

Resistenzprüfung und Resistenzverhalten von Kartoffelsorten gegenüber dem S-Virus*

W. HUNNIUS

Bayerische Landessaatzuchtanstalt Weihenstephan

Testing of Potato Varieties for Resistance and Resistance Behavior to Virus S

Summary. 1. Experimental infections with virus S on a number of varieties showed that serological tests performed on the plant failed to prove a new infection with certainty. Such new infection remains symptomless, while invasion of the tuber proceeds relatively rapidly.

2. During the last three years 67 varieties were tested: 22.4 percent were found to be of low, 47.8 percent of medium, and 29.8 percent of high resistance.

3. The rate of tuber contamination of a primary infected plant increased from resistance stage 1 with 37.9 percent virus infection to 83.0 percent in resistance stage 9. With the degree of resistance the portion of noninfected plants decreased, that of 100 percent infected plants increased. Symptomatically, there was almost total latency after secondary infections; only in a few cases were non-uniform and varying symptoms observed.

4. The potato plant has a well defined mature plant resistance to virus S. There are practically no differences in the degree of infection conferred to older, unequally resistant varieties, so that inoculation must be done at an early age when resistance differences are to be recorded.

5. The resistance tests of 1964–1967 used different methods of inoculation. Rubbing the virus-containing sap on one leaf of each sprout resulted in a low degree of infection, inoculation by spray gun in a high one. From a comparison of the different years and methods of infection one may conclude that the resistance of a variety can be reliably reproduced if one half of the plants are inoculated by rubbing, the other half by spray gun. A medium degree of infection and good differentiation of the varieties can thus be obtained.

6. Only with late manual inoculation of a highly susceptible variety did early lifting result in a remarkable decrease of infection. As the result of mature plant resistance such an effect was prevented in potatoes of medium susceptibility.

Über das Resistenzverhalten von Kultursorten gegenüber dem S-Virus der Kartoffel ist bisher noch wenig bekannt. Systematische Untersuchungen eines größeren Kulturkartoffelsortiments wurden u. W. bisher noch nicht durchgeführt. ROZENDAAL und BRUST (1955) berichten, daß die Sorte Alpha in den serologischen Testen keinen S-Virusbefall aufwies, die Sorten Eigenheimer und Voran 3–4% Infektionen zeigten, und daß sich diese geringe Empfänglichkeit bei Saftinokulationen bestätigte.

SCHOLZ (1962, 1964) schließt in ähnlicher Weise aus dem S-Virusbesatz der verschiedenen Anbaustufen auf die Resistenz der Sorten. Die Kenntnis des Resistenzverhaltens der Sorten ist jedoch sowohl für die Neuzüchtung wie vor allem für die Erhaltungszüchtung von grundlegender Bedeutung. Das Problem der S-Virusanierung wird nur über die Resistenzzüchtung gelöst werden können (SCHOLZ 1962). Das S-Virus ist aber lange Zeit von der Resistenzzüchtung vernachlässigt worden (BAERECKE 1967a). Als Ausgangsmaterial einer gezielten Züchtung auf S-Virusresistenz war bislang die Sorte Saco angesehen worden, die als immun angesprochen wurde. Nach Untersuchungen von BAGNALL (1965), BAERECKE

(1967a), VULIĆ und HUNNIUS (1967a) besitzt die Sorte Saco aber keine Immunität, sondern eine hochgradige Infektionsresistenz. Sie vererbt ihre Resistenz jedoch nach einem ungünstigen Modus und ist auch von zahlreichen Eigenschaften her ein wenig günstiger Kreuzungspartner (BAERECKE 1967a). Inzwischen konnte von BAERECKE (1967b) in einem bolivianischen Andigena-Klon (P.I. 258907) Überempfindlichkeit gegenüber dem S-Virus festgestellt werden, die monogen dominant vererbt wird. Einkreuzung von Wildkartoffeln bedeutet aber immer langwierige Züchtungsarbeit, um Kultursorten mit hohem Qualitäts- und Leistungsniveau und der entsprechenden Resistenzeigenschaft zu erzielen. So rechnet auch BAERECKE (1967b) mit mindestens 3 Einkreuzungsschritten.

Wir stellten uns daher von vornherein die Aufgabe, das deutsche Kartoffelsortiment auf S-Virusresistenz zu überprüfen, da bei Vorhandensein von hochresistenten Sorten die Züchtungsarbeit bei Beibehaltung des Kulturniveaus wesentlich erleichtert und vereinfacht werden kann (siehe auch BAERECKE 1967a). Die Kenntnis des Resistenzverhaltens der Sorten ist die Grundlage für deren Einsatz als Kreuzungspartner, gibt aber auch wertvolle Hinweise für die Durchführung der Erhaltungszüchtung. Durch das latente Auftreten und die alleinige Erfassung des S-Virus mit dem serologischen Verfahren sowie durch

* Die Untersuchungen wurden teilweise durch die Gesellschaft zur Förderung der privaten deutschen landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung (GFP) finanziell unterstützt, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

die stark schwankende Konzentration des S-Virus in der Pflanze (WETTER 1957, ARENZ, VULIĆ und HUNNIUS 1964, VULIĆ und HUNNIUS 1967) erfordert die S-virusfreie Erhaltungszüchtung einen erheblichen Arbeits- und Kostenaufwand. Diesen Aufwand rationell einzusetzen, kann die Kenntnis des Resistenzverhaltens wesentlich beitragen.

1. Methodik der Resistenzprüfung

Untersuchungen über die Resistenz setzen ein leistungsfähiges Prüfverfahren und die Kenntnis der Ausbreitung des Virus bei der Primärinfektion voraus. Da noch wenig bekannt ist über die Ausbreitung des S-Virus bei Neuinfektion von Kartoffelpflanzen, wurden zunächst Versuche in dieser Richtung angestellt. Diese sollten insbesondere die Frage klären helfen, ob beim S-Virus die Primärinfektion im Infektionsjahr mit Hilfe des serologischen Verfahrens erfaßt werden kann, wie dies bei X-Virus von BERCKS festgestellt und in zahlreichen Untersuchungen über das Sortenverhalten angewandt wurde (BERCKS 1949 bis 1953).

1.1 Erfassung der Primärinfektion

Im Jahre 1962 wurden 3 Sorten, bei denen wir auf Grund des verschieden hohen Besatzes im Vermehrungsmaterial eine unterschiedliche Resistenz vermuteten, mit S-Virus infiziert. (Die späteren Resistenzprüfungen bestätigen diese Vermutung weitgehend: Die gering anfällige Sorte wurde nach dreijähriger Prüfung in Resistenzstufe 3, die mittelanfällige Sorte in Resistenzstufe 6, die höheranfällige Sorte in Resistenzstufe 8 eingereiht.)

Die Anzucht erfolgte in 28-cm-Gefäßen auf entsprechend gedüngtem Miocänsand. Die Pflanzen

wurden 4triebzig angezogen, überzählige Triebe ausgeschnitten. Kurz nach dem Auflaufen wurden die Pflanzen auf Befall mit X-, S-, A- und Y-Virus untersucht und befallene Pflanzen entfernt.

5 Wochen nach dem Pflanzen wurde die Infektion mit S-Virus gesetzt. Von jedem Trieb wurde das 5. Blatt, von der Vegetationsspitze ab gerechnet, mit Hilfe eines Schaumgummischwämmchens von Hand unter Verwendung von Carborund inokuliert. Die inokulierten Blätter wurden gekennzeichnet. Durch Testung auf Tomate war sichergestellt, daß der zur Inokulation benutzte Preßsaft nur S-Virus und kein M-Virus enthielt. In diesem wie in allen folgenden Versuchen kam S-Virus der gleichen Herkunft aus der gleichen Sorte zur Anwendung. Die infizierten Pflanzen wurden in Erntegruppen zu 4–5 Pflanzen eingeteilt. Beginnend 5 Wochen nach Inokulation erfolgte die Ernte der 1. Gruppe und im Abstand von jeweils 7 Tagen weitere Ernten. Bei der Ernte wurde an den noch grünen Stauden je ein Trieb mit sämtlichen Blättern serologisch auf Vorhandensein von S-Virus untersucht. Die Knollen wurden staudenweise getrennt geerntet und im folgenden Frühjahr in der Augenstecklingsprüfung auf S-Befall untersucht.

