

Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem

Heft 79

März 1954



Die Vergilbungskrankheit der Rübe

Zusammenfassender Bericht
über die in den Jahren 1947—1952 in Westdeutschland
durchgeführten Untersuchungen zur Epidemiologie,
Verbreitung, wirtschaftlichen Bedeutung
und Bekämpfung dieser Virose

von Dr. W. Steudel und Dr. A. Heiling

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Hackfruchtbau Münster i. W. und Außenstelle Eisdorf/Rhld.

Mit 26 Abbildungen und 55 Tabellen.

Berlin 1954

*Herausgegeben von der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft
in Berlin-Dahlem
in Gemeinschaft mit der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig*

Im Buchhandel zu beziehen durch den Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
Auslieferung: Berlin SW 68, Lindenstraße 44—47 (Westberlin)

Vorwort

Als sich im Jahre 1946 die Notwendigkeit ergab, in Westdeutschland das Studium der blattlausübertragbaren Rübenviren aufzunehmen, konnten wir angesichts der Unmöglichkeit einer Einsichtnahme in die neuere ausländische Literatur nicht voraussehen, auf welchem schwierigen und umfangreichen Komplex wir unsere Aufmerksamkeit gerichtet hatten, und hofften, die grundsätzlichen Arbeiten im Anschluß an die damals schon besser bekannten Probleme des Kartoffelabbaus in relativ kurzer Zeit beenden zu können. Der vollständige Neuaufbau der für die Arbeiten unerläßlichen Forschungsmöglichkeiten nahm in den ersten Jahren viel Zeit in Anspruch. Erst ab 1949 war es möglich, Beziehungen mit den Nachbarländern aufzunehmen und die dort bereits gesammelten Erfahrungen für unsere Studien auszuwerten. Heute, nach 6jährigen intensiven Bemühungen zur Klärung des Problems, stehen wir vor der Erkenntnis, daß zwar eine ganze Reihe von Teilfragen im Prinzip gelöst oder doch wenigstens überschaubar ist, von einer abschließenden und endgültigen Klärung des Gesamtkomplexes aber noch nicht gesprochen werden kann.

Wenn wir daher die Notwendigkeit einsehen, unsere bisherigen Erfahrungen und Beobachtungen in zusammenfassender Form einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen, so möchten wir bitten, die nachfolgenden Ausführungen als Zwischenbericht der in vollem Fluß befindlichen Forschungsarbeiten zu werten. Wir haben bewußt darauf verzichtet, eine umfassende Monographie über das Vergilbungsvirus zu schreiben, weil in den letzten Jahren bereits eine Reihe derartiger Arbeiten in anderen Ländern erschienen ist. Wir wollen vielmehr die nachfolgenden Erörterungen als eine hauptsächlich für das west- und nordwestdeutsche Seuchengebiet zutreffende Schilderung unserer Experimente und Beobachtungen verstanden wissen und einen Vergleich mit den aus anderen Veröffentlichungen bereits bekannten gleichen Problemen ermöglichen. Aus Raumgründen mußten wir leider auf eine Darstellung sämtlicher Versuche in tabellarischer Form verzichten, obgleich sie selbstverständlich bei der Abfassung der Arbeit kritisch bewertet wurden. Interessenten steht das Originalmaterial im Institut für Hackfruchtbau der BBA zur Verfügung. Bei der Fülle von Problemen, die durch den Seuchenzug der Vergilbungskrankheit aufgeworfen wurden, und den bekannten Schwierigkeiten für die Durchführung von Rübenversuchen war eine exakte Versuchsanstellung und -auswertung vielfach nur im Rahmen einer intensiven und vertrauensvollen Gemeinschaftsarbeit möglich. Es ist uns daher eine an-

genehme Pflicht, allen den staatlichen und privaten Organisationen unseren wärmsten Dank auszusprechen, die unsere Arbeiten stets, z. T. mit recht erheblichen, Mitteln tatkräftig unterstützt haben. Ganz besonders haben wir zu danken

dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes
Nordrhein-Westfalen,

den Landwirtschaftskammern und Pflanzenschutzämtern, insbesondere in
Bonn, Münster i. W. und Oldenburg,

Herrn E. G. von Langen, Neu-Etzweiler über Elsdorf/Rhld., dessen voraussehender Initiative die Aufnahme der Arbeit im Rheinland und die Gründung der Außenstelle des Instituts für Hackfruchtbau in Elsdorf zu verdanken ist und der durch namhafte finanzielle Zuwendungen eine zielbewußte Arbeit der Außenstelle ermöglichte,

dem Rheinischen Rübenbauer-Verband,

dem Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen,

der Kleinwanzlebener Saatzucht, Einbeck.

Bei der Durchführung der Versuche wurde uns von Frl. Dipl.-Gärtnerin F. Burckhardt, den übrigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Hackfruchtbau sowie zahlreichen Praktikern aus der Landwirtschaft wertvollste Hilfe geleistet. Der beschränkte Raum verbietet, sie im einzelnen aufzuführen. Selbstverständlich sind sie alle auch ohne Namensnennung in unsern Dank mit einbezogen.

Münster und Elsdorf

Die Verfasser

Inhalt

	Seite
I. Einleitung (Geschichtliches, Erreger, Übertragung, Wirtspflanzenkreis)	7
II. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland	11
III. Beziehungen zwischen Gradation der Virus-Überträger und Epidemiologie der Virose	
1. Klima und Überträger	21
2. Einfluß verschiedener Faktoren auf den Gradationsverlauf im Sommer	30
3. Die verschiedene Bedeutung der beiden Überträger-Arten <i>Myzodes persicae</i> und <i>Doralis fabae</i> für die Epidemiologie der Vergilbungs-krankheit und die Höhe der Ertragsschäden	38
IV. Der Einfluß der Virusinfektion auf Wachstum und Stoffwechsel der Rübe	
1. Beeinträchtigung des Wachstums durch die Infektion	44
2. Kohlehydratstoffwechsel	46
3. Stickstoff-Stoffwechsel	58
4. Wasserhaushalt	64
V. Der Einfluß des Virusbefalls auf den Ertrag der Rübe	
1. Samenertrag	67
2. Rübenertrag	72
3. Blattertrag	73
VI. Die Abhängigkeit des Ertragsausfalls von verschiedenen Faktoren	
1. Entwicklungszustand	74
2. Wachstumsverlauf	77
3. Düngung	78
VII. Das Verhalten der Rübenvarietäten und Sorten gegenüber der Vergilbungskrankheit	88
VIII. Die Bekämpfung der Vergilbungskrankheit	
1. Hygienische Maßnahmen	94
a) Futterrübenmieten	95
b) Samenrüben	95
c) Winter- und Samenspinat	97
2. Kulturmaßnahmen	99
3. Überträgerbekämpfung	
a) Wirkung auf die Blattlausgradation	103
b) Wirkung der Systox-Behandlung auf Ausmaß und Intensität des Virusbefalls	106
c) Einfluß auf Ertrag und Beschaffenheit der Rübe	112
d) Einfluß verschiedener Faktoren auf den Erfolg der Überträgerbekämpfung (Aussaatzeit und Befallslage, Standweite, Wachstumsbedingungen und Düngung)	116
e) Erfolgsaussichten der Überträgerbekämpfung für den praktischen Rübenbau	123
IX. Zusammenfassung	124
X. Literaturverzeichnis	127

I. Einleitung

Die Vergilbungskrankheit der Beta-Rüben, in der Literatur auch als »Gelbsucht«, in England als »beet-yellows« und in den französisch sprechenden Ländern als »jaunisse de la betterave« bezeichnet, ist heute als die wirtschaftlich wichtigste Viruskrankheit des westeuropäischen Rübenbaus anzusprechen. Es läßt sich nicht mehr mit Sicherheit sagen, in welchem Land Westeuropas sie zuerst aufgetreten ist, da ihre viröse Natur erst verhältnismäßig spät erkannt wurde und vorher das Vergilben der Felder im Laufe des Sommers anderen Ursachen (Klimaeinflüssen, Düngungsfehlern, Kulturfehlern u. a. m.) zugeschrieben wurde. Da nun tatsächlich die Rübe auf eine ganze Reihe von Schadfaktoren mit einem Vergilben des Blattapparates reagiert und die besonderen Symptome der virösen Vergilbung früher nicht immer mit hinreichender Genauigkeit beschrieben wurden, ist eine kritische Rückschau schwierig. Aus bestimmten Merkmalen, wie dem gehäuften Auftreten neben Samenrübensschlägen, kann man jedoch schließen, daß die Krankheit schon am Ende des 19. Jahrhunderts in Nordfrankreich auftrat (Prillieux und Delacroix, 1898), wenn auch nicht in der epidemisch schweren Form wie heutzutage. In jüngster Zeit vertritt Schlösser (1952) auf Grund seiner vergleichenden Studien an englischen *Beta maritima*-Herkünften die Ansicht, daß England als Ursprungsland dieser gefährlichen Seuche anzusehen sei. Nachdem van Schreven sowie Quanjor und Roland im Jahre 1936 gleichzeitig den Nachweis des virösen Charakters der Vergilbungskrankheit erbracht hatten, begann in allen betroffenen Ländern ein intensives Studium mit dem Ziel, die spezifischen Besonderheiten eingehend zu erforschen und Methoden zur Bekämpfung zu erarbeiten. Schon im Jahre 1934 war es im Rahmen des »Institut International de Recherches Betteravières (I. I. R. B.)« zu einem internationalen Gedankenaustausch über die einschlägigen Probleme gekommen, der, durch den Krieg unterbrochen, erst im Jahre 1950 wieder aufgenommen werden konnte. Diese Arbeitsperiode fällt ganz in die Zeit des allgemeinen Aufschwungs der Grundlagenforschung auf dem Gebiete der pflanzlichen Viruskrankheiten; es liegt daher auf der Hand, daß wir über Wesen, Entstehung und spezifische Eigenschaften des Vergilbungsvirus nicht besser unterrichtet sind als bei den virösen Erkrankungen anderer Pflanzen, so daß der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet noch ein weites Arbeitsfeld offensteht. Der elektronenoptische Nachweis des Vergilbungsvirus scheint nach Mitteilungen von Nixon und Watson (1951) sowie Bawden (1949/50) wenigstens in einigen Fällen bereits geglückt zu sein und auch die von anderen Viren bekannte Aufspaltung in bestimmte Stämme mit verschiedener Symptomausprägung und unterschiedlicher Wirksamkeit wurde für das Vergilbungsvirus bestätigt. In der angelsächsischen Literatur werden zur Zeit folgende Varianten unterschieden:

1. das normale »beet-yellows« (Beta-Virus 4, *Corium betae* Holmes) in einem »severe« und einem »mild strain«, die sich durch stärkere und schwächere Ausprägung der Symptome auszeichnen; Frühsymptome an den jungen Blättern treten nicht auf;
2. das »etch-yellows«, ein besonders virulenter Stamm, bei dem sich schon bald nach der Infektion an den jungen Blättern eine deutliche Adernaufhellung bemerkbar macht, welche auch zu Phloemnekrosen führt. Es zeigt im weiteren Verlauf die gleichen Symptome wie die unter 1. beschriebenen Varianten, häufig verbunden mit dem Auftreten rötlicher oder bronzefarbener

Flecke auf den vergilbenden Blättern. Diese Variante ist auch in Holland und Westdeutschland festgestellt worden und dürfte ebenso Klinkowski (1951) in Mitteldeutschland vorgelegen haben;

3. das »yellow-net« oder »Gelbnetzvirus«, beschrieben von Sylvester (1948) und nach englischen Untersuchungen (Bawden 1951) auch in England isoliert. Die Adernaufhellung ist bei letztgenannter Variante von einer Gelbfärbung begleitet. Diese englische Form des »yellow-net« wurde in Westdeutschland noch nicht beobachtet. Inwieweit die kalifornische Form bei den offenbar großen Ähnlichkeiten zwischen »etch-yellows« und »yellow-net« auch bei uns auftritt, kann heute noch nicht entschieden werden, da hier erst das Ergebnis umfangreicher Infektionsversuche im Gewächshaus abgewartet werden muß.
4. Eine als »yellows 41« beschriebene Vergilbung wurde in Irland isoliert. Sie unterscheidet sich erheblich von den normalen Varianten des Vergilbungsvirus. Nach Watson, Hull und Hartsuijker (1949), welche die Erscheinung eingehender untersuchten, ist sie in gewissem Ausmaß durch Samen übertragbar, dagegen mit Blattläusen der Art *Myzodes persicae* nur sehr schwer und mit geringer Infektionsrate von Pflanze zu Pflanze zu übertragen. In der Praxis ist sie noch nicht nachgewiesen. Im serologischen Test spricht der Typ auf die Antisera des normalen Vergilbungsvirus nicht an, so daß seine Virusnatur noch ungeklärt ist.

In jüngster Zeit hat man dem Studium der Varianten auch in Deutschland (Schlösser, 1952) und der Tschechoslowakei (Drachovská-Šimanová, 1952) größere Aufmerksamkeit geschenkt. Nach den bisher bekanntgewordenen Erfahrungen ist damit zu rechnen, daß eine erhebliche Anzahl von Varianten des Vergilbungsvirus unterschieden werden muß, die sich sowohl in ihren Frühsymptomen als auch hinsichtlich ihrer Aggressivität auf die Wirtspflanze voneinander unterscheiden, während die Spätsymptome — die allgemein bekannten Vergilbungserscheinungen — sich bei den meisten nicht definitiv voneinander trennen lassen. Eine abschließende Beurteilung über die gesamte Variantenfrage wird daher erst in einiger Zeit möglich sein.

Während man über die physikalischen Eigenschaften einer anderen Rüben-virose — des Mosaiks — schon einige Erfahrungen gesammelt hat, ist diesbezüglich bei dem Vergilbungsvirus erst wenig bekanntgeworden. Der serologische Nachweis wurde unter bestimmten Bedingungen als möglich erkannt (Booy et al., 1944, Kleczkowski und Watson, 1944). Die Antisera wurden durch Injektion von Preßsäften kranker Pflanzen bei Kaninchen gewonnen. Die Methode ist jedoch noch nicht völlig eindeutig und nur bei ausgeprägt starken Symptomen erfolgreich anzuwenden, so daß sie sich in der Praxis (beispielsweise bei der Beurteilung des Verseuchungsgrades von Stecklingsrüben) noch nicht durchgesetzt hat. Über die Unterscheidungsmöglichkeiten einzelner Virusvarianten auf diesem Wege ist dagegen noch nichts bekanntgeworden. Neuerdings wird von Drachovská-Šimanová (1952) über einen möglichen chromatographischen Nachweis der Virusinfektion berichtet, doch scheint auch dieser vorläufig noch unspezifisch¹⁾ zu sein.

Die Übertragung einer Virose ist grundsätzlich auf sehr verschiedene Weise möglich. Eine Samenübertragung wurde mit Ausnahme der Vergilbung des irischen Rübenstammes »41«, die jedoch einen ausgesprochenen Sonderfall

¹⁾ briefliche Mitteilung

darstellt, noch nicht nachgewiesen. Allerdings sind diesbezügliche Untersuchungen bisher nur von den Kulturrüben, nicht aber von den übrigen Chenopodiaceen und anfälligen Arten anderer Pflanzenfamilien bekanntgeworden. Während man früher auch die Möglichkeit einer mechanischen Infektion durch Einreibung von Preßsaft kranker Blätter auf gesunde verneinte, hat Kassanis (1949) über erfolgreiche derartige Versuche berichtet. Seine Ergebnisse konnten von uns bestätigt werden (Jahresber. der Biol. Bundesanstalt, 1950). Allerdings gelingt die Übertragung der Krankheit auf diesem Wege nicht leicht und nur mit schwachen, mehr lokalisierten Symptomen. Für die Praxis dürfte diese Möglichkeit von geringerer Bedeutung sein. Weiterhin wäre es denkbar, daß die Krankheit durch Wurzelkontakt zwischen gesunden und kranken Pflanzen auf dem Felde sich ausbreiten könnte. In Münster und Elsdorf im Frühjahr 1952 durchgeführte diesbezügliche kleinere Gewächshausversuche, bei denen viruskranke Rübenstecklinge in großen Töpfen zugleich mit jungen Rüben unter blattlausdichten Hauben angezogen wurden, haben jedoch zunächst kein positives Resultat erbracht, weshalb auch diese Übertragungsmöglichkeit vorerst noch nicht in positivem Sinne beantwortet werden kann (Böning, 1927). Eine Übertragung des Virus durch Einführung von Bohrkernen aus kranken Rüben in gesunde verläuft dagegen erfolgreich, ist aber epidemiologisch nur theoretisch interessant. Die in der Praxis oft geäußerte Vermutung, daß auf dem Felde verbliebene Reste anfälliger Pflanzen ebenso wie der bei der Fütterung viruskranken Materials entstandene Stallmist zu einer direkten Gefährdung anfälliger Feldkulturen führen könnte, wie es ähnlich für den Erreger der Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*) nachgewiesen wurde, ist an und für sich nach den bisherigen Erfahrungen wenig wahrscheinlich und hat noch keine experimentelle Bearbeitung gefunden.

Schon die ersten Experimente von van Schreven und Roland zeigten, daß die beiden an Rüben parasitierenden Blattlausarten *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* als Überträger gelten müssen, während die Wanze *Lygus pratensis* und die Zikade *Chlorita flavescens* die Krankheit nicht übertragen. Diese Ergebnisse wurden von anderer Seite bestätigt; heute werden im allgemeinen die Blattläuse als einzige Insektengruppe für die Übertragung der Seuche verantwortlich gemacht. Folgende Arten sind bis jetzt als potentielle Überträger bekannt:

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. <i>Myzodes persicae</i> (Sulzer) | Riemsdijk, 1935, Verplancke, 1934*) |
| 2. <i>Doralis fabae</i> (Scop.) | Riemsdijk, 1935, Verplancke, 1934*) |
| 3. <i>Macrosiphon solanifolii</i> (Ashm.) | Roland, 1939*) |
| 4. <i>Aulacorkum solani</i> (Kalt.) | Verplancke, 1934*) |
| 5. <i>Doralis rhamnii</i> (Koch) | Hartsuijker, 1952 |
| 6. <i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i> (Davids.) | Hartsuijker, 1952 |
| 7. <i>Hyperomyzus tulipaellus</i> (Theob.) | Hartsuijker, 1952, Martini, 1953 |
| 8. <i>Myzus ascalonicus</i> (Doncaster) | Doncaster und Kassanis, 1946 |
| 9. <i>Neomyzus circumflexus</i> (Buckt.) | Heinze, 1951 |
| 10. <i>Macrosiphon pisi</i> (Kalt.) | eig. Untersuchungen |
| 11. <i>Brachycolus atriplicis</i> (L.) | Heinze, 1950 |

*) zit. nach Heinze (1951)

Ob die Zahl der potentiellen Überträger des Vergilbungsvirus mit dieser Liste erschöpft ist, läßt sich bezweifeln, da bisher nur relativ wenige Arten im Experiment geprüft wurden und eindeutig negative Befunde von anderen Arten bislang nicht veröffentlicht worden sind. Nach Sedlag (1953) ist es noch nicht sicher entschieden, ob die an Rübenwurzeln aufgefundene Art *Pemphigus fuscicornis* (Koch) mit Sicherheit die Virose übertragen kann, da erste Kleinversuche bisher negativ ausfielen. Als spezifische Rübenparasiten der sommerlichen Vegetationsperiode können nur die Arten 1 und 2 bezeichnet werden, während in Rübenmieten auch die Arten 4, 6 und 7 neben 1 teilweise in großen Mengen angetroffen wurden (Hartsuijker, 1952, Broadbent und Hull, 1949, Ernould, 1951, Steudel und Burckhardt, 1950, Martini 1953). Die Arten 3, 4 und 5 können in starken Flugjahren auch an Rüben gelegentlich kleinere Kolonien bilden; in dem sehr blattlausreichen Herbst 1949 waren sie in der Umgebung von Bonn an stark vergilbten Rüben in größerer Individuenzahl und zum Teil mit recht hohem Nymphenanteil zu beobachten, was zum mindesten auf gute Entwicklungsmöglichkeiten schließen läßt. Im allgemeinen müssen jedoch auch sie in die Gruppe der ausgesprochenen Irrgäste eingegliedert werden, über deren grundsätzliche Rolle im epidemiologischen Seuchenzyklus wir bisher nur sehr ungenügend unterrichtet sind (Hull 1951). Über *Hyperomyzus tulipaellus* sind wir durch eine Arbeit von Martini (1953) eingehender unterrichtet. Diese Art ist in Deutschland insofern interessant, weil sie den Hauptanteil an der in den Futterrübenmieten überwinterten Blattlauspopulation stellt. Über Einzelheiten sei auf diese Arbeit verwiesen.

Hinsichtlich der Besonderheiten des Übertragungsvorganges sind wir am besten über die Art *Myzodes persicae* orientiert, nachdem Watson (1946) und Hijner (1951) ihre Infektionseigenschaften genauer untersucht haben und ziemlich übereinstimmend zu folgenden Resultaten kommen:

- a) Mindestsaugzeit an kranker Pflanze für den späteren Infektionserfolg: 10 Min. bis 1 Stunde.
- b) Erhöhung der Infektionsrate mit zunehmender Aufenthaltsdauer an den kranken und gesunden Pflanzen. Bester Infektionserfolg mit Tieren, die an den kranken Pflanzen herangewachsen sind.
- c) Abnahme der Infektionssicherheit bei Passagen über unanfällige Pflanzenarten, aber prinzipiell noch Überträgerereigenschaften nach 14 Tagen.
- d) Frisch geborene Junglarven übertragen zunächst nicht; nach Nahrungsaufnahme an kranker Pflanze übertragen sie das Virus ebenso sicher wie erwachsene Tiere.
- e) Mit steigender Anzahl der für den Übertragungsvorgang benützten Läuse wächst die Sicherheit der Infektion.

Demnach ist das Vergilbungsvirus in die Gruppe der »persistenten« Viren einzuordnen, im Gegensatz zum Rübenmosaik, das zur »nicht persistenten« Virengruppe gerechnet wird. Über die anderen prinzipiell zur Übertragung befähigten Blattlausarten liegen so eingehende Angaben dieser Art nicht vor; für die Arten 2, 4 und 9 werden für den Übertragungsvorgang meist 6 Stunden, vereinzelt weniger angegeben (zit. nach Heinze, 1951). Soweit abweichende eigene Erfahrungen hinsichtlich ihrer Überträgerereigenschaften vorliegen, sollen sie später in anderem Zusammenhang besprochen werden.

Die Untersuchungen über den Wirtspflanzenkreis des Vergilbungsvirus sind noch nicht abgeschlossen. Während man bis vor kurzem der Meinung war, daß lediglich die Chenopodiaceen und einige Wildpflanzen aus der Familie der Amaranthaceen als anfällig zu bezeichnen seien, ist durch die Arbeiten von Schlösser (1952) eine völlig neue Situation entstanden. Er konnte nachweisen, daß nicht nur die Unkräuter aus der Gruppe der Chenopodiaceen, sondern auch Arten aus anderen Pflanzenfamilien für das Virus empfänglich sind und im Gewächshaus erfolgreiche Abinfektionen gestatten. Bisher sind folgende Ackerunkräuter als anfällig bekanntgeworden:

<i>Capsella bursa pastoris</i>	} zit. nach Schlösser (1952) und Wenzl (1953), Schlösser mündl.
<i>Thlaspi arvense</i>	
<i>Senecio vulgaris</i>	
<i>Stellaria media</i>	
<i>Plantago major</i>	

Die besondere Bedeutung dieser Befunde ist darin zu suchen, daß einige dieser Arten milde Winter lebend überstehen und so als Virusquellen für die sommerliche Ausbreitung der Krankheit dienen können. Durch diese Feststellungen ist die Aufhellung des Gesamtkomplexes ganz erheblich erschwert worden, da sich logischerweise daraus die Notwendigkeit ergibt, einen großen Teil der Gesamtflora eines Gebietes auf seine Anfälligkeit zu untersuchen, ehe man mit Sicherheit genauere Aussagen über die Entstehung einer Epidemie machen kann. Es wird Aufgabe weiterer Studien sein, die grundsätzlichen Ergebnisse Schlössers hinsichtlich ihrer epidemiologischen und wirtschaftlichen Folgen unter den verschiedenen klimatischen und pflanzensoziologischen Bedingungen der einzelnen Seuchengebiete näher zu untersuchen, ehe man beginnt, praktische Folgerungen zu ziehen. Wirtschaftliche Bedeutung hat das Vergilbungsvirus bisher an den Kulturformen der Beta-Rübe und im Zusammenspiel mit einigen anderen Viren im Winter- und Samenspinatbau einiger westeuropäischer Anbaugebiete gewonnen.

II. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland

Das Auftreten der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland wurde seit 1948 durch planmäßige Felduntersuchungen festzustellen versucht. In den engeren Arbeitsgebieten konnte leicht eine genügende Anzahl von Daten gewonnen werden, um ein zutreffendes Bild der Verseuchungslage zu erhalten. Das Auftreten der Vergilbung in den übrigen Gebieten Westdeutschlands mußte dagegen aus Einzelbeobachtungen erschlossen werden, deren Zahl naturgemäß nur beschränkt sein konnte.

Die Möglichkeit derartiger Verallgemeinerungen ergibt sich aus der Beobachtung, die in den verschiedenen Jahren immer wieder gemacht werden konnte, daß unter gleichartigen landwirtschaftlichen und klimatischen Standortbedingungen das Auftreten der Krankheit ziemlich gleichmäßig war, d. h., daß Feld für Feld in einem solchen Gebiet einen annähernd gleichen Befallsgrad zeigten. Dies gilt insbesondere für Lagen schweren und leichten Befalls, während für Gebiete mit mittlerer Verseuchung stärkere Schwankungen von Schlag zu

Schlag charakteristisch sind. Das Auftreten der Vergilbung ist demnach relativ großräumig. Dieser Umstand ist wohl vor allem der großen Beweglichkeit der Überträger und ihrer weitreichenden Ausbreitung zuzuschreiben, die dann zu einer gleichförmigen Dichte der Virusherde führt. Naturgemäß kann aus Einzelbeobachtungen nur die allgemeine Befallsstärke eines homogenen Gebietes

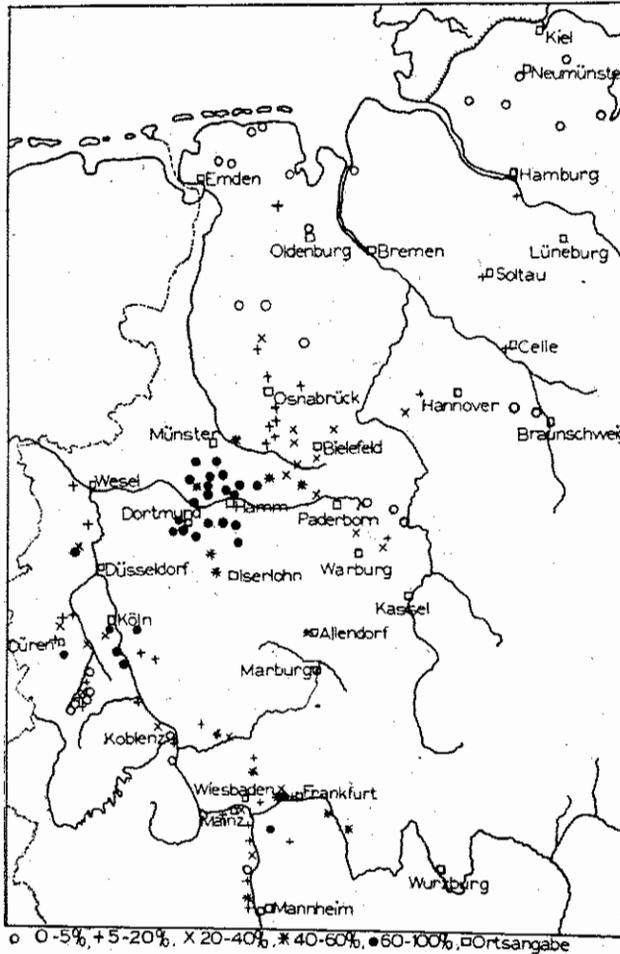


Abb. 1. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland im Jahre 1948.

erschlossen werden, von der lokal begrenzte Abweichungen in jeder Richtung auftreten können, bedingt durch eine vom regionalen Mittel abweichende Häufigkeit der Virusquellen oder auch durch besondere Gunst oder Ungunst für Überwinterung und Massenentwicklung der Überträger. Wesentlich für die Möglichkeit, aus Einzelbeobachtungen den Vergilbungsbefall größerer Räume zu erschließen, ist, daß die charakteristischen Gebietstypen landwirtschaftlicher und klimatischer Natur so gut wie möglich erfaßt werden. Für Hinweise dieser Art

sind wir in vielen Fällen den zuständigen Pflanzenschutzämtern, der Zuckerindustrie und den landwirtschaftlichen Beratungsstellen zu Dank verpflichtet.

Über die Verbreitung der Vergilbungskrankheit im Jahre 1948 wurde bereits berichtet (Stedel und Heiling, 1950). Die Ergebnisse der Befallsfeststellungen in den Untersuchungsjahren sind in den Abb. 1—5 wiedergegeben. In die Karten

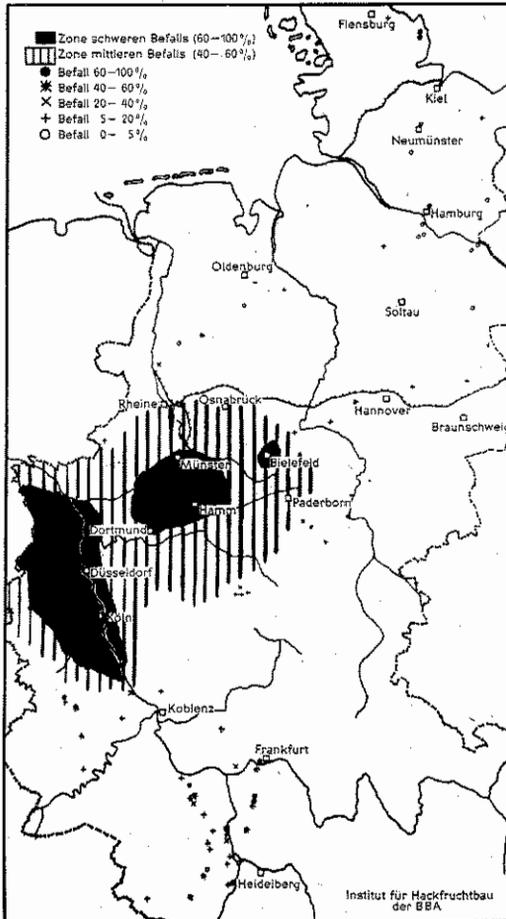


Abb. 2. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland im Jahre 1949.

für 1949–1952 wurden aus drucktechnischen Gründen nicht die Befallswerte der jeweils großen Zahl von Einzelbonitierungen eingetragen, sondern der aus diesen sich ergebende mittlere Befallsgrad der jeweiligen Gebiete.

Die beiden für 1947 und 1948 festgestellten Herde schweren epidemischen Auftretens der Vergilbung am Niederrhein, in der Kölner und in der Münsterschen Bucht, deren Bestehen mit großer Sicherheit auch schon für 1945 angenommen werden kann, waren in allen Beobachtungsjahren wieder vorhanden. In diesen

Gebieten erreichte der Krankheitsbefall bis zum September alljährlich mehr oder weniger vollständig den Wert von 100% bei erheblichen Anteilen von Frühinfektionen; die Ertragsausfälle schwankten jedoch nach den Wachstumsbedingungen der einzelnen Jahre sehr erheblich. Die Grenzen dieser beiden Hauptbefallszentren zeigen trotz gewisser Veränderungen in den einzelnen Jahren

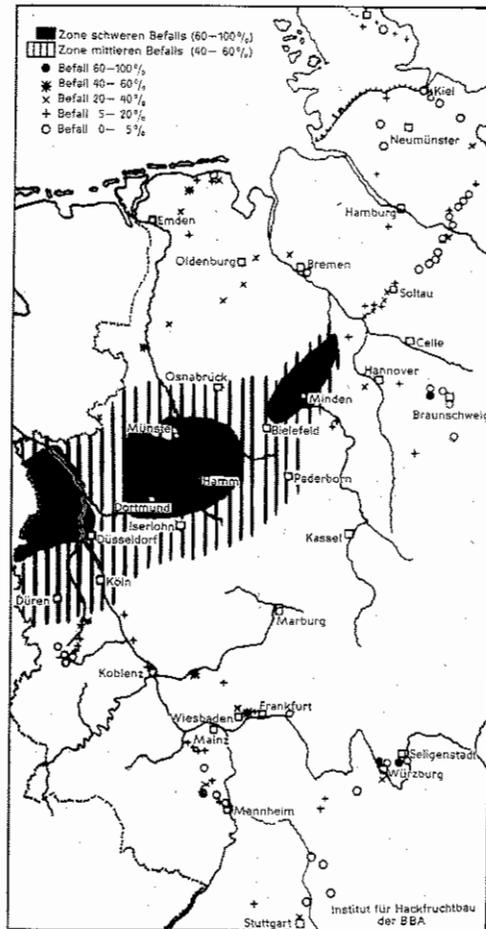


Abb. 3. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland im Jahre 1950.

eine beträchtliche Konstanz. Im Jahre 1951 war eine Ausdehnung des süd-münsterländischen Befallsgebietes nach Nordwesten zu beobachten, so daß es in diesem wie auch in dem darauffolgenden Jahre unmittelbaren Anschluß an das niederrheinische Verseuchungszentrum gefunden hat (Bocholt, Wesel, Xanten).

Im Jahre 1952 war der Vergilbungsbefall in der Kölner Bucht und am Niederrhein eindeutig und beträchtlich stärker als in dem westfälischen Vergilbungszentrum, wo der Befall zwar auch wieder überwiegend total war, jedoch ebenso

wie die Überträgergradation im Vergleich zum Rheinland um etwa 10 Tage später einsetzte.

Ein drittes Hauptbefallsgebiet wurde 1949 im Raume Worms-Frankenthal festgestellt. Die schwere epidemische Verseuchung beschränkt sich im wesentlichen auf den Rheingraben, um sowohl nach Osten wie nach Westen (westliche

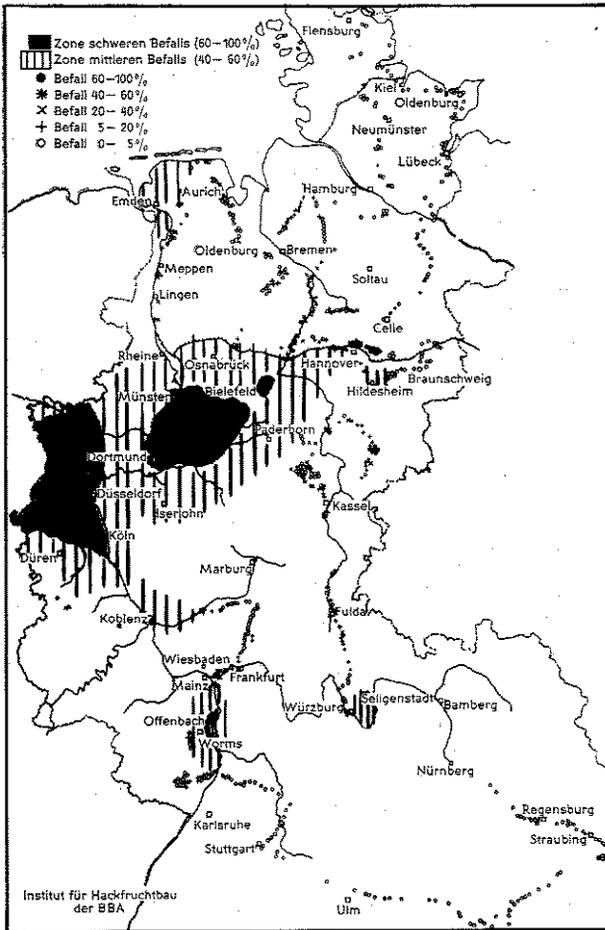


Abb. 4. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland im Jahre 1951.

Pfalz um Landau) erheblich abzunehmen. Ob in diesem Gebiet mit bedeutendem, flächenmäßig allerdings sehr aufgesplittertem Zuckerrübenanbau die Vergilbung auch schon vor 1948 in ähnlichem Grade aufgetreten ist, entzieht sich unserer Kenntnis, da 1947 hier keine Beobachtungen gemacht worden waren.

Neben diesen ausgedehnten Gebieten mit alljährlicher epidemischer Verseuchung waren auch einzelne begrenzte Bezirke schweren Befalls innerhalb einer wesentlich schwächer befallenen Umgebung mehrere Jahre hindurch fest-

zustellen. Seit 1948 konnten stets zahlreiche schwer vergilbte Felder südlich von Hannover (Umgebung von Bad Nenndorf) beobachtet werden. Ein weiterer Bezirk lokalen schweren Befalls zeigte sich von 1948 bis 1951 zwischen Frankfurt a. M. und Mainz. Das gleichzeitige sehr häufige Vorkommen des Rübenmosaiks gab einen deutlichen Hinweis auf die Ursache der Verseuchung, nämlich die

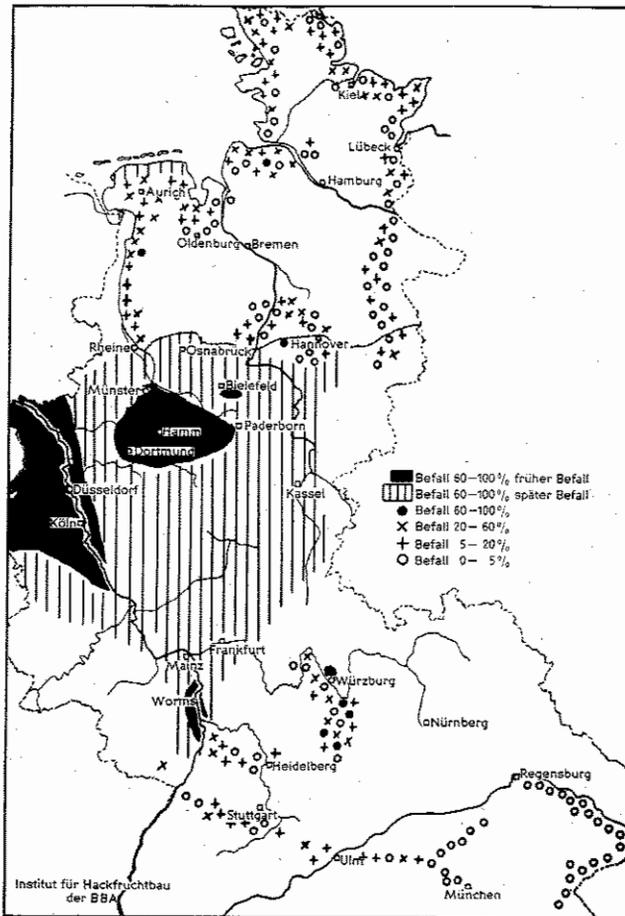


Abb. 5. Verbreitung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland im Jahre 1952.

Nähe starker Virusquellen, die besonders in den zahlreichen Kleingärten der dichtbesiedelten Vorstadtgebiete zu suchen sein dürften. Für zwei weitere durch mehrere Jahre zu verfolgende eng begrenzte Bezirke mit totalem Vergilbungsbefall, einem bei Würzburg, dem zweiten in Neuoffstein bei Frankenthal, war die Ursache ihrer Entstehung durch Samenrüben ebenfalls leicht festzustellen. In beiden Gebieten hatte 1952 mit Einschränkung bzw. Aufgabe des Samenbaues der Befall bezeichnenderweise deutlich abgenommen.

Einzelne stark vergilbte Felder wurden auch in den übrigen schwächer verseuchten Gebieten in allen Jahren festgestellt, vorwiegend in der Umgebung größerer Städte mit ausgedehnten Kleingärtnersiedlungen und in Gegenden mit geschlossener Dorfsiedlung in unmittelbarer Ortsnähe.

Während in den bisher genannten Fällen die Vergilbung in allen Bonitierunjahren in ähnlicher Stärke, wenn auch je nach Witterungsverlauf mit wechselnder Schädenswirkung auftrat, zeigt der Vergleich der Vergilbungskarten andere Seuchenvorkommen, die nur jeweils in einem einzelnen Jahre festgestellt wurden, so 1949 in dem Gebiet zwischen Husby und Kappeln in Schleswig-Holstein, wo eine größere Zahl von Futterrübenschlügen Befallsprozente von 60% und mehr aufwies, gegenüber einem allgemeinen Durchschnittsbefall von weniger als 10%, und wo in den folgenden Jahren die Infektion wieder auf das niedrige Niveau dieses ganzen Gebietes zurückgesunken war. 1950 wurden zwischen Nienburg und Minden im Wesertal zahlreiche Fälle schwerer Vergilbung festgestellt. Obgleich dieses Gebiet in den folgenden Jahren wiederholt und eingehend untersucht wurde, konnten derartige Befallsgrade nicht wieder nachgewiesen werden. Auch der Raum Aurich—Emden—Karolinensiel, 1948 und 1949 mit nur sporadischem Befall, wies 1951 erhebliche Vergilbungsschäden auf, die in dieser Stärke 1952 nicht in Erscheinung traten. In diesem Jahre wurde an der holsteinischen Westküste ein für Norddeutschland überdurchschnittlicher Vergilbungsbefall festgestellt. Da dieses Gebiet 1952 zum ersten Male untersucht wurde, läßt sich vorläufig nicht entscheiden, ob es sich dabei ebenfalls um ein einmaliges Auftreten oder um eine Dauererscheinung handelt.

Der überwiegenden Anzahl von Fällen einmaligen verstärkten Auftretens der Vergilbung ist nun gemeinsam, daß in diesen Gebieten Rübensamenbau betrieben wurde bzw. betrieben wird. Die Stecklingsanzucht dürfte eine Vermehrung der Virusquellen verursacht haben, die dann zu einer entsprechenden Zunahme des Befalls der einjährigen Rüben führte. Dafür spricht auch die in diesen Fällen stets beobachtete Uneinheitlichkeit des Virusauftretens. So standen, besonders auffällig, 1950 im Raum von Aurich stark vergilbte Schläge in der Nähe von Feldern mit nur wenigen infizierten Pflanzen. Bei einer solchen noch nicht generellen Steigerung der Virusquellen mögen dann Gegenmaßnahmen, wie Einschränkung des Samenbaues oder Isolierung¹ der Stecklingsanzuchtfelder von anderen Rübenfeldern, wieder eine Abnahme der Verseuchung bewirkt haben.

An die Hauptbefallsgebiete grenzen vielfach mehr oder weniger breite Zonen mittlerer Befallsstärke, so im Süden, Osten, Norden und Nordwesten des Münsterländischen Seuchengebietes; das gleiche gilt für die südlichen und südöstlichen Nachbarlagen des Rheinischen Vergilbungszentrums. Die Grenzen der Hauptbefallsgebiete können jedoch auch verhältnismäßig scharf sein, und zwar da, wo auf geringe Entfernung Bodengestaltung, klimatische Verhältnisse, Bodenart und damit die landwirtschaftliche Struktur einen jähen Wechsel zeigt, z. B. angrenzende Höhenlagen, Heide- und Moorgebiete mit geringer Siedlungsdichte und wenig dichtem Rübenbau.

