Potato J. 36, 124—131 (1959). — 22. UMAERUS, V.: Iakttagelser rörande fältresistens mot bladmöget (*Phytophthora infestans* (Mont.) de By. hos Potatis. Sveriges Utsädesfören. T. Heft 1—2, 59—89 (1960). — 23. VOWINCKEL, O.: Die Anfälligkeit deutscher Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden. Arb. Biol. Reichsanst. 14, 588—641 (1926). — 24. WOLFFGANG, H., H. SCHRÖDTER und G. M. HOFFMANN: Der Chlorogensäuregehalt wachsender Kartoffelknollen. Flora 148, 283—294 (1959).

## KURZE MITTEILUNG

### Sammlung von Schrifttum auf dem Gebiete Brotgetreide, Mehl und Brot in der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung Detmold

Sofort nach dem Zusammenbruch ist nach Verlust der Dokumentation in der früheren Reichsanstalt für Getreideverarbeitung infolge der Kriegsereignisse die Sammlung von Schrifttum auf dem Gebiete Getreide, Mehl und Brot wieder aufgenommen worden.

Das auf diesem Fachgebiet erscheinende Schrifttum hat einen derartigen Umfang angenommen, daß in Detmold monatlich zwischen 1500 und 2000 neue Titel auf-

genommen werden über neue Fachbücher und Fachaufsätze über Getreide, Mehl und Brot.

Die in Detmold aufgebaute Dokumentation dürfte eine der umfangreichsten Schrifttumsnachweise, die in der Welt existieren, sein. Die Ordnung des Schrifttums ist einerseits nach Verfassern erfolgt, und zwar in alphabetischer Reihenfolge, andererseits aber auch nach etwa 3200 einzelnen Fachgebieten. Insgesamt verfügt Detmold über 500000 Schrifttumsnachweise.

## BUCHBESPRECHUNGEN

**BEHRENS, H.: Lehrbuch der Schafkrankheiten.** Berlin u. Hamburg: Paul Parey 1962. 260 S., 93 Abb. Geb. DM 39.—

Das vorliegende „Lehrbuch der Schafkrankheiten“ aus der Feder des heute auf diesem Gebiet anerkannten Fachmannes HEINRICH BEHRENS trägt als wertvolle Fortsetzung des bisherigen Lehrbuches des Altmeisters für das Fachgebiet der Schafkrankheiten THEODOR OPPERMANN den neuesten Erkenntnissen auf diesem Gebiet vollauf Rechnung.

In kurzer, klarer Übersicht folgen aufeinander Infektionskrankheiten, Parasitäre Erkrankungen, Organ- Stoffwechsel- und Mangelkrankheiten, sowie Unfruchtbarkeit, Vergiftungen, Erbkrankheiten.

Ein speziell dem Tierarzt zugesetztes Kapitel behandelt Fragen der Operationen beim Schaf. Und das abschließende Kapitel „Verschiedenes“ befaßt sich mit der Applikation von Arzneimitteln und dem Abfressen der Klauen, Schwänze und Wollefressen.

Die Aufgliederung der einzelnen Kapitel ist so übersichtlich gehalten, daß ein rasches Nachschlagen dem Leser alles Wissenswerte für jede aufgezeigte Krankheit vermittelt.

Beginnend mit der Ätiologie folgen hier kurz und eindeutig dargestellt pathologische Veränderungen, Symptome, Diagnose, Therapie und Prophylaxe.

Durch die Wiedergabe eines sehr guten Bildmaterials werden die Ausführungen wertvoll ergänzt.

Das Lehrbuch ist nicht nur für den Tierarzt und Veterinärstudenten, sondern auch für den Schafzüchter und Schäfermeister ein ausgezeichnetes Nachschlagewerk.

*W. Altenkirch, Dummerstorf*

**Chemie und Biochemie der Solanum-Alkaloide.** Vorträge und Diskussionsbeiträge des Internationalen Symposiums der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 1959. Berlin: Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 1961, Tagungsberichte Nr. 27, 336 S., 60 Abb., 55 Tab. Brosch. DM 14.25.

Der vorliegende Tagungsbericht vermittelt — wie das Vorwort treffend herausstellt — „einen guten Überblick über den gegenwärtigen (1959) Stand der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Solanum-Alkaloide“. Die umfassende Abhandlung des zur Diskussion stehenden Stoffgebietes wird schon durch die Tatsache bekräftigt,