Das Ergebnis dieses Versuches ist in Tab. 1 zusammengefaßt.

Zunächst ist festzustellen, daß das S-Virus bei der Neuinfektion in den Blättern mit dem serologischen Verfahren nur zu einem geringen Anteil erfaßt wurde. Es bestehen Unterschiede in den verschiedenen resistenten Sorten. Bei der anfälligen Sorte konnte das infizierte Blatt schon frühzeitig erfaßt werden, bei der mittelanfälligen erst etwas später und bei der resistenten Sorte nur vereinzelt. Eine Auswanderung in

Tabelle 1. Ausbreitung des S-Virus bei Primärinfektion (1962)

Erntetermin	Blattuntersuchung bei Ernte (1 Trieb je Pflanze mit allen Blättern)				S-Befall im Nachbau % S-befallene Knollen
	Pflanzen- zahl	Blattzahl	infizierte Blätter (davon S-pos.)	nicht infizierte Blätter (davon S-pos.)	
geringanfällige Sorte					
5 Wochen p.i.	5	61	0	0	11,4
6 Wochen p.i.	5	65	1	0	14,3
7 Wochen p.i.	4	53	0	0	0
8 Wochen p.i.	4	53	1	1	24,2
10 Wochen p.i.	5	—	—	—	35,0
mittelanfällige Sorte					
5 Wochen p.i.	5	71	1	0	15,4
6 Wochen p.i.	5	75	2	0	62,5
7 Wochen p.i.	5	80	4	7	52,4
8 Wochen p.i.	5	97	4	0	54,5
10 Wochen p.i.	5	—	—	—	81,6
hochanfällige Sorte					
5 Wochen p.i.	4	57	4	0	34,3
6 Wochen p.i.	4	65	4	6	63,2
7 Wochen p.i.	4	55	4	12	91,3
8 Wochen p.i.	4	41	26		100,0
10 Wochen p.i.	5	—	—	—	100,0

die nichtinfizierten Blätter war in nennenswertem Umfang nur bei der anfälligen Sorte nachweisbar.

Der Befund, daß die Primärinfektion bei S-Virus nicht immer faßbar war und bei den anfälligen Sorten mit Sicherheit auch nur dann, wenn das infizierte Blatt untersucht wurde, steht im Gegensatz zu den Befunden von ROZENDAAL und BRUST (1955), bei deren Infektionsversuchen der Nachweis der Infektion in den meisten Fällen durch die Agglutination gelang, manchmal auch nur durch die Mikropräzipitation (die in unseren Versuchen immer zur Anwendung kam). Nur ausnahmsweise waren beide Teste negativ, die Nachkommenschaft jedoch infiziert. Bei diesen Untersuchungen wurde die Infektion durch Knollenpflanzung gesetzt, während bei unseren Versuchen 5 Wochen alte Pflanzen infiziert wurden. Bei der Knollenpflanzung ist der Infektionsverlauf mit dem einer Sekundärinfektion nahezu gleichzusetzen, so daß bereits der Keim mit dem Virus infiziert wird und Pflanzenwachstum und Virusvermehrung parallel laufen. Eigene Erfahrungen zeigen, daß ein Nachweis der Primärinfektion bei S-Virus mit hoher Sicherheit dann gegeben ist, wenn sehr junge Pflanzen mittels Spritzpistole einer sehr massiven Infektion ausgesetzt wurden, oder auch bei Pflanzung von gesunden Reiserknollen auf S-virusinfizierte Kartoffelpflanzen. Dagegen muß bei der Inokulation eines Blattes an einem Trieb das Virus sich zunächst in diesem Blatt vermehren, um dann die Pflanze durchseuchen zu können. Dabei werden dann nicht nur die Unterschiede in der Virusvermehrung, sondern auch in der Virusausbreitung in der Pflanze wirksam, die beide Komponenten der Feld- oder Infektionsresistenz darstellen, so daß auch die unterschiedliche Resistenz der verschiedenen Sorten sich besser herauschält.

Während in den oberirdischen Teilen das S-Virus nur in relativ geringem Umfange nachzuweisen war, ist es in den gleichzeitig geernteten Knollen bereits in höherem Maße vorhanden. Dies trifft besonders für die anfälligere Sorte zu, deren Knollen 7 Wochen nach Infektion bereits zu über 90% befallen waren. Bei der mittelanfälligen Sorte verläuft die Verseuchung anfangs nahezu gleichschnell wie bei der stärker anfälligen Sorte, bleibt aber dann auf diesem Stand, um kurz vor der letzten Ernte nochmals zu einer Erhöhung zu kommen. Bei der resistenten Sorte dagegen ist die Ausbreitung des S-Virus in den Knollen stark verlangsamt.

Die vorliegenden Befunde zeigen, daß beim S-Virus die Ergebnisse der Laubuntersuchungen keinen sicheren Hinweis auf den Befall der Knollen geben, während BERCKS (1953) bei X-Virus zu einer sehr guten Übereinstimmung kam.

Im Jahre 1963 wurde mit den gleichen Sorten ein ähnlicher Versuch durchgeführt, wobei jedoch 3 Infektionstermine zur Anwendung kamen, um die Frage der Altersresistenz der Kartoffel gegenüber dem S-Virus zu klären.

Es wurden je Sorte 30 Pflanzen angesetzt. Je 10 Pflanzen wurden 4, 7 und 10 Wochen nach Pflanzung inokuliert und zu einem einheitlichen Termin 16 Wochen nach Pflanzung geerntet. Die Ergebnisse zeigt Tab. 2.

Tabelle 2. Ausbreitung des S-Virus bei zeitlich gestaffelter Infektion (1963)

Infektionstermin	% S-positiver Knollen im Nachbau		
	gering-anfällig	mittel-anfällig	hoch-anfällig
1. Infektion (4 Wochen nach Pflanzung)	50,8	45,5	90,9
2. Infektion (7 Wochen nach Pflanzung)	4,3	0,0	2,2
3. Infektion (10 Wochen nach Pflanzung)	2,4	3,5	6,4

Wie 1962, so brachte auch in diesem Versuch die Infektion mit S-Virus einen nach Sortenresistenz unterschiedlichen Befall der Knollen. Darüber hinaus zeigen die Pflanzen der verschiedenen Sorten vom 1. zum 2. Infektionstermin einen sehr starken Rückgang in der Zahl der infizierten Knollen. Die Kartoffelpflanze besitzt somit auch gegenüber dem S-Virus eine Altersresistenz, wie sie für X-Virus (BERCKS 1949, 1950, 1951, 1952), für Blattroll-Virus (ARENZ 1953, BEEMSTER 1958, ARENZ und HUNNIUS 1959) und Y-Virus (ARENZ und HUNNIUS 1958, 1959, BEEMSTER 1965) festgestellt wurde.

Bei den später gesetzten Infektionen bestehen praktisch keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Resistenzgraden, so daß für die Erfassung von Resistenzunterschieden die Infektionen frühzeitig gesetzt werden müssen.

1.2 Einfluß des Infektionsverfahrens auf den Infektionserfolg

Seit dem Jahre 1964 führen wir alljährlich an einem umfangreichen Sortiment von Sorten und Stämmen eine Resistenzprüfung auf S-Virus durch. Aufbauend auf die Erfahrungen bei Resistenzprüfungen mit Blattroll- und Y-Virus (ARENZ 1953, ARENZ und HUNNIUS 1958, 1961) werden die Prüfungen in Tongefäßen im Gewächshaus durchgeführt. Um bei rationeller Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Gewächshausraumes eine möglichst große Anzahl von Sorten und Stämmen prüfen zu können, werden 15 cm-Tongefäße verwendet. Bei dieser Topfgröße bringen die Pflanzen erfahrungsgemäß 6–8 genügend große Knollen, so daß bei 10 Töpfen je Prüfglied 60–80 Knollen für den Nachbau und die Überprüfung des Infektionserfolges zur Verfügung stehen. Die Prüfungen kommen Mitte bis Ende April zum Anbau. Es wird weitgehend S-freies Material ausgepflanzt und kurz nach dem Auflaufen eine 1- bis

2malige Überprüfung auf S-Virus vorgenommen. Befallene Pflanzen werden entfernt.