Als Lagen mittlerer Verseuchung wurden bei den Bonitierungen solche Gebiete angesehen, in welchen im allgemeinen bis Ende August ein Befall von etwa 60% nicht überschritten wird und die Ausprägung der Symptome wesentlich leichter als bei epidemischer Verseuchung ist. Für solche Gebiete sind jedoch erhebliche Schwankungen des prozentualen Befalls und der Schwere der Infektion charakteristisch. Unterschiede im Kulturzustande der Rüben, wie

ungleiche Entwicklung, ungleiche Saatzeit und verschiedene Bestandsdichte, pflügen sich unter solchen Umständen deutlicher auszuwirken als bei epidemischer Verseuchung. Zum mittleren Befall sind nach unserer Ansicht auch jene Fälle zu rechnen, wo unter günstigen Bedingungen für die Spätausbreitung der Virose gegen Ende der Vegetationszeit sogar ein Totalbefall erreicht wird, der sich jedoch unter normalen Wachstumsbedingungen der Rübe nur wenig auf den Rübenantrag auswirkt. Die Höhe der Ertragsausfälle ist bei dieser Art der Verseuchung auch wesentlich stärker von den Kulturbedingungen der Rübe abhängig als in den Hauptbefallsgebieten.

Die Zonen des mittleren Befalls heben sich in allen Beobachtungsjahren, vor allem in der frühen Befallsperiode bis etwa Mitte August in erkennbarer Schärfe von den Hauptverseuchungsgebieten ab. Lagen mittlerer Verseuchung sind in Westfalen eigentlich alle Teile der Provinz außerhalb des Hauptbefallsgebietes im südlichen Teil der Münsterschen Bucht: der Raum südlich der Lippe bis in die Tallagen des Sauerlandes, die südöstlichen Teile des Kreises Soest, der Kreis Lippstadt, der westliche Teil von Paderborn, weiter nördlich die größten Teile von Lippe, die Emsniederung, der Kreis Halle, nördlich und nordöstlich von Münster der Kreis Tecklenburg, das Gebiet von Minden, der Kreis Lübbecke, nordwestlich die Kreise Ahaus und Burgsteinfurt und über die westfälische Grenze hinaus der Osnabrücker Bezirk, 1951 auch das südliche Emsland.

Im Rheinland sind — von Extremjahren abgesehen — als Lagen mittleren Verseuchungsgrades die Gebiete südlich der Linie Brühl-Jülich, auf der östlichen Rheinseite der Raum südlich von Köln bis zum Westerwald anzusehen. Im Durchschnitt der Jahre nimmt die Schwere des Befalls ziemlich gleichmäßig vom niederrheinischen Anbaugbiet bis in die Bonner Gegend ab. Eine Ausnahme ergab sich im Jahre 1952, in welchem die Epidemie im Raum der engeren Köln-Aachener Bucht in ihrer Schwere die des Niederrheins deutlich übertraf. Stark wechselnd, im Durchschnitt jedoch auch fast mittelstarke Vergilbung fanden wir in den Jahren 1951 und 1952, ferner im Zuckerrübenareal zwischen Braunschweig und Hildesheim.

Der mittlere Befall schwankt nicht nur stärker von Feld zu Feld, sondern auch von Jahr zu Jahr. Er erfuhr besonders unter den günstigen Übertragungsbedingungen des Jahres 1952 eine erhebliche Ausweitung, die sich südlich bis in den Raum von Kassel-Marburg, weiter westlich bis zum Taunus erstreckte und nördlich bis in das südliche Oldenburg reichte. Vielfach erreichte hier der Spätbefall Werte von annähernd 100%. Im Jahre 1952 durchgeführte Überträger-Bekämpfungsversuche, die im Hauptbefallsgebiet Rübenmehrerträge durch die Behandlung von 20% und mehr gebracht hatten, blieben dagegen in solchen Lagen (Spätbefall der Kontrolle etwa 80 bis 90%) ohne Wirkung auf den Rübenantrag, obschon die Überträgerbekämpfung das Auftreten der Krankheit deutlich gesenkt hatte. Hieraus ist zu schließen, daß in diesen Gebieten die späte Vergilbung noch keine sehr großen Ertragsausfälle bewirkt hat. Wie weit sich allerdings diese späte Befallszunahme epidemiologisch für die Zukunft auswirken wird, etwa durch eine Vermehrung der Virusquellen, ist eine Frage, die erst durch künftige Beobachtungen geklärt werden kann. Der Vergleich der Verbreitungskarten erweckt im ganzen den Eindruck, daß gegenüber der relativen Konstanz der Grenzen der Hauptbefallsgebiete die mittlere Verseuchung in den letzten Jahren eine stetige Zunahme erfahren hat.

Wie aus den Abbildungen 1—5 hervorgeht, tritt in weiten Teilen Norddeutschlands wie auch Süddeutschlands in allen Beobachtungsjahren die Vergilbungs-krankheit zwar überall, jedoch nur in geringer prozentualer Stärke, auf. Auch in dem Seuchenjahr 1952 hat in diesen Gegenden der wirtschaftlich völlig belanglose Befall nicht wesentlich zugenommen. Demgegenüber ergibt sich jedoch aus der Feststellung, daß auch in diesen Gebieten das Vergilbungsvirus nirgends ganz fehlt, die wichtige Folgerung, daß unter bestimmten Voraussetzungen aus dem sporadischen Vorkommen ein epidemischer Befall werden kann.

Über die Ursachen der geschilderten Verbreitung der Vergilbungs-krankheit in Westdeutschland lassen sich naturgemäß nur Vermutungen aussprechen. Der Vergleich der Hauptbefallsgebiete zeigt einige ihnen gemeinsame Eigenschaften, die für ihre epidemiologischen Verhältnisse von Bedeutung sein können. Die drei Hauptvergilbungsgebiete im niederrheinischen Raum, in der Münster-schen Bucht und in der Rheinpfalz besitzen außer einer erheblichen Intensität des Rübenbaues auch eine beträchtliche Besiedlungsdichte. In Westfalen und am Niederrhein überwiegt zudem der Futterrübenanbau, der gegenüber der Zuckerrübe im allgemeinen eine wesentlich stärkere flächenmäßige Aufteilung zeigt. In der Rheinpfalz werden die Futter- und Zuckerrübe in engster Nachbarschaft, häufig in kleinsten Flächen, angebaut. Die Futterrübe bietet durch die Mietenlagerung eine der wichtigsten Überwinterungsmöglichkeiten des Virus (Hartsuijker, 1952, Broadbent et al., 1949, Ernould, 1951, Martini, 1953). Bei der Einzelhof-Siedlungsform des Münsterischen Befallsgebietes sind diese Virusquellen in großer Dichte sehr gleichmäßig im Anbaubereich verteilt. Man kann ohne Übertreibung für das Münsterland feststellen, daß wohl kaum ein Rübenschlag weiter als 1 km von der nächsten Rübenmiete entfernt liegt. Im niederrheinischen Futterrübenanbaubereich dürften die Verhältnisse ähnlich sein. Die epidemiologische Bedeutung der Futterrübe, die vielfach nachgewiesen wurde, potenziert sich noch durch die auch für unser Gebiet nachgewiesene Überwinterungsmöglichkeit (Stuedel und Burckhardt, 1950), die sie auch der wichtigsten Überträgerart (*Myzodes persicae*) bietet. Die erhebliche flächenmäßige Aufteilung, die für den Futterrübenanbau im allgemeinen gegeben ist, in der Pfalz aber auch für die Zuckerrübe sogar in extremer Form zutrifft, bewirkt außerdem die Vermehrung weiterer Virusüberwinterungsmöglichkeiten, nämlich die durch infizierte, den Winter irgendwie überdauernde Virus-Wirtspflanzen, wie Kultur-Chenopodiaceen aller Art (Spinat-, Mangold- und Rote-Beete-Pflanzen) in den Haus- und Kleingärten. Durch die von Schlösser (1952) nachgewiesene Virusanfälligkeit zahlreicher, den Winter häufig überdauernder Unkrautarten kann die Bedeutung dieser Art der Bildung von Virusherden noch erheblich zunehmen.

In den Hauptbefallsgebieten ist demnach eine der Voraussetzungen für das epidemische Auftreten der Vergilbung, die erforderliche Dichte von Virusquellen, gegeben. Auf die zweite Voraussetzung, die Bedingungen für die Überträger-entwicklung, wird an anderer Stelle näher einzugehen sein (vgl. Kap. III, 1).

Die Entstehung der epidemischen Verseuchung Westdeutschlands ist rück-schauend kaum noch endgültig zu klären. Der Annahme Schlössers (1952), daß die Vergilbungs-krankheit von England aus über Holland, Belgien und Frank-reich nach Deutschland gekommen sei, entspricht die Lage der heutigen Haupt-befallszentren in der Westzone des Gebietes. Ob und wie weit der Samenbau,

der in den Jahren 1946 bis 1950 auch in diesen Bezirken sowohl als Großanbau als auch in der epidemiologisch noch weit gefährlicheren Form des Kleinbaues zur Eigenversorgung allenthalben betrieben wurde, die Virusverseuchung dieser Gebiete gesteigert hat, ist ebenfalls nicht mehr exakt festzustellen. Eine derartige Wirkung ist jedoch ohne weiteres anzunehmen. Die planmäßige Aufgabe des Rüben- und übrigen Chenopodiaceen-Samenbaues im Rheinland und das Erlöschen des Kleinanbaues mit der Wiederkehr normaler Wirtschaftsverhältnisse haben zwar die durch viruskranke Samenträger verursachten krassen Ertragsausfälle in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft herabgesetzt, blieben aber ohne feststellbare Wirkung auf die allgemeine Verseuchungslage, wie in besonderem Maße das Jahr 1952 zeigte.

Daraus geht hervor, daß eine durch den Samenbau verursachte Verseuchungszunahme bei den zahlreichen Virus-Überwinterungsmöglichkeiten im Befallszentrum irreversibel geworden sein muß.

Die Ursache für das praktische Fehlen der Vergilbungskrankheit in weiten Gebieten Nord- und Süddeutschlands trotz des sporadischen Auftretens des Erregers ist ebenfalls unbekannt. Die Frage, ob die Ausweitung des vereinzelt auftretens zur epidemischen Verseuchung deshalb noch nicht erfolgt ist, weil das Virusvorkommen noch nicht die erforderliche Dichte erreicht hat oder ob die Voraussetzungen für eine entsprechend starke Überträgergradation nicht gegeben sind, ist für die verschiedenen Gebiete im Norden und Süden wahrscheinlich nicht in gleicher Weise zu beantworten. Daß dabei der Häufigkeit der Überträger, insbesondere der Pflirsichblattlaus, große Bedeutung zukommt, ergibt sich daraus, daß in vielen Fällen Lagen mit sehr schwacher Rübenvergilbung sich gleichzeitig gut für den Pflanzkartoffelbau eignen. Die Verbreitungsmöglichkeit der Vergilbung durch die wohl nirgends fehlende schwarze Bohnenlaus kompliziert jedoch diese Beziehungen. (Lagen mittlerer Vergilbung sind vielfach, wenn auch nicht immer, Lagen geringen Kartoffelabbaues.) Die in praktisch virusfreien Gebieten festgestellten lokalen Bezirke epidemischer Vergilbung, wie bei Neuoffstein und bei Seligenstadt, die nachweislich durch Samenrübenbau entstanden sind, zeigen ebenso wie die mit großer Wahrscheinlichkeit durch dieselbe Ursache entstandenen Bezirke mit schwerem Vergilbungsaufreten bei Aurich im Jahre 1951 und im Wesertal 1950, daß der Samenrübenbau auch unter den epidemiologischen Bedingungen der bislang noch schwach verseuchten Gebiete das sporadische Vorkommen zu epidemischer Verseuchung zu steigern vermag.

Daraus ergibt sich, daß in diesen von der Vergilbungskrankheit noch verschonten Gebieten der Samenrübenbau, dessen Bedeutung für die Neuverseuchung vielfach eingehend untersucht wurde (u. a. Hansen, 1950, Björling, 1949, Hartsuijker, 1952, Wenzl, 1953), in einer Form durchzuführen ist, bei der eine merkbare Steigerung der Virushäufigkeit nicht eintreten kann. Dies erfolgt am besten durch Stecklingsanzucht in räumlicher Trennung von den Samenträgern und auch von anderen Rübenkulturen. Unter dieser Voraussetzung ist der Samenrübenbau in den z. Z. noch von der Vergilbungskrankheit freien Lagen durchaus nicht als Gefahr anzusehen. Ob im Sinne Schlössers (1952) die östlich an die Hauptbefallsgebiete angrenzenden Zonen mittlerer Verseuchung als Vorstufen eines epidemischen Befalls des von West nach Ost sich ausbreitenden Virus gelten müssen, kann nur die künftige Entwicklung zeigen.

III. Beziehungen zwischen Gradation der Virusüberträger und Epidemiologie der Virose

1. Klima und Überträger

Bei kritischer Betrachtung der geschilderten großräumigen Verbreitung der Vergilbungskrankheit fällt auf, daß die westdeutschen Hauptbefallsgebiete noch fast vollständig in den Bereich des milden Winterklimas fallen, in dem die langjährigen Mittelwerte des kältesten Monats Januar nicht unter 0°C abfallen (zit. nach Heinze und Profft, 1940), soweit es sich nicht um ausgesprochene Gebirgs-lagen handelt. Außerhalb dieses Raumes auftretende Epidemien machen sich in den letzten Jahren in den allermeisten Fällen nicht nur später und schwächer bemerkbar, von Ausnahmen abgesehen, die durch besondere örtliche Infektionsbedingungen verursacht wurden, sondern sie pflegen nach den vergleichenden Untersuchungen nur in den seltensten Fällen einen derartigen Umfang anzunehmen wie in den Hauptbefallsgebieten, wo manche Areale Jahr für Jahr zu 100% verseucht werden. Selbstverständlich lassen sich diese Differenzen nicht allein mit den im vorigen Kapitel erörterten Faktoren in allgemeinerer Art erklären. Bei dem großen Einfluß, den erwiesenermaßen Zeit und Stärke der Blattlausgradation auf die Ausbreitung der Virose zu nehmen pflegen, ist zu untersuchen, ob nicht auch die klimatischen Bedingungen und die sonstigen Voraussetzungen für ein massenhaftes frühes Auftreten der Virusüberträger in den Befallszentren besonders günstig sind. Die in den vergangenen Jahren durchgeführten aphidologischen Studien an der Beta-Rübe haben gerade in dieser Hinsicht eine Reihe von Ergebnissen erbracht, welche zum Verständnis des epidemiologischen Bildes der Virose weitgehend beitragen können.

a) *Myzodes persicae*

Nach den Untersuchungen von Heinze (1948) ist der Pfirsichbau im westlichen Teil Deutschlands mit mildem Winterklima besonders verbreitet und nimmt nach Osten bis zur Zonengrenze ab; allerdings besteht auch dort in den letzten Jahren eine Tendenz zur Zunahme. Die Überwinterungsmöglichkeiten dieser Art sind also im Westen außerordentlich günstig. Die im Flachland milden Winter und die frühzeitig ansteigenden Temperaturen bedingen einen relativ frühen Entwicklungsbeginn der Frühjahrsgeneration am Winterwirt und dementsprechend einen frühen Anfang der Wanderflüge in den klimatisch begünstigten Teilen des Befallsgebietes. (Heinze und Profft, 1940, Moericke, 1941, Rönnebeck, 1952, eigene Feststellungen siehe Tab. 1). Nach Rönnebeck findet der erste Hauptflug des Jahres überwiegend in der Zeit des Ährenschiebens des Winterroggens statt; infolgedessen können sich entsprechend der langsamen oder schnelleren Entwicklung der Frühjahrspopulationen beachtliche Differenzen ergeben, die dazu führen, daß die Rüben im Befallsgebiet nicht gleichzeitig durch die Art besiedelt werden.

b) *Doralis fabae*

Für diese Art gelten grundsätzlich dieselben Erfahrungen. Zwar kennen wir heute noch nicht die quantitativen Unterschiede in der geographischen Verteilung ihrer Winterwirte, der Sträucher *Evonymus europaeus* und *Viburnum opulus* mit ihren Zierformen. Über den Einfluß des Klimas auf die Entwicklung der Art bis zum Abflug vom Winterwirt sind jedoch weitgehend zutreffende

Vorstellungen möglich, nachdem H. J. Müller seine eingehenden Studien veröffentlicht hat, die mit unseren eigenen gut vergleichbar sind, wenn auch im einzelnen nicht immer die gleichen Prinzipien bei den Untersuchungen angewandt wurden. Tab. 1 zeigt die in Elsdorf ermittelten Daten der Jahre 1948 bis 1952 für das Schlüpfen der Eier, das Erstaufreten von Nymphen und geflügelten Migranten in den Kolonien sowie schließlich die in jedem Jahr ermittelte Hauptabflugszeit der Art nach Beobachtungen an *Evonymus europaeus* und *Viburnum opulus* var. *sterile* an Waldrändern und in Gärten. Nach diesen Beobachtungen ist mit dem Schlüpfbeginn der Eier am Winterwirt in der Kölner Bucht zwischen dem 10. 3. und 15. 3. zu rechnen; die ersten Migranten treten um den 1. Mai auf, und die Hauptflugperiode kann man in der Zeit zwischen dem 10. und 20. Mai erwarten. Diese Feststellungen gelten für den klimatisch begünstigten Raum der Köln-Aachener Bucht. In der Emsniederung bei Versmold (Westfalen) schlüpfte die Fundatrix im Jahre 1949 ebenso wie nach den Untersuchungen von Müller und Unger (1951) in der Umgebung von Quedlinburg erst in der Zeit nach dem 20. 3., also praktisch eine Woche später als im Rheinland. Eigene im Jahre 1949 durchgeführte Untersuchungen der Frühjahrsentwicklung von *Doralis fabae* an *Viburnum opulus* var. *sterile* an drei klimatisch verschiedenen Standorten (Elsdorf/Rhld., Versmold/Westfalen und Blankenheim/Eifel) lassen die frühere und schnellere Entwicklung der geflügelten Fundatrigenien im Rheinland deutlich erkennen, wie die in Abb. 6 dargestellten Kurven des prozentualen Anteils der Nymphen und Migranten an der Gesamtpopulation deutlich beweisen. Zum Vergleich seien nachfolgend die Mitteltemperaturen der Monate März bis Mai für die den Versuchsorten benachbart liegenden Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes angeführt.

Tabelle 1

Epidemiologisch wichtige Daten aus der Entwicklung der Überträger der Vergilbungskrankheit an den Winterwirten in Elsdorf (Rheinland)

Jahr	Beginn des Schlüpfens der Fundatrix	Erstauftreten von Nymphen	Erstauftreten von Geflügelten	Hauptabflugszeit
a) <i>Myzodes persicae</i>				
1948.....	14. 2.	26. 4.	4.—9. 5.	10.—20. 5.
1949.....	19. 2.	26. 4.	2. 5.	10.—20. 5.
1950.....	20. 2.	?	12. 5.	15.—25. 5.
1951.....	16. 2.	9. 5.	19. 5.	22. 5.—4. 6.
1952.....	nicht beobachtet, zu geringe Besiedlung			10.—20. 5.
b) <i>Doralis fabae</i>				
1948.....	12. 3.	20. 4.	30. 4.	7.—22. 5.
1949.....	15. 3.	20. 4.	27. 4.	5.—15. 5.
1950.....	13. 3.	2. 5.	11. 5.	15.—20. 5.
1951.....	16. 3.	infolge zu schwacher und verstreuter Koloniebildung nicht eindeutig festzulegen		
1952.....	10. 3.	24. 4.	3. 5.	7.—20. 5.

Wenn nach den Untersuchungen von Müller und Unger (1951) die prozentuale Entwicklung der Migranten auch von der Populationsdichte und der somit zur Verfügung stehenden Nahrungsmenge und -qualität abhängig ist und die Verschiedenartigkeit der Populationsentwicklungskurven 1—3 nicht den örtlich

bestimmenden Temperaturverhältnissen allein zugeschrieben werden kann, so erlauben diese Ergebnisse doch den Schluß, daß ebenso wie bei *Myzodes persicae* der erste Hauptflug von *Doralis fabae* in klimatisch begünstigten Teilen Westdeutschlands früher stattfindet als in rauheren Lagen und dementsprechend auch die Besiedlung der Rüben dort früher in Gang kommt.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Müller und Unger konnten wir eine Sekundärbesiedlung von *Econymus* durch Migranten niemals feststellen, so daß an diesem Wirt die Kolonien nach Abschluß des Abfluges ausstarben.

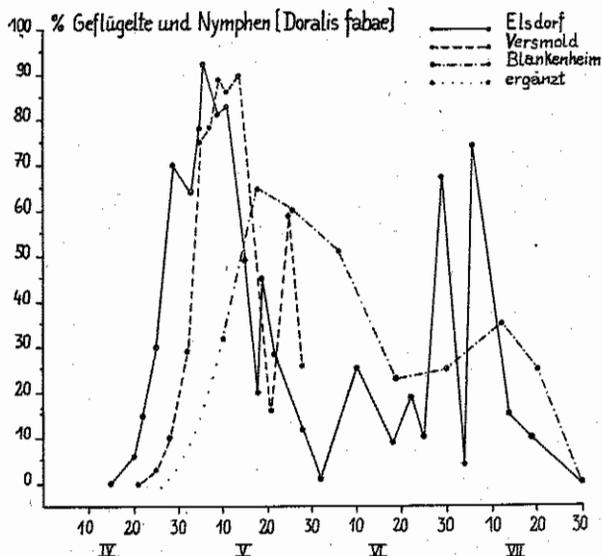


Abb. 6. Auftreten von Nymphen und Geflügelten der Art *Doralis fabae* (in % der Gesamtpopulation) auf *Viburnum opulus* var. *sterile* an 3 klimatisch verschiedenen Standorten Westdeutschlands.

Tabelle 2

Monatsmittel der Lufttemperatur im Vergleich zur Entwicklung von *Doralis fabae* an *Viburnum*, 1949, in °C

Station	Elsdorf/Rhld.	Osnabrück	Roetgen/Eifel
März	4,1	3,5	2,0
April	11,4	11,0	9,4
Mai	12,4	12,3	9,7

Der Anstieg der Nymphenprozentage im Juni in Elsdorf (Abb. 6) an *Viburnum* ist jedoch auf Sekundärbesiedlung durch Migranten zurückzuführen, wie im Verlauf der 6 Beobachtungsjahre immer wieder festgestellt werden konnte (Müller und Unger). An diesem Wirt kommt es also zu einem zweiten, allerdings zahlenmäßig schwächeren Abflug, der schon in die Zeit der Entstehung von Geflügelten an den Sommerwirten fällt und daher epidemiologisch weniger interessant ist.

Die in der Literatur angedeutete Möglichkeit einer Überwinterung der Art an *Deutzia crenata* und *Philadelphus coronarius* konnten wir in den Elsdorfer Gärten bisher nicht bestätigen. Zwar wurde Besiedlung im Herbst und in geringem Umfang auch Eiablage, aber keine Entwicklung im Frühjahr beobachtet, auch nicht in der von Müller und Unger erwähnten Form eines ausgedehnten Sekundärbefalls bei *Philadelphus*, wodurch sich die Verhältnisse im mitteldeutschen Raum von denen im Rheinland offenbar unterscheiden.

In dem sehr blattlausreichen Herbst 1949 fanden wir ovipare Weibchen in großer Zahl auch in Kolonien an *Phaseobus*, was zu starker Eiablage an den Bohnenstangen und dem Bohnenstroh führte. Die Eier färbten sich zur gleichen Zeit dunkel wie die an *Viburnum*. Derartiges Bohnenstroh wurde an geschützten Stellen im Freien überwintert und im darauffolgenden Frühjahr auf schlüpfende Fundatrices beobachtet, jedoch ohne irgendeinen Erfolg. Nach diesen Ergebnissen überwintert die Art bei uns hauptsächlich an *Evonymus* und *Viburnum*.

Freilandüberwinterung und Überwinterung an geschützten Stellen in der Sommerform

Nach den bisherigen Erfahrungen über die Freilandüberwinterung beider Arten muß Westdeutschland, insbesondere das Rheinland, in seinen klimatisch günstigsten Lagen als Grenzgebiet für die Überwinterung von *Myzodes persicae* an frostharten Kulturpflanzen in der Sommerform angesehen werden, da sie selbst hier nur in milden Wintern vorkommt (Möricke, 1941, Heinze und Profft, 1940, Heinze, 1948, Steudel, 1950, 1952, Haine, 1950, Rönnebeck, 1952). An geschützten Stellen (Mieten, Keller, Gewächshäuser) greift diese Art der Überwinterung wesentlich weiter nach Osten aus. Nach den Untersuchungen Martinis (1953) lag z. B. in den Jahren 1951 und 1952 die Ostgrenze der Mietenfunde von *Myzodes persicae* im Raume des Wesertales mit deutlichem Schwerpunkt in den westlichen Landesteilen. Östlich dieser Linie waren nur ganz sporadisch Funde zu verzeichnen. In Warmhäusern und Kellern sind das Vorkommen und die Überwinterung von *Myzodes persicae* auf Grund zahlreicher Beobachtungen praktisch unabhängig von der Außentemperatur. Wie gering auch in relativ günstigen Jahren der Anteil der abseits vom Pflirsich heranwachsenden geflügelten Virgines an der Gesamtpopulation der im Frühjahr fliegenden Tiere, selbst in dem klimatisch besonders begünstigten Rheinland, zu sein pflegt, zeigen die Untersuchungen Martinis aus dem Frühjahr 1952 mit der Moericke-Falle. Martini konnte nach der von Börner (1951) angegebenen Unterscheidungsmöglichkeit feststellen, daß mehr als 90% der gefangenen Geflügelten vom Pflirsich stammen. In Gebieten mit schwächerem Pflirsichbau als dem Rheinland und besonders günstigen Überwinterungsbedingungen für die Sommerform (beispielsweise England) mag dies Verhältnis anders sein als bei uns, wo zwar im Westen die Überwinterung in Mieten seit 1950 in wechselndem Ausmaß regelmäßig nachgewiesen werden konnte, eine Überwinterung an frostharten Kulturpflanzen (überwiegend gewisse Kohlsorten) aber in den 7 Wintern seit 1946/47 nur viermal (47/48, 48/49, 49/50, 51/52) in der Kölner Bucht ausschließlich zur Beobachtung kam. Nach den Ergebnissen von Rönnebeck (1952) und Steudel (1952) kommt es zur Zeit des Hauptabfluges vom Pflirsich an Kohl infolge sehr langsamer Entwicklung der Kolonien nur zu zahlenmäßig geringem Abflug, so daß die Befunde Martinis erklärlich sind. Später, nach Beendigung der Hauptflugzeit der Migranten, steigt die Anzahl der an überwinterndem Kohl

und in den Mieten heranwachsenden Geflügelten ganz beachtlich an und macht sich in einer erheblich stärkeren Besiedlung von Sommerwirten in ihrer Nachbarschaft bemerkbar, so daß in diesen Fällen praktisch die Pause zwischen dem ersten Flug und dem normalerweise etwa 4 Wochen später einsetzenden Sommerflug überbrückt wird. Nachdem, wie später noch erörtert werden soll, bewiesen wurde, daß der Entwicklungsstand der Rüben von ausschlaggebender Bedeutung für die Besiedlungsstärke zu sein pflegt, erscheint uns in der Überbrückung der beiden Hauptflugzeiten, d. h. in der Vorverlegung des Sommerflugbeginns in den Gebieten mit Möglichkeiten für die Überwinterung abseits vom Pfirsich, ein Faktor gefunden zu sein, den man in virusepidemiologischer Hinsicht nicht vernachlässigen darf. Findet die Überwinterung in der Sommerform zudem an virusanfälligen Pflanzen statt, etwa an Spinat (Steudel, 1950) oder in Mieten (Steudel und Burckhardt, 1950), so muß man bedenken, daß praktisch alle abwandernden Geflügelten an verseuchten Pflanzen herangewachsen sein können und dementsprechend das Virus im Gegensatz zu den vom Pfirsich kommenden, die sich erst im Verlauf des Wanderfluges infizieren müssen, mit Sicherheit bei ihrer Wirtssuche übertragen. Ihre epidemiologische Bedeutung hinsichtlich der Erstinfektionen ist also erheblich größer, als ihrem geringen Anteil an der gesamten fliegenden *Myzodes persicae*-Population entspricht, weil durch zahlreiche Frühinfektionen in der Umgebung des Herdes die Ausbreitung der Seuche auch durch zunächst virusfreie und im Bestande vagabundierende Zuwanderer erheblich beschleunigt werden kann.

Eine Überwinterung von *Doralis fabae* in der Sommerform ist bisher nur vereinzelt aus Gewächshäusern bekanntgeworden, während alle diesbezüglichen Untersuchungen auch in der klimatisch begünstigten Kölner Bucht (Freiland, Futterrübenmieten, Stecklingsmieten, Rübenkeller) nur negative Resultate erbracht haben. Für die Verhältnisse der Praxis ist diese Möglichkeit daher auszuschalten.

Zusammenfassend ist für beide Arten also folgendes festzustellen: Infolge sehr häufigen Anbaus von Pfirsichen, zahlreicherem Vorkommen der Mietenüberwinterung und — für sehr wintermilde Gebiete — Möglichkeiten der Freilandüberwinterung in der Sommerform findet der erste Flug von *Myzodes persicae* unter dem Einfluß eines mildereren Winter- und Frühjahrsklimas im nordwestdeutschen Hauptbefallsgebiet früher im Jahre und praktisch in größerem Umfang statt als im übrigen Norddeutschland. Bei *Doralis fabae* fehlt die Überwinterung in der Sommerform; die Entwicklung der Kolonien am Winterwirt bis zum Auftreten der Geflügelten ist kürzer als bei *Myzodes persicae* und somit nicht im gleichen Ausmaß abhängig von den Klimafaktoren. Über die landschaftlich unterschiedliche Verteilung ihrer Winterwirte ist noch nichts bekannt; wahrscheinlich sind diese jedoch großräumig gleichmäßiger verteilt als der Pfirsich, so daß die Stärke des ersten Fluges dieser Art und sein Zeitpunkt nicht in demselben Ausmaß wie der von *Myzodes persicae* von den räumlichen Gegebenheiten beeinflusst werden können.

Es ist natürlich nicht ganz einfach, die verschiedenen Faktoren, welche Zeit und Ausmaß des ersten Fluges der virusübertragenden Blattläuse beeinflussen, so voneinander zu trennen, daß sie in ihrer Bedeutung einzeln erkannt werden können. Wohl ist die Hauptabflugzeit durch Beobachtung der Kolonieentwicklung an den Winterwirten eindeutig zu erfassen; die Beurteilung der Flugstärke ist jedoch nur mit Hilfe von Blattlausfallen möglich, deren Gesamtfänge man auf

den Anteil der in Frage kommenden Arten untersucht. Die von Moericke (1951) beschriebenen Gelbschalen, von uns seit 1951 in Gebrauch, genügten allerdings in der angegebenen Größe nicht, um bei der an sich noch relativ geringen Gesamtflugstärke im Frühjahr die Fänge einzelner Jahre mit Sicherheit quantitativ auswerten zu können. Seit 1952 sind daher mit bestem Erfolg vergrößerte Gelbschalen (Größe 62,5 × 34 cm) in Gebrauch, so daß schon in absehbarer Zeit die Aussicht besteht, die Fänge gegebenenfalls für prognostische Zwecke auswerten zu können (Martini, 1953).

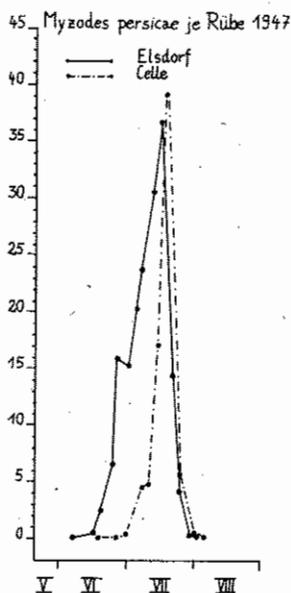


Abb. 7. Zeitlicher Verlauf des sommerlichen Massenwechsels von *Myzodes persicae* (durchschnittliche Zahl von *Myzodes persicae* je Rübe) in Elsdorf/Rhld. und Celle (Heinze, 1949), 1947.

Der Verlauf der Blattlausbesiedlung an den Rüben selbst in Abhängigkeit von der Gesamtheit der vorstehend diskutierten Faktoren konnte in den letzten Jahren durch Beobachtung der Populationsbewegungen an Rüben der verschiedensten Bezirke Nordwestdeutschlands eingehend studiert werden, wobei sich zeigte, daß die Besiedlung der Rüben in Rheinland-Westfalen erheblich früher einsetzte als im übrigen Nordwestdeutschland. Im Jahre 1947 wurden vergleichende Untersuchungen in Elsdorf/Rhld. und in Celle (Heinze, 1949) durchgeführt. Die Ergebnisse beider Beobachtungsstationen für *Myzodes persicae* zeigt Abb. 7.

Während in Elsdorf eine starke Zunahme der Population schon Mitte Juni begann, folgte diese in Celle erst Anfang Juli, also 14 Tage später. Höhepunkt der Gradation und sommerlicher Zusammenbruch wurden an beiden Stationen zur gleichen Zeit festgestellt. Daraus ergab sich für Elsdorf gegenüber Celle eine um 14 Tage längere Gesamtbesiedlungszeit. Die maximale Höhe der Verlausung, in beiden Untersuchungsreihen praktisch gleich, wird von einer ganzen Anzahl von Faktoren beeinflusst und soll in diesem Zusammenhang noch nicht

diskutiert werden. Diese auf den Versuchsfeldern gewonnenen Erfahrungen mußten in den kommenden Jahren in größerem Umfang auf ihre Richtigkeit überprüft werden, was in den Jahren 1949—1952 gemeinschaftlich mit dem Pflanzenschutzamt in Oldenburg erfolgte. Dabei wurde abweichend von den Untersuchungen des Jahres 1947 so vorgegangen, daß der Gradationsverlauf der Rübenblattläuse an bestimmten, im Gebiete verteilten Rübenfeldern (Zucker- und Futterrüben) während der ganzen Vegetationszeit in etwa 8tägigen Abständen nach der 100-Blattmethode verfolgt wurde. Die Aufteilung der gefundenen Läuse erfolgte in üblicher Weise nach Arten und Entwicklungsstadien getrennt. In Westfalen konnten durchlaufende Beobachtungen zunächst nur in der Umgebung des Instituts erfolgen, die für den Gesamttraum nicht ganz maßgebend sind. Erst mit Anlage der später zu besprechenden Bekämpfungsversuche mit innertherapeutischen Insektiziden war es möglich, mit Unterstützung des Pflanzenschutzamtes in Münster/Westf. diese Untersuchungen auch auf einen weiteren Raum auszudehnen. Die Auswertung des sehr umfangreichen Beobachtungsmaterials muß hier allerdings in zusammenfassender Form erfolgen. Dabei wurde so vorgegangen, daß aus dem Gesamtmaterial für das Rheinland und Oldenburg als charakteristischen Bezirken der beobachtete Beginn der Blattlausbesiedlung an Rüben, Zeit und Höhe des in jedem Raume ermittelten absoluten Befallsmaximums je 100 Blatt und Zeitspanne des Zusammenbruchs der sommerlichen Befallswelle für die beiden Arten *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* getrennt in eine Tabelle eingetragen wurden (Tab. 3), um wenigstens eine Übersicht über die für beide Räume charakteristischen wichtigsten Daten zu gewinnen.

Tabelle 3

Vergleichende Untersuchungen des Verlaufs der Blattlausgradation an Rüben
im Rheinland und in Oldenburg in den Jahren 1949 bis 1952

Jahr	Beginn des Anstiegs der Gradation		Absolutes Maximum (je 100 Blatt)				Zusammenbruch	
	Rhld.	Oldbg.	Zahl		Zeit		Zeit	
			Rhld.	Oldbg.	Rhld.	Oldbg.	Rhld.	Oldbg.
a) <i>Myzodes persicae</i>								
1949	21. 5.	13. 6.	1 300	22	14. 7.	20. 7.	14. 7.—4. 8.	20. 7.—27. 7.
1950	1. 6.	20. 6.	304	128	5. 7.	11. 7.	5.—20. 7.	11. 7.—25. 7.
1951	28. 5.	11. 6.	2 763	74	17. 7.	20. 7.	17. 7.—6. 8.	20. 7.—10. 8.
1952	15. 5.	1. 6.	7 980	28	25. 6.	10. 7.	25. 6.—8. 7.	10. 7.— 8. 8.
b) <i>Doralis fabae</i>								
1949	28. 5.	?	8 988	2 190	2. 7.	5. 7.	10. 7.— 3. 8.	21. 7.—28. 7.
1950	5. 6.	14. 6.	1 095	1 727	5. 7.	5. 7.	5. 7.—27. 7.	5. 7.—27. 7.
1951	25. 5.	15. 6.	2 950	8 225	10. 7.	20. 7.	15. 7.—30. 7.	20. 7.— 5. 8.
1952	15. 5.	5. 6.	35 700	720	25. 6.	17. 7.	25. 6.— 3. 7.	15. 7.— 6. 8.

Der meßbare Gradationsanstieg an den Rüben begann auch nach den Ergebnissen dieser Studien im Rheinland etwa 14 Tage bis 3 Wochen früher als in Oldenburg, wo man erst in der Zeit zwischen Anfang Juni (1952) und Mitte Juni (1950) die ersten *Myzodes persicae* zu finden pflegt. Die in Abb. 7 gezeigten

prinzipiellen Unterschiede im Besiedlungsbeginn sind also in jedem Jahre zu beobachten. Sehr deutlich ist auch der Unterschied in der Verlausungsstärke mit *Myzodes persicae* in beiden Landesteilen, wie die Zahlen für das Gradationsmaximum zeigen. Im Rheinland erreicht die *Myzodes persicae*-Population mindestens die dreifache (1950), im Maximum aber fast die dreihundertfache Höhe der Oldenburger Populationen des gleichen Jahres, während die Verhältnisse bei *Doralis fabae* nicht so übersichtlich sind und z. B. im Jahre 1950 in Oldenburg an einer Stelle höhere *Doralis fabae*-Blattlauszahlen gefunden wurden als im Rheinland. Im langjährigen Mittel, das in Tab. 3 nicht berechnet ist, liegen allerdings auch für diese Art die rheinischen Maxima über den oldenburgischen. Grundsätzlich ist zu sagen, daß die Variation der Maxima in beiden Landesteilen außerordentlich groß ist und von zahlreichen, im einzelnen nur schwer überschaubaren Umständen abhängt, weshalb in diesem Zusammenhang auch von einer Wiedergabe der Einzelwerte Abstand genommen wurde. Das Besiedlungsmaximum wurde im Rheinland in den ersten 3 Jahren nur einige Tage früher erreicht als in Oldenburg, so daß sich der Beginn des Zusammenbruchs auch eher bemerkbar machte. Im weiteren Verlauf sanken die Zahlen beider Gebiete gleichzeitig ab, und Anfang August war die sommerliche Gradation überall praktisch beendet. Eine Ausnahme bildete lediglich das durch besonders rasche und massenhafte Vermehrung herausfallende Jahr 1952 im Rheinland, in dem hier der Zusammenbruch bereits Ende Juni, also 14 Tage früher als in Oldenburg, erfolgte, was sicher auf Witterungsfaktoren und den Übervölkerungseffekt mit seinen populationsphysiologischen Folgen (Bonnemaison, 1951) zurückgeführt werden kann. Es besteht daher keine prinzipielle Übereinstimmung im Hinblick auf den Zeitpunkt des Gradationszusammenbruchs in den einzelnen Landesteilen. In den meisten Jahren, d. h. unter einigermaßen normalen Witterungs- und Vermehrungsbedingungen, kann man trotzdem damit rechnen, daß der Gradationszusammenbruch, großräumig gesehen, doch zur gleichen Zeit erfolgt. Der blattlausreichere Westen leitet den Vorgang mit einigen Tagen Vorsprung ein; infolge des durchschnittlich um 2—3 Wochen früheren Gradationsbeginns verlängert sich die sommerliche Besiedlungswelle in den klimatisch begünstigten Teilen Westdeutschlands tatsächlich um eine entsprechende Zeitspanne, wie schon beim Vergleich zwischen Elsdorf und Celle im Jahre 1947 festgestellt wurde. Hierdurch wird einmal die Möglichkeit zur Massenvermehrung sehr verbessert, andererseits auch die Periode der Überträgerfähigkeit an den Rüben entsprechend erweitert. Diese Ergebnisse lassen sich zwanglos mit den schon früher erörterten Beziehungen zwischen Frühentwicklung in Abhängigkeit von Klima und Häufigkeit der Überwinterungsmöglichkeiten erklären. Es versteht sich ganz von selbst, daß durch diese längere Zeitspanne der Infektionsgefahr nicht nur die primäre Ausbreitung der Seuche leichter einen großen Umfang erreichen kann, sondern infolge der höheren Individuendichte an den Rüben im Rheinland auch das Ausmaß der Entstehung von Sommer-Geflügelten erheblich größer wird als in Oldenburg, wo sie zudem später erscheinen und infolge der kürzeren Gradationsdauer nicht prozentual in gleichem Umfang gebildet werden können. Für Westfalen ist nach den vorliegenden Ergebnissen zu sagen, daß im Münsterland und dem Industriegebiet die Verhältnisse denen des Rheinlandes sehr ähneln. Der Besiedlungsbeginn pflegt nur wenige Tage später als im Rheinland einzusetzen, die Maximalverlausung kann höher, aber auch niedriger sein als dort, und auch der Zusammenbruch erfolgt fast gleichzeitig. Im Sauerland sowie in Nordwestfalen (Emsniederung) und im Osten des Landesteiles

(Warburger Börde) pflegt die Besiedlung dagegen zeitlich später einzusetzen und längst nicht zu so durchschnittlich starker Verlausung zu führen wie in den zentralen, zuerst erwähnten Gebieten (Tab. 4).

Tabelle 4
Verlauf der Blattlausgradation in Westfalen 1952

Ort	Beginn des Anstiegs		Gradationsmaximum		Gradationsmaximum		Zusammenbruch
	Myzodes	Doralis	Myzodes		Doralis		
			Zahl je 100 Blätter	Zeit	Zahl je 100 Blätter	Zeit	
Dortmund, ZR...	13. 6.	4. 6.	28	24. 6.	alle stark verl.	1. 7.	7. 7.
Warburg, ZR...	23. 6.	23. 6.	47	2. 7.	149	7. 7.	ab 21. 7.—9. 8.
Rheine, ZR.....	24. 6.	24. 6.	19	3. 7.	1 226	15. 7.	30. 7.—6. 8.
Soest, ZR.....	15. 6.	15. 6.	2 339	28. 6.	9 472	24. 6.	10. 7.
Hövel, ZR.....	13. 6.	13. 6.	53,0 ¹⁾	30. 6.	531,4 ¹⁾	30. 6.	12. 7.
Hövel, ZR.....	21. 6.	13. 6.	34,0 ¹⁾	1. 7.	247,3 ¹⁾	1. 7.	12. 7.
Hövel, FR-spät	?	?	28,7 ¹⁾	1. 7.	217,8 ¹⁾	1. 7.	11. 7.—19. 7.
Hövel, FR-früh	?	?	58 ¹⁾	1. 7.	439 ¹⁾	1. 7.	11. 7.
Beckum, ZR....	?	?	113,5 ¹⁾	2. 7.	starke Besiedlung ¹⁾	2. 7.	11. 7.
Haus Spital Münster, ZR..	11. 6.	25. 6.	66,8 ¹⁾	8. 7.	176,6 ¹⁾	8. 7.	nach 15. 7.

¹⁾ mittlere Zahl je Pflanze
ZR=Zuckerrübe
FR=Futterrübe

Mit diesen Ergebnissen ist der Einfluß geographisch-klimatischer Faktoren auf die sommerliche Gradation der Virusüberträger an den Rüben klar herausgestellt. Sie beweisen die besondere Anfälligkeit der bisherigen Hauptbefallsgebiete hinsichtlich der Virusübertragung, während im norddeutschen Raum die Voraussetzungen für gleichschwere Epidemien weniger gegeben sind. Es wird weiterer Studien bedürfen, diese Dinge durch vergleichbare Methoden auch für andere Rübenareale zu klären. Erst dann ist zu entscheiden, ob bei einer ostwärts gerichteten Wanderung der Virose im Sinne Schlóssers (1952) auch in den heute noch weniger betroffenen Bezirken schwere Epidemien zu erwarten sind.

Die in jedem Jahre feststellbaren großräumigen Unterschiede im sommerlichen Gradationsablauf der virusübertragenden Blattläuse unterliegen in den einzelnen Jahren örtlich erheblichen Schwankungen, deren Ursachen sehr verschiedenartiger Natur sein können. Einer der wichtigsten Faktoren ist das Klima der Gradationsmonate. Nach den Ergebnissen zahlreicher Autoren ist insbesondere trocken-warmes Wetter in dieser Zeit für die Kolonienbildung infolge Beschleunigung der Individualentwicklung außerordentlich günstig. Zudem ermöglicht es eine rege Flugtätigkeit der geflügelten Formen und damit eine rasche Ausbreitung der Virose durch die ungeflügelten. Von der ungestörten Entwicklung hängt dann wiederum das mengenmäßige Erscheinen der nächsten

Geflügelten ab. Über die zu dieser Frage im Rheinland durchgeführten Untersuchungen wurde schon verschiedentlich berichtet (Stuedel 1949, 1953); auch die in Tab. 3 angegebenen absoluten Besiedlungsmaxima in den Jahren 1949—1952 zeigen, wie gut sich die Kolonien an Rüben gerade in den Jahren mit relativ trockenen Sommermonaten entwickelt haben (Rheinland 1949, 1952, Oldenburg 1951). Besonders auffallend wird dies im Rheinland im Jahre 1952, das bei anomal trockener Witterung von April bis in den Juni und übernormal hohen Temperaturen eine bisher nicht bekannte Massenentwicklung beider Blattlausarten an Rüben brachte, wie sie sich sicher nur in längeren Zeitabständen entwickeln wird und demnach einen absoluten Extremfall darstellt (Stuedel 1953). Die ganze Gradationskurve ist in diesem Extremjahr gegenüber den normalen Verhältnissen um gut 14 Tage vorverlegt.

2. Einfluß verschiedener Faktoren auf den Gradationsverlauf im Sommer

Der Einfluß des Klimas auf Verlauf und Stärke der Gradation wird durch Faktoren anderer Art modifiziert. Eingehende Untersuchungen (Hartsuijker, 1952, Blencowe and Tinsley, 1951, Stuedel und Heiling, 1952, Stuedel, 1953) haben klar gezeigt, in welcher auffälliger Weise Anflug und Vermehrung der Virusüberträger vom Entwicklungsstand eines Rübenfeldes, insbesondere von Aussaat und Standweite, abhängig sind.

Hinsichtlich der Aussaatzeit liegen die Dinge so, daß in der ersten Flugperiode die Saaten je nach der Flugstärke mehr oder weniger stark befliegen werden, sofern sie bereits aufgelaufen sind; sehr späte Saaten, insbesondere die des Mai, laufen für gewöhnlich so spät auf, daß sie vom ersten Flug nicht mehr erfaßt werden. Die natürliche Folge ist daher zunächst ein Abfall der durchschnittlichen Besiedlungsdichte mit später werdender Saatzeit. In der Zeit der Flugruhe zwischen dem ersten und dem zweiten Flug entwickeln sich je nach den vorherrschenden Witterungsbedingungen die Kolonien mehr oder weniger gut, wobei die durchschnittliche Besiedlungsdichte weiterhin mit späterer Saatzeit abnimmt. Sobald der zweite Flug jedoch beginnt, pflegt sich das Bild schnell in sein Gegenteil zu verkehren, wenigstens in Jahren, die der Frühvermehrung der Blattläuse nicht übermäßig günstig sind. Die Blattläuse des zweiten Fluges bevorzugen nämlich ganz eindeutig die späteren Aussaaten — in den Monaten Juni und Anfang Juli sind die Wachstumsunterschiede zwischen den Früh- und Spätsaaten besonders kraß —, und dementsprechend schnell die Zahl der an den Rüben parasitierenden Blattläuse an den späten Saaten sehr viel auffälliger in die Höhe als an den frühen. Diese Vorliebe für die späten Saaten während der zweiten Flugperiode gilt, wie einwandfrei nachgewiesen werden konnte, unabhängig von der Gesamtflugstärke in den Sommermonaten und führt in normalen Blattlausjahren bei nicht übermäßigem Auftreten des Vergilbungsvirus zu dem bekannten Bild zunehmender Verseuchung mit späterer Saatzeit, weil die Zahl der die Einzelpflanze in den Sommermonaten anfliegenden Geflügelten ungleich höher ist als im Frühjahr und infolge der bis zum zweiten Flug erfolgten Infektionstätigkeit die Seuche bis dahin schon eine merkliche Ausbreitung erfahren hat. Hierdurch nimmt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens infektiöser Geflügelter erheblich zu. Mit Hilfe dieser Eigenschaften der Überträger kann man im Prinzip die Besonderheiten des Seuchenzuges fast aller Epidemiejahre erklären, wenn man sie nur in Beziehung zum mehr oder weniger fortgeschrittenen Wachstumsstand der Rüben setzt. Sind die Rüben früh gut entwickelt und bricht die

Gradation schon zu Beginn des Sommerfluges zusammen, so werden die späten Saaten kaum noch infiziert und sind im Herbst nicht stärker verseucht als die frühen. Dieser Fall wurde im Rheinland im Jahre 1948 beobachtet (Stuedel und Heiling, 1952). Auch Wenzl (1953) vermutet für 1952 im österreichischen Befallsgebiet einen ähnlichen Gradationsverlauf. Je mehr sich die Gradation dem normalen Verlauf mit einem gut ausgeprägten Sommerflug nähert (bei zunächst ungünstigen Vermehrungsbedingungen für die vom Frühflug abstammenden Kolonien), um so krasser wird der Unterschied im Blattlausbefall der einzelnen Aussaaten und um so deutlicher sind die Unterschiede in ihrer Virusverseuchung, die außerdem natürlich auch mit dem allgemeinen Infektionsdruck eines Gebietes in Beziehung stehen. Sind weiterhin auch die Vermehrungsbedingungen für die Nachkommen der Geflügelten des Frühjahrsfluges sehr günstig, wie z. B. im Rheinland im Jahre 1952, so zeigen auch die Frühsaaten ausgesprochenen Massenbefall, der allerdings überwiegend aus Nachkommen der Erstsiedler und nicht vom Sommerflug herrührt. In solchen Fällen sind dann die mittelspäten Saaten am stärksten besiedelt, weil bei ihnen zu der vom Frühjahrsflug abstammenden Population noch ein starker Anflug im Sommer mit entsprechend zahlreicher Nachkommenschaft hinzukommt.

Die Standweite gleichaltriger Rüben auf dem Felde übt einen ähnlichen Einfluß in der Weise aus, daß die Rüben um so stärker im Sommer besiedelt werden, je offener ihr Stand zur Zeit des sommerlichen Fluges noch ist. Wenn diese stärkere Besiedlung offener Bestände gleichen Alters von geringerem Einfluß auf die Schäden ist, so liegt dies daran, daß bei verschieden alten Rüben der Effekt einer stärkeren Infektion durch die höhere individuelle Empfindlichkeit der weniger weit entwickelten Pflanzen gesteigert wird. Wenngleich nach Untersuchungen englischer Autoren (Kennedy et al., 1950) die Vermehrung der Virusüberträger auch vom Blattalter abhängig ist — sie vermehren sich nach den Autoren wesentlich besser an jungen und absterbenden als an voll ausgewachsenen Blättern —, so sind unserer Ansicht nach die offenbar sinnesphysiologisch bedingten Unterschiede in ihren Besiedlungsgewohnheiten für die wechselnde Besiedlung von Rüben verschiedenen Kulturstandes hauptverantwortlich. In diesem Zusammenhang interessieren die Fangzahlen des Sommerfluges 1952 im Elsdorfer Aussaatzeitversuch mit den vergrößerten Moericke-Fallen (Abb. 8).

In einem Versuch mit 3 Aussaatzeiten (9. 4., 24. 4., 14. 5.) wurden jeweils 2 Schalen aufgestellt — insgesamt 6 — und, soweit erforderlich, täglich entleert. Obwohl alle Schalen in Bestandeshöhe standen, also gut sichtbar waren, fingen sich um so mehr Blattläuse in ihnen, je weiter zurück die Rüben in ihrer Entwicklung während der Hauptflugzeit noch waren. H. J. Müller erklärt dieses Ergebnis mit der Tatsache, daß die Geflügelten in Befallsstimmung ihre Besiedlungsfüge in der Mehrzahl unmittelbar über dem Boden ausführen, wodurch sie von höheren Beständen überwiegend nur die Feldränder erreichen können. Durch die Fangergebnisse mit der Moericke-Falle, die angesichts des ungeheuer starken Fluges im Sommer 1952 einen Extremfall darstellen, werden die mehrjährigen Gradationsuntersuchungen an den Rüben selbst eindeutig bestätigt. Daher muß die von Jahr zu Jahr wechselnde Entwicklungsgeschwindigkeit der Rübenfelder bis zum vollständigen Reihenschluß im Vergleich zum Termin und zur Stärke der beiden Hauptflugperioden der Virusüberträger hauptsächlich für die großen Schwankungen im sommerlichen Massenbefall und die so wechselnden

Seuchenzüge der einzelnen Jahre verantwortlich gemacht werden, eine Beobachtung, die nach den Erfahrungen anderer Autoren (Heinze und Profft, 1940, Broadbent, 1952) offenbar für die Kartoffel nicht gültig ist. Die Prognose der Virusschäden im Rübenbau wird dadurch in erheblichem Maße erschwert, da bei langsamer Rübenentwicklung infolge allgemein später Saat und ungünstigem Wachstumswetter trotz vieler Regenfälle in den Gradationsmonaten recht

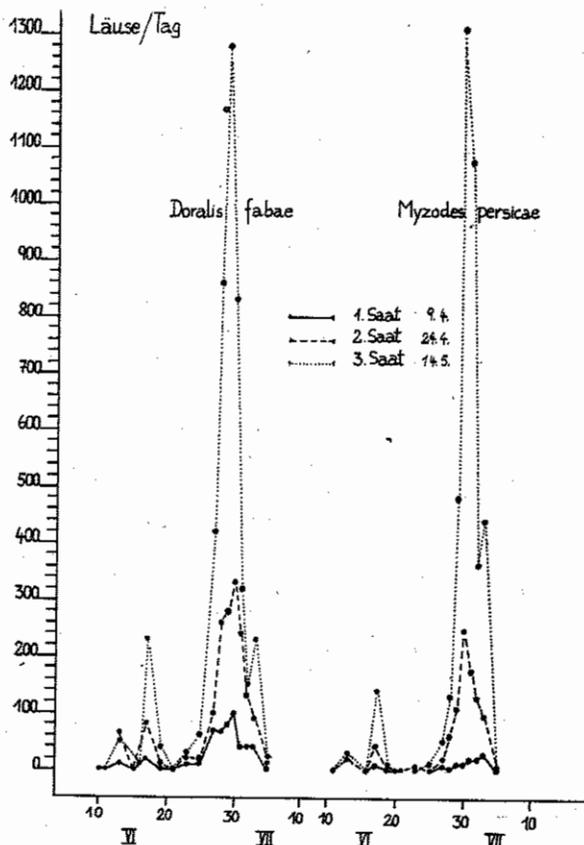


Abb. 8. Zahl der mit vergrößerten Moericke-Fallen gefangenen Gefügelten von *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* in einem Aussaatzeitversuch, Elsdorf, Juni und Juli 1952 (2 Schalen je Saattermin).

individuenstarke Blattlauspopulationen entstehen können (Rheinland 1951, Mai: 101 mm, Juni: 62 mm Niederschlag; vgl. Tab. 3), während man bei der Kartoffel dann nicht mit übermäßiger Populationsentwicklung rechnet. Wie schon betont, werden diese Differenzen erst im Verlauf der zweiten Flugwelle sichtbar, wenn die Unterschiede im Stand der Rübenfelder sehr groß sind und die Flugstärke der Virusüberträger um ein Vielfaches höher als im Frühjahr ist. Außerdem sind die Felder während der ersten Flugzeit zum größten Teil noch nicht einzelt, so daß entsprechende Differenzen dann nur in Ausnahmefällen erwartet werden können. Im Hinblick auf die Flugzeit gewinnt auf diese Weise der

Zeitpunkt der Kulturarbeiten (Querhacke, Vereinzeln) erhöhtes Interesse, weil hierdurch die Zahl der Pflanzen auf der Fläche entscheidend verringert wird und demnach die Wahrscheinlichkeit des Anflugs auf die Einzelpflanze entsprechend zunimmt. So ergab z. B. die Untersuchung sehr spät gedrillter Saaten im Jahre 1952 eine, auf die Einzelpflanze umgerechnet, mäßige Besiedlung mit Geflügelten und ihren Nachkommen vor dem Beginn des Verhackens und Verziehens. Nach Durchführung dieser Arbeiten in einem Arbeitsgang stiegen der Anflug je Pflanze und die Besiedlungsdichte schlagartig auf ein Vielfaches der zuvor beobachteten Werte an (Tab. 5).

Tabelle 5
Einfluß der Kulturarbeiten auf die Verlausungsstärke der Rüben 1952
(Aussaart: 13. 5. 1952)
Befall je Rübe

Tag	Versuch Hommelsheim				Versuch Birkhof			
	<i>Doralis fabae</i>		<i>Myzodes persicae</i>		<i>Doralis fabae</i>		<i>Myzodes persicae</i>	
	Gefl.	Gesamt	Gefl.	Gesamt	Gefl.	Gesamt	Gefl.	Gesamt
17. 6. ...	0,05	0,9	0,03	0,9	0,0	4,0	0,0	3,9
19. 6. ...	0,9	7,6	0,1	2,5	0,65	14,0	0,7	15,6
	Hacke und Verziehen				Hacke und Verziehen			
24. 6. ...	2,8	114,4	0,13	29,9	10,4	1 613,0	1,4	524,6

Bei diesen Ergebnissen fällt auf, daß am Versuchsort Birkhof, wo, wie in jedem Jahre, der Flug eher seinen Höhepunkt erreichte und dementsprechend auch mehr Geflügelte auftraten als in Hommelsheim, die Unterschiede in der Besiedlung der Rübenpflänzchen vor und nach der Vereinzlung erheblich drastischer ausgefallen sind, was ebenfalls darauf hinweist, daß hierfür die zeitliche Übereinstimmung zwischen Blattlausflug und Termin der Kulturarbeiten eine ausschlaggebende Rolle spielt. Von den mannigfachen Kombinationsmöglichkeiten, die sich aus den diskutierten Beziehungen zwischen Entwicklung der Rübe und Zeit und Stärke des Blattlausfluges ergeben, wurden bisher folgende im Rheinland beobachtet (Tab. 6):

Tabelle 6
Beziehungen zwischen Blattlausauftreten und Kulturbedingungen der Rüben
im Rheinland 1947—1952

Aussaatzzeit	Frühentwicklung der Rüben	Beginn des Blattlausauftretens	Stärke	Jahr
normal	gut	normal	mittel	1950
normal	normal	normal	stark	1947 und 1949
früh	gut	früh	sehr schwach	1948
spät	normal	spät	stark	1951
normal	z. T. sehr schlecht	sehr früh	sehr stark	1952

Mit Ausnahme der dritten Konstellation (1948) zeigten alle Jahre die bekannte Beziehung zwischen Entwicklung der Rüben und Auftreten von Blattläusen und der Vergilbungskrankheit, nach der die späten Saaten erheblich stärker befallen sind; die Stärke des Virusbefalls entsprach dem Ausmaß der Blattlausentwicklung. Auch im Jahre 1948 waren lokal schwere Epidemien zu verzeichnen, doch konnten sie fast immer auf benachbarte große Virusquellen zurückgeführt werden, die in ihrer näheren Umgebung für so zahlreiche Frühinfektionen verantwortlich waren, daß auch bei der geringen Verlausung der Rüben in diesem Jahre eine verhältnismäßig frühe 100%ige Infektion gewährleistet war. Darauf muß hingewiesen werden, weil teilweise die Meinung vertreten wird, in Jahren mit geringer oder später Blattlausgradation könne die Aussaat der Rüben unbedenklich später vorgenommen werden, da Gradation und zweiter Flug dann ebenfalls später erfolgen und keine größere Gefahr für die späten Saaten daraus resultiere. Nach unseren Erfahrungen erfolgen die Besiedlung später Saaten und ihre Infektion mit dem Vergilbungsvirus jedoch überwiegend durch virginogene Sommergefügelte in den Monaten Juni und Juli (Steudel, 1953), die Flugstärke des Sommers jedoch läßt sich bei Gradationsbeginn oder auch zur Saatzeit keinesfalls vorausbestimmen (vgl. Tab. 6, Jahr 1951).

Wenn somit der große Einfluß des Faktors Kultur- und Wachstumsbedingungen auf den Gradationsverlauf der Virusüberträger weitgehend geklärt erscheint, so ist andererseits eine ganze Reihe von Faktoren bekannt, welche speziell die Vermehrung der Blattläuse an der Wirtspflanze erheblich beeinflussen kann. So sind bei der Kartoffel »läusewidrige« und »läuseholde« Sorten bekannt (Heinze, 1953).

Sedlag (1953) vermutet, daß Futterrüben der *Myzodes persicae* bessere Entwicklungsmöglichkeiten bieten. Eigene mehrjährige Untersuchungen zu dieser Frage haben noch kein völlig eindeutiges Ergebnis erbracht. Die Wirkung gewisser Düngerformen auf den Blattlausbefall der Kartoffel ist noch umstritten (Hofferberth und Orth, 1948, Völk et al., 1952), während offenbar die Infektion mit verschiedenen Viren infolge Umstimmung des Stoffwechsels vielfach einen vermehrungsfördernden Einfluß besitzt. Arenz (1951) zeigte die bessere Vermehrung von *Myzodes persicae* an blattrollkranken Kartoffelstauden, im Vergleich zu nicht infizierten, eine Beobachtung, welche von Kennedy (1950) für die Blattlaus *Doralis fabae* und das Rübenmosaik ebenfalls getroffen werden konnte. Ebenso hat Hijner (1951) eine bessere Entwicklung der Kolonien von *Doralis fabae* und *Myzodes persicae* an vergilbenden Blättern viruskranker Rübenpflanzen beobachtet, was er durch stoffwechselphysiologische Änderungen im Blatt (Abbau der Eiweiße, erhöhter Gehalt an Assimilaten in den Leitbahnen absterbender Blätter) erklärt. Diese Zitate zeigen auf jeden Fall, wie wichtig auch der physiologische Zustand der Rübe für den Massenwechsel der Virusüberträger werden kann. Weitere aphidologische Studien werden gerade diese Fragen sehr eingehend zu prüfen haben. Für unsere eigene Fragestellung stand wenigstens im Rahmen der Freilandstudien im Vordergrund des Interesses, inwieweit die durch die Infektion mit dem Vergilbungsvirus verursachte krankhafte Stoffwechselstörung den Verlauf der Gradation zu beeinflussen vermag, nachdem sich in den letzten Jahren gezeigt hatte, daß meistens alle Rüben der Felder des rheinischen und westfälischen Arbeitsgebietes im Laufe der Vegetationsperiode mehr oder weniger stark mit dem Vergilbungsvirus angesteckt wurden. Da uns zunächst für derartige Untersuchungen geeigneter Gewächshausraum

nicht zur Verfügung stand, wurde auf dem Wege von Feldstudien eine Klärung des Problems versucht. Zunächst stellten sich der Bearbeitung erhebliche Hindernisse in den Weg, denn die Symptome der Vergilbungskrankheit werden in ihrer großen Mehrzahl erst dann sichtbar, wenn die Gradation der Überträger bereits zusammengebrochen ist. Bei Gradationsbeginn steht demnach kein eindeutig definierbares Beobachtungsmaterial zur Verfügung. Nun kommt es aber nach dem sommerlichen Gradationszusammenbruch Ende Juli nach einer Pause von 4—6 Wochen zu einer erneuten Massenvermehrung an den Rüben, deren Kulminationspunkt meist im Oktober, gegebenenfalls im November, beobachtet werden kann. Zu diesem Zeitpunkt ist eine Beurteilung des Gesundheitszustandes der Rüben sehr viel besser möglich, denn seit der Infektion sind Monate vergangen und die Krankheitssymptome sind klar zu erkennen. Es wurde daher versucht, die Beziehungen zwischen Gradationsverlauf und Gesundheitszustand der Rüben durch Beobachtung des Ablaufs der herbstlichen Massenvermehrung an stark erkrankten und äußerlich symptomlosen Rüben zunächst grundsätzlich zu klären.

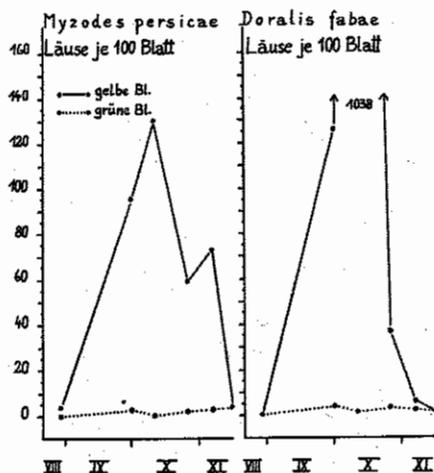


Abb. 9a. Verlauf des Massenwechsels von *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* an Altblättern vergilbter und symptomloser Zuckerrüben im Herbst, Elsdorf, 1951 (100-Blatt-Untersuchungen).

Die Arbeiten erstreckten sich über die Jahre 1950—1952; sie wurden durch Untersuchungen von 100 Blattproben in ausgewählten Feldern ohne 100% Infektion oder durch Untersuchung kranker und symptomloser Rüben in regelmäßigen Abständen im Bestande selbst durchgeführt. Es zeigte sich dabei, daß die Ergebnisse beider Arbeitsweisen grundsätzlich übereinstimmten; allerdings waren die Unterschiede bei den 100-Blatt-Untersuchungen deutlicher, weil sich an den kranken Pflanzen die Läuse in der Masse an den vergilbten Blättern aufhielten, während die noch grünen jüngeren erheblich schwächer besiedelt waren, eine Beobachtung, die auch schon von Hijner mitgeteilt wurde. Als Beispiel für die grundsätzlich übereinstimmenden Ergebnisse der drei Jahre sind in Abb. 9a u. b die Gradationskurven beider Blattlausarten getrennt nach den Mittelwerten dargestellt. (Abb. 9a zeigt den Kurvenverlauf an vergilbten

Altblättern kranker, im Gegensatz zu noch grünen Altblättern symptomloser Rüben, Abb. 9b dagegen den mittleren Verlauf der Herbstgradation ganzer vergilbter und symptomloser Rüben.)

Nach diesen Ergebnissen werden die symptomlosen Pflanzen im Herbst zwar auch besiedelt, von einem ausgesprochenen Massenwechsel im Herbst kann man aber nur bei den vergilbten Pflanzen reden. Für Abb. 9a kamen insgesamt 60-Blatt-Proben zur Auswertung, während die Kurven der Abb. 9b auf den Beobachtungen an insgesamt 705 Einzelpflanzen basieren.

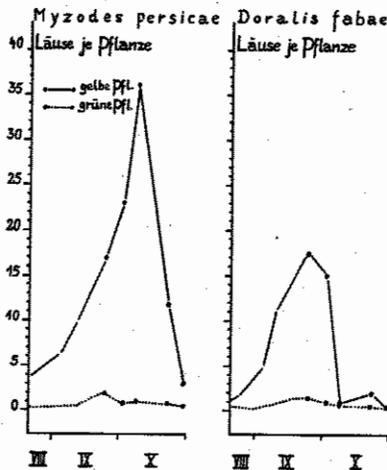


Abb. 9b. Verlauf des Massenwechsels von *Myzodes persicae* an vergilbten und symptomlosen Zuckerrüben im Herbst, Eldsorf 1952 (durchschnittlicher Gesamtpflanzenbefall).

Auch die Ergebnisse der anderen Jahre zeigten ähnliche Verhältnisse; daher kann man annehmen, daß die Befunde den tatsächlichen Bedingungen im Freiland entsprechen. Inwieweit die Infektion als solche allein maßgebend für die Unterschiede im Gradationsverlauf anzusehen ist, bedarf noch der Klärung, denn nach Moericke (1952) üben gelbgetönte Pflanzen einen erhöhten Landereiz auf in Befallsstimmung fliegende Blattläuse aus; es ist daher durchaus möglich, daß die infizierten, gelbgefärbten Pflanzen auch stärker als die grünen angefliegen worden sind. Allerdings ist die Flugstärke zu Beginn des herbstlichen Gradationsanstiegs in der ersten Septemberhälfte sehr gering und wird erst dann meßbar größer, wenn im Laufe der Massenvermehrung Geflügelte an den Wirtspflanzen entstehen. Eine restlose Klarstellung dieser Frage wäre nur möglich, wenn man im Herbst vergleichend kranke und symptomlose Rüben mehrfach mit Blattlausmitteln zur Verhinderung der Entstehung von Geflügelten behandeln würde und an diesen später den Zuflug beobachtet, wie dies bei der Untersuchung des Anflugs zu Rüben verschiedenen Wuchsstandes im Sommer bereits geschehen ist. Ein Hinweis darauf, daß gelbe Pflanzen im Durchschnitt häufiger befliegen werden, ist aus ihrer prozentual stärkeren Besiedlung herzuleiten (Tab. 7). Bei der Errechnung des mittleren Vermehrungsindex aus den Populationsanalysen (Verhältnis von ungeflügelten und geflügelten Altläusen zur Gesamtzahl der

vorhandenen Larvenstadien) wurde aber außerdem eine stärkere durchschnittliche Vermehrung der Kolonien an den kranken Pflanzen gefunden (Tab. 8); im Mittel der drei Jahre war sie für beide Arten an den kranken Pflanzen etwa doppelt so groß wie an den symptomlosen, was sich nur aus den besseren Lebens- und Ernährungsbedingungen bei den virösen Blättern erklären läßt. Die bisherigen Erfahrungen werden so durch ein Beispiel unter Freilandbedingungen erweitert.

Tabelle 7
Der Anteil besiedelter Pflanzen (viruskrank und symptomlos)
an der Gesamtzahl im Herbst 1952

Untersuchungstag	% besiedelter Pflanzen			
	Vergilbt		Symptomlos	
	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>
24. 9.	69,1	23,6	8,7	9,3
2. 10.	83,0	36,0	8,7	10,7
8. 10.	100	23,3	14,7	11,3
22. 10.	70,0	20,0	12,0	6,0
29. 10.	65,0	25,0	23,4	6,0

Tabelle 8
Durchschnittlicher Vermehrungsindex während der Herbstgradation an vergilbten
und symptomlosen Rüben 1950—1952 (Elsdorf i. Rhld.)
(Gefl. und ungefl. Altläuse = 1)

Jahr	<i>Myzodes persicae</i>		<i>Doralis fabae</i>		Differenz grün/gelb	
	vergilbt	symptomlos	vergilbt	symptomlos	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>
1950	10,20	3,50	10,30	4,16	+ 6,70	+ 6,14
1951	4,67	1,39	5,62	2,23	+ 3,28	+ 3,39
1952	7,77	5,17	1,12	2,87	+ 2,60	- 1,75
Gesamt- mittel ...	7,55	3,35	5,68	3,09	+ 4,19	+ 2,59

Die kranken Rüben werden im Herbst also nicht nur stärker angefliegen, sondern die Läuse finden an ihnen auch bessere Lebensbedingungen. Es dürfte nur eine Frage der Zeit und der Versuchsmethodik sein, bis diese grundsätzlichen, an der Herbstgradation gewonnenen Erfahrungen auch für die sommerliche Befalls- welle bestätigt werden können. Zu welchen Konsequenzen dies führen kann, sei an einigen weiteren, dem Untersuchungsmaterial entnommenen Zahlen gezeigt.

Es lebt also nicht nur der weitaus größere Teil der Blattläuse im Herbst an den vergilbten Rüben, sondern es entstehen an diesen verhältnismäßig viel mehr Geflügelte als an den symptomlosen. Dies führt zu interessanten epidemiologischen Feststellungen, da der außerordentlich hohe Anteil der von den vergilbten Pflanzen abfliegenden Geflügelten (80—90%), die mit Sicherheit Virusüberträger sind, unter entsprechenden Witterungsbedingungen selbstverständlich

Tabelle 9

- a) Durchschnittlicher Nymphenanteil in % der Gesamtpopulation an vergilbten und symptomlosen Rüben im Herbst, Eisdorf
 b) Zahl der Geflügelten an vergilbten Pflanzen in % aller beobachteten im Herbst, Eisdorf

Jahr	a) Nymphen in % der Population				b) Zahl der Geflügelten in % aller Funde	
	vergilbt		symptomlos		an vergilbten Pflanzen	
	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>
1950	74,2	42,4	33,0	22,7	79,5	92,7
1951	43,9	32,0	36,3	13,6	90,7	94,5
1952	76,7	64,0	4,0	7,0	85,1	77,3

zu einer schweren Gefährdung virusanfälliger Kulturen (z. B. Herbstspinat, Rübenstecklinge usw.) führen muß. Außerdem kann man sich mit Recht fragen, inwieweit die soviel stärkere Besiedlung der virösen Pflanzen im Herbst für den Ausgangsbefall der Art *Myzodes persicae* in den Futterrübenmieten verantwortlich zu machen ist, nachdem wir wissen, daß diese Art der Überwinterung überwiegend in den bereits stark verseuchten Teilen Westdeutschlands beobachtet werden kann (Martini, 1953).

Zusammenfassend kann folgendes festgestellt werden: Die Gradation der virusübertragenden Blattläuse an den Rüben wird in ihrem zeitlichen Auftreten, ihrer Dauer und ihrem Ausmaß von einer sehr großen Zahl verschiedener Faktoren gesteuert, die nicht nur das Groß- und Kleinklima, sondern in gleicher Weise Zeit und Stärke der einzelnen Flüge sowie deren zeitliche Beziehungen zu den Wachstums- und Kulturbedingungen der Rübe auf dem Umweg über die Sinnesphysiologie der Überträger umfassen. Hinzu kommen die wechselnden, den Parasiten mehr oder weniger zusagenden physiologischen Eigenschaften der Wirtspflanze und die schon früher näher studierten übrigen abiotischen und biotischen Begrenzungsfaktoren. Eine Anzahl dieser Faktoren wurde schon erkannt und war der kausalanalytischen Untersuchung zugänglich; wie viele weitere, insbesondere auf dem noch wenig erforschten Gebiet des Wechselspiels zwischen Stoffwechselphysiologie von Wirtspflanze und Parasit, noch hinzukommen, entzieht sich einstweilen unserer Kenntnis. Durch das komplizierte Ineinandergreifen so vieler Einflüsse wird die für eine Bekämpfungspraxis unbedingt erforderliche Prognose des Gradationsverlaufs und damit der Virusschäden im Rübenbau zu einer schwierigen und unsicheren Sache.

3. Die verschiedene Bedeutung der beiden Überträgerarten *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* für die Epidemiologie der Vergilbungskrankheit und die Höhe der Ertragsschäden

Über die tatsächliche Bedeutung der beiden Arten *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* hinsichtlich des epidemischen Auftretens und der wirtschaftlich wichtigen Ertragsschäden des Vergilbungsvirus bestehen in der Literatur verschiedene Auffassungen. In Frankreich (Ernould, 1951), Österreich (Wenzl, 1953) und in der Tschechoslowakei (Drachovská-Šimanová, 1952) wird

Doralis fabae als Hauptüberträger bei epidemischem Auftreten der Virose angesehen, während man in England (Watson et al., 1951), Schweden (Björling, 1949) und zum Teil auch in Holland auf dem entgegengesetzten Standpunkt steht und dieser Art nur eine sehr untergeordnete Rolle im epidemischen Zyklus zuweist, um dafür der *Myzodes persicae* die größere Bedeutung zuzumessen.

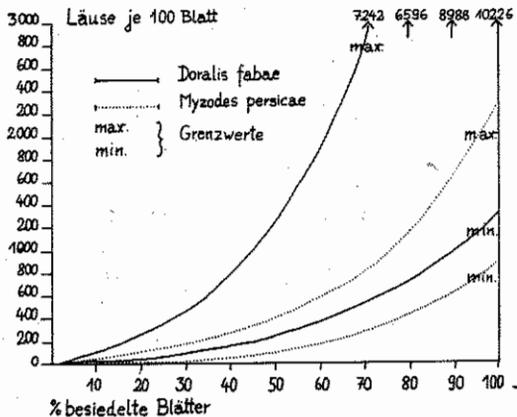


Abb. 10. Die Streuung der Blattlauszahlen (*Doralis fabae* und *Myzodes persicae*) je 100 Blatt nach dem prozentualen Anteil besiedelter Blätter, Rheinland, 1949.

Die eigenen Untersuchungen haben im Verlauf mehrerer Jahre dazu geführt, einen in der Mitte beider Auffassungen liegenden Standpunkt einzunehmen, dabei aber *Myzodes persicae* als denjenigen Überträger anzusehen, der insbesondere bei massenhaftem Auftreten für ganz besonders schnelle Ausbreitung der Seuche in den Beständen und sehr empfindliche Ertragsschäden verantwortlich gemacht werden muß (Steudel, 1951). Im folgenden seien die bisher erarbeiteten Befunde dargestellt, die zu dieser Auffassung geführt haben. Wie schon zuvor gezeigt, besiedeln beide Arten die Rüben etwa zur gleichen Zeit im Frühjahr (nach den Untersuchungen in Rheinland-Westfalen), und auch die sommerlichen Flugzeiten beider Arten fallen bei wechselnder Stärke im großen und ganzen zeitlich zusammen. Trotzdem sind durchschnittlich gleiche Zahlen beider Arten je Rübe ganz verschieden zu werten, da die schwarze Rübenlaus sehr viel seßhaftere Kolonien an der Rübe bildet und demzufolge auch erst mit sehr viel höheren durchschnittlichen Gesamtzahlen eine 100%ige Besiedlung der Rübenbestände erreicht als die grüne Pflirsichblattlaus, deren Migrantinnen ihre Larven im Bestande viel zerstreuter absetzen und nur unter sehr günstigen Bedingungen eine ähnlich hohe Besiedlungsdichte erreichen wie *Doralis fabae*. Die natürliche Folge, eine vollständige Besiedlung der Bestände bei relativ niedrigen Durchschnittszahlen je Pflanze, bedeutet eine erheblich raschere Ausbreitung der Virose im Rübenfeld bei entsprechendem Infektionsdruck. Diese Dinge wurden bereits in einer früheren Arbeit (Steudel, 1949) eingehend diskutiert. Abb. 10 zeigt noch einmal die Ergebnisse dieser Untersuchungen aus dem Jahre 1949.

Man kann erkennen, um wieviel höher bei gleich hoher prozentualer Besiedlung der Blätter die Gesamtanzahl von *Doralis fabae* ist und muß also bei Gradationsbeginn ganz besonders auf die Entwicklung der *Myzodes*-Kolonien achten, die, obwohl zahlenmäßig unbedeutend, trotzdem für eine schnelle Ausbreitung der Krankheit im Bestand verantwortlich sind. Durch die Entwicklung der Geflügelten im Sommer werden diese Verhältnisse natürlich grundlegend verändert. In den großen *Doralis*-Kolonien entstehen zahlreiche Geflügelte, viel mehr als in den weniger individuenreichen *Myzodes*-Kolonien. Die Geflügelten *Doralis fabae* des zweiten Fluges besiedeln oft mit unglaublicher Schnelligkeit alle bis dahin unbesiedelt gebliebenen Rüben und sorgen für eine gewaltige rasche Zunahme der durchschnittlichen Gesamtpopulation. In Massenbefallsjahren kann man sie dann in großer Zahl an jeder Einzelpflanze beobachten; so wurden im Jahre 1952 zur Kulminationszeit des Sommerfluges Ende Juni je nach Kultur- und Entwicklungsstand der Rüben im Durchschnitt zwischen 3 und 55 Geflügelte *Doralis fabae* — von anderen Pflanzen zugeflogen — an jeder Einzelpflanze festgestellt. Da um diese Zeit bereits ein beachtlicher Teil der Rüben infiziert zu sein pflegt, muß dieser Flug für die weitere Ausbreitung der Virose im Bestande herangezogen werden, zumal schon die ersten Untersuchungen Rolands die Übertragungseigenschaften der Art klar ergeben hatten.

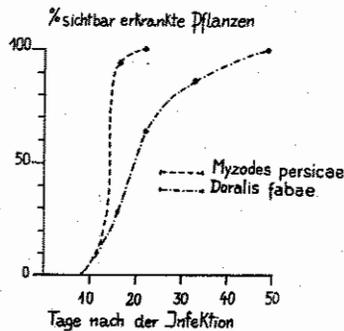


Abb. 11. Die zeitlichen Differenzen im Auftreten der ersten Vergilbungssymptome in vergleichenden Infektionsversuchen mit *Myzodes persicae* und *Doralis fabae*, Elsdorf, 1952 (Gewächshausversuch).

Unsere eigenen Experimente zu dieser Frage verliefen ebenfalls erfolgreich. Es zeigte sich allerdings schon im Jahre 1948, daß die Sicherheit geringer war und, bei Anwendung gleicher Individuenzahl für den Infektionsakt, die Symptome der Krankheit früher und in stärkerer Ausprägung erschienen, wenn *Myzodes persicae* als Überträger verwandt wurde. Zur Veranschaulichung dieser Ergebnisse sei in Abb. 11 ein Gewächshausversuch des Jahres 1952 dargestellt. Um mit Sicherheit die Möglichkeit der Infektion verschiedener Virusvarianten auszuschalten, wurde eine vergilbungskranke Rübe in vier Teile geteilt, die Teilstücke getrennt getopft und je 2 Teilstücke nach dem Wiederaustrieb mit virusfreien *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* aus Gewächshauszuchten besiedelt.

Von diesen Zuchten wurden dann im Gewächshaus virusfrei angezogene Zuckerrübenpflänzchen infiziert und das Auftreten der Symptome beobachtet. Zahlreiche Gewächshaus- und Feldinfektionsversuche nach dem gleichen Schema brachten immer wieder dasselbe Ergebnis; auch Hartsuijker (1952) hat diesen Effekt beobachtet. Um nun die wirtschaftlichen Folgerungen dieser verschiedenen Übertragereigenschaften kennen zu lernen, über deren kausale Erklärung zur Zeit nur Vermutungen möglich sind, erfolgten in den Jahren 1949—1951 auf dem Versuchsfeld in Elsdorf vergleichende Feldinfektionen mit beiden Arten nach Anzucht an viruskranken Stecklingsrüben aus Feldbeständen. Die Feldrüben wurden zur gleichen Zeit in getrennten Parzellen mit der gleichen Anzahl von *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* aus den Stammzuchten besetzt, diese je nach Witterung mehrere Tage auf den Rüben belassen und dann die Parzellen durch wiederholte Bespritzung mit E 605 forte 0,1% im Sommer blattlausfrei gehalten. Auf diese Weise infizierten wir je Versuch mindestens 200 Rüben künstlich. Nachdem Zeit und Stärke der Krankheitserscheinungen im Sommer aufgenommen waren, wurden die Parzellen im Herbst getrennt geerntet und, soweit möglich, chemisch analysiert (Tab. 10 und 11).

Dabei ergaben sich durchweg geringere Ertragsschäden nach Übertragung der Krankheit mit *Doralis fabae*. Einem Massenverlust 32—59% nach früher Infektion mit *Myzodes persicae* bei Zuckerrüben steht ein solcher von 6—30% nach gleichzeitiger Infektion mit *Doralis fabae* gegenüber, was im Mittel eine Halbierung der Ertragsschäden bedeutet. Auch Futterrüben (Peragis rote und Friedrichswerter rote Walze) zeigten ähnliche Differenzen. Die übrigen wirtschaftswichtigen Werteigenschaften der Rübe wurden nach Infektion mit *Doralis fabae* nicht so stark verändert wie bei Anwendung von *Myzodes persicae*; als Beispiel seien die Zahlen des Versuchs 1950, der von dem fahrbaren Laboratorium der Forschungsstelle für Zuckerrübenanbau, Göttingen, untersucht wurde, angeführt (Tab. 11). Die Senkung des Blattertrages und des Zuckergehaltes der Rüben liegt nach Infektion mit *Doralis fabae* zwischen den nicht künstlich infizierten und den mit *Myzodes persicae* infizierten; umgekehrt steigt der Wert für die lösliche Asche gegenüber der Kontrolle nicht so stark nach *Doralis fabae*-Infektion an wie bei *Myzodes persicae*. Reihenweise vorgenommene Ernten der an die Infektionsparzellen anschließenden Nachbarreihen zeigten außerdem, daß der Ertragsabfall neben den *Doralis fabae*-Infektionen wesentlich rascher an den normalen Ertrag nicht behandelter Reihen herankam. Im ganzen ergibt sich also aus den Beobachtungen über das Auftreten und die Stärke der Symptome und den vergleichenden Ertragsfeststellungen nach künstlicher Infektion bei sonst gleichen Infektionsbedingungen ein wesentlich gutartigeres und weniger schädigendes Krankheitsbild für den Überträger *Doralis fabae*. Wie schon betont, sind über die Ursachen dieser Differenzen zur Zeit kaum Vermutungen möglich. Sie können rein mechanischer Natur sein, etwa durch Verschiedenheiten im Saugvorgang oder durch noch unbekannt Beziehungen physiologischer Natur zwischen dem Virus und dem Überträger hervorgerufen werden, wie z. B. Hartsuijker (1952) vermutet, doch sind in dieser Richtung noch eingehende Studien erforderlich. Es ist auch noch nicht bekannt, inwieweit durch die normalerweise erheblich größere Individuenzahl von *Doralis fabae* an der Rübe diese grundsätzlichen Übertragereigenschaften wieder modifiziert werden, wobei die unmittelbaren Saugschäden in ihrem Einfluß auf den Ertrag und das Entwicklungsstadium der Pflanze zum Infektionszeitpunkt ausschalten sind.

Tabelle 10

Ertragsverluste in % der Kontrolle bei den vergleichenden Infektionsversuchen mit *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* (Frühinfektion)

Jahr	Zuckerrübe			Futterrübe		
	Inf.-termin	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>	<i>Myzodes persicae</i>	<i>Doralis fabae</i>	
1949....	11. 6.	55,5	23,7	59,7	30,7	Parzellengewicht
1949....	15./17. 6.	32,5	22,4	—	—	Buir Parzellengewicht
1950....	12. 6.	38,2	26,8	43,7	30,5	Einzelpflanzengewicht
1951....	9. 6.	49,5	6,8	50,4	11,3	Parzellengewicht
Mittel		43,9	19,9	51,3	24,2	

Mehrverluste bei Infektion von Futterrüben in %: *Myzodes persicae* 7,4%
Doralis fabae 4,3%

Mehrverluste bei Infektion mit *Myzodes persicae* in % Zuckerrüben: 24,0%
Futterrüben: 27,1%

Tabelle 11

a) Ergebnisse der Infektionsversuche 1950 mit *Myzodes persicae* und *Doralis fabae*, Elsdorf

Sorte: Kleinwanzlebener »E«.