Bei den Resistenzprüfungen kommt dem Infektionsverfahren größte Bedeutung zu. Es soll einerseits eine genügende Differenzierung des Befalles der Prüfglieder ermöglichen, keine zu hohe und auch keine zu niedrige Infektionsrate bringen (BAERECHE 1956, 1961), andererseits aber möglichst einfach und schnell durchgeführt werden können. Für den Infektionserfolg spielt die Konzentration des Virus im Inokulum, Zahl, Alter und Stellung der infizierten Blätter (BEEEMSTER 1954, 1960, 1966) und auch die Art der Einbringung in das Blatt eine Rolle.

Wie die vorausgehenden Versuche gezeigt haben, ist bei zu später Infektion, wenn die Altersresistenz eingesetzt hat, eine Differenzierung der Resistenz nicht mehr zu treffen. Daher werden die Pflanzen frühzeitig, im Alter von 3—4 Wochen nach dem Pflanzen, infiziert (Tab. 4). Für die Infektion wird das erste voll ausgebildete Blatt herangezogen, normalerweise die 3.—4. Insertion. Der Preßsaft wird aus Kartoffelpflanzen gewonnen, wobei in allen Jahren S-Virus der gleichen Sorte und einheitlicher Herkunft verwendet wird. (Durch Pfropfung auf Tomate wird die Freiheit von M-Virus sichergestellt.) Die Infektion wurde 1964 durch Abreibung von Hand mit Hilfe eines Schaumgummischwämmchens und unter Verwendung von Carborund durchgeführt. 1965 kam eine Farbspritzpistole zum Einsatz, wie sie von WIERSEMA (1961) für die Immunitätszüchtung benutzt wird. Je 100 ml Inokulum werden 12 g Carborund gegeben. Die erste Infektion wurde mit zu hohem Druck (5 atü) und bei zu geringem Pflanzenabstand (ca. 10 cm) gesetzt, wodurch die infizierten Blätter zu stark verletzt wurden und zum großen Teil abstarben. Daher wurde nach 10 Tagen eine zweite Infektion mit 3 atü und 20—25 cm Abstand vom zu infizierenden Blatt gesetzt. Dieses wird mit einer Schaumgummiunterlage gehalten. Eine Abschirmung der übrigen Pflanze ist nicht notwendig, da der Sprühstrahl sehr eng liegt. Nach diesem Verfahren wurde auch in den folgenden Jahren gearbeitet. Um einer zu starken Verseuchung bei Anwendung der Spritzpistole wie 1965 vorzubeugen, wurde 1966 eine Früh- und Normalrodung bei je der Hälfte der Pflanzen durchgeführt. 1967 kam dann bei je 5 Pflanzen Einreibung von Hand bzw. Infektion mit der Spritzpistole zur An-

wendung. Die Gesamtergebnisse aus den 4 Jahren sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

In einzelnen Jahren wurden parallel die verschiedenen Infektionsverfahren bei mehreren Sorten geprüft. Dabei wurde Infektion von Hand und Spritzpistole auf ein Blatt je Trieb sowie Infektion der ganzen Pflanze mit Spritzpistole und im Jahre 1967 auch Infektion von 2 gegenständigen Blättern je Trieb von Hand einbezogen. Bevor das Gesamtergebnis der Infektionsjahre aus Tabelle 4 besprochen wird, sei auf diese Ergebnisse in Tab. 3 eingegangen.

Es zeigt sich, daß in beiden Jahren die Inokulation von Hand auf 1 Blatt die geringsten Infektionen aufwies. Wurden zwei gegenständige Blätter infiziert, so stieg die Infektionsrate beträchtlich an. Damit bestätigen sich die Ergebnisse von BEEEMSTER (1960) bei X-Virus. Die beiden Infektionsverfahren Handeinreibung und Spritzpistole auf ein Blatt unterscheiden sich beträchtlich. Bei Spritzpistoleninfektion gelangt sehr viel mehr Inokulum in das Blatt als bei Handeinreibung. Diese größere Virusmenge dürfte sich schneller in dem Blatt und in den anderen Pflanzenteilen ausbreiten und vermehren. Da bei der Infektionsresistenz in der Pflanze nicht nur die Infizierbarkeit verringert ist, sondern auch die Vermehrung und Wanderung des Virus (ARENZ 1953, ROSS 1956, BAERECHE 1956, 1961), können sich bei dieser Art der Infektion diese verschiedenen Faktoren unterschiedlich auswirken. Eine nochmalige Erhöhung der Infektionsrate ist bei Infektion der ganzen Pflanze mittels Spritzpistole festzustellen. Hier tritt ein ähnlicher Effekt ein wie bei Infektion von 2 Blättern von Hand, nämlich daß die Vermehrung und Wanderung an mehreren Stellen zugleich einsetzt, so daß praktisch alle Knollen durchseucht werden. Die mit diesem Infektionsverfahren erreichte Befallsrate ist auf jeden Fall zu hoch, als daß eine klare Differenzierung der Resistenzunterschiede möglich ist. Hierfür ist eine im Durchschnitt mittlere Infektionsrate am günstigsten, da sie genügend Differenzierungsmöglichkeiten nach oben und unten hat. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint bereits die Anwendung der Spritzpistole bei Infektion von 1 Blatt etwas zu hoch.

In ähnlicher Weise lassen auch die zusammengefaßten Ergebnisse der 4jährigen Resistenzprüfungen in Tab. 4 den Einfluß des Infektionsverfahrens deutlich erkennen.

Den niedrigsten Befall mit durchschnittlich 29,5% S-Virusverseuchung der Knollen in der Augenstecklingsprüfung bei 2- bis 3maliger Untersuchung der Pflanzen weist das Jahr 1964 auf, bei dem die Infektion mit der Hand durch Einreibung eines Blattes je Trieb gesetzt wurde. Das Jahr 1965 liegt mit 80,9% S-Virusbefall am höchsten. Hier wirkt sich die Infektion von 2 Blättern je Trieb mit der Spritzpistole nahezu ähnlich stark aus wie in den Versuchen der Tab. 3 die Spritzpistoleninfektion der gesamten Pflanze. Die Infektion war zu stark, um eine Diffe-

Tabelle 3. Vergleich verschiedener Infektionsverfahren (Prozentsatz S-virusbefallener Knollen im Nachbau)

Jahr	1965	1967
Zahl der geprüften Sorten	6	4
Infektion von Hand		
auf 1 Blatt je Trieb	12,8	6,5
Infektion von Hand		
auf 2 Blätter je Trieb	—	18,7
Infektion mit Spritzpistole		
auf 1 Blatt je Trieb	68,9	59,7
Infektion mit Spritzpistole		
auf die ganze Pflanze	93,6	90,0

Tabelle 4. Zusammengefaßte Ergebnisse der Resistenzprüfung 1964–1967

Jahr	Anzahl Prüfglieder (Sorten und Zuchtstämme)	Anbau-datum	Infektions-datum	Infektions-verfahren	Erntedatum	durchschnittlicher Befall mit S-Virus % im Nachbau
1964	49	17. 4.	12. 5.	Handeinreibung	5. 8.	29,5
1965	71	20. 4.	1. Inf.: 10. 5. 2. Inf.: 20. 5.	Spritzpistole	3. 8.	80,9
1966	71	21. 4.	12. 5.	Spritzpistole	1. Frührodung 23. 6. bzw. 28. 7. 2. Normalrodung 16. 8.	51,1 60,5
1967	74	24. 4.	17. 5.	Handeinreibung Spritzpistole	22. 8.	25,0 56,9

renzierung der Sortenresistenz zu ermöglichen, so daß für die Resistenzeinstufung dieses Jahr eliminiert werden mußte. Um einem so starken Befall vorzubeugen, wurde bei der Infektion 1966, die ebenfalls mit der Spritzpistole auf 1 Blatt je Trieb erfolgte, eine Frührodung durchgeführt. Bei den frühreifenden Sorten wurde dabei am 23. 6., bei den mittelfrüh- bis mittelspätreifenden Sorten am 28. 7. das Kraut gezogen. Diese Frührodung brachte jedoch nur einen geringen Effekt und einen um rd. 9% geringeren Befall. Insgesamt liegt im Durchschnitt beider Behandlungsarten der Befall bei 55,8% und erlaubt noch eine gute Sortendifferenzierung. Aus der Überlegung heraus, daß bei der Spritzpistoleninfektion die Vermehrungsresistenz gegenüber der Abwanderungsresistenz in den Hintergrund treten könnte, wurde 1967 die Infektion bei der Hälfte der Pflanzen von Hand und bei der anderen Hälfte mit der Spritzpistole gesetzt. Das Ergebnis beider Infektionsarten gleicht dem der Jahre 1964 bzw. 1966 mit dem entsprechenden Infektionsverfahren. Der durchschnittliche Befall von 40,9% ließ eine einwandfreie Abstufung der Sortenresistenz zu.