Aussaat: 17. 4. 1950

Infektion: 12. 6. 1950

Ernte: 26./27. 10. 1950

infiziert mit	Einzelpflanzengewicht in g		Polarisation %	lösl. Asche %	schädli. N mg N je 100 g Rüben
	Rübe	Laub			
<i>Myzodes persicae</i> ..	343	122	14,6	0,607	51,5
<i>Doralis fabae</i>	406	156	15,3	0,572	51,5
Kontrolle	554	193	16,2	0,541	40,0

b) Ergebnisse der Reihenbeerntung von Infektionsreihen und ihren Nachbarreihen, Elsdorf, 1950*)

	<i>Myzodes persicae</i>				<i>Doralis fabae</i>			
	Einzelrübe in g		Laub in g		Einzelrübe in g		Laub in g	
	ZR	FR	ZR	FR	ZR	FR	ZR	FR
Infektionsreihen	345	413	122	88	406	510	156	105
1. Nachbarreihen	344	508	207	103	473	639	211	107
2. Nachbarreihen	407	544	616	115	471	682	689	129

*) Zahl der Pflanzstellen je ha: Zuckerrübe 83 000
Futterrübe 89 000

ZR = Zuckerrübe
FR = Futterrübe

Unter Berücksichtigung der bisherigen Experimente und Beobachtungen müssen wir die beiden Überträgerarten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung wie folgt klassifizieren:

Der wirtschaftlich gefährlichere Überträger ist in Westdeutschland *Myzodes persicae*. Sie besiedelt nicht nur mit geringerer Individuenzahl rascher ganze Bestände vollständig, sondern infiziert auch sicherer und mit schädlicheren Folgen. Hinzukommt, daß sie im Seuchengebiet in der Sommerform an anfälligen Pflanzen überwintern kann und daher früh im Jahre mit infektiösen Geflügelten auftritt.

Doralis fabae ist infolge ihrer seßhafteren Lebensweise für eine frühe und rasche Ausbreitung der Krankheit weniger gefährlich; sie besitzt weniger gute Infektionseigenschaften. Infolgedessen verursacht sie nur dort relativ schwere Frühschäden, wo man durch Anbau von *Doralis*-anfälligen Viruswinterwirten der Art Gelegenheiten zu massiver Frühinfektion verschafft (Samenrübenbestände). Im weiteren Verlauf des Sommers nimmt ihre Bedeutung als Überträger um so mehr zu, je früher und massenhafter sie sich entwickeln kann, je mehr Geflügelte sich bilden, die ihrerseits wieder neue Rüben anfliegen, und je größer der allgemeine Infektionsdruck schon im ersten Teil der Blattlausgradation ansteigt, sei es durch zahlreiche unkontrollierbare Viruswirte oder durch rasche Vermehrung von *Myzodes persicae*. So dürften sich auch die eingangs erwähnten Differenzen in den Anschauungen verschiedener Länder erklären; in einem Lande mit an sich geringer *Myzodes persicae*-Population oder relativ später Entwicklung braucht also ein mittlerer Befall von *Doralis fabae* nicht unbedingt zu einer Epidemie schweren Ausmaßes zu führen, wohingegen das frühe Auftreten von Mischpopulationen und starker Sommerflug von *Doralis fabae* das Bild völlig verändern können. Da die Art normalerweise erst später größeren Einfluß auf das epidemische Bild gewinnt und zudem mit geringeren wirtschaftlichen Schäden infiziert, kann man *Doralis fabae* zunächst nur für leichtere Spätschäden verantwortlich machen, denn im Hochsommer sind die Rüben infolge ihres schon weiter fortgeschrittenen Wachstums relativ weniger anfällig gegen die Infektionsfolgen als in den Monaten Mai und Juni. Die Schäden verlieren sich bei nicht 100%iger Infektion schneller im Bestand und sind bei Futterrüben vergleichsweise schwerer als bei Zuckerrüben, so daß dem Auftreten der Art in Futterrübengebieten erhöhte Beachtung zu schenken ist. Daher dürfen wir in epidemiologischer Hinsicht das Auftreten der Art an den Rüben nicht vernachlässigen. Zu klären bleibt dagegen noch die Frage, inwieweit der nicht seltene *Doralis fabae*-Massenbefall an Rüben in manchen Jahren durch die Auswirkung der unmittelbaren Saugschäden die Frühentwicklung der Rübe hemmt und damit die physiologische Frühinfektion der Rübe, sei es durch *Myzodes persicae* oder *Doralis fabae*, überhaupt erst ermöglicht. Entsprechende Versuche sind bereits im Gange. Sollte es möglich sein, in dieser Hinsicht bestimmte Beziehungen herauszuarbeiten, wäre die Bedeutung der Art in bezug auf Ertragsverluste, unbeachtet ihrer weniger guten Übertragereigenschaften, erneut zu überprüfen.

Die übrigen als Virusüberträger im Rübenbau grundsätzlich bekannten Blattläuse, die allerdings, wie schon erwähnt, überwiegend als Irrgäste anzusehen sind, wurden in dieser Weise experimentell kaum überprüft, so daß wir sie in epidemiologischer und wirtschaftlicher Hinsicht noch nicht einordnen können. Lediglich die in Mieten vorkommenden Arten *Myzotoxoptera tulipaella* und

Rhopalosiphoninus latysiphon wurden von Martini (1953) orientierend im Gewächshaus untersucht und in ihrer physiologischen Übertragereigenschaft ähnlich wie *Doralis fabae* gewertet, während eigene Untersuchungen mit der Art *Macrosiphon solanifolii* im Gewächshaus ähnlich schwere Befallsbilder wie bei Infektion mit *Myzodes persicae* zeigten.

IV. Der Einfluß der Virus-Infektion auf Wachstum und Stoffwechsel der Rübe

1. Die Beeinträchtigung des Wachstums durch die Infektion

Die Infektion mit dem Vergilbungs-Virus ruft eine allgemeine Hemmung des Pflanzenwachstums hervor. Die Depression tritt sehr frühzeitig ein; sie ist bei künstlich infizierten Gewächshauspflanzen schon wenige Tage nach der Infektion auffällig sichtbar und vor dem Auftreten äußerer Krankheitssymptome durch vergleichende Wägungen feststellbar (Heiling, 1953). Sie läßt sich auch für Freilandpflanzen nachweisen und dürfte die in schweren Viruslagen dem praktischen Rübenanbauer geläufige Erscheinung erklären, daß gut wachsende und noch grün erscheinende Rübenbestände gegen Anfang Juli eine deutliche Entwicklungsstockung zeigen. Wie groß das Ausmaß der Wachstumshemmung durch die Virusinfektion unter extremen Bedingungen, bei sehr früher künstlicher Infektion und unter den ungünstigen Lichtverhältnissen des Gewächshauses sein kann, zeigen die in Tab. 12 wiedergegebenen Ergebnisse eines derartigen Versuchs, der als Beispiel für zahlreiche ähnliche mit gleichen Resultaten dienen möge. Wenn auch im Freiland selbst bei schwerer Verseuchung mit derartigen Schäden kaum zu rechnen ist, so zeigen diese Werte doch die mögliche

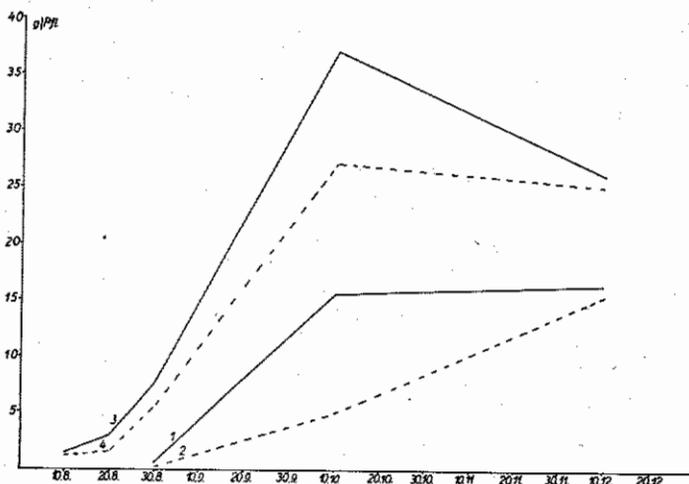


Abb. 12. Blatt- und Wurzelergabnis infizierter und nichtinfizierter Gewächshauspflanzen.

- 1 = Wurzelgewicht der Kontrollpflanzen,
 - 2 = Wurzelgewicht der infizierten Pflanzen,
 - 3 = Blattgewicht der Kontrollpflanzen,
 - 4 = Blattgewicht der infizierten Pflanzen.
- Sorte: Futterrübe Eckendorfer Gelbe.

Auswirkung der Virus-Infektion. Im Fortgang der Entwicklung pflegt die Wachstumshemmung in der Regel je nach den allgemeinen Vegetationsverhältnissen für die Pflanze und nach dem von den Außenbedingungen gleichfalls bestimmten Virulenzgrad des Erregers mehr oder weniger abzuklingen. Unter ganz besonderer Gunst der Verhältnisse, wie sie sich in Warmhäusern vorfinden, aber auch im Felde in Jahren mit günstiger Herbstwitterung bei genügender Niederschlagsmenge gegeben sein können, kann die Wachstumshemmung ganz abklingen und die Minderleistung der infizierten Pflanzen gegenüber den gesunden wieder ausgeglichen werden (Heiling, 1953).

In dem in Abb. 12 dargestellten Gewächshaus-Infektions-Versuch hat sich das Wurzelgewicht der nichtinfizierten Pflanzen seit Mitte Oktober kaum noch verändert; die infizierten haben dagegen durch einen beträchtlichen Zuwachs die Gewichts-differenz bis zum 11. Dezember nahezu vollständig ausgleichen können. Die Abnahme des Blattgewichts der Kontrollpflanzen vom vorletzten zum letzten Erntetermin ist auf den Verlust an alten Blättern und deren unvollständigen Ersatz durch Neubildungen zurückzuführen. Bei den viruskranken Rüben ist das Blattgewicht ungefähr gleich groß geblieben.

Die Depréssion wirkt sich auf das Wurzel- und Rübenwachstum erheblich stärker aus als auf die Entwicklung des Sprosses. Der auf die Gesamtmasse

Tabelle 12
Einfluß der Virusinfektion auf das Wachstum junger Rübenpflanzen
Ergebnis eines Gewächshausinfektions-Versuches, 1953

Sorte Behandlung	Futterrübe Eckendorfer Gelbe		Zuckerrübe Polyploide Sorte		Zuckerrübe Typ N		Zuckerrübe Typ E	
	J	K	J	K	J	K	J	K
Mittleres Wurzelgewicht, g	7,8	23,6	2,6	14,8	3,4	17,0	3,4	12,0
Mittleres Wurzelgewicht, relativ	33,0	100	17,6	100	20,0	100	28,6	100
Mittleres Blattgewicht, g	28,0	32,4	17,4	44,4	18,6	42,4	16,4	36,0
Mittleres Blattgewicht, relativ	86,4	100	39,2	100	41,9	100	45,6	100
Blattgewicht in % des Gesamt- gewichtes	78,2	57,8	87,0	75,0	84,6	71,4	82,8	75,0
Mittleres Gesamtgewicht	35,8	56,0	20,0	59,2	22,0	59,4	19,8	48,0
Trockensubstanz der Wurzel- masse in %	7,76	10,66	15,43	19,62	15,15	17,73	15,54	17,70
Trockensubstanz der Wurzel- masse, mg/Pflanze	705	2518	401	2902	515	3012	528	2123
Zuckergehalt der Wurzelmasse in %	1,13	5,02	6,14	10,66	5,24	10,03	6,60	10,28
Zuckergehalt der Wurzelmasse mg/Pflanze	88	1184	158	1578	178	1705	224	1233
g Wurzelsubstanz je 10 g Blattsubstanz	27,8	72,8	14,9	33,3	18,3	40,1	20,7	33,3
mg Wurzeltrockensubstanz je g Blattsubstanz	25,2	77,8	23,0	65,4	27,7	71,0	32,2	59,0

J = infiziert, K = nichtinfizierte Kontrollpflanzen

Mittelwerte aus je 5 Einzelbestimmungen

Aussaat: 23. 6.; eingetopft: 16. 7.; infiziert: 21. 7.; geerntet: 27. 9.

bezogene Blattanteil vergilbungsranker Pflanzen ist im allgemeinen höher als bei gesunden. Die Ausbildung des Wurzelsystems, die sich bei erschwerter Wasser- und Nährstoffversorgung für die Pflanze nachteilig auswirken muß und sich als Reiferverzögerung geltend macht, hat eine Verlangsamung der Reservestoffspeicherung zur Folge. Aus dem frühzeitigen Eintritt der Wachstumshemmung nach der Infektion und ihrer stärkeren Auswirkung auf den Teil der Pflanze, dessen Ausbildung vom Assimilatüberschuß des Blattes abhängig ist, kann ebenso wie aus den auf Chlorophyllabbau beruhenden Vergilbungssymptomen gefolgert werden, daß der primäre Befallseffekt in einer Störung der photosynthetischen Assimilation besteht. Die verminderte Leistung viröser Blätter ergibt sich aus der Berechnung der Wurzel-Trockensubstanz auf die Einheit der Blattmasse (vgl. Tab. 12).

Unmittelbare Messungen der photosynthetischen Leistung virusinfizierter Blätter liegen bisher nicht vor. Aus der auf die Blattflächeneinheit bezogenen Trockensubstanzzunahme in einem bestimmten Zeitintervall ermittelten Watson, D. J., und Watson, M. A., (1953) den Assimilationsüberschuß »net assimilation rate« künstlich infizierter und nichtinfizierter Rüben und stellten einen Abfall dieser Funktion fest. Aus den »ähnlichen Tagesschwankungen des Kohlehydratgehaltes in den Spreiten gesunder und infizierter Blätter« schließen die Autoren, daß die Photosynthese »may not be much slowed by infection« (S. 1). Die gefundene Verminderung der »net assimilation rate« entspreche größtenteils der vergilbten Blattfläche, wenn angenommen wird, daß diese für die Assimilation ganz ausfällt.

2. Kohlehydratstoffwechsel

Der Kohlehydratstoffwechsel vergilbungsranker Rübenblätter ist in einer Reihe von Arbeiten mit im wesentlichen übereinstimmenden Ergebnissen untersucht worden (van Riemsdijk, 1935, Watson, M. A., und Watson, D. J., 1951, Hartsuijker, 1952, Watson, D. J., Watson, M. A., 1953, Lüdecke und Neeb, 1953¹⁾).

Bei den eigenen Untersuchungen wurden die reduzierenden Zucker nach der Methode von Hagedorn-Jensen (1923) bestimmt. Um die nicht reduzierenden Zucker, insbesondere die Saccharose, zu erfassen, wurden 10 ccm der Extrakte mit 5%iger Salzsäure 5 Minuten lang im Dampftopf gekocht und nach Neutralisation gegen Lackmuspapier untersucht. Die Hydrolyse der Stärke erfolgte durch einstündiges Kochen mit 20 ccm 10%iger Salzsäure im Dampftopf. Bestimmungen an Stärkelösungen ergaben, daß durch diese Behandlung eine vollkommene Hydrolyse der Stärke erreicht wurde.

In den Tabellen 13—16 sind die Ergebnisse mehrerer Kohlehydrat- und Zuckerbestimmungen an vergilbungsrankenen Blättern wiedergegeben.

Die auffälligste Erscheinung im Kohlehydratstoffwechsel infizierter Rübenblätter ist die Anhäufung der Assimilationsprodukte (van Riemsdijk, 1935,

¹⁾ Während der Drucklegung erschien die Arbeit von H. Lüdecke und L. Stange, Beitrag zur Frage nach den Störungen des Stoffwechsels in den Blättern vergilbungsranker Zuckerrüben (Zucker, 6, 1953, 551—558).

Die Ergebnisse der papierchromatographischen Zuckergehaltsbestimmungen stehen mit den bisherigen Feststellungen in vollem Einklang, erweitern sie jedoch hinsichtlich des Verhaltens der einzelnen Zuckerarten und ihrer Verteilung auf die verschiedenen Blattregionen.

Watson, M. A., und Watson, D. J., 1951, Hartsuijker, 1951, u. a.). Von den einzelnen Fraktionen weisen die reduzierenden Zucker durchweg die stärkste Steigerung auf. Nichtreduzierende Zucker und Stärke können ebenfalls gegenüber normalen Blättern erhöht sein, doch ist dies nicht regelmäßig der Fall (Watson, M. A., und Watson, D. J., 1951), ein Sachverhalt, der sich leicht aus den normalen Tagesschwankungen dieser Substanzen erklärt. Im allgemeinen enthalten die virösen Blätter dann mehr Stärke und hydrolysierbaren Zucker, wenn ihr Gehalt an reduzierenden Zuckern den gesunder Blätter nicht beträchtlich übersteigt, während bei starker Anreicherung dieser Fraktion die übrigen Kohlehydratformen meist nicht in vermehrter Menge auftreten (Tab. 14). Der Stärkegehalt der gesunden Blätter ist vor allem bei Entnahme des Untersuchungsmaterials in den Nachmittagsstunden, d. h. im Höhepunkt der natürlichen Assimilations-speicherung, höher als der infizierter Blätter (Tab. 15).

Tabelle 13

Kohlehydratgehalt normaler (n) und vergilbungsranker (y) Rübenblätter aus einem schwer befallenen Feldbestand zu verschiedenen Ernteterminen

Tag	Stunde	TS in % FG		RZ mg/F		DZ mg/F		ΣZ mg/F	
		n	y	n	y	n	y	n	y
20. 8. 51	11 ^h	13,07	14,40	10,96	46,50	2,60	2,67	13,56	49,25
5. 9. 51	12 ^h	14,52	15,90	7,87	28,95	6,33	7,40	14,20	36,35
26. 9. 51	11—12 ^h ..	14,33	16,23	15,38	21,69	0	27,76	15,38	49,47
23. 11. 51	12 ^h	18,27	17,42	36,0	46,5	8,28	7,69	44,35	54,20

TS = Trockensubstanz

FG = Frischgewicht

RZ = Reduzierende Zucker

DZ = Disaccharide

ΣZ = Gesamtzucker

F = Frischsubstanz

Auch an infizierten Gewächshauspflanzen läßt sich die Kohlehydratstauung durch die Infektion nachweisen, und zwar schon vor Sichtbarwerden der äußeren Befallssymptome (Tab. 16). Sie ist jedoch in der Regel quantitativ geringer als bei Freilandpflanzen und häufig bei den nichtreduzierenden Zuckern stärker ausgeprägt als bei den reduzierenden (Tab. 14 u. 16). Da in den Untersuchungen der Tab. 16 die Stärke nicht bestimmt wurde, ist allerdings wahrscheinlich der Gesamtumfang der Kohlehydratanreicherung nicht erfaßt worden. Das geringere Ausmaß des Zuckergehaltsanstiegs bei künstlich infizierten Gewächshauspflanzen läßt vermuten, daß dieser Vorgang in unmittelbarer Beziehung zur photosynthetischen Intensität steht.

Die höheren Zuckergehaltswerte der nichtinfizierten Gewächshauspflanzen (Tab. 16) und symptomfreien Freilandpflanzen (Tab. 13) zu den jahreszeitlich späten Ernteterminen sind wohl auf den von zahlreichen anderen Objekten her bekannten und wahrscheinlich allgemein geltenden Einfluß niedriger Temperaturen zurückzuführen.

Die Kohlehydratzunahme als Folge der Virusinfektion ist in der Regel bei alten Blättern erheblich stärker als bei jungen (Tab. 15) (Watson, D. J., und

Tabelle 14

Kohlehydratgehalt normaler (n) und verblühungsranker (y) Röhrenblätter von je 10 Pflanzen aus Feldbeständen und aus einem Gewächshausversuch

Datum	Versuch	Trocken- substanz in % des Frisch- gewichts	Wasser- gehalt in % der TS	RZ		DZ		SZ		Stärke		ZKH	
				F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
22. 9. 52	ZR Rheine..... n	13,92	620	19,30	138,6	7,89	56,5	27,19	195,1	11,73	84,25	38,92	279,7
	Erntnahme um 17 ⁿ y	18,24	456	28,70	157,5	34,71	190,5	63,54	348,0	7,50	41,13	70,95	389,0
22. 9. 52	FR Rheine..... n	13,70	630	19,28	140,6	3,08	22,4	22,36	163,1	16,02	117,1	38,38	280,2
	Erntnahme um 18 ⁿ y	16,45	508	47,30	287,5	14,33	87,1	61,62	374,7	6,48	44,3	68,10	419,0
23. 9. 52	ZR Hövel..... n	15,45	548	18,27	118,2	8,25	53,4	26,52	171,6	12,01	78,1	38,53	249,7
	Erntnahme um 15 ⁿ y	17,42	473	50,60	290,5	3,02	17,4	53,65	308,0	14,17	81,3	67,82	389,3
25. 9. 52	Gewächshaus-Versuch ZR. K	17,90	458	17,75	99,2	5,40	30,2	23,12	129,4	8,03	44,9	31,15	174,3
	inf. d. Dor. f.....	16,46	508	17,62	106,3	4,58	27,8	22,20	134,1	20,48	124,3	42,68	258,4
	inf. d. Mgz. p.....	17,27	502	24,05	139,2	3,98	23,0	27,95	162,2	18,96	109,8	46,91	272,0
7. 9. 53	ZR Münster..... n	12,70	688	16,35	128,7	0	0	16,35	128,7	16,32	128,5	32,67	257,2
	Erntnahme um 15 ⁿ y	14,74	579	38,17	259,0	4,48	30,4	42,65	289,5	18,25	124,0	60,90	413,5

RZ = Reduzierende Zucker

DZ = Disaccharide

SZ = Gesamtzucker

ZKH = Gesamt-Kohlehydrate

F = Frischgewicht
T = Trockensubstanz

Tabelle 15

Kohlhydratgehalt symptomfreier und vergilbungsranker Rübenblätter aus einem frühbefealenen Feldbestande
 Sorte Kleinwanzleben N; Entnahme 9. 9. 1953
 Mittelwert von je 10 Rüben

	Normale Pflanze						Vergilbungsranke Pflanze						
	Junge Blätter		Mittl. Blätter		Ältere Blätter		Rübe	Junge Blätter		Mittl. Blätter		Ältere Blätter	
	Blatt- spreite	Stiele	Blatt- spreite	Stiele	Blatt- spreite	Stiele		Blatt- spreite	Stiele	Blatt- spreite	Stiele	Blatt- spreite	Stiele
Trockensubstanz in % d. F.	21,98	9,79	14,40	10,40	11,80	10,12	22,43	95,41	11,75	18,80	12,68	18,85	12,05
Wassergehalt in % d. F.	78,02	90,21	85,80	89,60	88,20	89,88	77,57	84,59	88,25	81,20	87,32	81,15	87,95
Wassergehalt in % d. TS.	355	922	594	862	748	926	346	549	752	432	689	431	730
Wassergehalt in % d. Res. TS.	—	696	1755	725	1439	874	1359	—	698	1355	633	1445	1159
Red. Zucker mg/g F.	1,08	18,43	36,00	8,92	38,30	7,98	1,21	20,40	48,00	27,50	39,19	43,10	—
Red. Zucker mg/g TS.	4,92	122,1	368,0	62,0	368,2	62,60	5,38	132,3	408,5	146,2	309,0	228,2	—
Red. Zucker in % d. Σ -Zuckergehaltes	0,84	70,60	98,7	94,6	91,8	86,7	1,22	93,6	91,7	83,9	78,0	84,2	—
Hydrol.-Zucker mg/g F.	127,2	7,68	1,75	0,50	3,42	1,14	97,4	1,39	4,40	5,28	10,51	8,10	—
Hydrol.-Zucker mg/g TS.	579	51,1	17,3	3,5	32,8	9,6	434	9,0	36,5	28,2	83,0	43,5	—
Σ -Zucker in mg/g F.	128,1	26,11	37,75	9,42	41,72	8,52	98,5	21,79	52,40	32,78	49,70	51,20	—
Σ -Zucker in mg/g TS.	583,5	173,2	385,3	65,5	401,0	72,2	439,1	141,3	445,0	174,4	392,0	271,7	—
Σ KH in mg/g F.	—	28,57	46,47	25,92	41,72	17,06	—	32,95	52,40	59,65	66,40	51,20	44,60
Σ KH in mg/g TS.	—	188,5	474,7	180,0	401,0	144,6	—	213,8	445,0	317,5	524,0	271,70	356,8
Stärke in mg/g F.	—	2,46	8,72	15,50	0	8,54	—	11,16	0	26,87	16,70	0	—
Stärke in mg/g TS.	—	15,3	89,4	114,5	0	72,4	—	72,5	0	143,1	132,0	0	—

F = Frischsubstanz

TS = Trockensubstanz

Res. TS = Trockensubstanz minus Gesamtkohlhydratgehalt

 Σ KH = Gesamtkohlhydrate

Tabelle 16

**Zuckergehalt nichtinfizierter (n) und infizierter (y) Gewächshauspflanzen
zu verschiedenen Ernteterminen**

Datum	Reduzierende Zucker mg/g Frischgewicht		Nichtreduzierende Zucker mg/g Frischgewicht		Gesamtzucker mg/g Frischgewicht	
	n	y	n	y	n	y
18. 8. 1951	14,68	22,80	2,25	15,83	16,90	38,80
30. 8. 1951	9,98	14,62	3,45	12,90	13,40	27,50
16. 10. 1951	29,65	34,50	2,91	0	32,55	34,50
11. 12. 1951	28,25	37,60	16,15	5,40	43,4	43,0

Watson, M. A., 1951, Lüdecke und Neeb, 1953) und führt zu einer Umkehrung des normalen, von den inneren zu den äußeren Blättern fallenden Gradienten, wie dies von Lüdecke und Neeb für die reduzierenden Zucker nachgewiesen worden ist.

Diese Autoren konnten weiterhin die für das physiologische Verständnis der Gesamterscheinung wichtige Feststellung machen, daß der für das gesunde Rübenblatt geltende Unterschied im Gehalt an reduzierenden Zuckern zwischen Blattstiel und Blattspreite mit weitaus höheren Werten für die Stielelemente bei virusinfiziertem Blatt sehr viel weniger deutlich, bei Blättern mit starken Virussymptomen sogar überhaupt nicht mehr vorhanden ist. Dieses abweichende Verhalten des infizierten Blattes vom normalen konnte in den eigenen Untersuchungen bestätigt werden und gilt ebenso für den Gesamtkohlehydratgehalt wie für die reduzierenden Zucker (Tab. 15). Nach Meinung von Lüdecke und Neeb könnte dieses Merkmal diagnostisch wichtig werden, falls es sich als spezifisch für die Vergilbungsinfektion erweisen sollte. Daß es bei ähnlichen durch Mangel an bestimmten Nährstoffen sowie durch *Peronospora*-Befall verursachte Schäden und im Anfangsstadium der Herz- und Trockenfäule nicht auftritt, wurde bereits nachgewiesen.

Die Virusinfektion verursacht demnach eine erhebliche Stauung der Assimilate, die sich auf die Gesamtkonstitution des Blattes auswirkt. So ist der höhere Trockensubstanzgehalt des viruskranken Blattes, der bei Freilandpflanzen regelmäßig beobachtet wird, weitgehend eine Folge der Kohlehydratanreicherung. Diese Erscheinung tritt unter Gewächshausbedingungen, vermutlich wegen der ungünstigeren Verhältnisse für die Assimilation, jedoch weniger oder gar nicht hervor. Nach Watson, M. A., und Watson, D. J., (1951) ist das Verhältnis Wasser zur Residual-Trockensubstanz (Trockensubstanz minus Gesamtkohlehydratgehalt) nicht verändert. Dadurch wird angezeigt, daß die »hydration« unabhängig vom Kohlehydratgehalt ist. Wie beim Kohlehydratgehalt wird auch in dem auf das Frischgewicht bezogenen Trockensubstanzgehalt das Verhältnis von jungen zu alten Blättern durch den Virusbefall umgekehrt. Während bei normalen Pflanzen die jüngsten Blätter mehr Trockenmasse enthalten als die mittleren und älteren, weisen die mittleren und älteren vergilbten Blätter einen höheren Trockensubstanzgehalt als die jüngeren auf (Tab. 15).

Auch die morphologische Struktur des Rübenblattes wird durch die Assimilatstauung beeinflusst; sie verursacht eine Erniedrigung der Oberflächenentwicklung

(dm² Blattfläche je 100 g Blattgewicht), gleichzeitig eine Steigerung des Sukkulenzgrades des infizierten Blattes (Tab. 17). Weiterhin darf die spröde, brüchige Struktur, die, wenn auch nicht streng charakteristisch, doch ein diagnostisch wertvolles Merkmal der Virose darstellt, als Folge der Assimilatstauung angesehen werden.

Tabelle 17
Oberflächenentwicklung und Sukkulenzgrad gesunder (n)
und vergilbungskranker (y) Rübenblätter

Rübenart	Wassergehalt in % des Frischgewichtes	Oberflächen- entwicklung dm ² /g	Sukkulenzgrad g Wasser/1 dm ²
Futterrübe n	86,71	0,474	1,67
Futterrübe y	86,27	0,379	2,26
Zuckerrübe n	85,69	0,447	1,76
Zuckerrübe y	84,35	0,331	2,50

Mittelwerte aus je 45 Einzelbestimmungen.

Sorten: Eckendorfer Gelbe und Kleinwanzleben E. Juli 1952.

Über die Ursachen der spezifischen Störung des Kohlehydratstoffwechsels des infizierten Blattes gehen die Ansichten der Autoren noch weit auseinander. Quanjer (1934) schloß aus der Beobachtung, daß in vergilbten Blattsegmenten bei Dunkelhaltung die Stärke weniger rasch verschwindet als in gesunden Blattflächen und aus der von ihm festgestellten Gummosis im Phloëm kranker Blätter, daß die Verstopfung der Siebröhren durch gummiartige Substanzen die Ableitung der Assimilate verhindere. Aus der Feststellung, daß sowohl die Atmung als auch die fermentativen Kohlehydratumsetzungen im infizierten Blatt »normal funktionieren«, schloß van Riemsdijk (1935), ebenfalls unter Hinweis auf die Phloëm-Gummosis, daß die Ableitung der Kohlehydrate durch eine pathologische Veränderung der Leitungsbahnen gestört sei. Klinkenberg (1945) stellte demgegenüber durch eingehende anatomische Untersuchungen fest, daß die Stärkeanhäufung im viruskranken Blatt bereits zeitlich in einem Stadium einsetzt, in dem die Siebröhren noch normal erscheinen. Die Gummibildung wird nicht als Ursache, sondern als Folge einer zeitlich früheren pathologischen Veränderung angesehen. In Übereinstimmung mit Roland (1936) werden von den Autoren die Chlorophyllzersetzung und die dadurch bewirkte Vergilbung als eine Folge der Assimilatanhäufung in den Blattzellen betrachtet. Hart-suijker (1951) konnte nachweisen, daß Gummosis sowohl in zweifellos gesunden Pflanzen auftritt als auch in sichtbar viruskranken fehlt. Die Phloëm-Gummosis, zu der auch die gesunde Rübe neigt und die lediglich bei vergilbungskranken Rüben verstärkt auftreten kann, ist also weder ein sicheres diagnostisches Kriterium, noch kann sie als Ursache der Assimilatanhäufung gelten.

Watson, M. A., und Watson, D. J., (1951) untersuchten experimentell die Kohlehydratableitung aus gesunden und kranken Rüben während der Nacht mit dem Ergebnis, daß der Assimilatverlust während der Dunkelperiode bei gesunden und kranken Rüben etwa gleich hoch war. Orientierende eigene Untersuchungen hatten ein ähnliches Ergebnis. Wenn die abgeleiteten Mengen jedoch auf die Ausgangswerte bezogen werden, ergeben sich beträchtliche Unterschiede. Aus ihren Befunden ziehen die Verfasser den Schluß, daß die Kohlehydrat-

anhäufung »wahrscheinlich nicht eine passive Folge von Unterschieden in der Kohlehydratbildung, -verteilung und -verwertung, sondern Veränderungen in der Physiologie der Blattzellen zugeordnet« (S. 276) ist. Da der photosynthetische Assimilationsüberschuß — Überschuß der photosynthetischen Produktion über den Atmungsverlust — durch die Virusinfektion vermindert (Watson, D. J., und Watson, M. A., 1953), die Atmung jedoch gesteigert wird (van Riemsdijk, 1935), weisen die erstgenannten Autoren auf die Möglichkeit hin, daß das Fermentsystem, das die Umwandlung der Kohlehydratfraktionen reguliert, gestört sein könne; doch dürfte sich dies dann mehr auf die synthetisierenden als auf die hydrolytischen Vorgänge beziehen, wie dies aus der von van Riemsdijk (1935) festgestellten gesteigerten Atmung und auch aus der Tatsache, daß die reduzierenden Zucker in dem infizierten Blatt die stärkste Steigerung erfahren, hervorgeht. Kranke und gesunde Pflanzen zeigen in der invertierenden Wirkung der Blatt- und Stielextrakte nach Lüdecke und Neeb (1953) keine deutlichen Unterschiede, doch ist, wie aus deren Tabelle 2 (S. 119) hervorgeht, die invertierende Wirkung der Stielbasis bei infizierten Rüben, die der oberen Stielzone und der oberen Spreitzzone bei den normalen Pflanzen größer, während andererseits bei den Vergilbungspflanzen der Kreis der stärker invertierenden jüngeren Blätter gegenüber nicht infizierten Pflanzen verbreitert erscheint.

Aus den vorstehenden Ausführungen über die Funktionsbeeinflussung des Blattes ergibt sich, daß auch die Versorgung der nicht assimilierenden Pflanzenteile mit Kohlehydraten erheblich eingeschränkt und die Entwicklung des Wurzelsystems entsprechend gehemmt wird. Die Wirkung des Virus wird an sehr früh infizierten Pflanzen in der jugendlichen Wachstumsphase besonders deutlich (Tab. 12). Die Wurzelsubstanz der infizierten Rüben ist um etwa 80% geringer als die der Kontrollpflanzen und hat außerdem noch einen um etwa 2—4% verminderten Trockensubstanzgehalt. Die Blattentwicklung ist demgegenüber durch die Infektion wesentlich geringer, nämlich um etwa 50% vermindert worden. Die Wurzeln der kranken Pflanzen enthalten etwa 4% weniger Saccharose als die der Kontrollen. Bei der infizierten Futterrübenpflanze hat die Zuckerspeicherung praktisch überhaupt noch nicht begonnen, obgleich die Bildung des Rübenkörpers bei der Aberntung schon deutlich erkennbar war. Die weitgehende Einschränkung der assimilatorischen Funktion der infizierten Blätter geht aus der in der Tab. 12 angeführten Berechnung der Wurzelsubstanz auf die Blattmengeneinheit hervor. Der Gehalt der viruskranken Wurzeln an reduzierendem Zucker ist gegenüber den gesunden Pflanzen erhöht, bei den Zuckerrüben absolut, bei den Futterrüben relativ zum Gesamtzuckergehalt. Die Viruseinwirkung tritt in diesem Versuch allerdings besonders kraß hervor, sowohl wegen der frühen Infektion als auch infolge der zusätzlichen Assimilationshemmung durch die ungünstigen Lichtverhältnisse des Gewächshauses.

Die Wirkung der Virusinfektion auf die Entwicklung und den Kohlehydratstoffwechsel der Rübe verläuft jedoch grundsätzlich stets in gleicher oder in ähnlicher Weise, wenn sie auch unter natürlichen Verhältnissen nur selten diesen Umfang annimmt. Tab. 18 gibt das mit dem Resultat des Gewächshausversuches voll übereinstimmende Ergebnis der Untersuchung von je 10 gesunden und viruskranken Pflanzen aus zwei Feldbeständen wieder. Die geringere Zuckerbildung in der Rübe vergilbungskranker Pflanzen hat durch die Art der Störung

des Kohlehydratstoffwechsels im Blatt zwei Gründe: 1. die Verringerung der assimilatorischen Leistung der Blatteinheit und 2. die Festlegung eines anomal großen Anteils des Gesamtzuckers der Pflanze im Blattsystem, teils unmittelbar durch Stauung in den Blättern, teils durch Verbrauch im Baustoffwechsel der Blattregeneration.

Tabelle 18

Zuckergehalt normaler (n) und vergilbungsranker (y) Rüben aus Feldbeständen 1952
(Mittelwerte aus je 10 Pflanzen)

Ort	Kapellen		Hövel	
	n	y	n	y
Blatt, g je Pflanze	900	592	710	436
Blatt, Trockensubstanz %/o	12,96	15,01	—	—
Blatt, in %/o des Gesamt-Pfl.-Gewichtes	54,54	63,38	55,8	52,6
Wurzel, g je Pflanze	750	342	570	393
Wurzel, Trockensubstanz %/o	20,43	21,30	20,87	19,50
Wurzel, Trockensubstanz g/Pflanze	153,3	71,78	118,9	76,6
Wurzel, Trockensubstanz je g Blattsubstanz ..	0,170	0,121	0,168	0,176
Wurzel, Saccharose %/o der Frischsubstanz ...	14,32	12,23	15,20	13,95
Wurzel, Saccharose %/o der Trockensubstanz ..	70,4	64,2	72,8	71,4
Wurzel, Saccharose g je Pflanze	111,82	41,83	86,65	54,80
Wurzel, Reduzierende Zucker %/o Frischsubstanz	0,589	0,668	0,852	0,930
Wurzel, Reduzierende „ %/o Trockensubstanz	2,898	3,508	4,085	4,770
Wurzel, Reduzierende „ %/o Saccharose	4,11	5,46	5,60	6,67

In Abb. 13 sind die auf Sproß und Wurzel entfallenden Zuckermengen infizierter und nichtinfizierter Pflanzen aus einem Feldinfektionsversuch (Münster 1951) nach den analytischen Untersuchungen der von Ende Juni bis Anfang Dezember durchgeführten Ernten graphisch dargestellt. Mitte August enthalten die vergilbungsrankeren Blätter noch fast die Hälfte der Gesamtzuckersubstanz der Pflanze, während der normale Anteil zur gleichen Zeit weniger als 1/10 beträgt. Selbst Anfang September steht einem Anteil der gesunden Blätter von etwa 4,5 % der Gesamtzuckermenge ein solcher von fast 30 % bei den Viruspflanzen gegenüber.

Die Wirkung des Virusbefalls auf den Kohlehydratstoffwechsel der Rübe besteht somit hauptsächlich in einer verminderten Assimilatversorgung dieser Organe, die sich in einer entsprechenden Hemmung ihres Wachstums und in einer Erniedrigung ihres Zuckergehaltes äußert. Der niedrige Zuckergehalt vergilbungsrankerer Rüben ist daher auch schon frühzeitig der rübenbauenden und rübenverarbeitenden Praxis aufgefallen und hat Anlaß zu schweren Besorgnissen gegeben. Autoren, wie van Riemsdijk, 1935, van Schreven, 1936, de Haan, 1938, Watson, M. A., 1942, Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull, 1946, Schlösser, 1951, Watson, D. J., und Watson, M. A., 1953, u. a. haben sich mit dieser Frage beschäftigt. Danach schwankt der Abfall des prozentualen Zuckergehaltes in weiten Grenzen. Als maximal kann ein Rückgang von 4 bis 5 % Polarisation gelten (Tab. 12). Bei schwerem und früh eintretendem Befall ist im allgemeinen mit einer Polarisationsverminderung von etwa 2—3 % zu rechnen. Ein Gehaltsabfall dieser Größenordnung konnte sowohl in Feldinfektionsversuchen (Tab. 19) als auch als Folge natürlichen Befalls in der unmittelbaren Nachbarschaft starker Infektionsquellen (Heiling 1953) nachgewiesen werden. Unter mittleren Befallsbedingungen enthalten die kranken

Rüben meist 0,5–1 % weniger Zucker. Der Zuckergehalt viruskranker Rüben wird, wie aus den Ergebnissen unserer zahlreichen Untersuchungen hervorgeht, außer von dem Grade und dem Zeitpunkt des Befalls sowie der Intensität der Infektion (Art des Virusstammes und Art des Überträgers) noch von einer Reihe

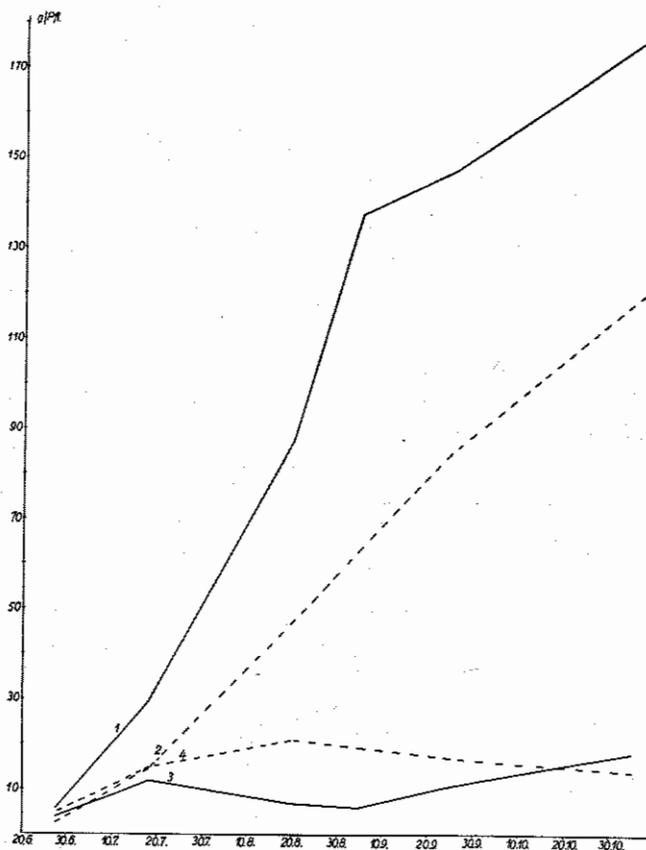


Abb. 13. Jahreszeitlicher Verlauf der Zuckerbildung in Rübe und Blatt bei normalen (n) und vergilbungsranken (y) Pflanzen. Versuchsfeld Münster 1951.

- 1 = g Zucker in der Rübe der n-Pflanze,
 2 = g Zucker in der Rübe der y-Pflanze,
 3 = g Zucker im Blatt der n-Pflanze,
 4 = g Zucker im Blatt der y-Pflanze.
 Sorte: Zuckerrübe Kleinwanzleben E.

weiterer Faktoren beeinflusst. Aus der Größe der nach der Infektion verbleibenden bzw. sich im Verlauf des Wachstums später wieder einstellenden assimilatorischen Leistung des Blattes ergibt sich der Kohlehydratüberschuß für die Ausbildung von Wurzel und Rübenkörper. In welchem Ausmaß die Assimilate als Zucker in diesen Organen gespeichert werden, hängt nun wiederum erstens von der Menge der in die Wurzel gelangenden Kohlehydrate und zweitens von dem Anteil

ab, der hiervon für den Wachstumsvorgang verbraucht wird. Diese Vorgänge sind naturgemäß weitgehend durch die Entwicklungsbedingungen der Rübe, durch die Virulenz des Erregers und durch seine Ausbreitung in der Pflanze bestimmt. Diese Beziehungen entscheiden auch über den jahreszeitlichen Verlauf des Zuckergehaltes.

Tabelle 19

Zuckergehalt und Zuckerertrag schwer und weniger schwer vergilbungsranker Zuckerrüben, Sorte Kleinwanzleben E, Feldversuch Münster 1952

Nr.	Rüben in dz/ha		Zuckergehalt %		Zucker-Ertrag in dz/ha		U in Relativwerten (B = 100)
	B	U	B	U	B	U	
1	352	175	12,02	11,11	42,4	19,5	45,9
2	349	200	11,25	11,63	39,2	23,3	59,4
3	415	249	12,49	11,07	51,8	27,6	53,2
4	364	205	12,68	12,41	46,2	25,5	55,1
5	323	210	12,04	12,15	38,8	25,5	65,8
6	299	174	12,00	12,25	35,9	21,3	59,4
Mittelwert	352	200	12,08	11,77	42,6	23,5	56,8

B = dreimal mit 0,1 % Systox gespritzt.

U = unbehandelt.

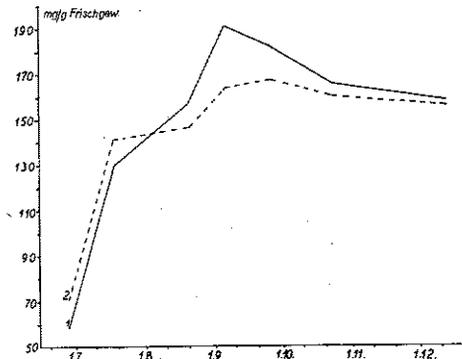


Abb. 14. Jahreszeitlicher Gang des Zuckergehaltes normaler (n) und virusranker (y) Rüben. Versuchsfeld Münster 1951, Sorte: Zuckerrübe Kleinwanzleben E.
1 = Zuckerrübe normal,
2 = Zuckerrübe vergilbungsrank.

Bei dem in Abb. 14 dargestellten Fall (Freiland-Infektionsversuch Münster 1951) ist der anfangs annähernd gleiche Gehalt infizierter und nichtinfizierter Rüben auf das zunächst sehr schwache Wachstum der virösen bzw. auf den lebhaften Wachstumsverlauf der gesunden Rüben zurückzuführen. Gegen Anfang August trennen sich die Gehaltskurven. Das spätere Sinken des Zuckergehaltes der Vergleichspflanzen muß z. T. natürlichen Spätinfektionen zugeschrieben werden, die auch durch mehrmalige Überträgerbekämpfung nicht ganz

verhindert werden konnten. Daher war es bei den letzten Ernteterminen sehr schwer, auch auf den nicht infizierten Parzellen noch absolut virusfreie Pflanzen zu finden.

Ein durch Untersuchungen dieser Art festgestellter Verlauf des Zuckergehaltes (vgl. auch Schulze, 1953) ist stets die Funktion des jeweiligen Zusammenwirkens der genannten Faktoren und daher als Einzelfall zu betrachten, aus dem sich keineswegs eine allgemein geltende Regel ableiten läßt.

Bei sehr schwerem, das Wachstum von Wurzel und Rübe stark einschränkendem Befall und unter erschwerten Wachstumsbedingungen (Dürre-Perioden) kann der Massenzuwachs der infizierten Pflanzen fast ganz zum Stillstand kommen. Die dann sehr klein bleibenden Rüben können einen gleich hohen, wenn nicht einen noch höheren prozentualen Zuckergehalt aufweisen als gesunde Rüben, die unter den gleichen Bedingungen noch weiter zu wachsen vermochten. Die Höhe des Ertragsausfalles an Zucker wird hierdurch keineswegs vermindert. In Tab. 19 sind die Ertragszahlen eines Feldversuches mit sehr schwerem und frühzeitigem Virusbefall wiedergegeben. Die eine Hälfte aller Parzellen sollte durch häufig vorgenommene Überträgerbekämpfung möglichst vor Infektion geschützt werden. Dies gelang zwar nur sehr unvollkommen, doch wurde hierdurch ein deutlich sichtbarer Unterschied in der Schwere des Befalls erzielt, der sich in beträchtlichen Mehrerträgen abzeichnet. Trotzdem zeigten die somit nachweislich ungleich schwergeschädigten Pflanzen einen fast gleich hohen Zuckergehalt bei erheblichen Unterschieden im Flächenzuckerertrag. Die Senkung der Polarisation ist darum auch nicht in allen Fällen der Höhe des Ertragsausfalles an Zucker von der Flächeneinheit proportional; umgekehrt kann der Zuckerverlust auch bei sehr erniedrigtem Zuckergehalt relativ gering sein, wenn die Rüben noch eine genügende Größe aufweisen. In einem zu zwei Terminen geernteten Versuch war bei der ersten Ertragsfeststellung der Zuckergehalt der Rüben der wesentlich stärker befallenen Parzelle nicht geringer als der von nur schwach infizierten Rüben, die jedoch einen deutlich höheren Rübenertrag brachten. Bei der zweiten Ernte, die nach einigen Wochen mit milder und niederschlagsreicher Witterung erfolgte, hatte sich zwar der Massenertragsunterschied nahezu ausgeglichen, dafür lag jetzt die Polarisation der schwer befallenen Rüben niedriger. Der Zuckerertragsausfall war in beiden Fällen jedoch fast gleich. Der späte Massenzuwachs der stärker erkrankten Rüben hatte augenscheinlich die in dieser Periode noch gebildeten Assimilate verbraucht (vgl. Tab. 48).

Der in dem Gewächshaus-Infektions-Versuch (Tab. 12) gefundene Mehrgehalt der befallenen Rüben an reduzierenden Zuckern, der auch bei den aus Feldbeständen entnommenen Pflanzen nachweisbar war (Tab. 18), bestätigte sich jedoch nicht in allen Fällen (Tab. 20). Der gewöhnlich sehr geringe Gehalt der Rüben an diesen Substanzen — etwa 0,1—0,2 % der Frischsubstanz bei ausgereiften Rüben (Schneider, 1953) — scheint erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen zu unterliegen mit einem Minimum gegen Ende der Vegetationsperiode und mit einem mehr oder weniger schnellen Anstieg bei Eintritt winterlicher Witterung (Abb. 15). In lagernden Rüben nimmt die Menge reduzierender Zucker in der Regel zu, besonders deutlich bei Futterrüben. Bei diesen ist der Anteil der reduzierenden Zucker am Gesamtzuckergehalt stets beträchtlich höher als bei Zuckerrüben. Bei der großen Labilität der wohl in enger Beziehung zur Atmungsintensität stehenden Faktoren konnte eine vollständige

Klärung seiner Beziehungen zum Virusbefall bisher nicht gewonnen werden. Das jedenfalls häufige vermehrte Vorkommen in den Rüben vergilbungsrunder Pflanzen könnte in Zusammenhang mit einer Atmungssteigerung dieser Organe (van Riemsdijk, 1935) stehen.

Tabelle 20

Gehalt der Rüben normaler (n) und infizierter (y) Pflanzen an reduzierenden Zuckern in mg je g Frischsubstanz

Nr.	Datum	Art der Pflanzen	Futterrübe		Zuckerrübe	
			n	y	n	y
1	26. 7. 50	Freilandpflanzen	4,60	7,53	6,21	10,21
2	18. 8. 50	»	4,73	10,87	4,86	7,33
3	12. 9. 50	»	10,01	12,10	8,50	10,32
4	29. 8. 50	»	—	—	8,65	12,38
5	28. 6. 51	»	5,63	6,18	5,75	6,92
6	18. 7. 51	»	7,70	10,60	5,15	9,95
7	5. 9. 51	»	3,65	4,48	2,00	6,12
8	26. 8. 52	»	6,53	8,00	7,58	8,17
9	10. 9. 52	»	7,67	8,96	4,63	4,54
10	2. 9. 53	»	—	—	2,78	5,38
11	21. 9. 53	»	—	—	1,94	2,83
12	6. 8. 51	Gewächshauspflanzen	—	—	9,35	12,31
13	28. 9. 53	»	—	—	2,44	3,89

Der Trockensubstanzgehalt der Wurzeln war in der überwiegenden Mehrzahl aller untersuchten Fälle bei virusinfizierten Pflanzen niedriger als bei normalen (Tab. 12 u. 18). Vereinzelt Ausnahmen sind vermutlich aus der Abhängigkeit dieser Größe vom Wassergehalt des Bodens zu erklären, da in Dürreperioden

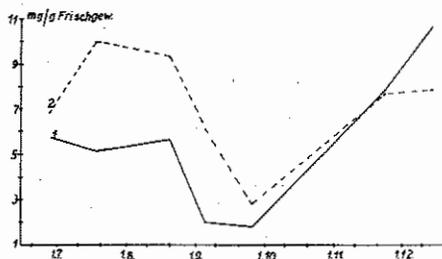


Abb. 15. Jahreszeitlicher Gang des Gehaltes normaler (n) und virusrunder (y) Zuckerrüben an reduzierenden Zuckern, 1951.
1 = normal, 2 = vergilbungsrunder.

die meist relativ kleinen kranken Rüben einer stärkeren Austrocknung ausgesetzt zu sein scheinen. Die Unterschiede im Trockensubstanzgehalt zwischen virusrunder und normalen Rüben sind durchweg geringer als die im Zucker-gehalt, so daß dieser auch bei Berechnung auf die Trockenmasse in den virösen Wurzeln vermindert ist. Daraus ergibt sich ein entsprechend höherer Anteil der übrigen, die »Resttrockensubstanz« (»residual dry matter« im Sinne von Watson, M. A., und Watson, D. J., 1951) darstellenden Komponenten (Tab. 21).

Tabelle 21
Trockensubstanz- und Resttrockensubstanzgehalt normaler (n)
und vergilbungsranker (y) Pflanzen

Versuch	Rüben- varietät	Trocken- substanz		Gesamt- zucker		Rest-Trocken- substanz	
		in %		in %		in %	
		n	y	n	y	n	y
Feld-Infektion 1951	FR	12,37	10,12	9,35	6,91	3,02	3,21
» 1951	ZR	23,27	22,13	17,73	15,42	5,54	6,71
» 1952	ZR	25,27	23,38	18,48	15,30	6,79	8,08
» 1952	ZR	22,81	20,15	16,90	12,50	5,91	7,65
Pflanzen aus Feld- bestand 1952	ZR	20,43	21,30	14,91	12,90	5,52	8,40
Gewächshaus-Infektion 1953	ZR	19,62	15,43	10,95	6,58	8,67	8,85
» 1953	ZR	17,73	15,15	10,30	5,65	7,43	9,50
» 1953	ZR	17,70	15,54	10,45	6,90	7,25	8,64
» 1953	FR	10,66	7,76	5,34	1,44	4,32	6,32

FR = Futterrübe

ZR = Zuckerrübe

3. Stickstoff-Stoffwechsel

Zur Untersuchung der Frage, ob und in welcher Weise das Virus in den Stickstoff-Stoffwechsel des infizierten Rübenblattes eingreift, wurden an virösen und virusfreien Pflanzen aus Feldbeständen und Infektionsversuchen die beiden wesentlichsten Stickstoff-Fractionen, der lösliche und der nichtlösliche Stickstoff, in üblicher Weise nach der Methode von Kjeldahl untersucht. Die Trennung der beiden Fractionen erfolgte durch Fällung mit Tannin-Schwefelsäure. Da orientierende Bestimmungen weiterer Fractionen, wie des Nitrats und des präformierten Ammoniaks, keine sicheren Unterschiede ergaben, wurden Untersuchungen in dieser Richtung nicht fortgesetzt.

Infizierte Blätter mit Vergilbungssymptomen enthalten geringere Mengen Proteinstickstoff als virusfreies Vergleichsmaterial. Die Differenz betrug im Durchschnitt unserer Versuche etwa 30%, in seltenen Fällen bis 50% (Tab. 22). Gehaltsunterschiede an nichtlöslichem Stickstoff zwischen gesunden und kranken Blättern sind feststellbar, wenn letztere sichtbare Vergilbungsflecke oder Zonen aufweisen; sie sind bei Blättern mittlerer Insertion mit kräftigen Symptomen am größten, obgleich die alten kranken Blätter quantitativ den geringeren Protein-N-Gehalt besitzen, zumal auch alte Blätter gesunder Rüben geringere Werte aufweisen als mittlere und jüngere Blätter. An noch symptomlosen Blättern künstlich infizierter Pflanzen konnten sie in unseren Untersuchungen ebenso wenig nachgewiesen werden wie an den noch vollständig grünen, jungen Blättern deutlich sichtbar viruskranker Pflanzen. An symptomhaltigem Material wurde dieses Merkmal mit großer Regelmäßigkeit gefunden. Die Erscheinung dürfte demnach für die Vergilbungsrankheit charakteristisch, wenn auch nicht spezifisch sein, da Abweichungen im Proteingehalt durch eine Vielzahl physiologischer Ursachen bedingt sein können.

Der lösliche Stickstoff verhält sich erheblich weniger einheitlich als die nicht lösliche Fraction; er kann im vergilbungsrankten Blatt in größerer oder in geringerer Menge als in gesundem vergleichbarem Material vorhanden sein. Bei kranken Pflanzen liegt der Anteil des löslichen N am Gesamt-N meist höher. Der Gesamt-Stickstoffgehalt ist wie der Eiweiß-N in kranken Blättern niedriger als

Tabelle 22
Stickstoffgehalt gesunder (n) und vergilbungsranker (y) Rübenblätter

Tag der Probenentnahme	Rüben- varietät	LN				EN				ΣN					
		mg/g F		mg/g T		mg/g F		mg/g T		mg/g F		mg/g T			
		n	y	n	y	n	y	n	y	n	y	n	y		
22. 9. 1952	ZR	1,354	1,140	9,72	6,26	20,20	26,20	5,355	3,210	38,47	17,60	6,709	4,350	48,20	23,85
23. 9. 1952	ZR	1,355	1,035	8,78	5,94	19,55	24,60	5,585	3,170	36,18	18,20	6,940	4,205	44,96	24,14
23. 9. 1952	FR	1,040	0,814	7,58	4,95	15,85	20,92	5,512	3,075	40,21	18,70	6,552	3,890	47,79	23,65
28. 6. 1951	ZR	0,617	0,860	6,99	8,70	11,17	15,29	4,900	4,530	55,50	45,75	5,517	5,390	62,49	54,45
28. 6. 1951	GR	0,625	0,701	7,84	8,05	12,79	15,65	4,273	3,785	53,60	43,50	4,898	4,486	61,44	51,55
28. 6. 1951	FR	0,789	0,665	8,94	7,10	14,58	13,93	4,625	4,095	52,30	43,60	5,414	4,760	61,24	50,70
18. 7. 1951	ZR	0,986	0,888	8,78	6,61	14,13	16,80	5,980	4,400	53,15	32,80	6,966	5,289	61,92	39,41
18. 7. 1951	GR	0,843	0,794	7,78	6,53	13,29	16,70	5,505	3,995	50,75	32,55	6,358	4,749	58,52	39,08
18. 7. 1951	FR	0,855	0,850	7,60	6,67	13,89	18,10	5,315	3,833	47,30	30,05	6,170	4,683	54,90	36,72
20. 8. 1951	ZR	1,016	1,146	7,76	7,96	14,19	17,41	6,145	5,489	47,01	37,79	7,161	6,585	54,78	45,75
5. 9. 1951	ZR	1,215	1,230	8,38	7,75	17,60	22,50	5,675	4,285	39,00	26,75	6,890	5,485	47,38	34,50
26. 9. 1951	ZR	1,740	1,195	12,12	7,35	23,60	23,00	5,620	3,995	39,20	24,60	7,360	5,190	51,32	31,95
12. 9. 1950	ZR	2,410	1,722	14,29	8,91	27,20	28,50	6,430	4,340	38,18	22,42	8,840	6,062	52,47	31,33
12. 9. 1950	FR	1,700	1,845	11,45	11,01	21,00	26,20	6,420	5,200	43,25	31,05	8,120	7,045	54,70	42,06
2. 9. 1953 ältere Blätter	ZR	0,836	0,956	5,04	5,77	16,00	25,80	4,385	2,745	26,47	16,57	5,221	3,701	31,51	22,37
2. 9. 1953 jüngere Blätter	ZR	1,197	1,043	7,44	7,01	18,00	20,75	5,407	3,987	33,90	26,82	6,604	5,030	41,34	33,82

ZR = Zuckerrübe
FR = Futterrübe
GR = Gehaltsrübe
LN = Löslicher Stickstoff
EN = Eiweiß-Stickstoff
ΣN = Gesamt-Stickstoff
F = Frischgewicht
T = Trockengewicht

in gesunden. Die bisher gemachten Angaben gelten für die reine Blattspreite, da Blattstiele und Mittelrippen bei der Aufarbeitung ausgeschieden wurden. In einigen Untersuchungen wurden Blattspreiten einerseits und Blattstiele und Hauptrippen andererseits bei ungleich alten Blättern derselben Pflanze getrennt untersucht (Abb. 16). Mit steigendem Blattalter nahm der Proteinstickstoffgehalt aber bei kranken wie bei gesunden Blättern ab; der Rückgang verlief bei den Yellow-Blättern erheblich schneller als bei den Vergleichspflanzen. Der lösliche N, der bei den kranken Blättern in diesem Falle etwas höher lag als bei den normalen, fiel ebenfalls von den jüngeren zu den älteren Blättern, bei beiden Typen jedoch annähernd gleich steil ab.

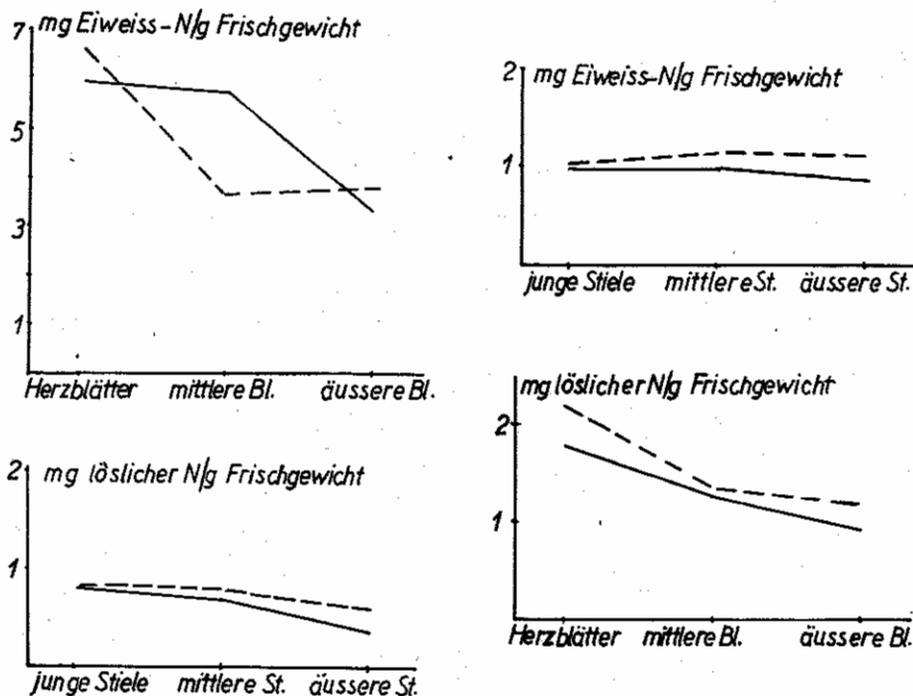


Abb. 16. a—d N-Gehalt der Spreiten und Stiele ungleich alter Blätter bei normalen (n) und vergilbungskranken (y) Zuckerrüben am 9. 9. 1953. — = normal, --- = krank.

Die Blattstiele enthalten wesentlich weniger Stickstoff in der Frischsubstanz als die Blattspreiten. Die lösliche Fraktion umfaßt etwa 40 % des Gesamt-N. Bei Bezug auf die Trockensubstanz ist der Gesamt-N in den Stielen, wenigstens bei jüngeren Blättern, fast ebenso reichlich vorhanden wie in den Spreiten. Die Menge des nichtlöslichen N liegt dagegen, sowohl auf das Trocken- wie auf das Frischgewicht bezogen, in den Blattstielen wesentlich niedriger als in den Blattlamina. Diese Fraktion tritt bei den infizierten Pflanzen in allen Altersstadien in etwa gleicher Menge auf. Die Blattstiele der gesunden Pflanzen enthalten demgegenüber im allgemeinen etwas weniger Protein-N und zeigen einen leichten Abfall von den inneren zu den äußeren Blättern. Mit steigendem Blattalter nimmt der lösliche Stickstoff der Blattstiele bei gesunden wie bei kranken

Pflanzen ab; bei den viruskranken Blättern fällt er jedoch wesentlich weniger steil ab und verhält sich in dieser Beziehung gegenläufig zum Protein-Stickstoff in den Blattspreiten.

Als Ursache der Veränderung des Stickstoff-Stoffwechsels der Rübenblätter durch das Vergilbungsvirus ist wohl mit großer Sicherheit eine vorzeitige Proteolyse anzunehmen, auf die das Vergilben der Blätter schon hindeutet. In der normalen Pflanze beginnt der Eiweißabbau zur Hauptsache erst im alternden Blatt, wie der geringe Proteingehalt der alten gesunden Blätter zeigt.

Um festzustellen, ob die Proteolyse-Produkte aus dem Blatt, wie es bei der natürlichen Altersvergilbung der Fall ist, abgeleitet werden oder einem vollständigen Abbau bis zum Ammoniak unterliegen, wurden in mehreren Versuchsreihen gesunde und kranke Rübenblätter für 24, teilweise 48 Stunden unter gleichen Außenbedingungen in destilliertes Wasser gestellt. Die Untersuchung des Wassers auf Stickstoff ergab, daß die kranken Blätter mehr als das Doppelte an N ausgeschieden hatten als die gesunden (Tab. 22a). Demnach ist anzunehmen, daß der bei der Eiweißhydrolyse entstehende lösliche Stickstoff tatsächlich wenigstens teilweise in die Rübe abwandert. Diese Folgerung ergibt sich sowohl aus dem oben erwähnten negativen Resultat der NH_3 -Bestimmungen in krankem und gesundem Blattmaterial sowie aus der Erniedrigung des Gesamt-N-Gehaltes viruskranker Blätter als auch aus der relativen Häufigkeit löslichen Stickstoffs in den Stielen der alten Blätter.

Tabelle 22a

N-Ableitung aus abgeschnittenen Blättern normaler (n) und vergilbungskranker (y) Rüben aus einem Feldbestande

	Zuckerrübe		Futterrübe	
	n	y	n	y
Versuchsblätter, Trockensubstanz in g	40,2	40,2	28,4	32,9
Versuchsblätter, LN mg/g Trockensubstanz ..	9,27	9,68	11,58	9,52
Versuchsblätter, ΣN mg/g Trockensubstanz ..	32,9	25,9	35,5	26,7
ΣN -Abgabe in 24 Std. in mg	0,206	0,452	0,286	0,595
ΣN -Abgabe in 24 Std. in mg/100 g Blatt-Trockensubstanz	0,512	1,125	1,007	1,810
ΣN -Abgabe in 24 Std. in mg/1 g Blatt-LN...	0,554	1,165	0,872	1,872
ΣN -Abgabe in 24 Std. in mg/1 g Blatt- ΣN ...	0,122	0,324	0,217	0,492

17. 10. 1949 je Probe 20 Rübenblätter.

LN = Löslicher Stickstoff, ΣN = Gesamt-Stickstoff.

Dem Proteinabbau im vergilbungskranken Rübenblatt kommt auch ein unmittelbares wirtschaftliches Interesse zu, da dieser Vorgang einer der wichtigsten Gründe für die Wertverminderung der Rübenblatternte ist (Heiling, 1953). Die dort mitgeteilten Werte für Eiweißgehalt und Eiweißverlust wurden aus den Ergebnissen von Analysen an reinem Spreitenmaterial errechnet und sind daher mit agrikulturnchemischen Gehaltszahlen des Futtermittels »Rübenblatt« nicht vergleichbar, in dem die proteinärmeren übrigen Komponenten, wie Blattstiele und Rübenköpfe, gegenüber den Blattspreiten einen erheblichen Anteil ausmachen.

Tabelle 23

Stickstoffgehalt gesunder (n) und vergiftungsranker (y) Rüben

Material	LN						EN						ZN					
	mg/g F		mg/g T		% ZN		mg/g F		mg/g T		mg/g F		mg/g T					
	n	y	n	y	n	y	n	y	n	y	n	y	n	y				
ZR Feldinfektion 27. 10. 1952 a	0,877	1,485	3,473	6,360	47,6	57,5	0,964	1,099	3,818	4,701	1,841	2,584	7,291	11,051				
b	0,807	1,163	3,538	5,776	48,2	51,8	0,871	1,078	3,820	5,357	1,678	2,241	7,358	11,133				
ZR Pflanzen aus Feldbestand Hövel 23. 9. 1952	0,506	0,630	2,20	2,85	43,95	39,55	0,646	0,963	2,81	4,36	1,152	1,593	5,01	7,21				
ZR Pflanzen aus Feldbestand Hövel 15. 8. 1952	0,697	0,906	3,58	4,34	44,25	50,42	0,878	0,890	4,50	4,26	1,575	1,800	8,08	8,61				
ZR Pflanzen aus Feldbestand Kapellen 13. 8. 1952	0,982	1,290	4,83	6,08	46,4	52,90	1,131	1,150	5,57	5,42	2,133	2,440	10,40	11,50				
ZR Gewächshausinfektion 28. 9. 53	0,684	1,312	3,48	8,50			0,546	2,012	2,78	13,05	1,230	3,324	6,26	21,55				
ZR Gewächshausinfektion 28. 9. 53	1,220	1,616	6,86	10,66			1,401	2,031	7,90	13,40	2,621	3,647	14,76	24,07				
ZR Gewächshausinfektion 28. 9. 53	0,796	1,665	4,50	10,71			1,343	1,765	7,58	11,45	2,139	3,430	12,08	22,16				
FR Gewächshausinfektion 28. 9. 53	1,255	1,323	11,76	17,05			1,190	1,570	11,15	20,91	2,445	2,893	22,91	37,26				

ZR = Zuckerrübe
FR = FutterrübeLN = Löslicher Stickstoff
EN = Eiweiß-Stickstoff
ZN = Gesamt-StickstoffF = Frischgewicht
T = Trockengewicht

Auf dieselbe Weise wurden wie beim Rübenblatt auch in den Rüben infizierter und nichtinfizierter Pflanzen Bestimmungen des löslichen und nichtlöslichen N vorgenommen. Der Anteil der löslichen Fraktion am Gesamt-N-Gehalt ist normalerweise beträchtlich hoch, etwa um 35 bis 40 %, häufig sogar noch höher, je nach Düngung, Bodenverhältnissen und Wachstumsbedingungen. Durch die Virusinfektion der Blätter wird der Gesamt-N-Gehalt der Rüben erhöht (Tab. 23). Diese Steigerung betrifft die nichtlösliche und die lösliche Komponente, letztere allerdings gewöhnlich in höherem Maße. Damit steht im Zusammenhang, daß in der Regel der Anteil des löslichen N am Gesamt-N in vergilbungsranken Pflanzen ansteigt. Aus den Feststellungen über die Senkung des Stickstoffgehalts der Blätter durch das Virus und die stärkere Ableitung ergibt sich der Schluß, daß die N-Zunahme in der kranken Rübe auf einer vorzeitigen, infektionsbedingten Proteolyse in den Blättern beruht, deren Produkte, vornehmlich Aminosäuren und Amide, in die Rübe wandern und hier gespeichert werden; dort können sie teilweise wieder zu fällbaren Polypeptiden resynthetisiert werden.

Der Anstieg des »schädlichen Stickstoffs« der Rübe als Folge des Befalls durch die Vergilbungskrankheit wurde bereits 1946 durch Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull, R., (1946) festgestellt und später vielfach bestätigt. Dieser Befund fand seiner zuckertechnischen und wirtschaftlichen Bedeutung wegen weitgehende Beachtung. Der durch die Zuckertechnologie entwickelte Begriff »schädlicher Stickstoff«, der nach Vorschlag von Staněk und Pavlas (1934) »zwei Formen des Stickstoffes ... die der Aminosäuren und ... den halben Amidstickstoff« (S. 130 a. a. O.) umfaßt, deckt sich nicht voll mit dem Begriff »löslicher Stickstoff«, da diese Fraktion außer dem Aminosäure-N auch die Gesamtmenge des Amid-N und die übrigen, durch den Schwefelsäureaufschluß in NH_3 überführbaren N-Verbindungen enthält. Daher sind die hier wiedergegebenen Werte mit den nach der »Blauzahl«-Methode von Staněk und Pavlas gewonnenen Zahlen nicht unmittelbar vergleichbar. Da jedoch der »schädliche Stickstoff« ganz in die Fraktion »löslicher N« fällt, bietet sie einen gewissen Anhalt für diese praktisch wichtige Stickstoffform.

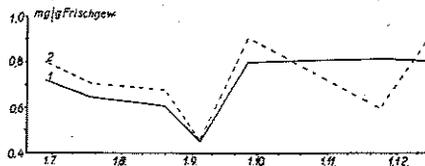


Abb. 17. Jahreszeitlicher Gang des Gehaltes normaler (n) und viruskranker (y) Rüben an löslichem Stickstoff, 1951.

Sorte: Kleinwanzleben E. 1 = gesund,
2 = krank.

Der Anstieg des Stickstoff-Gehaltes der Rübe durch den Vergilbungsbefall tritt nicht so regelmäßig in Erscheinung wie die Senkung des Blatt-Stickstoff-Gehaltes. Der Gehalt der Rübe an N, insbesondere an der löslichen bzw. »schädlichen« Form, ist ein Faktor von großer Variabilität, der seine Hauptquelle in einer überschüssigen N-Aufnahme durch die Wurzeln aus dem Boden hat. Darauf weist seine enge Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Bodens hin. Insbesondere

wird er durch eine einseitige und überschüssige N-Düngung in einem noch weit-
 aus größeren Umfange gesteigert, als es durch die Blattvergilbung geschieht.
 Eine Anhäufung von löslichem N in der Rübe tritt besonders dann ein, wenn
 einerseits das Wachstum von Rübe und Blatt eingestellt wird, die N-Aufnahme
 aus dem Boden jedoch weiter vonstatten geht. Als weitere Entstehungsmög-
 lichkeiten könnten proteolytische Vorgänge in der Rübe selbst und im Blatt-
 system in Betracht kommen. Über diesen letztgenannten Weg dürfte, soweit
 aus unseren Feststellungen geschlossen werden kann, sich wenigstens teilweise
 die Vergilbung auf den Rübengehalt an löslichem Stickstoff auswirken, da in
 den meisten Fällen, in denen die notwendigen Unterlagen durch analytische
 Untersuchungen gegeben waren, die virusinduzierte Abnahme des Blattstick-
 stoffs und die Zunahme des Rübenstickstoffs in größenordnungsmäßiger Über-
 einstimmung standen. Die Vergilbung könnte aber auch in anderer Weise den
 Gehalt an löslichem Stickstoff der Rübe erhöhen, nämlich über eine zu geringe
 Versorgung des ganzen Wurzelsystems mit Kohlehydraten. Der lösliche bzw.
 schädliche Stickstoff scheint außerdem einen jahreszeitlichen Gang zu haben,
 mit einem Minimum im Herbst, das nach Schulze (1953) für die kranken
 Rüben mit dem Neuaustrieb von Blättern zusammenfällt (Abb. 17).

4. Wasserhaushalt

Die ersten Untersuchungen über den Wasserhaushalt vergilbungsranker
 Rüben wurden von van Riemsdijk (1935) durchgeführt. Dieser Autor bestimmte
 an abgeschnittenen und in Wasser stehenden gesunden und kranken Rüben-
 blättern für einen Zeitraum von 60 Stunden Wasseraufnahme und Wasserabgabe.
 Die kranken und gesunden Blätter nahmen während der Versuchsdauer genau
 soviel Wasser auf, wie sie abgaben. Der auf das Frischgewicht umgerechnete
 Wasserumsatz war bei den viruskranken Blättern um etwa 30 % geringer als
 bei den gesunden; die Differenz verringerte sich jedoch erheblich bei Bezug auf
 die Blattfläche. Als Ursache der verzögerten Wasserabgabe kranker Rüben
 wird die mittels der Infiltrationsmethode festgestellte geringere Öffnungsweite
 ihrer Spaltöffnungen angesehen. Aus dem nur sehr geringen Umfang der Diffe-
 renzen zwischen den Vergleichsgruppen folgert van Riemsdijk zusammen-
 fassend, daß der Wasserhaushalt der infizierten Pflanzen im ganzen normal zu
 sein scheine.

Bei den eigenen Untersuchungen hielten wir es für erforderlich, die verschiede-
 nen Komponenten des Wasserhaushalts zu trennen.

Die aktuelle Transpiration wurde durch kurzfristige, sich über die ganze Tages-
 gänge erstreckende Wägungen ausgestanzter Blattstückchen gemessen (Tab. 24).
 An den Versuchstagen zeigten alle untersuchten Pflanzen eine ausgeglichene
 Wasserbilanz und ließen keinerlei Welke-Erscheinungen erkennen. Bei lebhafter
 Evaporation transpirierten vergilbungsranke Pflanzen in allen Fällen weniger
 als gesunde Rüben. Die Unterschiede waren im allgemeinen um so größer, je
 intensiver bei den normalen Pflanzen die Transpiration war. Eine Annäherung
 der Transpirationswerte von viruskranken und gesunden Pflanzen trat lediglich
 in den späten Nachmittags- oder Abendstunden oder an Tagen mit trüber Witte-
 rung ein, wenn die Wasserabgabe der nichtinfizierten Blätter zurückging. Der
 Vergleich der Werte beider Pflanzengruppen zeigt weiterhin deutlich die größere
 Konstanz in der Wasserabgabe der vergilbungsrankeren Rüben.

Tabelle 24

**Aktuelle Transpiration normaler (n) und vergilbungsranker (y) Rübenblätter
in mg/g in 2 Minuten**

Mittel aus allen Einzelwerten der Bestimmungsperioden

Witterung an den Versuchstagen:

sonnig und schwach windig, ausgenommen der 29. 7. mit trübem Wetter

Bestimmungsperiode	Zuckerrübe Kleinwanzleben E		Futterrübe Eckendorfer Gelbe		Gehaltsrübe Ovana	
	n	y	n	y	n	y
26. 7. 49 10.00 ^h —13.30 ^h	25,05	9,88	30,08	8,88	—	—
27. 7. 49 10.57 ^h —15.36 ^h	14,88	8,88	23,52	9,88	—	—
27. 7. 49 16.13 ^h —20.18 ^h	9,26	8,40	8,88	7,22	—	—
28. 7. 49 11.41 ^h —15.19 ^h	25,85	10,52	27,82	7,45	18,30	9,82
28. 7. 49 16.27 ^h —18.15 ^h	15,90	7,60	20,60	14,10	18,17	10,30
29. 7. 49 10.03 ^h —17.47 ^h	11,19	10,29	13,42	11,19	19,38	10,29
28. 9. 49 10.30 ^h —12.06 ^h	29,65	16,10	25,50	4,50	21,65	12,05
7. 10. 49 10.16 ^h —10.54 ^h	19,80	7,80	26,30	9,10	27,50	17,60

Dies kommt besonders dadurch zustande, daß nach unseren Beobachtungen die Spaltöffnungen auf den viruskranken Blättern durchweg weniger weit geöffnet sind als bei den normalen. Auf den vergilbten Blatteilen bleiben die Spaltöffnungen meistens überhaupt geschlossen. Weitere Ursachen dieser schwächeren

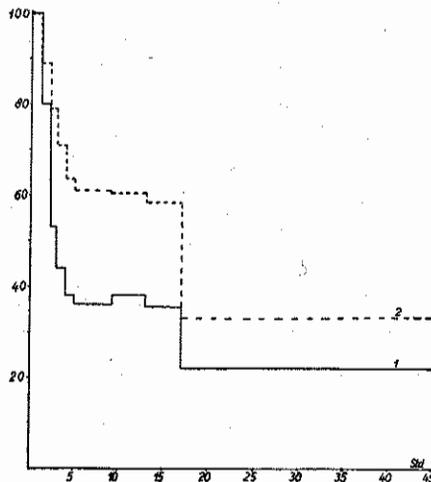


Abb. 18. Welkeverlauf von gesunden und vergilbungsranken Blättern.

Wasserverlust in mg/g Trockensubstanz
(vgl. Text), 1949. 1 = gesund, 2 = krank.

stomatären Transpiration sind die durch die Assimilatstauung bedingten höheren osmotischen Werte und die Oberflächenreduktion infolge der Dickenzunahme der kranken Blätter. Die zweite Komponente der pflanzlichen Wasserverdunstung, die kutikuläre Transpiration, geht auch bei geschlossenen Spalten weiter und ist, wie Laboratoriumsversuche ergaben, bei kranken Blättern besonders stark (Abb. 18).

So war in einem dieser Versuche die Menge des Restwassers, d. h. die Wassermenge, die nach mehrtägigem Welken in den Blättern noch enthalten war, bei gesunden Blättern um 57 % höher als bei kranken. Das letale Wasserdefizit, d. i. der Wassergehalt, bei dem ein weiterer Wasserverlust zum Vertrocknen führt, tritt bei den kranken welkenden Blättern demnach wesentlich rascher als bei den normalen ein. Dieser Umstand ist für das Verhalten der Pflanzen im Felde von großer Bedeutung. Die geringere stomatare Transpiration bewirkt, daß die kranken Blätter bei starker Wasserverdunstung an heißen Tagen weniger leicht welken als die gesunden; wenn diese bereits schlaffen, stehen die vergilbten Blätter noch frisch und aufrecht. Die gesunden Blätter erholen sich jedoch sehr schnell, wenn die Verdunstungskraft der Atmosphäre nachläßt. Am Abend des gleichen Tages, spätestens am folgenden Morgen, haben sie ihre volle Turgeszenz wieder erreicht. Wenn in längeren Dürreperioden dagegen auch die kranken Blätter zu welken beginnen, so erschöpft sich ihr Wasservorrat wesentlich schneller, so daß bei noch anhaltendem Wassermangel die Blätter vollends vertrocknen.

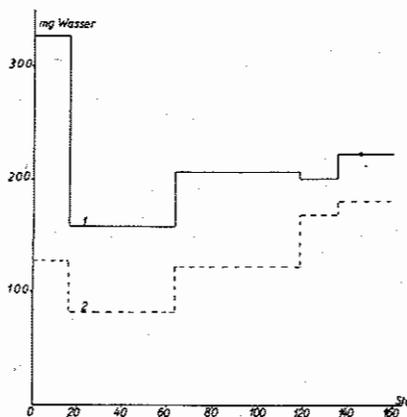


Abb. 19. Wasseraufnahme normaler und vergilbungs kranker Zuckerrübenblätter am 9. 8. 1950. 1 = gesund, 2 = krank.

Diese Erscheinung ist besonders bei Futterrüben häufig zu beobachten. Stark vergilbte Felder ergrünen wieder, aber der Boden ist in solchen Beständen übersät mit den braunen Blattresten. Die intensivere kutikuläre Transpiration der vergilbten Rübenblätter wird auch bei der Rübenernte auffällig, wenn nach dem Köpfen der Rüben die Blätter noch ein paar Tage liegen bleiben. Während die gesunden Blätter infolge der um diese Zeit meist schon schwächeren Verdunstungskraft der Atmosphäre über lange Zeit hin in ihrer Turgeszenz kaum nachlassen, welken und verfaulen die kranken Blätter sehr rasch. Im münsterländischen Futterrübengebiet, das in den letzten Jahren von der Vergilbungs Krankheit äußerst schwer verseucht war, verzichteten viele Betriebe bereits auf das Abfahren der Blätter ganz. Als Ursache der stärkeren kutikulären Transpiration der virusbefallenen Blätter dürfte eine erhöhte Wasserdurchlässigkeit der Grenzflächen anzunehmen sein. Eine gesteigerte Wasser- und auch Salzpermeabilität der Blattepidermiszellen wurde mittels der Höfler'schen plasmometrischen Methode in ersten Versuchen, die noch wiederholt und erweitert werden müssen, gefunden.

Zur Feststellung, ob außer der Wasserabgabe der Blätter auch, wie anzunehmen nahe liegt, die Wasseraufnahme gestört ist, wurden einige Versuche mit abgeschnittenen Blättern mit dem Ergebnis durchgeführt, daß die kranken Blätter in der Tat weniger Wasser aufnehmen als normale (Abb. 19). Diese im Laboratorium an einzelnen Blättern gewonnenen Ergebnisse können naturgemäß auf die Verhältnisse des freien Feldes nicht übertragen werden, so daß auch diese Arbeit angesichts der weitreichenden Konsequenzen dieses Problems für die Stoffaufnahme der Pflanzen einer Fortsetzung und Ergänzung mittels einer geänderten Methodik bedarf. Kryoskopische Bestimmungen der osmotischen Werte von Blättern ergaben, daß diese Werte im allgemeinen bei den kranken Pflanzen teilweise sogar beträchtlich höher liegen als bei gesunden, offensichtlich eine Folge der durch den Befall verursachten Assimilatstauung. Selbst bei leicht welkenden, gesunden Blättern ist die Zellsaftkonzentration oft niedriger als bei den turgeszenten Yellow-Blättern. Die Rüben normaler und kranker Pflanzen verhalten sich jedoch in dieser Hinsicht genau gegensätzlich; entsprechend ihren Zuckergehalten sind die osmotischen Werte niedriger.

Das Wasserhaushaltsverhalten der virös vergilbten Blätter hat nach den dargelegten bisherigen Resultaten weitreichende Folgen für Wachstum, Entwicklung und Ertrag der Yellows-Rüben. Es zeigt die pathologisch erhöhte Dürreanfälligkeit und macht somit die Abhängigkeit des Schädigungsgrades von der Witterung, den gelinden Verlauf der Krankheit in niederschlagsreichen Jahren und die schweren Schäden in Dürre Jahren verständlich.

V. Der Einfluß des Virusbefalls auf den Ertrag der Rübe

Die Wirkung des Virusbefalls auf die landwirtschaftlich wichtigen Ertragsleistungen der Rübe vollzieht sich in einer Verminderung der Erntemenge bei allen drei Nutzungsrichtungen der Pflanze: Wurzelmasse, Blatternte, Samenertrag und in einer qualitativen Veränderung des Erntegutes.

Die drei Nutzleistungen der Rübe werden durch die Virose quantitativ nicht gleich betroffen.

1. Samenertrag

Der Samenertrag dürfte mengenmäßig die schwerste Einbuße erleiden, bedingt durch die zweijährige Wachstumsdauer, die außer der damit gegebenen besonders ausgedehnten Befallsgefährdung auch noch dem Krankheitserreger eine sehr lange Einwirkungsdauer bietet. Die Abhängigkeit des Samenertrages vom Grade des Vergilbungsbefalls gibt Abb. 20 wieder.