In Tab. 5 wurde versucht, einen Vergleich der in den Jahren 1964, 1966 und 1967 erzielten Resistenz-

ergebnisse bei den einzelnen Jahren und bei den verschiedenen Behandlungsarten anzustellen. (Das Jahr 1965 konnte wegen fehlender Differenzierung nicht herangezogen werden.)

Die beiden Jahre 1966 und 1967 (Spritzpistoleninfektion zu Hand/Spritzpistoleninfektion) zeigten die beste Übereinstimmung, indem 49,0% der Ergebnisse nicht mehr als 1 Resistenzstufe und 70,6% nicht mehr als 2 Resistenzstufen abwichen. Auch wenn man die 9 Resistenzstufen zu 3 Resistenzgruppen zusammenfaßt (1–3 = hohe, 4–6 = mittlere und 7–9 = geringe Resistenz), stimmen beide Jahre am besten überein. Nur 3,9% wichen mehr als 1 Resistenzgruppe ab. Die Ergebnisse der Jahre 1964:1966 (Hand:Spritzpistole) und 1964:1967 (Hand:Hand/Spritzpistole) sind einander sehr ähnlich. Der Anteil stärkerer Abweichungen sowohl bei den Resistenzstufen wie bei den Resistenzgruppen liegt wesentlich höher als 1966:1967.

Der Vergleich der 3 Prüffahre 1964:1966:1967 ergibt infolge der schwankenden Ergebnisse in den einzelnen Jahren nur eine mäßige Übereinstimmung bei den Resistenzstufen, eine wesentlich bessere bei den Resistenzgruppen. Hier lagen 74,0% bzw. 20 von 27 Sorten und Stämmen in den 3 Jahren nicht

Tabelle 5. Übereinstimmung der Resistenzeinstufung nach Jahren und Behandlungsarten (Prozentualer Anteil in den einzelnen Vergleichsgruppen)

Vergleichsgruppen	Anzahl der Prüfglieder	Abweichung um ... Resistenzstufen					Abweichung um ... Resistenzgruppen		
		0	± 1	± 2	± 3	über ± 3	0	± 1	± 2
1. Jahre									
1964:1966	33	12,1	27,2	18,2	9,1	33,4	42,4	39,4	18,2
1964:1967	27	18,5	22,2	11,1	22,2	26,0	44,5	29,6	25,9
1966:1967	50	15,7	33,3	21,6	21,6	7,8	51,0	45,1	3,9
1964:1966:1967	27	3,7	14,8	14,8	18,5	48,2	29,6	44,4	26,0
2. Behandlungsarten									
Frühernte: Normalernte									
1966	71	29,6	26,8	25,4	11,2	7,0	59,2	33,8	7,0
Infektion von									
Hand: Spritzpistole									
1967	74	17,6	17,6	14,8	18,9	31,1	43,3	37,8	18,9
Handinfektion									
1964:1967									
Spritzpistoleninfektion									
1966:1967	50	24,0	22,0	16,0	20,0	18,0	42,0	46,0	12,0

mehr als 1 Resistenzgruppe auseinander. Immerhin zeigten 12 Sorten und Stämme (44,4%) in 2 Jahren völlige Übereinstimmung in den Resistenzstufen und sogar 23 Sorten und Stämme = 85,2% lagen in 2 Jahren in der gleichen Resistenzgruppe. Von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet ist die Übereinstimmung der Resistenzergebnisse als gut zu bezeichnen.

Von den verschiedenen Behandlungsarten ergibt der Vergleich Frührodung:Normalrodung 1966 eine sehr hohe Übereinstimmung. 56,4% wichen nicht stärker als eine und 81,8% nicht stärker als 2 Stufen ab. Ähnlich gut ist auch der Vergleich nach Resistenzgruppen. Der Vergleich Hand:Spritzpistole im Jahre 1967 bringt ähnliche Zahlen wie der Vergleich Handinfektion 1964:1967 und der Jahresvergleich 1964:1966 bzw. 1964:1967. Die Gegenüberstellung der Spritzpistoleninfektion 1966 und 1967 liegt ähnlich gut wie der Jahresvergleich 1966:1967.

Aus diesen Ergebnissen ist zu folgern, daß wohl am besten die Resistenz einer Sorte mit guter Reproduzierbarkeit dann ermittelt wird, wenn die Kombination Handabreibung und Spritzpistoleninfektion auf je der Hälfte der Pflanzen durchgeführt wird. Sie bringt mittlere durchschnittliche Befallswerte und ermöglicht so eine gute Sortendifferenzierung. Sie läßt aber auch eventuell vorhandene Unterschiede in den Faktoren der Infektionsresistenz, Infektions-, Abwanderungs- und Vermehrungshemmung, zum Tragen kommen. Gerade bei der Infektionsresistenz ist es sehr wesentlich, ob ein Stamm in einer Vielzahl von Situationen eine Virusinfektion zu überstehen vermag (BAERECHE 1955). Dazu ist auch eine gewisse Rationalisierung gegeben, da nur die Hälfte der Pflanzen von Hand zu infizieren ist und somit auch größere Serien kurzfristig bewältigt werden können.

1.3 Resistenzeinstufung

Für die Einstufung der Resistenz wurde, wie in unseren früheren Untersuchungen (ARENZ und HUNNIUS 1958, 1961), der Prozentsatz virusverseuchter Knollen im Nachbau der Augenstecklingsprüfung herangezogen. Da von jeder Staude sämtliche geernteten Knollen nachgebaut und auf S-Virusbefall untersucht werden, gibt diese Zahl den Anteil infizierter Knollen je angebaute Staude wieder. Die Resistenzstufen wurden nach dem Schema von BODE (1965) ausgehend vom durchschnittlichen Befall des geprüften Sortimentes gebildet. Die Resistenzstufen werden nach diesem Vorgehen relativ gegeneinander abgegrenzt, wobei der durchschnittliche Befall = 100 gesetzt wird. Es umfassen

Stufe	1 =	0—30%	} des durchschnittlichen Befalles
	2 =	30—50%	
	3 =	50—70%	
	4 =	70—90%	
	5 =	90—110%	
	6 =	110—130%	
	7 =	130—150%	
	8 =	150—170%	
	9 =	über 170%	

Die Verwendung des durchschnittlichen Befalles als Maßstab für die Resistenzeinstufung setzt einen mittelhohen Durchschnittsbefall und einen annähernd gleichmäßigen Anteil der verschiedenen Resistenzstufen im Sortiment voraus. Sobald jedoch im Prüf-sortiment die hochresistenten Prüfglieder überwiegen, wird der Durchschnittsbefall als Maßstab für die Resistenzeinstufung problematisch. Im Jahre 1967 trat beispielsweise in unseren Resistenzprüfungen bei Y-Virus der Fall ein, daß im Durchschnitt von 83 Sorten und Stämmen der Befall bei 19,7% lag. 52 Stämme und Sorten wurden dabei in die Resistenzstufen 1 bis 3 eingestuft. Bereits mit rd. 32% Y-Befall wurden bei dieser Prüfung die Sorten und Stämme in die Resistenzstufe 9 eingereiht. Bekannt hochanfällige Sorten brachten jedoch Befallswerte zwischen 70 und 90%. Unseres Erachtens sind aber Stämme mit 32% Befall keineswegs so anfällig wie Stämme, die unter gleichen Infektionsbedingungen 90% Befall erbringen. Es scheint daher unter diesen Voraussetzungen zweckmäßig, von bekannt anfälligen Sorten auszugehen und deren Befall als Stufe 9 zu setzen. Nach diesem Vorgehen wurde der gleiche Stamm mit 32% Befall in Stufe 5 = mittlere Resistenz eingeteilt, was auch im Vergleich von bekannten Sorten mittlerer Resistenz durchaus gerechtfertigt ist. Bei einer Verschiebung der Resistenzen zugunsten eines erhöhten Anteils geringer anfälliger Typen müssen somit vermehrt Standards mit bekannter Resistenz der verschiedensten Grade eingeschoben werden, wie dies auch BAERECHE (1956, 1961) fordert. Beim S-Virus ist derzeit noch eine gleichmäßige Verbreitung der verschiedenen Resistenzstufen im Sortiment gegeben, so daß der Durchschnittsbefall als Maßstab zu guten Ergebnissen führt.