Die den Ertragsausfall besonders beeinflussenden Faktoren sind von Schlösser (1951) eingehend untersucht worden (vgl. auch Hansen, 1950, Hull, 1951). Danach ist in erster Linie für den Ertragsausfall entscheidend, ob und in welchem Entwicklungsstadium das Virus den Steckling oder erst den Samenträger befallt. Bei der Stecklingsinfektion ist der jahreszeitliche Befallseintritt noch von erheblicher Bedeutung; wesentlich ist dabei vor allem, ob die Ansteckung noch im Anzuchtjahr zu sichtbaren Symptomen und zu der damit verbundenen Wachstumshemmung führt. Dieser Fall ist für die Ertragsleistung nach Schlösser besonders ungünstig, da der Wiederaustrieb des Stecklings im zweiten Jahr von vornherein gehemmt ist, und das Virus vom frühesten Beginn des neuen Vegetationsjahres

an seine nachteilige Wirkung entfalten kann. Eine Spätinfektion im Sämlingsjahr, die in derselben Vegetationsperiode weder zu Symptomen noch zu Wachstumshemmungen führt, wirkt sich auf Samenräuberentwicklung und Samenenertrag schon wesentlich weniger schädlich aus. Eine erst den Samenräuber erreichende sekundäre Infektion, die normalerweise vor Ende Mai nicht eintreten kann, wird in der Regel die Ertragsleistung gar nicht oder kaum berühren. Aus diesen Beziehungen ergeben sich die Fragen, wieweit Verschiebung der Sämlingsaussaat, Anbau unter befallsverhindernden Deckkulturen und Infektionsverhütung durch

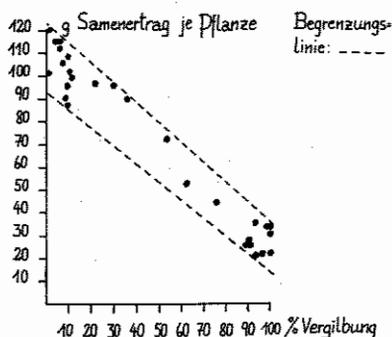


Abb. 20. Einfluß des prozentualen Vergilbungsbefalls der Samenrüben auf den Samenenertrag (Parzellenversuch Wahn 1950).

chemische Überträgerbekämpfung dem Samenenertragsausfall durch die Virose begegnen können. Wenn diese Methoden jedoch erfolgreich sein sollen, sind sie an folgende unerläßliche Voraussetzungen gebunden:

- a) Die Verschiebung des Aussaattermins in der Sämlingsperiode muß wenigstens soweit gehen, daß Auflaufen und Frühentwicklung außerhalb der Sommergradation der Vektoren liegen (Auflauf nicht vor Ende Juli); dann liegt aber die Entscheidung über die wirtschaftliche Anwendbarkeit dieser Verfahren an der wohl gar nicht allgemein gültig beantwortbaren Frage, ob die dann noch zur Verfügung stehende Vegetationsdauer zur Bildung eines zum Weiterwachstum im zweiten Jahr genügend entwickelten Stecklings führt.
- b) Eine geeignete Deckfrucht muß so beschaffen sein, daß sie dem Rübensämling genügend Schutz vor dem Virusüberträger gewährt, ihm aber dabei noch hinreichend Entfaltungsmöglichkeit läßt und nicht vor Zusammenbruch der ersten Blattlausverbreitung das Feld räumt. Daneben soll sie nach Möglichkeit auch noch selbst im Anbau rentabel sein.
- c) Ob eine Herbstsaat mit anschließender Feldüberwinterung den Samenenertrag zu sichern vermag, ist schließlich nur für jedes Anbaugesbiet nach den klimatischen und landwirtschaftlichen Gegebenheiten zu klären.

Einige der vorgenannten Verfahren wurden in eigenen Versuchen untersucht: im Jahre 1949 wurden auf dem unter schwersten Befallsbedingungen stehenden Versuchsfeld in Münster Stecklingsaussaaten von Mitte April bis Mitte Juli angelegt. Der letzte dieser Termine verblieb zur Überwinterung im Freiland, ebenso eine weitere Gruppe Stecklinge, die in eine Anfang Mai gesäte Parzelle

der weißen Süßblupine eingesät wurde. Diese Pflanze wurde als Deckfrucht gewählt, weil sie wegen ihrer Platzfestigkeit beliebig lange im Feld gelassen werden konnte; sie wurde dann auch erst gegen Ende September abgeräumt. Stecklinge aller Gruppen kamen im Jahre 1950 zum Anbau. Die Samenerträge dieses Versuches gibt Tab. 25 wieder. Sämtliche Stecklinge zeigten bereits im Herbst 1949 Anzeichen der Infektion. An den Samenträgern waren Befallsunterschiede nicht festzustellen. Trotzdem kamen die Aussaatzeit sowie der Schutz durch die Deckfrucht im Samenertrag zur Auswirkung.

Tabelle 25

**Einfluß verschiedener Stecklingsanzuchtformen auf den Samenertrag von Zuckerrüben
Versuchsfeld Münster 1950**

Art der Stecklingsanzucht			Überwinterung	Samenertrag
Nr.	Aussaat	Standort		g je Einzelsproß
1	20. 5. 49	unter Deckfrucht	Miete	18,9
2	15. 4. 49	Freiland	»	3,81
3	2. 5. 49	»	»	4,34
4	17. 5. 49	»	»	7,25
5	3. 6. 49	»	»	6,67
6	15. 6. 49	»	»	7,88
7	2. 7. 49	»	»	7,51
8	15. 7. 49	»	Freiland	7,95

Im Jahre 1951 wurde dieser Versuch in ähnlicher Form wiederholt. Als Deckfrucht diente wieder die alkaloidfreie Form von *Lupinus albus*. Nach ihrer Aberntung um Mitte September wurde ein Teil der Unterkulturstecklinge bis in den Herbst im Freien belassen, ein anderer gleichzeitig mit der Deckfrucht geerntet und in einem mehrfach mit E 605 ausgespritzten Frühbeetkasten überwintert. Stecklinge der beiden extremen Aussaattermine und der beiden Deckfruchtgruppen wurden 1952 neben Stecklingen weiterer Herkünfte aus Gebieten sehr unterschiedlicher Virusbefallslagen bis zur Samenreife kultiviert. Die vor Spätinfektion geschützt überwinterten Stecklinge aus der Lupinenparzelle und die Stecklingsherkunft Eifel waren praktisch frei von Primärinfektion. Die Ertragszahlen dieses Versuches belegen die prinzipielle Eignung der untersuchten Verfahren zur Heranzucht ertragsfähiger Samenrübenstecklinge (Tab. 26).

Will man in Stecklingsfeldern Erfolge durch Überträgerbekämpfung erzielen, so müssen die im Vergleich zu den Konsumrüben anders gearteten Verhältnisse berücksichtigt werden. Während in einem Rübenfeld zur Zeit der sommerlichen Blattlausgradation die Vereinzelung überwiegend vollzogen ist und demnach höchstens 8 Pflanzen je qm zu finden sind, bleiben die Stecklinge bis zur Ernte unver einzelt. Da außerdem die Reihentfernung geringer gewählt wird, ist die Zahl der Stecklingsrüben je qm ungleich höher als die der Ertragsrüben. Dadurch werden die Infektionsverhältnisse im Bestand grundsätzlich geändert. Die wesentlich höhere Pflanzenzahl bedingt eine prozentual viel geringere Erstinfektion durch infektiöse geflügelte Zuwanderer auf gleicher Fläche. Die geringere Pflanzengröße und der dichte Stand erleichtern die Wanderungen von Pflanze zu Pflanze. An den Stecklingen sind daher eher Erfolge durch Vernichtung der Blattlauspopulation zu erwarten, weil die Verhältnisse auch in Flugjahren in mancher

Tabelle 26
Einfluß der Stecklingsanzucht auf den Samenertrag von Zuckerrüben
Versuchsfeld Münster 1952

Nr.	Stecklinge		Überwinterung	Samenrüben Stärke des Primärbefalls	Sa- men- ertrag dz/ha	Samenbe- schaffenheit	
	Herkunft	Art der Anzucht				¹⁾	²⁾
1	Münster	Aussaat 15. 4. 51	überwintert in Miete	etwa 100 %	6,30	13,25	77,0
2	Münster	Aussaat 1. 7. 51	überwintert in Miete	etwa 100 %	6,46	—	—
3	Münster	unterDeckfrucht gedrillt 10. 5.	mit Deckfrucht geerntet und blattlausfrei gelagert	etwa 1 %	18,06	—	—
4	Münster	unterDeckfrucht gedrillt 10. 5.	bis zum Herbst im Felde, über- wintert in Miete	etwa 90 %	8,67	18,13	84,5
5	Eifel	normale Freilandanzucht	Mieten- überwinterung	befallsfrei	16,52	17,25	83,5
6	Hövel	normale Freilandanzucht	Mieten- überwinterung	etwa 95 %	8,39	18,97	76,0

¹⁾ = Knäuelgewicht g/1000 Knäuel

²⁾ = Keimfähigkeit in %

Beziehung mit den Bedingungen bei Feldrüben in schwachen Befallsjahren verglichen werden können. Erschwerend kommt allerdings hinzu, daß Stecklinge auch während der herbstlichen Blattlauswelle durch Behandlung mit Insektiziden vor einem Befall geschützt werden müssen. Wenn auch der Herbstflug nicht die Höhe des Sommerfluges erreicht, so ist er dennoch recht gefährlich, weil infolge der starken Ausbreitung der Virose in den vergangenen Sommermonaten die Wahrscheinlichkeit des Auftretens infektiöser Läuse erheblich zunimmt. Ein Vorteil ist dagegen die meist nur geringe Größe der zu schützenden Flächen. Die Arbeiten werden bei der erforderlichen hohen Bekämpfungsintensität also kaum an Material- und Arbeitskosten scheitern.

Vorversuche des Jahres 1948 hatten ergeben, daß in unmittelbarer Nachbarschaft von kranken Samenrüben ausgedrillte Stecklinge auch durch wöchentliche Spritzungen mit den damals vorhandenen Mitteln nicht zu schützen waren. Für die Arbeiten des Jahres 1949 wurden daher mehrere voneinander abweichende Befallslagen ausgewählt, um die Wirkung der Behandlung unter den verschiedensten Befallsbedingungen kennenzulernen. Im einzelnen waren dies:

- Versuchsgruppe 1, Euskirchen: schwerste Befallslage, Ortsrand, unmittelbar neben einem Bestand hochgradig verseuchter Samenrüben.
- Versuchsgruppe 2, Elsdorf: mittlere Befallslage, Ortsrand, in 5 m vom Südrand der Parzelle eine Reihe kranker Samenrüben.
- Versuchsgruppe 3, Buir: freie Feldlage ohne Nachbarschaft viruskranker Winterwirte; neben einem Rübenfeld, das erst im September vergilbte.

Die einzelnen Stecklingsflächen wurden in gleich große Parzellen eingeteilt und nach folgendem Schema mit E 605-Staub (Buir) und E 605 0,1% (Elsdorf, Euskirchen) behandelt:

Nr.	Behandlung während der Sommerbefallswelle	Behandlung während der Herbstbefallswelle	Symbol
1	unbehandelt	unbehandelt	—/—
2	alle 14 Tage	unbehandelt	14/—
3	unbehandelt	alle 14 Tage	—/14
4	alle 14 Tage	alle 14 Tage	14/14
5	alle 8 Tage	unbehandelt	8/—
6	alle 8 Tage	alle 8 Tage	8/8

Die Sommerbehandlung begann Mitte Juni und wurde an allen Versuchsorten mindestens bis zur ersten Augustwoche fortgesetzt. Im Herbst wurden die Arbeiten Mitte September begonnen und erst nach Mitte Oktober eingestellt, so daß bei Versuchsgruppe 6 mindestens 10 Behandlungen im Laufe der Vegetationsperiode erfolgten.

Erfolgskontrollen sind bei den Stecklingen im ersten Jahr wegen ihres dichten Standes nicht möglich. Deswegen wurden von allen Versuchen ausreichende Proben entnommen und 1950 in Parzellen zu 100 Pflanzen (je Versuch 2 Parzellen) mit Mais als Isolierstreifen zwischen den Einzelparzellen ausgepflanzt und laufend auf das Auftreten der Vergilbung bonitiert¹⁾.

Infolge des sehr schlechten Standes einzelner Herkünfte war eine sichere Unterscheidung, ob Vergilbung oder Mischinfektion mit Mosaik vorlag, nicht immer zu treffen. Im allgemeinen waren die Herkünfte Euskirchen und Elsdorf vorwiegend mischinfiziert, während Buir etwa zu gleichen Teilen Mischinfektionen und reine Vergilbungssymptome zeigte.

In der Zeit vom 8.—14. August 1950 wurde der Samen geerntet und im Laboratorium der Rabbethge- und Giesecke-Saatzucht nach den üblichen Methoden auf Ertrag und Qualität untersucht.

Tabelle 27
Einfluß der Überträgerbekämpfung bei Stecklingen im Jahre 1949 mit E 605
auf den Vergilbungsbefall der Samenträger am 23. 6. 1950
(200 Samenträger)

Herkunft	un- behandelt	14/—	—/14	14/14	8/—	8/8
Euskirchen	100	100	99,9	99,8	99,4	93,8
Elsdorf	90,7	90,2	93,6	76,8	62,3	71,2
Buir	22,6	4,5	8,4	6,4	3,6	3,4

Tabelle 27 zeigt das Ergebnis der Bonitur vom 23. Juni 1950. In der schwersten Befallslage Euskirchen ist demnach selbst die intensivste Bekämpfung

¹⁾ Für die Unterstützung dieser Arbeiten danken wir Herrn OLR. Huber von der Landwirtschaftskammer Bonn.

erfolglos geblieben. In Elsdorf konnte der Befall von 100% bei unbehandelt auf 76–78% bei 8tägiger Behandlung gesenkt werden, ein Ergebnis, das für die Erfordernisse der Praxis bei weitem nicht ausreicht. In Buir, wo auch auf unbehandelter Fläche nur 33,6% kranke Pflanzen zu verzeichnen waren, betrug der Befall 8tägig behandelter Parzellen 6–8%. Diese Ergebnisse wurden durch Beobachtungen an den Feldbeständen ergänzt und gesichert, welche von den Vermehrungsbetrieben gleichfalls nach Versuchsgruppen getrennt ausgepflanzt worden waren. Die Infektion der Stecklinge läßt sich demnach auch durch intensivste Behandlung mit E 605 nicht völlig verhindern. In der Praxis ist das Verfahren nur da von Wert, wo es auch ohne Behandlung nicht zu einer völligen Verseuchung der Kulturen mit dem Virus der Vergilbung kommt, d. h. vorwiegend in den Randbezirken des Verbreitungsareals. Auch in dem Seuchenzentrum sind offenbar derartige weniger gefährdete Gebiete vorhanden. Es wird jedoch mehrjähriger Studien bedürfen, ehe wir mit Sicherheit den Nachweis ihrer örtlichen Konstanz erbringen können, weil hierbei eine Reihe von im einzelnen nur schwer erfäßbaren Faktoren berücksichtigt werden muß.

Die qualitative Veränderung des Rübensamens durch den Virusbefall besteht in einer schlechten Knäuel- und Samenausbildung, die sich bei der Aussaat in schlechterem Keimvermögen auswirkt. Durch die an der Ernte des Samenrübenversuches 1952 vorgenommenen Bestimmungen des Knäuelgewichtes und durch Keimprüfungen wurden die Ergebnisse von Schlösser (1951) im wesentlichen bestätigt (Tab. 26).

2. Rübenertrag

Der Rübenertrag wird durch die Auswirkungen der Virose auf die einjährige Pflanze am stärksten gehemmt. Mag unter gleichen Infektionsbedingungen der Ertragsausfall nicht so bedeutend wie bei der Samenproduktion der Pflanze sein, so ist die wirtschaftliche Auswirkung bei dem Umfang des Konsumrübenbaues um so größer. Zudem kann die Samenerzeugung sich den schweren Ertragsausfällen durch eine Abwanderung in weniger bedrohte Gebiete entziehen, während ein bedeutender Teil wichtiger Zucker- und Futterrüben-Anbaugebiete gleichzeitig schwerste Virusbefallslagen sind. Die pathologische Änderung der Rübenbeschaffenheit betrifft die wichtigsten Nutzigenschaften: der Zuckergehalt wird durch das Virus vermindert, die Menge der unerwünschten und störenden Begleitstoffe erhöht, bei der Futterrübe der Futterwert gesenkt.

Über die Größe des Ertragsausfalles, der durch die Vergilbungskrankheit hervorgerufen wird, liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Ertragsbestimmungen an gesunden und infizierten Pflanzen (van Riemsdijk (1935), Roland (1936), van Schreven (1936), Gram (1942), Heiling und Steudel (1952), Heiling (1953), Schulze (1953) u. a.)¹⁾ ergaben in weiten Grenzen schwankende Werte. In allen Fällen war jedoch die Einbuße an Rübenmasse größer als die an Blattertrag. Da der Zuckergehalt der kranken Rüben meist niedriger als derjenige der gesunden war, überstieg die Minderung des Zuckerertrages noch den Ausfall der Rübenernte.

Nach umfangreichen Versuchen mit künstlichen Feldinfektionen in England (Watson, 1942, Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull, 1946, Hull und

¹⁾ Vergl. auch die während der Drucklegung erschienene Arbeit von H. Wenzl und H. Fuchs, Untersuchungen über die Schadensbedeutung der Vergilbungskrankheit der Zuckerrübe in Österreich. Pflanzenschutzberichte 10. 1953, 88–92.

Watson, 1947) ist der Ertragsverlust durch die Virose proportional dem Befallsgrad und der Zeitspanne zwischen Infektion und Wachstumsabschluß und beträgt bei frühem Befall etwa 70% an Zucker. Danach errechnet sich je Woche der Befallsdauer eine Zuckerertragsminderung von 4–5%. Wesentlich geringere Schädigungen wurden mit der gleichen Methodik in Holland (Hartsuijker, 1951) und in Schweden (Björling, 1949) mit einem Ausfall an Zuckerertrag von 30% gefunden. Als Ursache der Unterschiede dieser jeweils auf breitem Material beruhenden Ergebnisse nimmt Hartsuijker an, daß die in England vorkommende Virusform virulenter sei. Nach Schlösser (1951) bewirkte eine mittelfrühe natürliche Infektion bei Zuckerrüben eine Depression des Rübenertages um 18–23% und eine solche der Zuckerernte von 21–26%. Eine künstliche Infektion, die 3 Wochen vor dem natürlichen Befall vorgenommen wurde, verminderte die Erträge gegenüber den spontan befallenen Rüben noch um 22% gegenüber den gesunden Rüben um 40%. Nach eigenen mehrjährigen Infektionsversuchen kann in Übereinstimmung mit den genannten Ergebnissen bei totalem und frühzeitigem Befall die Ertragsminderung an Rübenmasse mit etwa 40–50%, in ganz schweren Fällen mit 60% angesetzt werden. Der Zuckerergehalt der frühzeitig künstlich infizierten Rüben ist fast immer um 1–2%, in sehr schweren Fällen um 3% niedriger als der gesunder Rüben, so daß der Verlust an Zuckerertrag noch den an Rübenmasse übersteigt (Heiling, 1953). Ertragsverluste dieses Ausmaßes treten jedoch nicht nur bei künstlicher Infektion auf; sie konnten in verschiedenen Gegenden und in verschiedenen Jahren auch bei natürlichem schweren Befall und im normalen Feldanbau nachgewiesen werden (Steudel und Heiling, 1952, Heiling, 1953). Daß auch derartige Verluste allein durch die Virose verursacht sein können, zeigen die Ertragsfeststellungen in schwer und ungleich verseuchten Rübenschlägen neben schweren Virusquellen, wie Samenrüben und Samenspinat. Die in diesen Fällen nachgewiesenen normalen Ernten auf den der Virusquelle abgekehrten Schlagteilen beweisen, daß irgendwelche Kulturfehler ausgeschlossen waren.

3. Blattertrag

Die Blatternte wird quantitativ durch die Krankheit nicht so stark verringert wie die der übrigen Pflanzenteile, obgleich das Blatt der eigentliche Angriffspunkt für den Erreger ist, weil hier die natürliche Regeneration sich am stärksten auswirkt. Dafür mindert der Befall die Werteigenschaften der Blätter um so tiefgreifender, im Extremfall bis zur gänzlichen Zerstörung ihrer Nutzbarkeit. Die Wertminderung besteht vor allem in der durch die Krankheit hervorgerufenen erhöhten Zersetzbarkeit (Heiling, 1953) und seiner Verarmung an seiner wertvollsten Substanz, dem verdaulichen Eiweiß. Über den Futterwert vergilbter Rübenblätter liegen Untersuchungen von Naumann (1952) vor, der den Gehalt an verdaulichem Eiweiß und an Gesamtnährwert mit nur 70–80% des normalen Blattes angibt. In scheinbarem Widerspruch zu den Ergebnissen über den erhöhten Assimilatgehalt kranker Rübenblätter (Watson, M. A. und Watson, D. J., 1951, u. a.) scheinen die niedrigen Werte Naumanns für N-freie Extraktstoffe zu stehen. Die Erklärung ist wohl darin zu suchen, daß sich die physiologischen Untersuchungen einmal auf reines Blattspreitenmaterial beziehen, zum anderen, daß bei der Kohlehydratanreicherung im vergilbten Blatt die reduzierenden Zucker den Hauptanteil stellen und gerade diese Substanz außerordentlich instabil ist. Die so erhebliche Qualitätsverminderung wird allerdings, vor allem nach

schwerem Befall, unter günstigen Herbstwitterungsbedingungen durch die Neubildung von Blättern wenigstens teilweise wieder ausgeglichen, andererseits kann relativ leichter Vergilbungsbefall durch Spätinfektion, die den Rübenenertrag kaum mindert, über die Veränderung der Blattbeschaffenheit doch noch fühlbare Ertragsverluste verursachen.

VI. Die Abhängigkeit des Ertragsausfalls von verschiedenen Faktoren

Die Größe des Ertragsausfalls durch eine Virusinfektion von bestimmter Stärke ist, wie die erwähnten sehr unterschiedlichen Angaben über die Vergilbungsschäden zeigen und auch der Augenschein in jedem Befallsgebiet lehrt, von zahlreichen Außenbedingungen abhängig.

1. Entwicklungszustand

Als ein Faktor von größter Wirksamkeit auf den Schadensumfang hat sich der Infektionstermin erwiesen. Seine Bedeutung ist besonders eingehend von Watson (1942) und Watson, M.A., Watson, D.J., und Hull (1946) untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Autoren wurden durch andere Arbeiten vielfach bestätigt (Hartsuijker, 1951, Schlösser, 1951). Je früher die Infektion erfolgt, um so größer ist die hierdurch verursachte Schädigung. Später Befall beeinflusst den Rübenenertrag nur noch ganz unerheblich. Die eigenen Ergebnisse, die in einer großen Reihe von Versuchen gewonnen wurden, stimmen mit diesen Befunden voll überein. Als Beispiel ist das Ergebnis eines Infektionsfeldversuches mit *Myzodes persicae* in Tab. 28 wiedergegeben.

Tabelle 28
Ergebnisse des Feld-Infektionsversuches
Elsdorf 1949

Aus- saat	Sorte	Infektions- termin	Ertrag in dz/ha		Blatt in % des Gesamt- ertrages
			Rüben	Blatt	
6. 4.	Zuckerrübe Kleinwanz- leben E	11. 6.	207	365	63,8
	Zuckerrübe Kleinwanz- leben E	5. 7.	302	386	56,1
	Zuckerrübe Kleinwanz- leben E	10. 8.	369	415	52,9
	Lischower Futterrübe ...	11. 6.	219	172	44,0
	Lischower Futterrübe ...	5. 7.	343	194	36,1
	Lischower Futterrübe ...	10. 8.	502	242	32,6

Alle Parzellen wöchentlich mit E 605 gespritzt.

Pflanzenzahl je ha: bei Zuckerrüben 85 000,

bei Futterrüben 74 500.

Düngung: je ha 4 dz Kali, 4 dz Superphosphat, 2 dz Kalkammonsalpeter.
Stallmistdüngung nur bei Zuckerrüben.

Als Grund dieser strengen Abhängigkeit des Virusschadens vom Befallszeitpunkt ist nicht nur die dadurch bedingte Dauer der Viruseinwirkung auf die Pflanze anzusehen, sondern in noch weitaus größerem Maße die Bedeutung des

Entwicklungsstadiums im Zeitpunkt des Befalls, wobei es vermutlich der Umfang des Blattsystems ist, der den Grad der Wachstumsstörung bestimmt. Die Bedeutung dieser Beziehung zeigte ein Gewächshaus-Infektionsversuch. Einer Gruppe älterer Pflanzen wurden vor der Infektion alle Blätter bis auf das jüngste ausgebildete Blatt genommen. Diese Pflanzen wurden in der gleichen Weise wie Pflanzen mit unveränderter Blattmasse durch eine gleiche Zahl virulenter *Myzodes persicae* vom gleichen Viruswirt besetzt. Wie üblich wurden alle Pflanzen nach 24 Stunden mit E 605 abgespritzt. Am 10. Tage nach der Infektion erschienen die ersten Frühsymptome. Bei den weitgehend entblätterten und infizierten Pflanzen waren Symptome nur auf den noch unentwickelten Blättchen festzustellen, deren Wachstum offensichtlich stockte, während bei den nichtinfizierten entblätterten Kontrollpflanzen die Neubildung der Blätter sofort lebhaft einsetzte. In der Folge entstanden an den infizierten und entblätterten Pflanzen einzelne neue Blätter, die von Anfang an stärkste Virussymptome zeigten und gegenüber der Blattneubildung der Vergleichspflanzen auffällig klein blieben.

Tabelle 29

Einfluß der Blattentwicklung beim Infektionstermin auf Wachstumsleistung nicht-infizierter (K) und infizierter (I) Gewächshauspflanzen
Versuch Münster 1953

Nr. →	1		2		3		4	
	Blattmenge nicht verändert				Blattmenge bis auf jüngstes Blatt reduziert			
	K	I	K	I	K	I	K	I
Wurzelgewicht in g/Pflanze	29,8	16,2	23,5	6,4				
Blattgewicht in g/Pflanze	33,4	18,8	33,5	7,6				
Blatt in % des Gesamtertrages . .	56,3	53,7	58,8	53,3				
Gesamtertrag g/Pflanze	68,2	35,0	57,0	14,0				
Wurzel-Trockensubstanz % des Frischgewichtes	24,35	20,80	23,78	18,42				
Wurzel-Trockensubstanz g/Pflanze	7,256	3,370	5,580	1,179				
Wurzel-Saccharose % des Frischgewichtes	13,27	10,75	12,01	8,44				
Wurzel-Saccharose g/Pflanze	3,957	1,741	2,820	0,540				

Aussaat 19. 3. 53; eingetopft 5. 5. 53; infiziert 8. 7. 53.

Alle Reihen erhielten am 16. 5. und 15. 7. je Topf eine Nährlösungsgabe von 100 mg ($K_2O + P_2O_5 + N$).

Sorte: Dippes Z.

Das Ernteergebnis dieses Versuches ist in Tab. 29 wiedergegeben. Es zeigt, daß die nichtinfizierten, entblätterten Pflanzen ihr Blattsystem vollständig regeneriert hatten, im Rüben-gewicht zwar die unentblätterten Kontrollen nicht ganz, aber doch annähernd erreichten. Bei den entblätterten und infizierten Pflanzen war augenscheinlich, wie aus dem Rüben-gewicht und den Zuckergehalt-zahlen hervorgeht, die Gesamtmenge an Assimilaten für die Blattbildung verbraucht worden. Daraus ergibt sich die Folgerung: je schwächer im Infektionszeitpunkt das Blattsystem entwickelt ist, um so schneller wird es vollständig vom

Virus erfaßt, um so zögernder und unvollkommener verläuft seine Regeneration und um so stärker wird die Entwicklung des Wurzelsystems gehemmt. Die Beziehung zwischen Entwicklungshöhe der Pflanze und Schädigungsgrad durch das Virus macht auch das unterschiedliche Verhalten der Rüben in Jahren mit verschiedenen Witterungsverhältnissen erklärlich. Je mehr sich durch ungünstiges Wetter im Frühjahr Aussaat und Entwicklung der Pflanze zeitlich zum Infektionstermin, d. h. zum Beginn der Blattlausbesiedlung, verzögern, um so stärker ist die Anfangsschädigung, und um so langsamer kann eine Erholung der Pflanze einsetzen. Der Einfluß des Entwicklungsstadiums der Pflanze auf die Stärke der Virusschädigung zeigt sich darin, in welchem Maße zu verschiedenen Zeiten gesäte Schläge bei Beginn des Blattlausfluges in gleichen Seuchenlagen vom Virusbefall betroffen werden. In den mehrjährigen, unter verschiedenen Befallsverhältnissen durchgeführten Aussaatzeitversuchen war die stärkere Ertragsminderung der weniger entwickelten Rüben mit voller Deutlichkeit festzustellen.

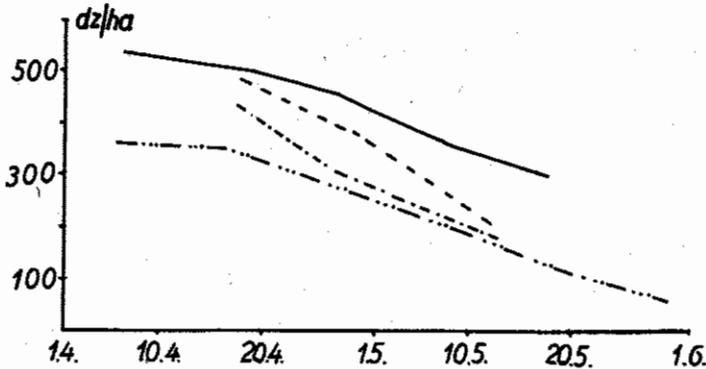


Abb. 21. Einfluß der Aussaatzeit auf den Rübenenertrag bei leichtem und schwerem Vergilbungsbefall.

— = in leichter Befallslage,
 - - - = in mittlerer Befallslage,
 - . - = in schwerer Befallslage,
 = in sehr schwerer Befallslage.

In Abb. 21 sind die Ergebnisse mehrerer Terminversuche, die unter verschiedenen starkem Infektionsdruck standen, dargestellt. Während unter Bedingungen leichter Verseuchung die Ertragskurve zwar auch absinkt, aber als Gerade bis zum letzten Termin verläuft, zeigt die Kurve der mittleren Befallslage einen scharfen Knick nach unten; auch die mittlere Aussaatzeit hat durch den Vergilbungsbefall einen starken Ertragsabfall gezeigt. In schwerer Seuchenlage tritt dieses Absinken schon beim zweiten Aussaattermin ein, so daß die Kurve wieder zur Geraden wird.

Der Einfluß der Pflanzenentwicklung und damit auch der Saatzeit auf die Schädigung der Rüben durch die Vergilbung erfährt noch eine erhebliche Verstärkung durch den Umstand, daß die gleichen Eigenschaften, die eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber dem Virus hervorrufen, gleichzeitig die Voraussetzung für eine stärkere Besiedlung durch die Überträger und damit für eine vermehrte Infektion geben.

Da der Entwicklungsgrad der Pflanze als das entscheidende Moment für die Schädigungsempfindlichkeit anzusehen ist, kommt der frühen Bestellung soweit

eine Bedeutung für die Ertragssicherheit der Rübe in Vergilbungslagen zu, als hierdurch auch eine maximale Ausbildung der Pflanze gesichert wird. Es ergibt sich jedoch auch hieraus, daß alle übrigen auf das Frühwachstum wirkenden Faktoren die gleiche Wirkung auf die Vergilbungsschäden haben. Aus diesen Beziehungen dürften sich Beobachtungen wie die von Hirschfeld (1952) über geringere Vergilbungsschäden auf zugeschütteten Bombentrichtern und Schützengräben und nach bestimmten Vorfrüchten erklären. Auch die in Gebieten schwerer Vergilbung häufige Erscheinung, daß Rüben, vor allem Futterrüben, auf Kleinstparzellen in unmittelbarer Ortsnähe, also unter den schwersten Infektionsbedingungen, einen auffällig guten Stand und schwache Symptome aufweisen, hat in dem sehr üppigen Frühwachstum auf solchen meist gartenmäßig bearbeiteten und besonders stark mit organischen Düngemitteln versorgten Flächen ihre Ursache.

2. Wachstumsverlauf

Aus der Anomalie der physiologischen Vorgänge, insbesondere des Kohlehydratstoffwechsels in der vergilbungsranken Pflanze, ergibt sich, daß die Wachstumshemmung sehr frühzeitig nach der Infektion einsetzt und daß sie, wie die Gewächshausversuche zeigten, wenigstens bei sehr jungen Pflanzen bzw. bei sehr schwach entwickeltem Blattsystem gerade in der ersten Krankheitsphase besonders stark ist.

Das Ausmaß der frühen Wachstumshemmung, die ihrerseits vom Entwicklungszustand bei der Infektion bestimmt wird, ist daher an erster Stelle für die Weiterentwicklung der Rübe entscheidend, da die Ausbildung des Wurzelsystems und ebenso die Regeneration des Blattapparates von dem der Pflanze nach der Infektion noch verbleibenden Assimilationsvermögen abhängig sind. Die Bewurzelung ist, wie die Untersuchungen über den Wasserhaushalt zeigten, wegen der erhöhten Welkeanfälligkeit der infizierten Pflanzen von großer Bedeutung.

In welchem Maße die infizierten Pflanzen sich noch weiter zu entwickeln vermögen, hängt dann in zweiter Linie von den allgemeinen Wachstumsbedingungen ab. Die Erfahrung zeigt, daß es hierbei im besonderen Maße auf die Menge und Verteilung der Niederschläge ankommt. In Jahren mit feuchter Witterung bleiben, wie der Rückblick auf die letzten Jahre lehrt, die Vergilbungsschäden relativ leicht, während nach heißen und trockenen Sommern die Ertragsausfälle in den Vergilbungsgebieten besonders schwer sind. Der Einfluß der Witterungsverhältnisse auf die Vergilbungsschäden erfährt durch ihre Wirkung auf die Überträgergradation und damit auf die Ausbreitung der Krankheit noch eine wesentliche Steigerung.

Über die Bedeutung und Wirkungsweise des dritten in dieser Hinsicht wichtigen Faktors, der Virulenz des Erregers und ihrer Abhängigkeit von den Außenbedingungen, liegen bisher keine sicheren Erfahrungen vor. Neben der Beobachtung, daß in Perioden heißen und sommerlichen Wetters die Vergilbungserscheinungen rasch an Intensität zunehmen, geben nur wenige Versuche einige Hinweise. In dem schon erwähnten Gewächshausversuch (Abb. 12) holten die zunächst schwer geschädigten infizierten Pflanzen nach Eintritt kühler und dunkler Herbstwitterung die Kontrollpflanzen im Rübengewicht bis Anfang Dezember vollständig ein. In die gleiche Richtung weist das bereits diskutierte Ergebnis einer zweimaligen Aberntung eines Feldversuchs, das ebenfalls eine deutliche Erholung der schwerer befallenen Pflanzen zeigte. Auch die wiederholte Beobachtung, daß in einem nicht oder nur sehr schwach geheizten

Gewächshaus die anfangs kräftigen Krankheitssymptome während der Wintermonate fast vollständig verschwinden und die während dieser Zeit neugebildeten Blätter symptomlos bleiben, im Frühjahr jedoch die Vergilbung an diesen Pflanzen wieder deutlich hervortritt, deuten darauf hin, daß bei niedrigen Temperaturen und geringer Lichtintensität die Wirkung des Virus erheblich nachläßt. Welchem dieser beiden Faktoren dabei die größere Bedeutung zukommt, konnte noch nicht untersucht werden.

Die genannten Beobachtungen sind praktisch hinsichtlich des günstigen Erntetermins für vergilbungskranke Rübenbestände wichtig. Nach den bisherigen Erfahrungen ist unter günstigen Witterungsbedingungen ein später Erntetermin zu empfehlen.

3. Düngung

Die Wirkung der Düngung auf das Verhalten der Rübe gegenüber der Vergilbung ist vielfach (Hull und Watson, 1946, Hansen, 1950, und Hart-suijker, 1951) ohne positive Ergebnisse untersucht worden. Die Düngung mit verschiedenen Nährstoffen zeigte in diesen Versuchen keine oder nur sehr geringe Wirkung auf die Besiedlung durch die Virusüberträger und den Virusbefall. Auch der Rüben- und Zuckerertrag künstlich im Felde infizierter Pflanzen wurde nur unwesentlich beeinflußt. Stickstoff steigerte zwar die Ernten sowohl der infizierten als auch der nichtinfizierten Pflanzen, doch stieg der durch die Virose verursachte Ertragsabfall im gleichen Verhältnis oder sogar noch stärker an (Hull und Watson, 1946).

In Gewächshausversuchen, die in den Jahren 1949 und 1950 mit den Kernnährstoffen Stickstoff, Kalium und Phosphorsäure durchgeführt wurden, konnten die genannten Ergebnisse im wesentlichen bestätigt werden. In diesen ersten Versuchen wurde die künstliche Infektion unmittelbar nach Verabreichung der Nährstoffgaben an den noch sehr jungen Pflanzen durchgeführt, die schon nach wenigen Tagen deutliche Wachstumshemmungen erkennen ließen. Die ersten Frühsymptome traten bei allen Gruppen relativ gleichmäßig auf, bei den N-Mangel-Pflanzen anscheinend etwas schwächer, eine Beobachtung, die auch von Hart-suijker (1951) gemacht wurde. Ein geringerer Infektionserfolg bei Pflanzen, die keinen Stickstoff erhalten hatten, wurde in den eigenen Versuchen nicht festgestellt. Alle Rüben der nicht mit Stickstoff gedüngten Gruppen wurden infiziert. Nach den Ergebnissen dieser Versuche besteht somit keine sichere Beziehung zwischen der Wirkung dieser Nährstoffe und der Virusanfälligkeit der Pflanzen. Eine mittelbare Wirkung der Düngung wird wohl deshalb nicht erkennbar gewesen sein, weil bei dem frühen Infektionstermin und der großen Intensität des Befalls Wachstumsunterschiede bei den kranken Pflanzen nicht oder kaum auftreten konnten.

In späteren Versuchen wurde deshalb die Düngung zu verschiedenen Terminen gegeben. In Tab. 30 ist das Ergebnis eines dieser Versuche, die grundsätzlich in gleicher Weise verliefen, wiedergegeben. Die Nährstoffgaben, je Gefäß 100 mg N, 100 mg K_2O und 100 mg P_2O_5 , wurden diesen Pflanzen, die in einer nährstoffarmen Topferde standen, zu zwei Terminen, vor und nach der Infektion, verabfolgt. Die Wirkung auf das Wachstum und den Ertrag dieser Pflanzen zeigt den Einfluß des Düngungszeitpunktes. Die Hemmung des Wurzelwachstums durch die Infektion ist bei den ungedüngten Pflanzen weniger groß als bei den Reihen, die zusätzliche Nährstoffmengen erhalten haben. Sie ist bei den spät gedüngten

Gruppen am größten. Die Blattgewichte verhalten sich in gerade entgegengesetzter Weise, während die auf die Einzelpflanze berechnete Trockensubstanz- und Saccharosemenge den Rüben gewichten in gleicher Tendenz, doch in noch verstärktem Grade, folgen. Die nach der Infektion gegebene Düngung ist demnach ohne jede Wirkung auf das Wurzelwachstum der infizierten Pflanzen geblieben, hat sich jedoch erheblich auf das Blattwachstum ausgewirkt. Die frühere Nährstoffgabe hat auch bei den infizierten Pflanzen das Rüben gewicht und die Trockensubstanz- und Saccharosemenge erheblich, wenn auch nicht in gleichem Maße wie bei den Vergleichspflanzen, gesteigert. Das Resultat steht demnach mit den Feststellungen von Hull und Watson (1946) in guter Übereinstimmung.

Tabelle 30

Einfluß zusätzlicher Nährstoffgaben auf Wurzel- und Blattbildung normaler (n) und infizierter (y) Gewächshauspflanzen

Aussaat: 19. 3. 53; eingetopft: 5. 5. 53; infiziert: 21. 5. 53; geerntet: 19. 8. 53

	16. 5.	29. 6.	16. 5.	29. 6.	16. 5.	29. 6.	16. 5.	29. 6.
	—	—	+	—	—	+	+	+
Wurzel, Frischsubstanz in g, n	13,97		21,18		20,74		24,28	
Wurzel, Frischsubstanz in g, y	11,57		15,29		13,61		16,46	
Wurzel, Trockensubstanz in g, n	2,791		3,972		4,576		4,790	
Wurzel, Trockensubstanz in g, y	2,303		2,776		2,091		3,002	
Wurzel, Saccharose g/Pflanze n	1,367		2,085		2,181		2,135	
Wurzel, Saccharose g/Pflanze y	0,991		1,447		0,928		1,306	
Blatt, Frischsubstanz in g/Pfl., n	28,00		35,78		33,86		39,80	
Blatt, Frischsubstanz in g/Pfl., y	25,96		29,32		31,95		40,74	
Blatt in % des Gesamtertrages n	66,7		62,7		62,3		62,1	
Blatt in % des Gesamtertrages y	69,2		65,8		74,2		71,2	

+ = N, K₂O und P₂O₅ je 100 mg je Topf.

Bei den in den Jahren 1949 und 1950 unter schwersten Infektionsbedingungen durchgeführten Feldversuchen mit steigenden Stickstoffgaben zeigten sich deutliche Unterschiede in der Stärke des Vergilbungsbefalls. Auf allen Parzellen, die mit Stickstoff gedüngt waren, traten die Befallssymptome wesentlich schwächer als auf den ungedüngten Teilstücken auf, die auch einen erheblich schlechteren Wuchs der Rüben zeigten. Im Rüben ertrag ergaben sich sehr große Unterschiede. Den höchsten Ertrag brachten die Parzellen, die den gesamten Stickstoff (200 kg/ha) in einmaliger Gabe vor der Aussaat erhalten hatten. Da in diesen Versuchen künstliche Infektionen nicht durchgeführt werden konnten und darum keine befallsfreien Vergleichsparzellen vorhanden waren, ist aus diesen Versuchen der Einfluß der Düngung auf die Vergilbungsschäden nicht unmittelbar festzustellen, doch zeigte sich, daß durch frühe Anwendung des Stickstoffs auch bei schwerster Vergilbung eine erhebliche Ertragssteigerung erzielt werden konnte, während die gleichen Nährstoffmengen bei später Anwendung eine wesentlich geringere, durchaus ungenügende Wirkung hatten. Einen Hinweis, daß die reichliche und frühzeitige Stickstoffversorgung die Größe der Vergilbungsschäden vermindert hat, gab die Feststellung, daß die Wirkung der gleichen Stickstoffmengen in einem Parallelversuch bei schwacher Verseuchung ganz erheblich geringer war (Heiling, 1953).

Da sich aus anderen Versuchen im Jahre 1950 ergeben hatte, daß auch unter den Befallsverhältnissen des Versuchsfeldes in Münster durch genügend oft wiederholte Überträgerbekämpfung der Vergilbungsbefall zwar nicht auszuschließen war, aber große Befallsunterschiede erzielt werden konnten, die Einflüsse anderer Art auf die Vergilbungsschäden erkennen ließen, fand in der Folge diese Methode auch für die Düngungsversuche Anwendung.

Tabelle 31

Einfluß des Stickstoffdüngungstermins auf Ertrag und Rübenbeschaffenheit von Zuckerrüben bei leichtem (B) und schwerem (U) Vergilbungsbefall
Versuchsfeld Münster 1951

Mittelwerte aus 16 Einzelbestimmungen

Stickstoff-Düngung kg N/ha:	0		50 ¹⁾ +50 ²⁾		100 ¹⁾ +50 ²⁾ +50 ³⁾		200 ¹⁾	
	B	U	B	U	B	U	B	U
Rüben, dz/ha	231	116	332	172	398	267	423	306
Rüben, Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	22,75	22,30	22,60	22,00	22,36	21,88	23,17	22,18
Rüben, Trockensubstanz, dz/ha	52,6	25,9	75,0	37,8	89,0	58,4	98,0	67,8
Rüben, Saccharose in % des Frischgewichtes	16,57	15,80	16,70	15,79	16,71	15,82	17,50	16,14
Rüben, Saccharose, dz/ha	38,3	18,3	55,4	27,2	66,6	42,3	74,0	49,4
Rüben, Löslicher Stickstoff, mg/g Saccharose	3,31	3,88	6,70	6,45	5,88	5,48	5,52	5,08
Rüben, Löslicher Stickstoff in % des Gesamtstickstoffs	42,20	41,6	52,0	51,7	51,4	48,2	50,2	45,4
Blatt, dz/ha	169	85	418	229	378	275	356	264
Blatt in % des Gesamtertrages	42,3	42,3	55,7	57,3	48,7	50,8	45,7	46,4
Mehrertrag durch die N-Düngung, relativ 0 = 100	100	100	144	148	172	230	183	262
Mehrertrag durch die N-Düngung, relativ 0 = 100	100	100	145	148	174	231	193	269
Mehrertrag durch die N-Düngung, relativ 0 = 100	100	100	247	270	224	325	211	312
Ertragsverlust durch schweren Befall, relativ	100	50,2	100	51,8	100	67,1	100	72,4
Ertragsverlust durch schweren Befall, relativ	100	48,1	100	49,1	100	63,5	100	66,8
Ertragsverlust durch schweren Befall, relativ	100	50,3	100	54,8	100	72,8	100	74,2

¹⁾ Gabe vor der Aussaat

²⁾ Gabe nach dem Verziehen

³⁾ Gabe nach Eintritt der Infektion (Mitte Juni)

Grunddüngung: K₂O = 200 kg/ha

Grunddüngung: P₂O₅ = 72 kg/ha

N gegeben jeweils teils als schwefelsaures Ammoniak, teils als Natronsalpeter, teils als Kalkammonsalpeter.

Im Jahre 1951 wurde die Wirkung verschiedener Stickstoffformen bei variierten Streutermen auf das Verhalten der Rüben gegenüber der Vergilbungskrankheit auf dem Versuchsfeld in Münster untersucht. Ende Juni setzte der Vergilbungsbefall ein und erreichte Ende August auch auf dem dreimal mit 0,1% Systox

gespritzten Versuchsteil den Wert von 100 %. Trotzdem waren deutliche Symptomunterschiede zwischen der behandelten und unbehandelten Fläche sichtbar. Sie waren augenscheinlich auf den verschieden gedüngten Parzellen ungleich groß und auf Teilstücken, die gar keinen mineralischen Stickstoff erhalten hatten, besonders stark. Dagegen war, wie in den früheren Versuchen, der prozentuale Virusbefall bei den einzelnen Düngungsweisen gleich. Gegen Anfang September setzte, insbesondere auf der nicht mit dem Insektizid behandelten Versuchshälfte, ein starker *Cercospora*-Befall ein, der hauptsächlich die Blätter mit starken Vergilbungssymptomen ergriff und schnell zum Absterben brachte.

Die durch die Stickstoffgaben verursachten Ertragssteigerungen waren sehr groß. Ihre Höhe erklärt sich durch die Nährstoffarmut des sehr leichten und nicht mit organischen Düngemitteln gedüngten Bodens. Wie Tab. 31 zeigt, war die Stickstoffwirkung auf den nicht mit Systox gespritzten Flächen erheblich stärker als auf den behandelten. Die günstigere Wirkung der Stickstoffanwendung zeigt sich an dem geringeren Ertragsunterschied zwischen den beiden verschieden schwer virusgeschädigten Parzellenteilen und wird meist als dementsprechend schwächerer Insektizideffekt erkennbar. Die einzelnen Düngungsweisen verhalten sich sehr verschieden. Die Gabe von 100 kg N/ha, davon 50 kg vor und 50 kg nach der Aussaat, ist unter den Bedingungen dieses Versuchs offensichtlich zu gering gewesen. Als optimale Düngungsform hat sich die Anwendung der vollen Menge von 200 kg vor der Aussaat erwiesen, die den Rübenenertrag auf 72 % und den Zuckerertrag auf 74 % der mit Systox-Behandlung erzielten Ernte gebracht und auch mit 306 dz/ha reinen Rüben bei 16,1 % Zuckergehalt unter derartig extremen Befallsverhältnissen eine noch relativ wirtschaftliche Ertragsleistung absolut gesichert hat. Daß die Stickstoffdüngung die Vergilbungsschäden gemildert hat, ergibt sich weiterhin aus den Zuckergehaltszahlen. Die mit einer N-Überschußdüngung stets verbundene Senkung des Zuckergehalts ist in diesem Falle nicht eingetreten, sondern vielmehr eine leichte Erhöhung, die vermutlich durch die Abschwächung der nachteiligen Viruswirkung zu erklären ist. Die späten Gaben wirkten auf die Rübenbeschaffenheit und auf die Rübenmenge nicht so gut.

Die verschiedenen N-Düngemittelformen (Tab. 32) haben sich ebenfalls ungleichartig verhalten. Die Nitratform zeigte den höchsten, der Kalkstickstoff den geringsten Wirkungsgrad. Den höchsten Zuckergehalt hatten die mit Ammonsulfatsalpeter gedüngten Rüben. Die geringere Leistung des Kalkstickstoffs, der 2 Wochen vor der Aussaat gegeben wurde, darf mit großer Sicherheit auf den schlechten mikrobiologischen, durch Humusverarmung verursachten Bodenzustand zurückgeführt werden und ist nicht zu verallgemeinern. Die in diesem Versuch gefundenen Unterschiede gelten bei der starken Abhängigkeit der Stickstoffumsetzung im Boden von den Witterungs- und Bodenverhältnissen nur für die Verhältnisse dieses Versuches.

Der Anwendung einer reichlichen Stickstoffdüngung als vorbeugende Maßnahme gegen die Vergilbung steht die Rücksicht auf die Rübenqualität entgegen. Daß der Zuckergehalt auch durch hohe N-Mengen nicht unbedingt vermindert zu werden braucht, konnte an dem Versuch des Jahres 1951 gezeigt werden (vgl. Tab. 31 u. 32). Schwieriger ist die Frage beim Stickstoffgehalt der Rübe, der auf verstärkte Stickstoffaufnahme unmittelbar reagiert. In dem erwähnten Versuch haben die Rüben aller mit Stickstoff gedüngten Parzellen einen gegenüber der ungedüngten Fläche erhöhten Gehalt an löslichem und nichtlöslichem

Stickstoff. Bezeichnenderweise ist die Steigerung, vor allem der löslichen Fraktion, bei den stärker befallenen, nichtbehandelten Rüben geringer als bei den weniger stark infizierten. Die Erklärung hierfür könnte der Umstand sein, daß die verstärkte N-Aufnahme durch die Wurzeln infolge der schwächeren Symptomausprägung durch eine verminderte Zuwanderung proteolytischen Stickstoffs aus den Blättern zum Teil kompensiert wird.

Tabelle 32

Einfluß verschiedener Stickstoff-Formen auf Ertrag und Rübenbeschaffenheit bei leichtem (B) und schwerem (U) Vergilbungsbefall
Versuchsfeld Münster 1951
 (Mittelwerte aus je 8 Einzelbestimmungen)

Stickstoff-Form:	O		NH ₄		NO ₃		NH ₄ /NO ₃		Kalkstickstoff	
	B	U	B	U	B	U	B	U	B	U
Rüben, dz/ha	231	116	392	255	461	351	423	300	370	232
Rüben, Trockensubstanz in % der Frischsubstanz ...	22,75	22,30	23,45	22,50	22,40	21,62	22,84	22,46	22,42	21,54
Rüben, Trockensubstanz, dz/ha	52,6	25,9	91,9	57,4	103,2	76,0	96,6	67,4	83,0	50,0
Rüben, Saccharose in % der Frischsubstanz	16,57	15,80	17,80	15,37	16,44	16,19	17,72	16,66	16,46	15,70
Rüben, Saccharose dz/ha ..	38,3	18,3	69,8	39,4	75,7	56,8	75,0	50,0	60,9	36,4
Rüben, Löslicher Stickstoff mg/g Frischsubstanz	0,549	0,612	0,910	0,962	0,917	0,656	1,046	0,725	1,078	0,761
Rüben, Löslicher Stickstoff in % des Gesamt-Stickstoffs	42,2	41,6	47,7	48,3	49,6	41,6	53,4	44,7	53,6	44,0
Blatt, dz/ha	170	85	355	318	417	292	360	253	342	220
Blatt in % des Gesamtertrags	42,3	42,3	47,5	55,5	47,5	45,5	45,9	45,7	48,0	48,6
Mehrertrag durch die Düngung, relativ Rüben	100	100	170	219	200	302	183	258	160	200
Mehrertrag durch die Düngung, relativ Zucker	100	100	182	215	198	310	196	273	159	198
Mehrertrag durch die Düngung, relativ Blatt	100	100	209	375	246	346	212	298	202	260
Ertragsverlust durch den schweren Befall, relativ Rüben	100	50,2	100	65,0	100	76,1	100	70,9	100	60,2
Ertragsverlust durch den schweren Befall, relativ Zucker	100	47,8	100	56,2	100	75,0	100	66,6	100	59,8
Ertragsverlust durch den schweren Befall, relativ Blatt	100	50,2	100	89,6	100	70,0	100	70,3	100	64,4
Rüben, Löslicher Stickstoff, mg/g Saccharose	3,31	3,88	5,12	6,26	5,58	4,05	5,90	4,35	6,55	4,85

Grunddüngung in kg/ha: K₂O: 200

P₂O₅: 72

N-Düngung: 200 kg/ha

Ammonium-Form (NH₄), gegeben als schwefelsaures Ammoniak; Nitrat-Form (NO₃), gegeben als Natron-Salpeter; Ammonium-Nitrat (NH₄/NO₃), gegeben teils als Ammoniumsulfat, teils als Kalkammonsalpeter.

Aus den Stickstoffwerten der Tabelle 31 geht mit Deutlichkeit die Beziehung dieses Faktors zum Düngungstermin hervor. Die späten Gaben verursachen eine wesentlich stärkere Zunahme des Stickstoffs in der Rübe als die frühzeitigen. Gerade aus diesem Grunde ist die Stickstoff-Kopfdüngung in Vergilbungslagen sehr bedenklich, da die virusbedingte N-Anreicherung und die vermehrte Aufnahme aus dem Boden sich dann leicht addieren. In diesem Versuch hat von den verschiedenen Formen der Ammoniak-Stickstoff den N-Gehalt der Rübe am meisten vermehrt, doch darf aus dieser Feststellung keineswegs eine Regel hergeleitet werden, da in anderen Versuchen gerade die NH_3 -Form sich in dieser Beziehung am wenigsten auswirkte. Der ebenfalls erhöhte N-Gehalt der mit Kalkstickstoff gedüngten Parzellen zeigt, daß die in diesem Falle sich ausprägende geringere Leistung auf der verzögerten Umsetzung im Boden beruht.

Tabelle 33

Ergebnisse der Stickstoffdüngungsversuche des Jahres 1952
Einfluß der N-Menge und Streuzzeit auf Ertrag und Beschaffenheit der Rüben

N-Düngung kg/ha, gegeben als schwefelsaures Ammoniak			—	120	60+60	60+30 +30	200	100+50 +50
	Versuchsort	Befallslage						
FR, dz/ha	Rinkerode	sehr schwer	428,70	587,50	530,60	609,45	627,80	586,45
FR, Trockensubstanz in % des Frisch- gewichtes	Rinkerode	sehr schwer	12,03	12,20	11,20	11,10	11,10	10,47
FR, Trockensubstanz, dz/ha	Rinkerode	sehr schwer	51,55	71,63	59,42	67,61	70,80	60,40
FR, dz/ha	Kirchhellen	leicht	780,40	—	967,80 ¹⁾	990,20 ²⁾	849,80 ³⁾	—
FR, Trockensubstanz in % des Frisch- gewichtes	Kirchhellen	leicht	12,72	—	12,08 ¹⁾	11,35 ²⁾	12,12 ³⁾	—
FR, Trockensubstanz, dz/ha	Kirchhellen	leicht	98,0	—	116,8 ¹⁾	112,3 ²⁾	103,0 ³⁾	—
ZR, dz/ha	Ringelsbruch	mittel	529,5	636,0	582,0	679,0	662,5	573,0
ZR, Zucker in % des Frischgewichtes	Ringelsbruch	mittel	18,29	17,55	16,31	15,74	16,81	16,31
ZR, Zucker, dz/ha	Ringelsbruch	mittel	51,0	55,8	47,45	53,40	55,80	46,75
Löslicher Stickstoff, mg/g Frischgewicht								
FR	Rinkerode	sehr schwer	1,130	1,462	1,395	1,390	1,482	1,381
FR	Kirchhellen	leicht	0,896	—	1,169 ¹⁾	1,349 ²⁾	0,956 ³⁾	—
ZR	Ringelsbruch	mittel	0,707	0,888	0,943	1,054	1,058	1,180

FR = Futterrüben
 ZR = Zuckerrüben.

¹⁾ 80 + 80, ²⁾ 80 + 40 + 40, ³⁾ 160 kg N/ha.

Grundsätzlich gleiche Resultate wurden auch bei den in derselben Weise angelegten Futterrübenversuchen erzielt. Dies geht auch aus einem Düngungsversuch des Jahres 1952 in schwerer Befallslage an sehr spät gedrückten Futterrüben hervor (Tab. 35). Die bei der ersten Spritzung noch nicht verhackten Pflanzen zeigten unmittelbar nach der Behandlung erhebliche Besiedlung durch die Pfirsichblattläus; daher waren die Vergilbungsbefallsunterschiede zwischen den Vergleichsflächen wesentlich geringer. Trotzdem wird die ungleiche Schadensempfindlichkeit in Abhängigkeit von der N-Gabe deutlich.

Der Einfluß verschiedener Stickstoffformen und Anwendungsweisen wurde 1952 in einer Serie von Feldversuchen unter ungleichen Befallsverhältnissen in land-

wirtschaftlichen Betrieben an Zucker- und Futterrüben untersucht¹⁾. Auch in diesen Versuchen erwies sich der Vorteil einer frühzeitigen und ungeteilten Düngergabe in Vergilbungsgebieten sowohl für den Ertrag als auch für die Beschaffenheit der Rüben (Tab. 33).

Die Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Umfang der Vergilbungsschäden stehen mit den Angaben der Literatur in Widerspruch, da bisher keine praktisch bedeutsamen Beziehungen gefunden wurden. Einen etwas niedrigen Befallswert N-gedüngter Parzellen gegenüber nichtgedüngten fand Hansen (1950) als Mittel aus einer größeren Zahl von Feldversuchen, hält aber diese Differenz für zu gering, um daraus eine Möglichkeit der Virusbekämpfung abzuleiten.

Tabelle 34
Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Virusbefall

Düngung: N kg/ha		--	160	160	120 + 40	80 + 80	80 + 40 + 40
Düngung: N-Form		--	Kst	KAS	Kst KAS	Kst KAS	Kst KAS
Rüben- Art	Versuchsort	Befallsindex					
Z. R.	Freissen						
	b. Blomberg..	0,432	0,279	0,228	0,105	0,141	0,131
	Icker	0,291	0,243	0,169	0,159	0,190	0,171
	Neuengeseke....	0,503	0,453	0,370	0,316	0,380	0,191
	Ochtmannien ...	0,059	0,048	0,025	0,047	0,028	0,047
	Wendhausen						
	b. Hildesheim	0,069	0,079	0,059	0,056	0,059	0,131
F. R.	Hävern	0,644	0,553	0,581	0,553	1,005	0,611
	Mittelwert:	0,333	0,276	0,238	0,206	0,300	0,214
Düngung		--	160 kg Kst	160 kg Kst	160 kg Kst	160 kg Kst	
Streuzeit		--	8Wochen v. d. Saat	4Wochen v. d. Saat	2Wochen v. d. Saat	4Wochen 1-2 Wochen vor der Saat	
Z.R.	Ochtmannien ...	0,025		0,073	0,026	0,021	
	Ostwennemar...	2,04	1,31	1,22	0,97	1,19	
	Wendhausen....	1,25		0,875	0,875	0,250	
	Mittelwert:	1,105		0,722	0,624	0,487	

1. Gabe vor der Aussaat
2. Gabe beim Vereinzeln
3. Gabe bei Eintritt der Infektion

Kst = Kalkstickstoff
KAS = Kalkammonsalpeter

In eigenen Versuchen (Tab. 34), die überwiegend unter leichten Befallsbedingungen standen, konnte ebenfalls kein sicherer Einfluß der Düngung auf

¹⁾ Die Versuche wurden in Arbeitsgemeinschaft mit der Landwirtschaftlichen Beratungsstelle der Ruhrstickstoff-A.G. in München durchgeführt; für die Unterstützung unserer Arbeiten sind wir dem Leiter dieser Stelle, Herrn Dipl.-Landwirt Dr. Theel, und seinen Mitarbeitern zu Dank verpflichtet.

die Befallshäufigkeit gefunden werden. Dabei stellten wir nicht nur die Zahl der infizierten Pflanzen fest, sondern versuchten auch, durch eine Bewertung der Symptomstärke die Intensität des Befalls zu erfassen.

Die mit künstlicher Infektion ausgeführten Gewächshausversuche zeigen, daß eine spezifische und unmittelbare Wirkung des Stickstoffs auf das Virus nur im Sinne Hartsuijkers (1951) angenommen werden kann. Der in den Feldversuchen festgestellte Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Schädigungsgrad ist daher mittelbar und äußert sich in zweifacher Weise:

1. Durch die für diesen Nährstoff spezifische Wirkung auf das vegetative Wachstum und die Blattbildung wird die durch ihren Entwicklungsgrad zur Zeit der Infektion bestimmte Empfindlichkeit der Pflanze gegen eine Infektion verringert.
2. Das gesteigerte Frühwachstum beschleunigt das Schließen der Bestände, so daß damit auch die Häufigkeit der Virusinfektionen geringer wird.

Die Stickstoffwirkung hat damit die gleiche Ursache, die auch dem Einfluß der Aussaatzeit und des Infektionstermins zugrunde liegt.

Ein Einfluß der Phosphorsäure auf die Vergilbungsempfindlichkeit der Rübe ließ sich in Gefäß- und Feldversuchen nicht nachweisen. Akuter P_2O_5 -Mangel, der sich wie jede Wachstumsstörung auf die Entwicklung viruskranker Rüben nachteilig auswirken müßte, wurde durch eine Grunddüngung vermieden. Über das Minimum hinausgehende P_2O_5 -Gaben hatten sowohl auf den prozentualen Vergilbungsbefall und die Symptomstärke als auch auf den Ertrag und die durch die Virose verursachten Differenzen zwischen stark und nur leicht vergilbten Versuchsreihen bei Futter- und Zuckerrüben keine feststellbare Wirkung. Dies Ergebnis stimmt mit früheren Angaben überein (Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull, 1946).

Eine in großer Breite variierte Versorgung der Pflanzen mit Kalium vermochte weder bei künstlicher Infektion im Gewächshaus noch bei schwerer Befallslage im Freiland die Stärke des Befalls in feststellbarer Weise zu ändern. In einem Feldversuch an sehr spät (28. 5. 1952) gedrillten Futterrüben nahmen Rüben- und Trockensubstanzertrag mit steigender K_2O -Menge, gegeben als schwefelsaures Kali, zu, und zwar auf den sehr schwer befallenen Parzellen stärker als auf den infolge 2maliger Systox-Behandlung nur mittelstark vergilbten Teilstücken, bei 200 kg N/ha mehr als bei geringerer Stickstoffdüngung (100 kg N und 0 kg N bei einheitlicher starker Stallmistgabe) (Tab. 35). Die geringen, statistisch nicht gesicherten Unterschiede sind höchstens als Hinweis dafür zu werten, daß bei Steigerung der N-Düngung auch die übrigen Nährstoffe ebenfalls in entsprechend größerer Menge geboten werden müssen.

Die Gabe des Kaliums als Chlorid (in der üblichen Form als 40%iges Kalidüngesalz) hatte gegenüber der gleichen K_2O -Menge als Kaliumsulfat, wie schon in früheren Versuchen (Heiling, 1953), auch in diesem Falle eine deutliche Steigerung des Rüben-, Blatt- und Trockensubstanzertrages und eine Erniedrigung des auf das Frischgewicht bezogenen Trockensubstanzgehaltes zur Folge. In Übereinstimmung mit den Angaben von Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull (1946) über die Wirkung des »agricultural salt« war auch in diesem Versuch die Ertragssteigerung bei den stark infizierten Pflanzen geringer als bei den weniger stark befallenen.

Tabelle 35

Einfluß der Kali- und Stickstoffdüngung auf Ertrag und Rübenbeschaffenheit bei schwer (U) und mittelschwer (B) vergilbungsranken Futterrüben
Feldversuch Hóvel 1952

Nr.	Düngung kg/ha		Rüben						Blatt			
	N	K ₂ O	dz/ha		Trocken- substanz in %		Gesamt- stickstoff mg/g Frisch- substanz		dz/ha		in % des Gesamt- ertrages	
			B	U	B	U	B	U	B	U	B	U
1	0	0	344	259	11,24	11,67	1,889	2,325	196	153	36,3	37,2
2	0	100	348	254	12,35	12,15	—	2,216	187	147	34,1	36,7
3	0	200	291	262	11,75	12,00	1,768	2,111	158	142	35,2	35,1
4	100	0	348	315	11,78	11,84	2,352	2,469	223	220	39,1	41,1
5	100	100	351	305	12,13	11,74	2,457	2,241	196	191	35,7	38,5
6	100	200	375	334	11,73	11,36	2,359	2,315	217	216	36,7	39,3
7	200	0	377	322	12,18	11,32	2,352	2,345	253	236	40,1	42,3
8	200	100	405	367	10,95	11,60	2,369	2,415	256	260	38,7	41,5
9	200	200	426	381	11,05	11,27	2,654	2,369	276	271	39,3	41,6
10.	200	200 ¹⁾	493	385	10,43	10,36	2,263	2,449	290	276	37,0	41,8

Wirkung der Düngung

Mittelwerte aller gleichgedüngten Parzellen für Rüben- und Blattertrag in Relativwerten

1-3	0		100	100	11,78	11,94	1,828	2,218	100	100	35,2	36,3
4-6	100		109	123	11,88	11,65	2,389	2,342	118	142	37,2	39,6
7-10	200		130	141	11,15	11,14	2,509	2,395	150	178	38,8	41,8
1, 4, 7	0		100	100	11,73	11,61	2,198	2,379	100	100	38,6	40,4
2, 5, 8	100		103	103	11,81	11,83	2,412	2,290	95,2	98,6	36,6	39,3
3, 6, 9	200		102	109	11,51	11,54	2,260	2,264	96,9	103,5	37,3	39,2
10	200 ¹⁾		138	129	10,43	10,36	2,263	2,325	100,5	104,5	37,0	39,9

Aussaat: 3. 6. 1952, Ernte: 20. 10. 1952

¹⁾ K₂O als 40 % Kalidüngesalz

B = 2 × behandelt mit 800 g Systox/ha

Grunddüngung:

starke Stallmistgabe; P₂O₅: 72 kg/ha N, gegeben als schwefelsaures Ammoniak
K₂O, gegeben als schwefelsaures Kali.

Die gegenüber einer gleich hohen, als Kaliumsulfat gebotenen K₂O-Menge unterschiedliche Wirkung des Kaliumchlorids ist mit großer Sicherheit der Wirkung des Cl-Ions auf den Wasserhaushalt der Rübe zuzuschreiben. Dieser Schluß ist nicht nur aus der Erhöhung des Wassergehaltes der Rübe zu ziehen, sondern wird auch durch andere Beobachtungen begründet. In dem Versuch konnte wie in früheren Fällen häufig festgestellt werden, daß an heißen Tagen die mit dem Chloridsalz gedüngten Pflanzen noch voll turgeszent waren, wenn die in der vergleichbaren Kaliumsulfat-Parzelle stehenden Pflanzen starke Welkeerscheinungen zeigten. Auch konnte in anderen Fällen kryoskopisch ein höherer osmotischer Wert der Chlorid- im Vergleich zu den Sulfatpflanzen nachgewiesen werden. Nach eingehenden Untersuchungen von Arnold (im Druck) bewirkt das Cl-Ion eine Steigerung der Sukkulenz, d. h. des flächenbezogenen Wassergehaltes, und auch eine Transpirationseinschränkung, letztere

besonders intensiv in der Form als KCl. Diese die Wasserbilanz stabilisierende »unspezifische« Funktion des Cl-Ionen-Überschusses in der Zelle (Arnold) muß sich für die vergilbungsranke, besonders welkeanfällige und daher der Gefahr eines letalen Wasserdefizits vermehrt ausgesetzte Pflanze, insbesondere in Dürreperioden, günstig auswirken. Die Verhinderung bzw. Verzögerung von Welkeperioden, die ja bei starker Anspannung des Wasserhaushalts bei der Rübe sehr häufig sind, wirkt sich naturgemäß auf die leichter zum Welken neigende gesunde Pflanze ebenso stark, wenn nicht noch stärker, aus, da mit dem Erschlaffen der Blätter auch ein Abfall der photosynthetischen Leistung verbunden ist.

Die vielfach belegte, ertragssteigernde Wirkung einer Kochsalzdüngung wird von Buchner (1951) ebenfalls als Wirkung des Cl- und nicht des Na-Ions angesehen.

Ob im übrigen dem Kalium eine spezifische, die Virusausbreitung verzögernde Wirkung auch bei der Rübe zukommt, die lediglich durch die Cl-Wirkung auf den Wasserumsatz verdeckt wird, ist aus den Ergebnissen unserer Untersuchungen nicht festzustellen. Es bestehen jedoch bereits Hinweise, daß die Sulfatform des Kaliums sich auf die Rübenqualität günstiger auswirkt als das Chlorsalz.

Zur Beantwortung der Frage, ob gemäß einer Vermutung Kotthoffs (1949) eine kausale Beziehung zwischen dem Auftreten und den Auswirkungen der Vergilbungskrankheit und der Borversorgung besteht, wurde im Jahre 1950 eine größere Reihe von Feldversuchen mit zusätzlicher Bor-Düngung durchgeführt. Das Bor wurde teils als Bor-Superphosphat, teils als Borax-Streumittel gegeben. In allen Versuchen im Rheinland war keine Veränderung des Vergilbungsgrades durch die Bor-Düngung festzustellen.

Auch bei den westfälischen Versuchen war eine sichere und eindeutige Wirkung des Bors auf den Vergilbungsbefall nicht erkennbar. In schwerer Infektionslage trat auch auf der mit der größten Borgabe behandelten Parzelle — das Doppelte des zur Vermeidung von Herz- und Trockenfäule-Symptomen Erforderlichen — ein totaler Virusbefall ein. Bei den Befallsauszählungen der Versuche (Tab. 36) wurde zwar teilweise eine etwas geringere Symptomstärke auf den Borparzellen festgestellt, ebenso ergaben diese in einzelnen Fällen leichte Mehrerträge an Rüben. In mehreren Fällen brachten die mit Borax-Streumitteln behandelten Parzellen einen größeren Mehrertrag als die bei gleicher Bormenge mit Bor-superphosphat gedüngten. Diese Feststellung wurde hauptsächlich auf Böden neutraler Reaktion gemacht. Soweit die Ertragssteigerung überhaupt als gesicherte Wirkung des Bors betrachtet werden kann, hat sie wohl als unmittelbare Nährstoffwirkung bei suboptimalem, jedoch das Minimum noch überschreitendem Borgehalt des Bodens zu gelten. Die negativen Ergebnisse zeigen vielmehr, daß eine direkte Beziehung zwischen Schwere des Vergilbungsbefalls und Borgehalt des Bodens nicht besteht und somit die Möglichkeit einer vorbeugenden Bekämpfung der Vergilbungskrankheit nicht nachgewiesen ist. Hierzu steht jedoch die Folgerung nicht in Widerspruch, daß ein Grad der Borversorgung des Bodens, der sich zwar noch nicht als akuter Mangel im Auftreten von Herz- und Trockenfäule äußert, aber doch schon als begrenzender Faktor des Pflanzenwachstums wirkt, wie jeder andere wachstumshemmende Faktor, die Entwicklung der befallenen Rüben noch zusätzlich erschwert. Infolge ihrer schwächeren Wurzelausbildung ist die infizierte Pflanze gegenüber jedem Nährstoffmangel ja empfindlicher als die gesunde. Aus dieser Überlegung

ergibt sich, daß in Vergilbungslagen einer genügenden Borversorgung des Bodens große Bedeutung zukommt. Die Ergebnisse der Versuche des Jahres 1950 konnten 1951 bestätigt werden.

Tabelle 36
Einfluß einer Bordüngung auf Vergilbungsgrad und Rübenenertrag

Rübenart	Versuchs-ort	Bodenart	Befall % in der Kon- trolle	Vergilbungsgrad = I				dz/ha			
				ohne Bor	4 dz/ha Bor- super- phosphat	20 kg/ha Bor- streumittel	40 kg/ha Bor- streumittel	ohne Bor	4 dz Bor- super- phosphat	20 kg Bor- streumittel	40 kg Bor- streumittel
GR	Hövel	Lehmiger Ton, ph = 7	99,3	2,30	1,81	2,03	1,83	687	718	720	695
GR	Hövel	Lehmiger Ton, ph = 7	99,8	2,48	2,42	2,07	1,89	678	718	730	724
FR ¹⁾	Hövel	Lehm, Unter- grund Mergel, ph über 7	—	—	—	—	—	921	921	1013	—
ZR	Beckum	Milder Lehm, ph = 6,8—7,2	69,8	1,18	1,07	0,58	—	499	474	472	—
ZR	Ost- wennemar	Milder Lehm, neutral	65,0	1,15	0,675	0,642	—	—	—	—	—
ZR	Dortmund	Tiefgr. milder Lehm, ph = 6	58,8	0,952	0,376	0,460	—	667	721	703	—
FR ²⁾	Versmold	Sand, ph = 5,6	39,2	0,640	0,680	0,650	0,550	941	928	974	1048
FR; GR ³⁾	Herscheid	Lehmiger Sand, ph = ca. 6	30,4	0,380	0,260	0,260	—	—	—	—	—
ZR	Attendorf	Flachgründiger Lehm	19,7	0,356	0,280	0,167	—	—	—	—	—
ZR	Rheine	Sand	unter 5	—	—	—	—	428	407	441	436

Mittelwerte aus je 4 Einzelwerten. Parzellengröße: 25 m²

GR = Ovana

ZR = Kleinwanzlebener E

Feldversuche 1950

I = Befallsindex, errechnet: $\frac{yl \cdot 1 + ym \cdot 2 + yst \cdot 3}{n}$

yl = leicht; ym = mittel; yst = stark befallen

n = Zahl der untersuchten Pflanzen

¹⁾ = Eckendorfer Rote

²⁾ = Eckendorfer Gelbe

³⁾ = Eckendorfer Gelbe und Ovana, Mittelwert beider Sorten

VII. Das Verhalten der Rübenvarietäten und -sorten gegenüber der Vergilbungskrankheit

Die Frage, ob die einzelnen Rübenvarietäten, wie Zucker- und Futterrüben, gegen die Vergilbungskrankheit ungleich anfällig bzw. empfindlich sind, wurde auf verschiedene Weise zu beantworten versucht.

Befallsauszählungen an Futter-, Gehalts- und Zuckerrüben unter gleichen Infektionsbedingungen ergaben schon 1947 in unterschiedlichen Befallslagen eindeutig, daß derartige Unterschiede wenigstens bei schwerem und mittlerem Befall nicht bestehen. Bei sehr schwacher Infektion fand Hansen (1950) für

Futterrüben geringere Befallsprozente als für Gehalts- und Zuckerrüben; das Verhältnis der 3 Gruppen zueinander war jedoch nicht unter allen Bedingungen konstant, »but very not only from strain to strain but also from locality to locality, and presumably also from year to year« (S. 56). Die Schwere der Symptome ist bei dem ungleichartigen Wachstumsverlauf nicht mit voller Sicherheit zu beurteilen. Die Feldbeobachtungen in den verschiedenen Jahren ergaben, daß bei gleichem Infektionsdruck die ersten kranken Pflanzen wohl zur gleichen Zeit auftreten, daß dann jedoch zunächst meist die Futterrüben stärker vergilbt scheinen. Dieses Bild kehrt sich im Spätsommer bzw. im Herbst in das Gegenteil um. Wie in Lagen schweren Befalls immer wieder festzustellen ist, verlieren vor allem in Dürreperioden die kranken Futterrüben schneller und auch wohl in größerem Umfang nekrotisch werdende Blätter als befallene Zuckerrüben und treiben deshalb auch zeitlich früher neu aus, so daß sie im Herbst gerade in den Hauptbefallsgebieten ein scheinbar gesünderes Aussehen und ein intensiveres Grün zeigen als die Zuckerrüben.

Nach Gewächshausinfektionen treten die ersten Befallssymptome in den eigenen Untersuchungen stets ziemlich gleichzeitig auf. Da die Infektionen vorwiegend an sehr jungen Pflanzen gemacht wurden und nach Befallseintritt gesunde Blätter kaum noch gebildet wurden, waren an solchen Pflanzen Unterschiede in der Schnelligkeit der Virusausbreitung nicht sicher zu erfassen. Der Infektionserfolg war in unseren Versuchen ebenfalls praktisch gleich groß. Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber der Virose sind demnach zwischen Futter- und Zuckerrüben nicht nachzuweisen.

Um festzustellen, ob Futter-, Gehalts- und Zuckerrüben bei gleich starker Infektion in unterschiedlichem Grade geschädigt werden, wurden 1948 aus

Tabelle 37
Mittlere Gewichte kranker (y) und gesunder (n) Rüben aus einem mittelschwer befallenen Feldbestand Versmold 1948

	Eckendorfer Gelbe		Ovana		Teutonia		Kleinwanzl. E		Kleinwanzl. C R	
	n	y	n	y	n	y	n	y	n	y
Rüben-gewicht in g	912	500	647	478	742	472	478	380	368	294
Rüben-gewicht, relativ ..	100	54,8	100	73,9	100	63,6	100	79,5	100	79,8
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes ..	13,9	12,54	17,43	16,40	14,19	13,12	24,40	24,06	26,49	26,42
Trockensubstanz, g/Rübe	126,7	68,7	112,7	78,4	105,4	62,0	116,5	91,4	97,2	77,6
Trockensubstanz, g/Rübe, relativ	100	54,2	100	69,6	100	58,8	100	78,6	100	79,8
Löslicher N, mg/g Frischgewicht ...	0,428	0,670	0,637	0,657	0,551	0,650	0,505	0,575	0,590	0,493
Löslicher N, mg/g Trockengewicht .	3,06	5,93	3,65	4,00	3,89	4,94	2,07	2,30	2,23	1,82
Gesamt-N, mg/g Frischgewicht ...	0,838	1,422	1,297	1,251	1,039	1,182	1,281	1,767	1,787	1,485
Gesamt-N, mg/g Trockengewicht .	6,02	11,30	7,45	7,65	7,34	8,99	5,27	7,85	6,75	5,62
Blattmenge g/Pflanze ...	124	94	137	93	210	168	175	170	242	181
Blattmenge g/Pflanze, relativ	100	75,8	100	67,9	100	79,8	100	97,6	100	74,8
Blattmenge in % des Gesamtertrages	11,95	15,80	17,45	16,35	22,07	26,19	26,82	30,90	39,75	38,18
Gesamtertrag in g	1036	594	784	572	952	640	653	550	610	475
Gesamtertrag, relativ ...	100	57,4	100	72,9	100	67,2	100	84,2	100	77,8

Mittelwerte aus je 80 Rüben.

einem Sortenversuch aus jeder Parzelle 20 gesunde und 20 befallene Rüben geerntet und untersucht. In Tab. 37 sind außer den Rüben- und Blattgewichten als Indikator der qualitativen Beeinflussung der Rüben durch das Virus die Gehaltszahlen für löslichen und nichtlöslichen Stickstoff der Rübe angegeben. Die Differenzen der N-Gehaltswerte entsprechen den Rübengewichtsdifferenzen und zeigen, daß die Futterrüben bei gleicher Infektionsstärke mengenmäßig und qualitativ schwerer betroffen werden als die Gehalts- und Zuckerrüben. Auch die beiden Zuckerrübenstämme dieses Versuches zeigen noch Unterschiede in der Empfindlichkeit.

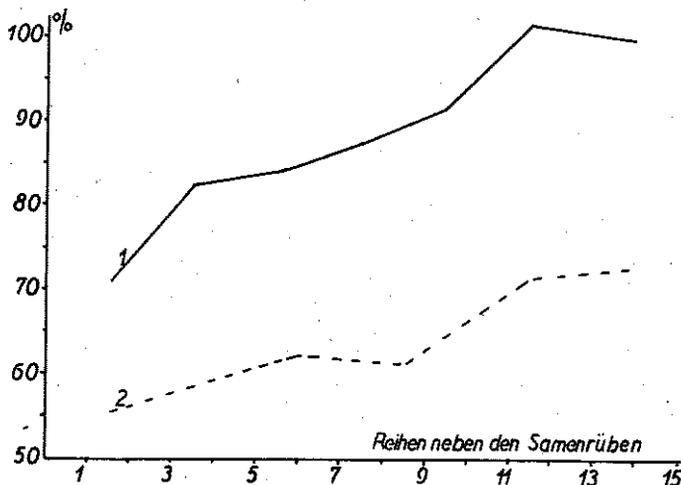


Abb. 22. Einfluß natürlicher Infektion auf das mittlere Rübengewicht in % der Vergleichsrüben, Elsdorf 1949. Sorten: Kleinwanzleben E und Futterrüben-Lischower.

1 = Zuckerrübe, 2 = Futterrübe.

Die stärkere Reaktion der Futterrübe gegenüber der Zuckerrübe ergab sich auch mit großer Klarheit aus Ertragsfeststellungen an beiden Varietäten auf dem Elsdorfer Versuchsfeld neben einer Reihe viruskranker Samenrüben. Die Kurve der Rübengewichte (Abb. 22) steigt mit zunehmender Entfernung von der Infektionsquelle bei den Zuckerrüben erheblich steiler an und erreicht in der 14. und 15. Reihe bereits den Wert, der für diejenigen Rüben gefunden worden war, die durch Überträgerbekämpfung vor Infektionen weitgehend geschützt worden waren, während die Futterrübe bei gleich starker Infektion erst etwa 70 % des Gewichtes der Kontrollpflanzen aufwies. Die gleichen Unterschiede in der Virusschädigung zwischen Futter- und Zuckerrüben ergaben sich bei künstlicher Feldinfektion. Hierbei verursachte auch die an anderer Stelle ausführlich dargelegte, weniger intensive Virusübertragung durch *Doralis fabae* bei der Futterrübe eine stärkere Wachstumshemmung als bei der Zuckerrübe (vgl. Tab. 10 und 11).

Bei Versuchen, in denen durch mehrmalige Überträgerbekämpfung Befallsunterschiede erzielt werden konnten, waren die Ertragsdifferenzen zwischen beiden Gruppen stets bei den Futterrüben größer als bei Zuckerrüben, wie eine Zusammenstellung der Vergleichswerte aller derartigen Versuche des Jahres 1951

vom Versuchsfeld in Münster zeigt (Tab. 38). Die größere Schädigung der Futterrübe im Vergleich zur Zuckerrübe unter gleichen Infektionsverhältnissen könnte auf einer stärkeren Besiedlung durch die Vektoren und damit auf einer intensiveren Infektion beruhen. Diese Erklärung wäre theoretisch auch noch möglich für den in Abb. 22 dargestellten Fall, da bei zunehmender Entfernung von den gleichzeitig als Virus- wie als Blattläusherd wirkenden Samenrüben die Futterrübe von den Überträgern bevorzugt angefliegen worden sein konnte. Doch ist diese Annahme durch exakte Feststellungen über eine bevorzugte Besiedlung der Futterrübe durch die Blattläuse oder eine erhöhte Vermehrungsquote der Überträger auf dieser Varietät bisher noch nicht endgültig gesichert (Sedlag, 1953). Dagegen zeigen die Feldversuche mit künstlicher Infektion, die größere Ertragsausfälle bei der Futterrübe ergaben, daß ein unmittelbarer echter Empfindlichkeitsunterschied bei den beiden Formen vorliegt.

Tabelle 38

Ertragsverluste bei Zucker- und Futterrüben durch stärkeren Vergilbungsbefall

Versuch Nr.	Zuckerrüben			Futterrüben		
	dz/ha		relativ	dz/ha		relativ
	U	B	B = 100	U	B	B = 100
1	264	385	68,6	418	660	63,4
2	306	372	82,2	465	674	69,1
3	314	405	77,5	392	524	75,0
4	397	515	77,0	695	852	81,5
5	335	510	65,6	265	575	46,1
Mittel d. Summe	323,2	437,4	73,9	447	657	68,03

U = Unbehandelt, B = 3 × mit 0,1 % Systox gespritzt.

Diese Folgerung schließt nicht aus, daß unter normalen Feldbedingungen die größeren Schäden bei der Futterrübe tatsächlich mehr oder weniger häufig durch eine stärkere Infektion entstehen. Die gewöhnlich im Vergleich zur Zuckerrübe spätere Aussaat, die meist geringere Zahl der Pflanzen je Flächeneinheit sowie der geringere Blattreichtum sind Faktoren, die, jeder für sich und viel mehr noch im Zusammenwirken, eine schütterere Bestandsform bedingen und damit die Voraussetzung für eine stärkere Infektion schaffen. Dieser sicher nicht selten zustandekommende stärkere Befall und die arteigene größere Empfindlichkeit addieren sich dann im Grad der Schäden.

Das unterschiedliche und spezifische Verhalten der Rübenvarietäten ist somit auf ihre besonderen morphologischen und physiologischen Eigenschaften zurückzuführen. Aus der Reihe abnehmender Schäden und steigender Anfälligkeit: Zuckerrübe, Gehaltsrübe und Futterrübe, ergibt sich eine Korrelation mit drei parallel gerichteten Faktoren: Zuckergehalt, Blattanteil und Wurzelentwicklung. Daß keine unmittelbare Korrelation zwischen Zuckergehalt und Schädigungsgrad besteht, zeigt sich am Verhalten der einzelnen Sorten innerhalb der Varietäten, besonders bei Gehalts- und Zuckerrüben. Dagegen ist eine unmittelbare Beziehung zwischen der Vergilbungsempfindlichkeit und den beiden anderen Eigenschaften sehr wahrscheinlich. Je größer das Blattsystem ist, um so weniger rasch kann es nach einer Infektion vom Virus ganz erfaßt werden, um so geringer beeinträchtigt die

Funktionsstörung eines Blattareals bestimmter Größe die Gesamtleistung, und um so größer ist der bei Befall verbleibende Assimilatüberschuß für Wurzel- bzw. Rübenwachstum und Blattregeneration. Die früher erwähnte experimentelle Verminderung der Blätter zeigt den weitgehenden Einfluß der Blattfläche auf das Wachstumsvermögen der viruskranken Rübe. Die große Empfindlichkeit junger und schlecht entwickelter Pflanzen gegen die Vergilbung und ihre starke Schädigung durch den Befall deuten auf die gleiche Ursache. Diese Korrelation von Anfälligkeit und Blattentwicklung, die sicher nicht die einzig bestehende und daher nicht die einzige Ursache eines spezifischen Anfälligkeitsgrades ist, scheint auch weitgehend für die einzelnen Sorten der 3 Rübenformen Geltung zu besitzen.

Tabelle 39

**Ertragsverluste durch Vergilbungsbefall bei verschiedenen Zuckerrübensorten
Versuchsfeld Münster 1951**

Relative Ertragswerte der unbehandelten Parzellen in % der Erträge der Kontrollflächen (dreimal mit Systox 0,1 % behandelt)

Typ	Sorte	Rüben- frischsubstanz	Rüben- trockensubstanz	Zucker	Blatt
Z	1	68,7	64,0	67,4	87,3
	2	69,8	64,0	56,1	83,2
	3	70,0	64,2	73,6	97,8
	Mittel	69,4	64,2	65,0	90,3
N	1	65,0	61,4	62,6	133,7
	2	66,2	66,0	66,3	87,2
	3	73,9	68,4	62,2	89,2
	4	71,0	66,0	59,5	79,3
	5	88,2	82,4	92,9	101,0
	Mittel	73,2	68,9	68,6	96,3
E	1	74,3	73,1	71,8	90,0
	2	79,0	72,2	68,8	116,1
	3	78,4	68,6	69,7	109,5
	4	78,4	75,6	73,2	84,7
	Mittel	77,5	72,3	70,8	99,0

Die artspezifische Wurzelentwicklung dürfte ebenfalls für die Schadensempfindlichkeit sehr wichtig sein. Die im Vergleich zur Zuckerrübe schwache und weniger tief reichende Bewurzelung der Futterrüben bewirkt eine größere Dürre- und Nährstoffmangelanfälligkeit, Eigenschaften, die bei Virusbefall besonders nachteilig sind. Die Dürreempfindlichkeit wird bei der Futterrübe nach dem Ergebnis der Transpirationsuntersuchungen noch zusätzlich durch die im Vergleich zur Zuckerrübe stärker hygromorphe Blattstruktur gesteigert. Die Virusempfindlichkeit der 3 Rübenvarietäten ist naturgemäß nicht einheitlich, da auch die verschiedenen Sorten sich mehr oder weniger unterscheiden können.