2. Resistenzverhalten des deutschen Kartoffelsortimentes

2.1 Resistenzvorkommen

In den Jahren 1964, 1966 und 1967 wurden insgesamt 67 Sorten auf ihre S-Virus-Resistenz nach der unter I beschriebenen Methodik überprüft. Das Gesamtergebnis mit den in den einzelnen Jahren ermittelten Resistenzstufen wurde in Tabelle 6 zusammengefaßt. Die Einordnung der Sorten in die Resistenzstufen erfolgte bei schwankenden Einstufungen in den einzelnen Jahren nach der Gewichtung der Ergebnisse bzw. wenn dies nicht eindeutig möglich war, auf Grund des Durchschnitts der Jahre.

Aus der Tabelle geht hervor, daß 22,4% der Sorten geringe, 47,8% mittlere und 29,8% hohe Anfälligkeit aufwiesen. Es ist somit im Kultursortiment eine Resistenz gegen das S-Virus vorhanden, die unter schwächeren Infektionsbedingungen, wie z. B. bei Einreibung eines Preßsaftes von Hand, nur zu geringen Infektionen führt oder gar Befallsfreiheit ergibt.

Die bei einzelnen Sorten in den verschiedenen Jahren z. T. schwankenden Resistenzeinstufungen kön-

Tabelle 6. S-Virusresistenz des deutschen Kartoffelsortimentes 1964, 1966, 1967

Sorte	1964	1966	1967	Sorte	1964	1966	1967	Sorte	1964	1966	1967
geringe Anfälligkeit											
1	1	1	2	5	1	2	3	8	1	7	1
2	1	2	1	6	3	2	2	9	3	6	3
3	1	1	—	7	2	—	—	10	—	1	4
4	1	—	—	—	—	—	—	11	—	1	4
								12	—	4	2
								13	3	—	—
								14	3	—	—
								15	—	—	3
mittlere Anfälligkeit											
16	4	4	4	29	6	5	5	36	1	7	6
17	4	2	4	30	4	8	4	37	2	7	7
18	2	4	6	31	4	3	9	38	6	4	6
19	3	4	6	32	—	5	4	39	3	8	6
20	3	7	4	33	—	5	4	40	9	3	6
21	4	—	—	34	—	—	5	41	3	6	7
22	—	4	—	35	—	—	5	42	—	7	4
23	—	4	—	—	—	—	—	43	—	6	5
24	—	4	—	—	—	—	—	44	—	6	6
25	—	—	4	—	—	—	—	45	—	6	5
26	—	—	4	—	—	—	—	46	6	—	—
27	—	—	4	—	—	—	—	47	6	—	—
28	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
hohe Anfälligkeit											
48	6	7	9	56	9	8	8	64	7	9	9
49	9	7	6	57	9	8	6	65	—	8	9
50	9	6	5	58	9	8	4	66	—	8	9
51	—	6	8	59	—	6	9	67	—	9	—
52	—	5	8	60	7	9	—	—	—	—	—
53	—	7	7	61	—	8	7	—	—	—	—
54	—	8	5	62	8	—	—	—	—	—	—
55	4	8	—	63	—	—	8	—	—	—	—

nen mehrere Ursachen haben. Zunächst ist zu bedenken, daß es sich bei der Infektionsresistenz nicht um eine absolute, sondern eine relative Resistenz handelt, die aus mehreren Teilresistenzen zusammengesetzt ist (ARENZ 1953, ROSS 1956, BAERECKE 1956, 1961). Aus den Ergebnissen der Sorten 36 und 37, die im Jahre 1964 bei Handinfektion hohe Resistenz anzeigten, in den Jahren 1966 und 1967 mit Spritzpistolen- bzw. gemischter Hand- und Spritzpistoleninfektion jedoch nur knapp mittlere Resistenz ausweisen, könnte entnommen werden, daß hier eine hohe Vermehrungs-, aber nur mittlere Abwanderungsresistenz vorliegt. Allerdings bestätigt der Vergleich Hand : Spritzpistoleninfektion 1967 diese Annahme nicht.

Wie unsere Versuche zeigen, besitzt die Kartoffelpflanze eine ausgeprägte Altersresistenz gegenüber dem S-Virus. Auch diese ist bei der Beurteilung der Resistenzergebnisse einzubeziehen. Die Versuche wurden mit mittelfrühen bzw. mittelspäten Sorten durchgeführt, so daß nicht von der Hand zu weisen ist, daß gerade diese beiden sehr frühreifen Sorten eine sehr früh einsetzende Altersresistenz besitzen.

Möglicherweise wirkt auch ein Faktor mit herein, auf den BAERECKE (1955) hinweist: daß der sortentypisch verschiedene Zeitpunkt der Knollenbildung im Zusammentreffen mit bestimmten Infektionsbedingungen eine wichtige Rolle für die Durchseu-

chung des Nachbaus spielt. Die weiteren Ausführungen von BAERECKE (1955) zur Blattrollresistenzprüfung treffen auch auf die S-Virusresistenzprüfung zu, nämlich daß für das Infektionsgeschehen nicht nur der Komplex Pflanze — Virus, sondern auch der große Komplex Umwelt — Pflanze von Bedeutung ist. Es bestimmen nicht nur die günstigen Bedingungen der Virusübertragung den Prozentsatz an Infektionen, sondern die Pflanze kann sich unter dem Einfluß der Umwelt in jedem Jahr anders verhalten und das Virus, wenn auch zum möglichst gleichen Zeitpunkt gegeben (in unseren Versuchen war die Differenz Pflanzung — Infektion zeitlich wenig unterschiedlich — Tabelle 4), sie in einem anderen physiologischen Zustand antrifft und damit auch anderen Abwehrmechanismen ausgesetzt wird.

Nicht ganz erklärbar sind auch die stark abweichenden Ergebnisse bei anderen Sorten, z. B. der Sorte 8, die in 2 Jahren in Stufe 1, im Jahre 1966 aber in Stufe 7 eingereicht wurde. Hier liegt vermutlich eine andere Schwierigkeit vor, die gerade bei der Resistenzprüfung auf S-Virus sehr starke Beachtung erfordert. Die Aufschlüsselung der Befallszahlen für die einzelnen Klone bringt im Jahre 1966 allein 6 Klone mit 100% befallenen Klonen. Da das S-Virus ausschließlich mit Hilfe der Serologie erfaßt werden kann und latent auftritt, muß auch in Kauf genommen werden, daß bereits besetztes Material in die Resi-

stanzprüfung einbezogen wird, das bei der frühen Untersuchung vor der Infektion nicht erfaßt wurde. Das Material der Sorte 8 für die Resistenzprüfung 1966 stammte aus einer höheren Vermehrungsstufe, während wir im allgemeinen entweder bereits in der Augenstecklingsprüfung definierte Restknollen oder aber Material aus S-virusfreiem Zuchtaufbau zu der Resistenzprüfung heranziehen. Diese Forderung muß unbedingt eingehalten werden, wenn die erzielten Ergebnisse aussagekräftig sein sollen.

Die Frage einer Stammdifferenzierung des S-Virus, die ebenfalls mit Berücksichtigung finden muß, kann bei den vorliegenden Ergebnissen außer acht gelassen werden, da, wie mehrfach erwähnt, in allen Jahren S-Virus der gleichen Sorte aus eigener Vermehrung Verwendung fand.

Vergleicht man die erzielten Ergebnisse mit den wenigen zur Verfügung stehenden Befunden anderer Autoren, so ergibt sich recht gute Übereinstimmung. Die von ROZENDAAL und BRÜST (1955) als resistent herausgestellte Sorte Alpha ist auch in unseren Untersuchungen — allerdings nur bei einjährigem Ergebnis — als hoch resistent (Resistenzstufe 1) gefunden worden. Bei den Sorten Aquila, Capella (Gerlinde), Apta, Saskia und Sieglinde werden von SCHOLZ (1964) auf Grund von Populationsanalysen bzw. des S-Besatzes der Sorten in den Vermehrungsstufen Resistenzangaben gemacht. Der Vergleich zu den eigenen Ergebnissen brachte folgenden Befund:

Sorte	Resistenzangabe bei SCHOLZ (1964)	eigene Resistenz-einstufung
Sieglinde	hoch	2
Capella (Gerlinde)	hoch	4
Aquila	mittel	4
Saskia	niedrig	6
Apta	niedrig	8

Eine weitere Frage ist die nach den Aussichten einer Resistenzzüchtung auf S-Virus auf der Basis der Infektionsresistenz. Obwohl nach ROSS (1966) der Resistenztyp der Infektions- oder Feldresistenz nicht als ausreichende Lösung für ein Resistenzproblem angesehen werden kann und auch bereits andere Resistenztypen bei S-Virus gefunden wurden, ist unserer Meinung nach trotzdem auch eine Züchtung auf der Basis der Infektionsresistenz bei S-Virus auf jeden Fall zweckmäßig und notwendig. Nach BAERECKE (1967a) scheinen unsere Kartoffelsorten Feldresistenzfaktoren der verschiedensten Ausprägung und aus verschiedenen Quellen zu enthalten und können daher zu Kreuzungen erfolgreich verwendet werden.

Eine Überprüfung des untersuchten Sortimentes auf Zusammenhänge zwischen Resistenz eines Elter und Resistenz der Nachkommenschaft brachte hierüber keine wesentlichen Aufschlüsse. Einerseits sind die vorhandenen Unterlagen nur gering und auch von den einzelnen Sorten nur wenig Nachkommen im

Sortiment vorhanden. Andererseits ergab sich aber eine sehr starke Streuung der Resistenzen in den Nachkommen auch hochresistenter Eltern. Bei S-Virus dürfte die Infektionsresistenz, wie bei den anderen Viren, polygen vererbt werden (BAERECKE 1955, ROSS 1956, 1958). Daraus resultiert ein komplizierter Erbgang, und es kommt auch auf die „spezifische Kombinationsfähigkeit“ der einzelnen Partner an, wie dies BAERECKE (1955) bei Blattroll-Virus festgestellt hat. Die Ergebnisse von SCHOLZ (1964) mit künstlicher Infektion von verschiedenen Sämlingspopulationen wie unsere eigenen noch unveröffentlichten Arbeiten machen dies auch für S-Virus wahrscheinlich. Ein hoher Anteil resistenter Formen dürfte danach nur über die Kreuzung von zwei resistenten Eltern erreichbar sein (siehe hierzu auch BAERECKE 1955, 1967a).

2.2 S-Verseuchung der Einzelklone in Abhängigkeit von der Resistenz

Für einen S-virusfreien Klonaufbau im Rahmen der Erhaltungszüchtung bzw. für die S-Virusfreimachung von Sorten ist es von besonderer Bedeutung, inwieweit bei einer Primärinfektion die Knollen einer Staude durchseucht sind. Während bei der Sekundärinfektion der Nachbau im allgemeinen zu 100% infiziert ist, ist dies bei der Primärinfektion keineswegs der Fall. Wie BERCKS (1950) bei X-Virus zeigen konnte, hängt der Grad der Verseuchung der Tochterknollen vom Infektionstermin der Mutterpflanze und vom Verhalten der Sorte ab. In ähnlicher Weise konnte ARENZ (1953) bei Y-Virus im Krankheitsbesatz der Tochterknollen von infizierten Stauden ganz erhebliche sortenbedingte Differenzen feststellen. Für das S-Virus ermittelte SCHOLZ (1964) an 3 Sorten den Anteil S-virusverseuchter Knollen bei Primärinfektion, wobei nur bei sehr wenig Stauden sämtliche Tochterknollen infiziert waren. Bei der überwiegenden Zahl der Klone (75–90% je nach Sorte) umfaßte die Verseuchung bis zur Hälfte der Knollenernte einer Staude. Auch MAURY, QUEMENER und SPIRE (1965) berichten, daß sich Primärinfektionen bei S-Virus nur an einigen Knollen je Staude nachweisen ließen.

Um Unterlagen für die Kontrolle der Erhaltungszüchtung auf S-Virusfreiheit zu gewinnen und insbesondere um die Frage beantworten zu können, welche Anzahl von Knollen bei einem A-Klon auf S-Virusbefall untersucht werden müssen, um mit Sicherheit eine Primärinfektion mit S-Virus erfassen zu können, wurde das vorhandene Material aus den Resistenzprüfungen in dieser Richtung ausgewertet. Da ein nach Resistenz unterschiedliches Verhalten vermutet werden konnte, wurde in Tab. 7 eine Aufschlüsselung der durchschnittlichen Verseuchung der befallenen Klone (mindestens 1 S-viruskranke Knolle je Staude) sowie auch der Anteil der Klone ohne, mit teilweisem und vollständigem Befall vorgenommen.

Tabelle 7. S-Virusverseuchung der infizierten Stauden in Abhängigkeit von der S-Virusresistenz
Ø 1964, 1966, 1967

Resistenzstufe	Sortenzahl	Anzahl der Klone	kranke Knollen je infizierte Staude	Anteil infizierter Stauden in den Befallsgruppen (%)		
				ohne Befall (0% S ⁺)	teilweiser Befall (1–99% S ⁺)	vollständiger Befall (100% S ⁺)
1	4	88	37,9	81,8	18,2	0
2	3	69	35,8	53,6	43,5	2,9
3	8	143	48,0	51,7	36,4	11,9
4	13	223	56,4	40,7	44,9	14,4
5	7	148	60,0	31,0	51,6	17,4
6	12	199	63,5	23,6	49,6	26,8
7	8	183	74,5	17,0	47,0	36,0
8	8	163	76,0	14,7	41,7	43,6
9	4	80	83,0	6,3	27,5	66,2

Die Tabelle läßt erkennen, daß im Mittel der 3 Jahre 1964, 1966 und 1967 der Durchschnittsbefall der infizierten Klone von 37,9 auf 83,0% von der geringen zur hohen Anfälligkeit stetig zunimmt. In gleicher Weise nehmen auch die Klone mit 100%igem Befall von 0 auf 66,2% zu, während die Klone ohne Befall entsprechend von 81,8% auf 6,3% abnehmen.

Es besteht somit eine ganz eindeutige Abhängigkeit im Verseuchungsgrad der Tochterknollen bei primärinfizierten Mutterstauden von dem Resistenzgrad der Sorte. Überträgt man diese Befunde auf das Vorgehen bei der Testung von A-Klonen, so ergibt sich, daß bei der Untersuchung von 1 Knolle je A-Klon bei den hochresistenten Sorten keine der primärinfizierten Stauden erfaßt worden wäre und auch bei der hochanfälligen nur 66%. Der Durchschnittsbefall je primärinfizierte Staude weist aus, daß mit steigender Resistenz bzw. abnehmender Anfälligkeit steigende Knollenzahlen je A-Klon untersucht werden müssen. Selbst bei den hochanfälligen Sorten sind 2 Knollen mindestens notwendig, um mit gewisser Sicherheit die Primärinfektion zu erfassen. Dabei ist zu bedenken, daß bei den Resistenzprüfungen der Infektionsdruck z. T. stärker (Spritzpistoleninfektion) war als im Feldbestand erwartet werden kann und so die Zahlen eher noch ein zu günstiges Bild vermitteln.

2.3 Einfluß der Sortenresistenz auf den Frührodungseffekt

Zur Bekämpfung von Spätinfektionen mit Viruskrankheiten wird in der Pflanzgutvermehrung insbesondere der jüngsten Anbaustufen eine vorzeitige Krautvernichtung (Krautziehen, Krautabtötung) mit Erfolg angewendet. ARENZ und HUNNIUS (1958, 1961) konnten bei Y-Virus eine nach Sortenresistenz abgestufte Auswirkung dieser Maßnahme feststellen. ROZENDAAL und BRUST (1955) halten die

frühe Rodung allerdings zur Bekämpfung von lediglich saftübertragbaren Viren für bedeutungslos.

In zwei aufeinanderfolgenden Jahren wurde daher das Verhalten der gleichen mittel- und hochanfälligen Sorten, die in den Versuchen zur Primärinfektion verwendet wurden, bei Früh- und Normalrodung geprüft. In Angleichung an die natürlichen Verhältnisse wurden die Pflanzen (je Behandlungsgruppe 10 Pflanzen in 28 cm-Ton-Gefäßen, weitere Methodik siehe vorne) zu 3 Terminen, 4–6–8 Wochen nach Pflanzung, infiziert (je Trieb 1 Blatt). In einem Jahr erfolgte dabei die Infektion mit S-virusartigem Preßsaft von Hand, im anderen Jahr mittels Spritzpistole. Das Kraut wurde zu dem vom Blattlauswarndienst gestellten Termin (Mitte Juli = 10 Wochen nach Pflanzung) von Hand gezogen bzw. normal abreifen gelassen. Die staudenweise getrennte Ernte wurde in der Augenstecklingsprüfung mit sämtlichen Knollen je Staude nachgebaut und in zweimaliger serologischer Prüfung auf S-Virusbefall untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 8 zusammengefaßt.

Auch aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, daß die Kartoffelpflanze eine Altersresistenz gegenüber dem S-Virus besitzt. Diese ist bei der schwä-

Tabelle 8. Effekt der Frührodung bei unterschiedlicher Sortenresistenz, gestaffelter Infektion und verschiedenen Infektionsverfahren

Infektionstermin	mittelanfällige Sorte S-positive Knollen %		hochanfällige Sorte S-positive Knollen %	
	Frührodung	Normalrodung	Frührodung	Normalrodung
1. Infektion von Hand				
1. Infektion (4 Wochen nach Pflanzung)	10,7	9,3	11,3	52,4
2. Infektion (6 Wochen nach Pflanzung)	1,0	0,0	4,3	22,9
3. Infektion (8 Wochen nach Pflanzung)	0,0	0,0	0,0	11,4
2. Infektion mit Spritzpistole				
1. Infektion (4 Wochen nach Pflanzung)	74,7	63,0	95,9	100,0
2. Infektion (6 Wochen nach Pflanzung)	21,4	40,9	37,5	67,9
3. Infektion (8 Wochen nach Pflanzung)	3,5	32,3	37,1	58,7

cheren Infektionsmethode und der mittelanfälligen Sorte stärker ausgeprägt als bei der massiven Infektion mit der Spritzpistole und der hochanfälligen Sorte.

Die Ergebnisse lassen weiterhin erkennen, daß bei schwachen Infektionsbedingungen (Handeinreibung), die etwa den im Feld gegebenen Verhältnissen entsprechen dürften, bei der hochanfälligen Sorte durch eine Frührodung eine wesentliche Befallsminde- rung erreicht werden kann, während bei höherer Resistenz ein Effekt bei den später gesetzten Infektionen durch die Altersresistenz nicht zum Tragen kommt.

Bei der Spritzpistoleninfektion wurde bei frühem Infektionstermin durch die Krautvernichtung keine gesundheitliche Verbesserung erzielt. Auch bei der zeitlich mittleren Infektion war die Infektionsausbreitung schon zu weit fortgeschritten, so daß durch die Frührodung zwar etwa die Hälfte der Infektionen an der Abwanderung verhindert wurden, jedoch war der Effekt insgesamt gesehen auch hier noch zu gering. Nur bei der spät gesetzten Infektion konnte durch das Krautziehen bei der resistenten Sorte der Infektionsprozentsatz auf 3,5% und damit ausreichend vermindert werden, während bei der hochanfälligen Sorte der Befall bei Krautziehen nicht niedriger lag als bei dem mittleren Infektionstermin.

Da sich in diesen Versuchen eine nach Sortenresistenz unterschiedliche Reaktion der Sorten auf eine Frührodung andeutet, wurde bei der 1966 vor allem aus versuchstechnischen Gründen mit Früh- und Normalrodung durchgeführten Resistenzprüfung die Wirkung der vorzeitigen Krautentfernung nach Resistenzstufen in Tab. 9 aufgeschlüsselt.

Tabelle 9. Effekt der Frührodung bei unterschiedlicher Sortenresistenz (1966)

Resistenzstufe	Zahl der geprüften Sorten	mit S-Virus befallene Knollen im Nachbau (%)	
		Frührodung	Normalrodung
1	3	3.8	18.9
2	2	23.3	28.3
3	5	35.8	43.6
4	8	39.5	49.7
5	5	51.2	55.0
6	10	61.5	73.5
7	8	72.5	81.7
8	5	84.2	81.2
9	4	89.5	98.5

Die Ergebnisse dieser Prüfung sind vom Versuchsablauf her gesehen mit den Befunden des Versuches aus Tabelle 8 Spritzpistolen-Infektion, 1. Infektionstermin, vergleichbar und bringen so auch sehr ähnliche Werte. Der Frührodungseffekt war bei allen Resistenzstufen gering.

Mit Ausnahme der Resistenzstufe 1 war eine nach Sortenresistenz abgestufte Reaktion auf die Frührodung nicht festzustellen. Das starke Virusangebot und der lange Zeitraum zwischen Infektion und Kraut-

entfernung haben dem Virus genügend Zeit und Möglichkeiten zur Ausbreitung in der Pflanze gegeben. Dadurch ist auch bei den resistenten Sorten ein Effekt durch Frührodung nicht mehr eingetreten.

2.4 Symptomatologie

Wie bereits bei den ersten Versuchen, so ergaben auch die über 4 Jahre hinweg geführten Resistenzprüfungen mit 67 Sorten keine Symptome bei der Neuinfektion. Die Sekundärinfektionen, die durchwegs am Material der Augenstecklingsprüfung kontrolliert wurden, zeigten auch bei dem engen Nebeneinander von gesunden und kranken Knollen innerhalb eines Klones bzw. S-befallener und gesunder Klone keine eindeutigen und einheitlichen Symptome. Nur vereinzelt wurden folgende Erscheinungen bonitiert: offenerer Wuchstyp, leichter Mosaikanflug, rauhe und glänzende Blattspreite. Weit überwiegend war jedoch völlige Latenz.

3. Zusammenfassung

1. Infektionsversuche mit S-Virus bei verschiedenen Sorten ergaben, daß eine Neuinfektion im Infektionsjahr an der Pflanze mit dem serologischen Verfahren nicht mit Sicherheit nachweisbar ist. Die Neuinfektion bleibt symptomlos. Die Einwanderung in die Knolle verläuft dagegen relativ schnell.

2. Insgesamt wurden in 3 Jahren 67 Sorten auf ihre Resistenz geprüft. 22,4% wiesen geringe, 47,8% mittlere und 29,8% hohe Resistenz auf.

3. Der Verseuchungsgrad der Knollen einer primärinfizierten Staude nahm von Resistenzstufe 1 mit 37,9% S-Virusbefall auf 83,0% bei Resistenzstufe 9 zu. Der Anteil nicht befallener Stauden nahm mit der Resistenz ab, der Anteil 100%ig infizierter Stauden zu. Symptomatologisch war bei der Sekundärinfektion völlige Latenz vorherrschend. Nur in wenigen Fällen waren uneinheitliche und wechselnde Symptome zu beobachten.

4. Die Kartoffelpflanze besitzt gegenüber dem S-Virus eine deutlich ausgeprägte Altersresistenz. Bei später gesetzten Infektionen bestehen praktisch keine Unterschiede zwischen verschiedenen resistenten Sorten im Befallsgrad, so daß für die Erfassung von Resistenzunterschieden die Infektionen früh gesetzt werden müssen.

5. Die in den Jahren 1964–67 durchgeführten Resistenzprüfungen wurden mit verschiedenen Infektionsmethoden durchgeführt. Einreibung eines virushaltigen Preßsaftes auf 1 Blatt je Trieb brachte niedrige, Infektion mit der Spritzpistole hohe Befalls- werte bei den geernteten Knollen.

Aus dem Vergleich der verschiedenen Jahre und Infektionsverfahren ist zu folgern, daß die Resistenz einer Sorte mit guter Reproduzierbarkeit dann ermittelt werden kann, wenn je die Hälfte der Pflanzen von Hand und mit Spritzpistole infiziert werden. Dieses Verfahren bringt mittelhohe durchschnittliche

Befallswerte und ermöglicht so eine gute Sortendifferenzierung.

6. Vorzeitige Entfernung des Krautes (Frührodung) brachte nur bei spät gesetzten Infektionen von Hand bei einer hochanfälligen Sorte eine wesentliche Verminderung des Befalls, bei einer mittelanfälligen Sorte kam diese Maßnahme infolge der Altersresistenz nicht zum Tragen.

Literatur

1. ARENZ, B.: Methodische Versuche zur Ermittlung von Resistenztypen bei Y- und Blattroll-Virus an 26 Kartoffelsorten. *Der Züchter* **23**, 341–346 (1953). — 2. ARENZ, B., und W. HUNNIUS: Untersuchungen über die Sortenresistenz gegen verschiedene Y-Virus-Stammgruppen. *Der Züchter* **28**, 360–366 (1958). — 3. ARENZ, B., und W. HUNNIUS: Der Infektionserfolg bei Blattroll- und Y-Virus in Abhängigkeit vom Infektionszeitpunkt und von der Abwanderungsdauer. *Bayer. Landw. Jahrb.* **36**, 18–36 (1959). — 4. ARENZ, B., und W. HUNNIUS: Weitere Untersuchungen über die Sortenresistenz gegen verschiedene Y-Virus-Stammgruppen. *Der Züchter* **31**, 281 bis 287 (1961). — 5. ARENZ, B., M. VULIĆ und W. HUNNIUS: Die Nachweisbarkeit des S-Virus in den verschiedenen Pflanzenteilen sekundär infizierter Kartoffelpflanzen. *Bayer. Landw. Jahrb.* **41**, 683–690 (1964). — 6. BAERECKE, M. L.: Untersuchungen zur Blattrollresistenz. *Proc. 2nd Conf. Potato virus diseases, Lisse-Wageningen 1954*, 111–119 (1955). — 7. BAERECKE, M. L.: Ergebnisse der Resistenzzüchtung gegen das Blattrollvirus der Kartoffel. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **36**, 395–412 (1956). — 8. BAERECKE, M. L.: Erfahrungen mit einjährigen Kartoffelabbauversuchen unter starken Blattroll-Infektionsbedingungen. *Z. f. Pflanzenzüchtung* **45**, 225–253 (1961). — 9. BAERECKE, M. L.: Prüfung von Saco und Saco-Kreuzungen auf Resistenz gegen das S-Virus der Kartoffel. *Eur. Potato J.* **10**, 206–220 (1967a). — 10. BAERECKE, M. L.: Überempfindlichkeit gegen das S-Virus der Kartoffel in einem bolivianischen Andigena-Klon. *Der Züchter* **37**, 281–285 (1967b). — 11. BAGNALL, R. H.: Saco potato infected with potato virus S by grafting. *Phytopathology* **55**, 707 (1965). — 12. BEEMSTER, A. B. R.: Virustransport innerhalb der Kartoffelpflanze. *Mitt. Biol. Bundesanstalt* **80**, 136–140 (1954). — 13. BEEMSTER, A. B. R.: Some aspects of mature plant resistance to viruses in the potato. *Proc. 3rd. Conf. potato virus diseases 212–217* (1958). — 14. BEEMSTER, A. B. R.: De mate van besmetting van aardappelknollen na inoculatie met X-Virus op verschillende aantalen bladeren. *Meded. L. H. S. en Opz. Sta. v. d. Staat, Gent*, **25**, 1140 bis 1147 (1960). — 15. BEEMSTER, A. B. R.: Het transport van Y-Virus in aardappelplanten na besmetting door blattluizen. *Meded. L. H. S. en Opz. Sta. v. d. Staat, Gent*, **30**, 1786–1795 (1965). — 16. BEEMSTER, A. B. R.: The rate of infection of potato tubers with potato virus Y^N in relation to the position of the inoculated leaf. *Proc. int. Conf. plant viruses 1965*, 44–47 (1966). — 17. BERCKS, R.: Serologische Untersuchungen über das X-Virus in Kartoffelpflanzen. *Phytopathol. Z.* **16**, 71–85 (1949/50). — 18. BERCKS, R.: Über das Verhalten verschiedener X-Virusherkünfte bei Infektionsversuchen an mehreren Kartoffelsorten. *Nachr. bl. d. Biol. Zentralanstalt Braunschweig* **1**, 171–173 (1949). — 19. BERCKS, R.: Fortgeführte serologische Untersuchungen über das X-Virus in Kartoffelpflanzen. *Phytopathol. Z.* **16**, 491–507 (1950). — 20. BERCKS, R.: Infektionsversuche mit verschiedenen X-Virusherkünften an mehreren Kartoffelsorten. *Der Züchter* **20**, 282–287 (1950). — 21. BERCKS, R.: Über die X-Virus-Verseuchung des Nachbaues von primärinfizierten Kartoffelpflanzen. *Nachr. bl. dt. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig)* **2**, 147–149 (1950). — 22. BERCKS, R.: Weitere Untersuchungen zur Frage der Altersresistenz der Kartoffelpflanzen gegen X-Virus. *Phytopathol. Z.* **18**, 250–269 (1951). — 23. BERCKS, R.: Fortgeführte Freilanduntersuchungen über die Altersresistenz von zwei Kartoffelsorten gegen das X-Virus. *Der Züchter* **22**, 85 bis 91 (1952). — 24. BERCKS, R.: Vergleichende Untersuchungen über den X-Virus-Befall an Laub und Knollen einer Kartoffelsorte nach Primärinfektion. *Nachr. bl. dt. Pflanzenschutzdienst* **5**, 37–38 (1953). — 25. BODE, O.: Briefliche Mitteilung (1965). — 26. MAURY, Y., J. QUEMENER, et D. SPIRE: Experience de dissemination du virus S de la pomme de terre. *Ann. Epiphyties* **16**, 171 bis 175 (1965). — 27. ROSS, H.: Probleme der Resistenzzüchtung gegen Viruskrankheiten in Pflanzen. *Arch. d. DLG* **17**, 95–108 (1956). — 28. ROSS, H.: Virusresistenzzüchtung an der Kartoffel. *Eur. Potato J.* **1**, Heft 4 (1958). — 29. ROSS, H.: Die Züchtung resistenter Sorten. *Proc. 3rd. triennial Conf. EAPR, Zürich*, 71–84 (1966). — 30. ROZENDAAL, A., and J. H. BRUST: The significance of potato virus S in seed potato culture. *Proc. 2nd. Conf. potato virus diseases, Lisse-Wageningen 1954*, 120–133 (1955). — 31. SCHOLZ, M.: Die Bedeutung des S-Virus für den Kartoffelbau und Probleme der S-Virusanierung. *Nachr. bl. dt. Pflanzenschutzdienst (Berlin) N. F.* **16**, 174–179 (1962). — 32. SCHOLZ, M.: Das Resistenzverhalten einiger Kartoffelsorten gegenüber dem S-Virus und die Möglichkeit einer S-Virusanierung in der Kartoffelerhaltungszucht. *Der Züchter* **34**, 219–225 (1964). — 33. VULIĆ, M., und W. HUNNIUS: Zur „Immunität“ der Sorte Saco gegenüber dem S-Virus der Kartoffel. *Der Züchter* **37**, 243–245 (1967a). — 34. VULIĆ, M., und W. HUNNIUS: Über den serologischen Nachweis des S-Virus in Preßsäften der Kartoffelknolle. *Bayer. Landw. Jahrb.* **44**, 347–362 (1967). — 35. WETTER, C.: Serologische Untersuchungen über Verteilung und Konzentration des S-Virus in Kartoffelpflanzen. *Nachr. bl. dt. Pflanzenschutzdienst (Braunschweig)* **9**, 82–84 (1957). — 36. WIERSEMA, H. T.: Methods and means used in breeding potatoes with extreme resistance to viruses X and Y. *Proc. 4th Conf. potato virus diseases 1960*, 30–36 (1961).

Oberreg.-Rat Dr. W. HUNNIUS
Bayer. Landessaatzuchtanstalt Weihestephan
805 Freising
Vöttinger Str. 38
BRD