Die Sorten der Zuckerrüben sind sich morphologisch im allgemeinen sehr ähnlich. Die von Watson, M. A., Watson, D. J., und Hull (1946) auf ihr

Verhalten gegenüber der Vergilbungskrankheit geprüften Sorten, Stämme und Einzelpflanzen-Nachkommenschaften zeigten in der Empfindlichkeit oder Toleranz gegenüber der Virusinfektion (»in susceptibility or tolerance to virus infection«) nur geringe Unterschiede (»There was no material, which showed any promise of being veritable as basis for breeding resistant or immune varieties«) (S. 309).

Auch die in den eigenen Untersuchungen geprüften deutschen Zuckerrübensorten ließen im allgemeinen keine sicheren Empfindlichkeitsunterschiede erkennen. Wohl war der Ertragsausfall bei verschiedenen Sorten unter gleichen Wachstums- und Infektionsbedingungen sehr ungleich. Da jedoch das Verhältnis der Sorten zueinander im Grade der Schädigung von Versuch zu Versuch wechselte, scheinen solche Unterschiede wenigstens teilweise weniger Ausdruck einer sortenspezifischen Virusempfindlichkeit zu sein (»susceptibility«, Hull und Watson, 1947) als vielmehr Folgen der Wachstumseigenschaften der Sorten, die unter verschiedenen Anbauverhältnissen (Boden, Klima, Ernährung) einen ungleichartigen Entwicklungsablauf zu bewirken vermögen.

Als Beispiel für die ungleiche Reaktion der einzelnen Sorten seien die Ergebnisse eines Sortenversuchs aus dem Jahre 1951 (Tab. 39) wiedergegeben, in dem jeweils mehrere Sorten der drei Ertrags- und Zuckergehaltsgruppen in Vergleich standen. Während die E- und Z-Sorten in den Ertragsverlusten ziemlich einheitlich reagierten, wiesen die N-Sorten erhebliche Abweichungen auf. Diese Abweichungen variieren jedoch von Jahr zu Jahr. Errechnet man für die in den Jahren 1950—1952 durchgeführten Versuche das mehrjährige Mittel der Massenertragsverluste, so ergeben sich für die drei Zuchtrichtungen folgende Werte:

Durchschnittlicher mittlerer Ertragsverlust sämtlicher

E-Sorten = 25,4 %

N-Sorten = 22,6 %

Z-Sorten = 26,4 %

Die drei Zuchtrichtungen haben sich demnach gegenüber dem Vergilbungsbefall recht gleichmäßig verhalten.

Tabelle 40
Feldinfektion Elsdorf 1952

Behandlung	Kleinwanzlebener Polybeta			Kleinwanzlebener E		
	behandelt mit Systox	unbehandelt	künstl. infiziert	behandelt mit Systox	unbehandelt	künstl. infiziert
Rüben dz/ha	399	380	253	529	403	215
TS %	25,27	24,0	23,38	22,81	20,85	20,15
TS dz/ha	100,8	91,2	59,2	120,7	84,0	43,3
Saccharose % ...	18,12	16,42	14,95	16,5	13,98	12,17
Saccharose dz/ha..	72,35	62,40	37,80	87,25	56,37	26,19
Lösl. N mg/g Sacch.	4,84	6,70	9,94	4,89	7,55	9,56

TS = Trockensubstanz

In einem Feldinfektionsversuch des Jahres 1952 auf dem Elsdorfer Versuchsfeld reagierte eine der neuen polyploiden Sorten auf die frühe künstliche Infektion in Rüben-ertrag und Qualität wesentlich schwächer als eine E-Sorte des deutschen Sortiments (Tab. 40). Bei schwächstem Befallsgrad, der sich ertragsmäßig gar

nicht auswirkte, übertraf die E-Sorte die polyploide an Rüben- und Zuckerertrag; nach künstlicher Infektion war die letztere jedoch der Vergleichssorte beträchtlich überlegen. Die geringere Schädigungsanfälligkeit zeigte die polyploide Sorte noch in zwei weiteren Versuchen unter schwerer natürlicher Infektion. Ob diesen Sorten eine erhöhte Anbauwürdigkeit in schweren Befallslagen zukommt, hängt von der Konstanz der Anfälligkeitsgrade ab und kann deswegen nur durch mehrjährigen Vergleich erwiesen werden.

Aus den letztgenannten Versuchen ist zu folgern, daß auch genotypische Anfälligkeitsunterschiede bestehen und daher eine Züchtung auf geringe Virusempfindlichkeit möglich ist. Arbeiten dieser Art sind bereits an mehreren Stellen mit guten Erfolgen aufgenommen worden. Von Seiten der Züchtung konnten bereits vergilbungstolerante Sorten für die nahe Zukunft in Aussicht gestellt werden (Schlösser, 1952).

Bei Futterrübensorten, die sich in ihren Wuchseigenschaften wesentlich stärker, als es bei Zuckerrüben der Fall ist, voneinander unterscheiden, waren unter gleichen Befallsbedingungen die Unterschiede in der Schädigung noch erheblich größer und ebenfalls in den einzelnen Versuchen nicht gleichartig. Wegen dieser Inkonstanz, die vermutlich auf die sehr verschiedenen Ansprüche der einzelnen Sorten hinsichtlich Bodenbeschaffenheit, insbesondere Wasserhaushalt des Bodens und Ernährung, beruht, ist es sehr schwer, zu einer sicheren Beurteilung der einzelnen Sorten zu kommen, zumal mit einer sehr weitgehenden Heterogenität auch innerhalb der bestehenden Sorten gerechnet werden muß.

Die Gehaltsrüben, die sich von den Massentrüben durch eine stärkere Beblätterung und durch ein tiefer reichendes Wurzelsystem unterscheiden, erwiesen sich in den mehrjährigen Versuchen bei ziemlich großen Abweichungen im einzelnen jedoch im ganzen als weniger empfindlich gegen den Vergilbungsbefall (vgl. Tab. 37). Die größere Ertragssicherheit der Gehaltsrüben bei epidemischem Auftreten der Vergilbung ist auch der Praxis schon vielfach aufgefallen und hat in einer großen Zahl von Betrieben zu einem vermehrten Anbau dieser Sorten geführt.

VIII. Die Bekämpfung der Vergilbungskrankheit

Eine Minderung der durch das Vergilbungsvirus verursachten Ertragsschäden ist auf verschiedene Weise möglich:

1. durch hygienische Maßnahmen zur Verhinderung der Infektionsgefahr,
2. durch Kulturmaßnahmen, zur Abschwächung des Befalls,
3. durch Bekämpfung der Virusüberträger mit chemischen Mitteln im Rübenfeld.

In Anbetracht der Tatsache, daß in letzter Zeit bereits mehrere zusammenfassende Darstellungen allgemeiner Art über diese Möglichkeiten erschienen sind (Hull, 1951; Ernould, 1951; Hartsuijker, 1952), soll auf eine erneute grundsätzliche Erörterung dieser Dinge verzichtet werden. Wir beschränken uns auf Darstellung und Diskussion unserer eigenen Erfahrungen zu den einzelnen Punkten.

1. Hygienische Maßnahmen

Infolge der Vielzahl von Möglichkeiten für die Überwinterung des Vergilbungsvirus, insbesondere in den wintermilden Klimabezirken, erscheint eine restlose

Ausmerzungen der Virusquellen praktisch nicht möglich. Es muß jedoch gefordert werden, wenigstens die Massenansammlung von Viruswirtspflanzen in Rübenanbaugebieten des bedrohten Raumes nach Möglichkeit zu vermeiden.

a) Futterrübenmieten

Die große Bedeutung der Futterrübenmieten für den Infektionszyklus der Virose ist nach den Arbeiten aus fast allen westeuropäischen Ländern nicht mehr zu übersehen. Nicht allein, daß in ihnen viruskranke Rüben in großer Zahl den Winter überstehen, sondern auch die hier häufig vorkommende Überwinterung einiger Blattlausarten, welche die Virose übertragen können, macht ihre Anwesenheit und das Vorhandensein ihrer Reste im Frühjahr und Frühsummer zu einer ständigen Gefahr für die benachbarten Rübenfelder. Die Blattlausüberwinterung in Mieten wurde mindestens bis zur Weser häufig beobachtet (Martini, 1953); allerdings konnte die verseuchende Wirkung der Futterrübenmieten auch unabhängig von ihrer Besiedlung mit Blattläusen je nach der Flugstärke der Migranten im Frühjahr festgestellt werden. Da sie also auch ohne Blattlausbesatz zu einer Gefahr für die Umgebung werden und zudem eine Bekämpfung mit Insektiziden die Mietenverlausung nach den Versuchen von Hartsuijker (1952) bisher nur unvollkommen zu beseitigen vermag, empfiehlt sich als einzige erfolgreiche Maßnahme die restlose Ausräumung und Bereinigung der Mietenplätze vor Beginn des Blattlausfluges im Frühjahr. Mehrjährige, auf den seeländischen Inseln Tingemeeten und Goeree-Overflakkee durchgeführte holländische Großversuche zeigten in schwächerer Infektionslage einen recht befriedigenden Erfolg dieser Maßnahme (Hijner, 1951). Ob sich der Erfolg in dieser überzeugenden Form auch in den weitaus schwereren Befallslagen des Rheinlandes und Westfalens einstellen würde, erscheint noch ungewiß, weil die meßbare Wirkung der Mietenbereinigung natürlich weitgehend davon abhängig ist, ein wie großer Anteil aller Frühinfektionen in einem Gebiet auf die Mieten als Infektionsquellen zurückzuführen ist.

b) Samenrüben

Die schon frühzeitig erkannte Gefahr des Samenrübenbaues für die Erträge der Rübenfelder in ihrer Nachbarschaft ist in vielen Ländern genauer untersucht worden. Dabei hat sich ganz allgemein gezeigt, daß in den Befallszentren verschiedener Länder durch eine Unterbindung des Samenrübenbaues keine wesentliche Besserung des allgemeinen Gesundheitszustandes der Rübenfelder, abgesehen von ihrer unmittelbaren Nachbarschaft, erzielt werden konnte. Hier stellen demnach die Samenrübenkulturen einen zu geringen Anteil am gesamten Überwinterungspotential des Vergilbungsvirus, so daß ihre Entfernung oder ihre Sanierung das großräumige epidemische Auftreten der Seuche in schweren Befallsjahren kaum entscheidend beeinflussen könnte. Je schwächer der allgemeine Infektionsdruck in einem Bezirk ist, um so deutlicher wird der Einfluß viruskranker Samenträger auf Aussehen und Erträge der benachbarten Rübenfelder, wie nicht nur unsere eigenen Untersuchungen, sondern auch die Erfahrungen anderer, bisher noch weniger stark betroffener Länder beweisen (Björling, 1949, Hansen, 1950, Drachovská-Šimanová, 1952, Wenzl, 1953). Hiernach beträgt die Einflußzone eines verseuchten Samenrübenbestandes mindestens 300 m bis mehrere km. Die Ertragsverluste steigen erheblich an, je näher man der Infektionsquelle kommt (Steudel und Heiling, 1952, Heiling, 1953). Hinzukommt die vielfach übliche Gewohnheit, die Stecklinge für den

Samenbau des kommenden Jahres unmittelbar neben die Samenrüben zu stellen. Durch mehrjährige Wiederholung dieses Verfahrens nimmt die Verseuchung der Samenbestände von Jahr zu Jahr meist zu und die Gefahr für die Nachbarschaft wird größer. Wir konnten anlässlich unserer Studien über die Verbreitung der Krankheit in Westdeutschland beobachten, wie in zunächst befallsarmen Gebieten auf diese Weise bei Aufnahme des Samenbaues eng umgrenzte Bezirke stärkeren Befallsgrades entstanden. Deshalb ist gerade dort die Anwendung von Vorsichtsmaßnahmen unvermeidlich, will man das Auftreten der Seuche nicht geradezu fördern und die Erträge des Samenbaues befriedigend gestalten.

Obwohl aus Rentabilitäts- und pflanzenhygienischen Gründen der Samenrübenbau im nordwestdeutschen Befallszentrum (Rheinland-Westfalen) seit einigen Jahren bis auf wenige Ausnahmen zum Erliegen gekommen ist, seien hier einige Versuche angeführt, die deutlich beweisen, daß es auch in diesem stark gefährdeten Gebiet möglich ist, Samenrübenbau ohne Gefahr für den benachbarten Rübenbau durchzuführen, wenn man die Stecklinge in Lagen mit erheblich geringerem Infektionsdruck heranzieht. Als solche diente die Eifel, wo die Krankheit zwar Jahr für Jahr in mehr oder weniger starker Form, doch überwiegend schwächer als im Rheinland zu beobachten ist.

Tabelle 41
Vergilbungskrankheit (prozentualer Befall) Ende August

Jahr	Rheintal	Hocheifel
1948	11,0 — 100 %	0,4 — 8,2 %
1949	20,0 — 100 %	3,0 — 75,5 %
1950	4,0 — 100 %	1,3 — 10,2 %

Im Verlauf der Jahre 1948—1951 wurden in Blankenheim/Eifel (500 m Seehöhe) regelmäßig versuchsweise Stecklinge feldmäßig angebaut, die im Herbst geerntet und in Euskirchen/Rheinland eingemietet wurden. Hier, am Rande der Köln-Aachener Bucht, wurden sie im zweiten Anbaujahr als Samenträger ausgepflanzt. Im Gegensatz zu den gleichzeitig in der Ebene herangezogenen Stecklingen, die regelmäßig stark mit Vergilbung und Mosaik verseucht waren, ergaben die vergleichenden Bonitierungen an den Samenträgern aus der Eifelherkunft nur sehr wenige Infektionen, im Juni durchweg unter 1 %. In manchen Jahren konnte Stecklingsbefall mit Mosaik überhaupt nicht festgestellt werden. Sofern die Witterungsumstände günstig waren (frühe Aussaat, wenig Sommertrockenheit), wurden auch erhebliche Unterschiede in der Wachsfreudigkeit beobachtet, wie z. B. im Jahre 1950, wobei die Eifelstecklinge am besten abschnitten; sie brachten auch die höchsten Samenerträge (vgl. Tab. 26 u. Abb. 20). Ihr guter Gesundheitszustand zeigte sich ferner in einer erheblich geringeren Gefährdung der benachbarten Zucker- und Futterrüben. So standen im Jahre 1950 unmittelbar an einem Samenrübenschlach aus der Eifelherkunft angrenzend Zuckerrüben, während 1 km abseits neben Samenrüben Euskirchener Herkunft (schwer verseucht) ebenfalls Zuckerrüben angebaut waren. Beide Schläge wurden vergleichend auf Erträge untersucht. Neben den Samenrüben der Euskirchener Herkunft zeigten die Zuckerrüben frühzeitig und in großer Ausdehnung schwere Symptome, wogegen an den Rüben neben den Samenrüben aus der Eifelherkunft keine stärkeren Virussympptome festzustellen waren, als

dem allgemeinen Durchschnitt entsprach. Die Ertragskontrollen zeigten deutlich eine abnehmende Tendenz der Erträge mit Annäherung an den verseuchten Samenrübenslag, während die Erträge der Rüben neben den Eifeler Samen-trägern praktisch über das ganze Feld hin gleich hoch lagen (Tabelle 42).

Tabelle 42
**Vergleich der Ernteergebnisse von Zuckerrüben neben Samenträgern
 verschiedener Herkunft (Euskirchen 1950)**
 (Mittel aus 4 Probeernten je 25 qm)

Ort der Proben	Rübe dz/ha	Blatt dz/ha	Pol. %	Zucker dz/ha	Erntetermin
a) Rüben neben Eifeler Samenrüben					
neben Samenrüben	440	516	15,4	67,7	26. 9. 50
Feldmitte	432	504	15,0	65,0	
abseitiger Feldrand	431	501	14,8	63,9	
b) Rüben neben Euskirchener Samenrüben					
neben Samenrüben	284	163	12,4	34,9	30. 10. 50
Feldmitte	336	215	12,7	42,6	
abseitiger Feldrand	439	273	14,0	61,3	

Wenn auch die Erträge nicht direkt miteinander verglichen werden können, weil Vorfrucht und Erntetermin nicht übereinstimmen — auch trat in Versuch Nr. 2 etwas *Cercospora* auf —, so zeigt doch die in beiden Fällen so verschiedene Tendenz der Ernten mit Annäherung an den Samenträgerbestand den vergleichsweise großen wirtschaftlichen Wert der Stecklingsanzucht in virusfreien Gebieten. In diesem Falle, unter den schweren Befallsbedingungen des Rheinlandes, wurden die Stecklinge in 500 m Seehöhe in der Eifel herangezogen und auf diese Weise extreme Unterschiede erreicht. In schwächeren Befallslagen dürfte nach den bisherigen Erfahrungen auch eine weniger weite räumliche Trennung des Stecklingsanbaus von den Samenrüben oder den Fabrikrüben gleich günstige Resultate ergeben. Das Prinzip erscheint durch unsere Erfahrungen für den westdeutschen Raum bewiesen, während die Entscheidung, wie weit die Kulturen voneinander getrennt zu halten sind, in den einzelnen Anbaugebieten nur durch mehrjährige eigene Untersuchungen gefällt werden kann, weil die epidemiologischen Befallsbedingungen von Raum zu Raum wechseln.

c) Winter- und Samenspinat

Eine weitere, in manchen Gebieten wichtige Großkultur von Virus-Winterwirten ist der Winter- und Wintersamenspinat. Insbesondere im Rheintal nördlich Bonn, im Vorgebirge und z. T. in der Neuß-Krefelder Gegend werden ausgedehnte Winterspinatkulturen angebaut, die in Jahren mit entsprechend günstiger Herbstwitterung beachtliche Virusschäden zeigen. Nach unseren Beobachtungen traten im Rheinland Virusschäden an Spinat in folgendem Umfang auf:

- 1947 schwere Schäden
- 1948 mittlere Schäden
- 1949 sehr schwere Schäden
- 1950 mittlere Schäden
- 1951 leichte Schäden
- 1952 sehr leichte Schäden

Wenngleich das Ausmaß der unmittelbaren Ertragsschäden an Spinat sich nicht immer in wirtschaftlich spürbarem Ausmaß bemerkbar macht, so bedeuten diese Kulturen insofern eine Gefahr, als sie die Infektionskette schließen können, wenn sie bis zum Beginn des Frühjahrsfluges der Überträger im Feld stehenbleiben. Außerdem besteht nach den Ergebnissen von Haine (1950) in sehr milden Wintern die Gefahr einer Überwinterung von *Myzodes persicae* in diesen Kulturen und demzufolge auch die Möglichkeit des frühzeitigen Auftretens von infektiösen Geflügelten, besonders dann, wenn es sich bei Wintersanfang um schon kräftig entwickelte Bestände handelt. Gradation der Virusüberträger und dementsprechend Epidemiologie des Vergilbungsvirus entsprechen weitgehend den Erfahrungen, die bei der Untersuchung der Herbstgradation von *Myzodes persicae* an *Brassica*-Arten im Verlauf mehrerer Jahre gewonnen werden konnten (Steudel, 1952). Je später im Herbst ein Bestand gedrillt wird, um so geringer wird die mittlere Populationsdichte an den Pflanzen und die Virusverseuchung nimmt ab. In mehrjährigen Aussaatzeitversuchen konnte festgestellt werden, daß nach dem Zusammenbruch des herbstlichen Blattlausfluges auflaufende Spinatparzellen praktisch virusfrei blieben, wofür als Beispiel die Zahlen des Jahres 1949, eines schweren Befallsjahres, mitgeteilt seien (Tabelle 43).

Tabelle 43
Spinataussaatzeitversuch Elsdorf Herbst 1949

Aussaat	Auflauf	Besiedlung durch <i>M. p.</i>		viruskranke Pflanzen in % am 19. 3. 50
		Höchstwert je 100 Blatt	am	
22. 8.	29. 8.	43	12. 12.	100
2. 9.	19. 9.	14	9. 1.	95,4
21. 9.	6. 10.	4	20. 10.	91,2
19. 10.	19. 11.	0	—	0

Die Besiedlung durch *Doralis fabae* war so sporadisch, daß Mittelwerte nicht zu bilden waren, wie überhaupt im Herbst *Myzodes persicae* am Spinat zu dominieren scheint. Nur die letzte Aussaat, die allerdings auch erst nach Mitte November zu einer Zeit auflief, als der Blattlausflug praktisch beendet war, blieb in diesem Versuch virusfrei. Hieraus ist ersichtlich, wie stark die Flugtätigkeit der Überträger das Auftreten der Virose in den herbstlichen Spinatkulturen beeinflußt. Extreme Unterschiede in dieser Hinsicht zeigen die beiden Jahre 1949 und 1952; der Verlauf der Herbstgradation von *Myzodes persicae* an Wirsing (*Brassica oleracea* var. *sabauda*) ist in Abb. 23 für beide Jahre vergleichend dargestellt.

Die Gefahr schwerer Verseuchung steigt an, je früher die Besiedlung der Kulturen in Gang kommt, nicht nur deshalb, weil dann die mittlere Besiedlungshöhe größer wird, sondern, weil auch früher und mehr geflügelte Virginogenien im Herbst noch entstehen können, die bei günstiger Witterung für eine weitere Verbreitung sorgen. Dies war 1949 in besonders großem Umfang der Fall (vgl. die Witterungsdaten in Abb. 23), während 1952 infolge der außerordentlich ungünstigen Verhältnisse die Blattlausgradation praktisch ausblieb. In den übrigen

Jahren kam die Besiedlung im allgemeinen später in Gang und führte bei geringeren Maxima erst dann, zu erheblicher Ausbildung von Geflügelten, als die Wetterbedingungen einen Flug in nennenswertem Umfang praktisch nicht mehr erlaubten.

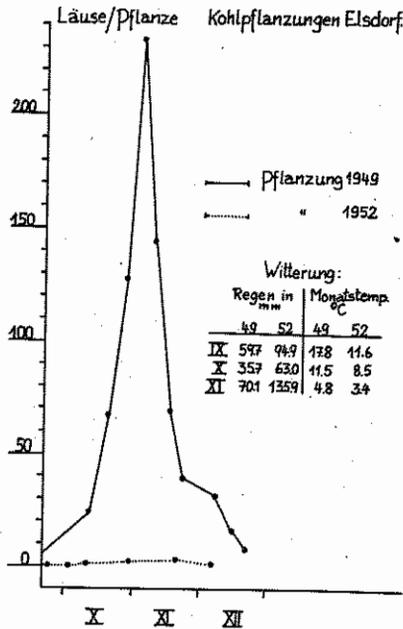


Abb. 23. Vergleich des Verlaufs der Herbstgradation von *Myzodes persicae* an Wirsing gleicher Saatzeit in den Jahren 1949 und 1952, Elsdorf.

Im allgemeinen ist damit zu rechnen, daß Winterspinat, der nach Mitte Oktober aufläuft, keiner nennenswerten Infektionsgefahr auch in ziemlich schweren Befallsjahren ausgesetzt ist und demnach im Frühjahr saftig grüne Bestände bildet. Für den zünftigen Spinatanbau der ausgesprochenen Gemüsegebiete liegt dieser Termin allerdings zu spät, da der Spinat nicht früh genug im kommenden Jahr geerntet werden kann. Für herbstgedrillte Samenspinatbestände ist jedoch wenigstens bei uns kein früherer Saattermin zu empfehlen, weil diese Kulturen erst im Juli das Feld räumen und dementsprechend sich eine im Herbst erfolgte Infektion viel schädlicher auf die Umgebung auswirken kann.

2. Kulturmaßnahmen

Aus den Beziehungen, die zwischen dem Wachstumsstand der Rüben und der Stärke ihrer Besiedlung durch die virusübertragenden Blattläuse bestehen, und aus der weitreichenden Abhängigkeit des Schadens vom Entwicklungsgrad der Pflanzen ergibt sich eine zweifache Möglichkeit, die Vergilbungskrankheit durch Kulturmaßnahmen zu bekämpfen: einmal den Umfang der Besiedlung durch die Vektoren und damit die Häufigkeit der Infektion herabzusetzen, zum anderen

die Auswirkung des Befalls auf den Ertrag einzuschränken. Die früher dargelegte Art dieser Beziehungen führt zu völlig gleichlautenden Folgerungen für den Anbau: ein möglichst rasches Schließen der Bestände und eine möglichst weit fortgeschrittene Entwicklung der Einzelpflanzen zu erzielen. Diese beiden Ziele sind im wesentlichen anbautechnisch durch Beeinflussung der Frühentwicklung und Wahl der Bestandsdichte zu erreichen.

Der für den Schädigungsgrad entscheidende Entwicklungszustand der Einzelpflanze beim Infektionstermin und ebenso der epidemiologisch wichtige Zeitpunkt des Bestandesschlusses werden hauptsächlich von dem Aussaattermin bestimmt. Damit wird die Frühsaat eine der wesentlichsten vorbeugenden Bekämpfungsmaßnahmen. Aus den Ergebnissen der Aussaatzeit-Versuche (Abb. 21) geht hervor, daß hierdurch in mittlerer Befallslage der Ertragsausfall infolge stark reduzierten Befalls nahezu vollständig ausgeschlossen werden kann, daß aber auch unter schweren Infektionsbedingungen die Vergilbungsschäden dank der geringeren Empfindlichkeit der Pflanze gemildert und den Verlusten, die durch eine mittelmäßige Infektion bei mittelfrüher Saat entstehen, angeglichen werden können. Die graphische Wiedergabe dieser Versuche läßt aber weiterhin deutlich erkennen, daß das zu erreichende Ziel, eine möglichst an den Normalertrag heranreichende Ernte durch die Frühsaat allein um so weniger erreicht werden kann, je schwerer die Befallslage ist (Birkhof, Münster).

Aus den Ursachen der Eignung der Frühsaat zur vorbeugenden Krankheitsbekämpfung ergibt sich, daß gute und schnelle Keimung sowie ungestörtes Keimpflanzenwachstum Voraussetzungen für die Wirksamkeit der Frühsaat gegen die Vergilbung sind, die damit auch die Grenzen für die Vorverlegung des Drillens setzen. Aus diesen Voraussetzungen heraus werden dann aber auch alle jene Maßnahmen der Bodenbearbeitung, die zur Schaffung der Bedingungen für eine optimale Jugendentwicklung beitragen, zu solchen der vorbeugenden Bekämpfung. In dieser Hinsicht gewinnt in den Virusbefallsgebieten auch die Frage der Winter- oder Frühjahrsfurche, die sicher nur jeweils für eine bestimmte Bodenart beantwortbar ist, eine besondere Bedeutung. Der sehr leichte Sandboden des Versuchsfeldes in Münster bot Gelegenheit zu mehrjährigen Beobachtungen über den Wert einer genügend festen Bodenstruktur für die Keimpflanzenentwicklung. Auf den schweren tonigen Böden des südlichen Münsterlandes kann die Bodenverkrustung schwerste Vergilbungsschäden zur Folge haben. Verzögerungen des Frühwachstums, die unter normalen Verhältnissen leicht wieder aufgeholt werden, können in den Seuchengebieten der Vergilbungs Krankheit durch die Steigerung der Empfindlichkeit gegen die Virose Ertragsverluste großen Ausmaßes hervorrufen. Aus diesem Grunde sind in Gebieten, in denen mit Vergilbungsbefall zu rechnen ist, auch Verwendung gebeizten Saatgutes zur Abwehr pilzlicher Parasiten und rasche Bekämpfung tierischer Schädlinge, wie Moosknöpfkäfer und Erdflöhe, an den jungen Rüben besonders wichtig.

Anläßlich eines Feldversuches in einem landwirtschaftlichen Betrieb (Kreis Beckum) konnte 1950 festgestellt werden, daß Rüben aus Monogermersaatgut weniger schwere Vergilbungsschäden zeigten und dementsprechend höhere Erträge lieferten als der am gleichen Tag (Mitte April) gedrillte Rübenbestand desselben Schlages aus normalem Saatgut. Daraufhin durchgeführte Versuche brachten keine eindeutigen positiven Ergebnisse, da unter den Bodenverhältnissen der Versuchsflächen die mit einkeimigem Saatgut bestellten Parzellen kein besseres Wachstum, zum Teil sogar einen lückigeren Bestand aufwiesen als

die Kontrollparzellen. Doch kann kaum daran gezweifelt werden, daß auf dafür geeigneten Böden auch die Verwendung von Monogermsaat, soweit eine raschere Pflanzenentwicklung erreicht wird, in Vergilbungslagen von Vorteil ist.

Auf die Bedeutung der termingerechten Ausführung der Hackarbeiten und des Vereinzeln weist die schon mitgeteilte Feststellung (Tab. 5) hin, daß nach Beginn der Überträgerverbreitung diese Arbeiten eine erhebliche Zunahme der Blattlausbesiedlung zur Folge haben. Voraussetzung der im Hinblick auf verminderte Infektionsempfindlichkeit anzustrebenden schnellen Frühentwicklung der Rüben ist weiterhin ein genügender Nährstoffgehalt des Bodens. Bei dem geringen Aufnahmevermögen der noch schwachbewurzelten jungen Rübe ist hierbei nicht nur die Menge wichtig, sondern ebenso sehr, daß diese Stoffe in leicht löslicher, pflanzenaufnehmbarer Form vorliegen. Das gilt insbesondere für die Phosphorsäure, die für die Jugendentwicklung der Rübe von hoher Bedeutung ist (Lüdecke, 1953).

Ein intensiv wirkendes Mittel zur Beschleunigung des Wachstums, insbesondere zur Förderung einer üppigen und raschen Blattentwicklung, ist dem Anbauer in der Stickstoffdüngung gegeben. Gerade die letztgenannte Wirkung dieses Nährstoffs hat, wie nachgewiesen wurde, für das Verhalten der Rübe bei Befall durch die Vergilbungskrankheit in zweifacher Weise große Bedeutung, da der Umfang des Blattsystems sowohl die Größe der Initialschädigung durch die Infektion als auch die epidemiologisch bedeutsame Bestandsdichte weitgehend bestimmt. Da eine einseitige und überschüssige Stickstoffdüngung sich aus Rücksicht auf die Rübenbeschaffenheit verbietet, gibt die Verabfolgung der vollen Gabe vor der Aussaat die Möglichkeit, die spezifische Nährstoffwirkung vorbeugend gegen die Vergilbungskrankheit einsetzen zu können, ohne eine Depression des Zuckergehaltes und eine Steigerung des N-Gehaltes der Rübe zu erhalten. Bei langsam und nachhaltig wirkenden Düngemittelformen (z. B. Kalkstickstoff) ist eine entsprechend frühzeitige Anwendung erforderlich. Wie der in Tab. 32 wiedergegebene Düngungsversuch zeigt, sollte bei der Wahl der Stickstoffform der mikrobiologische Bodenzustand berücksichtigt werden. Auf eine Anreicherung des Bodens mit Stickstoff in einer besonders vorteilhaften Form ist die oft beobachtete günstige Auswirkung einer Leguminosen-Gründüngung (Hirschfeld, 1952) zurückzuführen. In dem Sortenversuch auf dem Versuchsfeld in Münster (Tab. 44) bewirkte der vorjährige stärkere Serradellabestand einer der drei Versuchsteile, auf dem keine Überträgerbekämpfung durchgeführt wurde, trotz sehr später Aussaat (30. 4.) und starker natürlicher Infektion Rübenmehrerträge gegenüber den einmal bzw. dreimal mit Systox behandelten Teilen.

Eine für die ganze Vegetationszeit in notwendigem Maße vorhaltende, ausreichende Versorgung des Bodens mit allen Nährstoffen einschließlich der Spurenelemente ist bei Vergilbungsbefall zur Ertragssteigerung deswegen so bedeutungsvoll, weil nicht nur jede frühe Wachstumsstockung Ursache stärkerer Besiedlung durch die Vektoren und erhöhter Infektionsempfindlichkeit ist, sondern weil auch jede Wachstumserschwerung nach der Infektion den für die Ertragsleistung der infizierten Pflanzen entscheidenden Erholungsvorgang hemmt.

Die zweite wichtige Anbaumaßnahme zur vorbeugenden Bekämpfung der Vergilbungskrankheit, die Schaffung einer ausreichenden Bestandesdichte, hat hauptsächlich als epidemiologischer Faktor eine Bedeutung (vgl. Tab. 26). Die größere Pflanzenzahl auf der Flächeneinheit bietet bei Vergilbungsbefall auch

Tabelle 44

Ertrag von Zucker-Gehalts- und Futterrübensorten bei leichtem, mittlerem und schwerem Vergilbungsbefall, Versuchsfeld Münster 1953

Stand der Gründung (Serradella Herbst 1952)	sehr üppig		schwach					
	unbehandelt		3-mal Systox je 800 g/ha			1-mal Systox je 800 g/ha		
Behandlung	Rüben dz/ha	Blatt in % d. Σ-Ertrages	Rüben		Blatt in % d. Σ-Ertrages	Rüben		Blatt in % d. Σ-Ertrages
			dz/ha	relativ U = 100		dz/ha	relativ U = 100	
Zuckerrüben								
Typ E	384	49,10	347	90,3	50,50	300	78,3	54,22
Typ N	406	52,70	366	90,1	49,70	324	79,8	54,20
Typ Z	335	52,60	333	99,6	48,00	295	88,2	52,70
polyploide Sorte	402	50,95	378	94,0	51,20	306	76,1	56,80
Zucht-Stamm 1	350	50,90	350	100	46,30	282	80,6	51,45
Zucht-Stamm 2	366	58,70	400	109,0	55,00	308	84,1	61,45
Sorte für Fütterungszwecke	428	45,30	465	108,4	46,30	377	88,0	50,90
Mittel	382	51,46	377	98,8	49,57	313	82,0	54,53
Futter-(Gehalts-)Rüben								
Versuch Nr. 3	769	23,70	662	86,2	25,70	558	72,6	28,45
6	718	21,20	714	99,4	21,23	572	79,6	26,70
9	560	29,42	574	102,5	25,92	534	95,4	30,70
12	796	19,75	796	100	21,45	554	69,6	26,52
Mittel	711	23,52	686	96,5	23,58	554	77,9	28,09
Futter-(Massen-)Rüben								
Versuch Nr. 4	724	18,04	603	83,2	25,40	557	76,9	22,51
10	861	19,90	794	92,4	20,62	620	72,0	24,81
1	930	15,40	717	77,0	19,61	615	66,0	21,31
16	785	27,00	694	88,4	26,52	514	65,6	32,11
15	1 018	18,15	918	90,2	21,40	668	65,6	25,11
13	825	23,65	777	94,2	26,53	526	63,8	26,53
7	1 168	16,97	886	76,0	21,21	728	62,4	23,56
Mittel	902	19,87	770	85,4	23,04	604	67,0	25,13

Aussaat: 30. 4. Ernte: 15. 10. Σ-Ertrag = Gesamtertrag.

Düngung: Rein-Nährstoffe in kg/ha: N = 100, K₂O = 200; P₂O₅ = 72.

dadurch schon eine verstärkte Ertragssicherung, weil die virusbedingte schwächere Ausbildung der Einzelrübe wenigstens teilweise durch die größere Zahl kompensiert wird. Als weitere, besonders auf die dürreempfindlichen, vergilbungs-kranken Pflanzen mit ihrem schwächer entwickelten Wurzelsystem sich günstig auswirkende Folge eines dichten, frühschließenden Bestandes muß die bessere, eine Austrocknung des Bodens erschwerende Beschattung angesehen werden. Aus

früheren Erfahrungen ergibt sich der Schluß, daß zur vorbeugenden Vergilbungsbekämpfung eine Zahl von mindestens 80000 Rüben je ha anzustreben ist. Neben der Zahl der Pflanzen auf der Flächeneinheit im allgemeinen könnte auch der Reihentfernung eine Bedeutung für den Vergilbungseffekt zukommen. Im Futterrübenbau des westfälischen Hauptbefallsgebietes wurde nach den schweren Ertragsausfällen des Jahres 1945 empirisch diese Maßnahme vielfach ergriffen, und seitdem hat der Reihenabstand von 40—42 cm in weitem Umfang den früher allgemein üblichen von 50 cm verdrängt. Erstmals 1953 durchgeführte Versuche in dieser Richtung blieben ohne Ergebnis, da unter den sehr günstigen Wachstumsbedingungen und bei der allenthalben außergewöhnlich frühen Aussaat der Rüben zeitliche Unterschiede im Schließen der Bestände zwischen den beiden Reihentfernungen nicht auftraten.

3. Überträgerbekämpfung

Die Versuche zur Bekämpfung der Vergilbungskrankheit durch Abtötung der Überträger mit chemischen Mitteln wurden schon im Jahre 1947 mit den jeweils verfügbaren Präparaten begonnen und seitdem regelmäßig weitergeführt. Zunächst erschien die Anwendung der Phosphorsäureester am vorteilhaftesten, weil diese leicht in das Pflanzengewebe eindringen können und deshalb bei der Notwendigkeit einer Oberflächenbehandlung günstigere Ergebnisse zu erwarten waren als mit anderen Präparaten. Als im Jahre 1950 auf der von Schrader (1952) entwickelten Grundlage hergestellte, innertherapeutisch wirksame Insektizide zur Untersuchung gelangten, wurden auch diese in das Versuchsprogramm einbezogen und vordringlich bearbeitet. Eine Gesamtdarstellung aller in dieser Richtung durchgeführten Versuche ist aus Rummangel nicht möglich. Es seien daher die vieljährigen Erfahrungen, soweit sie den Erfolg der Bekämpfungsarbeiten gegen die Vergilbungskrankheit betreffen, zusammenfassend dargestellt.

a) Wirkung auf die Blattlausgradation

Bei entsprechenden Aufwandmengen (z. B. 400—800 ccm Systox je ha in ca. 400 l Wasser, ebenso bei E 605 forte) ist der unmittelbare Abtötungserfolg im Anschluß an die Spritzung gut. Wir haben beobachtet, daß bei Anwendung dieser Mengen der insektizide Erfolg der Maßnahmen im Hochsommer bei den dann relativ weit entwickelten Rüben (fast geschlossene Bestände) besser und vollständiger war als im Frühjahr (Mai). Ob dies an den im Frühjahr meist noch geringeren Temperaturen liegt oder ob sich in den geschlossenen Beständen des Sommers leichter und schneller eine mit dem Wirkstoff des Präparates angereicherte Bestandesatmosphäre bilden kann, die den raschen und vollständigen Erfolg verursacht, ist heute noch nicht geklärt. Im Jahre 1952 wurden in einem Feldversuch auch bei Anwendung von 400 ccm Systox in nur 250 l Wasser je ha befriedigende Abtötungserfolge erzielt (Abb. 24). Vergleichende Versuche ergaben unter den Gradationsbedingungen des Jahres 1950 eine länger anhaltende Dauerwirkung des Systox gegenüber dem E 605 forte (Stuedel, 1952), so daß ab 1951 die Hauptversuche ausschließlich mit Systox weitergeführt wurden. Die seit 1950 mit diesem Mittel durchgeführten Versuche zeigten aber trotz seiner systemischen Eigenschaften nicht in allen Fällen befriedigende Ergebnisse im Hinblick auf die Kolonienbildung der Virusüberträger, so daß es erforderlich erschien, den Ursachen dieser divergierenden Resultate nachzugehen. Über die diesbezüglichen Erfahrungen wurde schon gesondert berichtet (Stuedel, 1952, 1953); sie seien daher in diesem Zusammenhang nur zusammenfassend gestreift.

Gewächshausversuche an Topfrüben, z. T. mit Systox-Konzentrationen über der Erträglichkeitsgrenze der Betarübe für dieses Mittel, bei denen bis zu 8 Tagen nach der Behandlung infektiöse Läuse auf die behandelten Pflanzen übertragen wurden, ergaben keine befriedigende Verhinderung der Infektion durch die Systox-Behandlung; offenbar ist die Übertragungszeit in vielen Fällen kürzer als die zur Abtötung der Laus durch das innertherapeutisch wirksame Mittel nötige Zeitspanne.

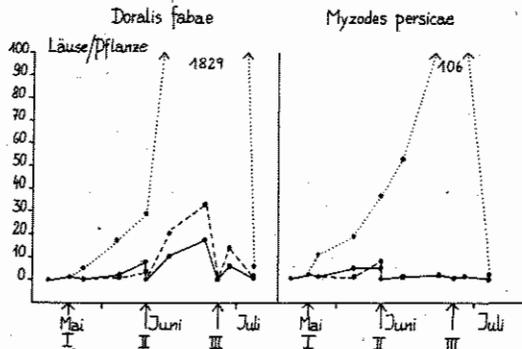


Abb. 24. Vergleich der Wirkung einer 3maligen Systox-Spritzung (400 ccm/ha) mit 500 l (—) und 250 l (— — —) Wasser/ha im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (...). Rurich (Kreis Jülich), 1952.

Bei der Spritzung der Systox-Emulsion auf die Blätter ist der systemische Effekt des Mittels insofern noch unbefriedigend, als die alten Blätter den Wirkstoff recht lange speichern und demzufolge ihre aphizide Wirkung erst nach einiger Zeit verlieren. Jüngere Blätter, die nach der Behandlung noch erheblich wachsen, verlieren sie rascher, und solche, die sich erst nach der Behandlung bilden, zeigen von vornherein infolge der unvollständigen Verteilung des Mittels und der mit dem Wachstum verbundenen Konzentrationsabschwächung in der Pflanze viel weniger gute aphizide Eigenschaften. Die Dauerwirkung der Systox-Spritzung ist daher weitgehend vom Alter der Pflanze zur Zeit der Behandlung und ihrer mehr oder weniger raschen Größenzunahme nach der Behandlung abhängig, durch die das Verhältnis zwischen den behandelten und den nach der Behandlung zuwachsenden Teilen des Blattapparates schneller oder langsamer zum Nachteil der ersteren verändert wird. Bei sehr jungen Pflänzchen, die infolge geringer Größe der Blattoberfläche auch nur wenig des Mittels aufnehmen können und die rasch wachsen, ist die Dauerwirkung wesentlich kürzer als bei älteren, in großer Zahl vorhandenen erwachsenen Blättern und bei nur noch geringem flächenmäßigen Zuwachs nach der Behandlung. Daraus ergibt sich, daß für den Erfolg einer Behandlung auch der Entwicklungszustand der Pflanze wichtig ist.

Die biologischen Eigenschaften der geflügelten virusübertragenden Blattläuse, über die gerade in jüngster Zeit wichtige Feststellungen bekannt wurden, bedingen im Felde eine deutlich höhere Anfälligkeit der Bestände, die in ihrer Entwicklung bis zum geschlossenen Bestand noch zurück sind. Die anfliegenden Läuse besiedeln an den Rüben außerdem mit großer Regelmäßigkeit gerade die jüngsten Blätter der Pflanzen, deren systemisch toxische Eigenschaften von

vornherein nicht genügen. Bei frühzeitig schließenden Beständen besteht die Masse der an den Rüben schmarotzenden Blattläuse aus der Nachkommenschaft des ersten Anfluges im Frühjahr. Je ungünstiger der Stand des Feldes im Sommer wird und je später der Reihenschluß erfolgt, um so höher wird der Anteil der Nachkommen der erst im Sommer fliegenden Blattläuse an der Gesamtpopulation der Pflanze, bis diese letzteren bei ganz späten Rüben schließlich fast sämtlich für das Ausmaß der Besiedlungsstärke verantwortlich werden. In normalen und in den Sommermonaten individuenreichen Gradationsjahren bedeutet dies eine erhebliche Gefährdung der weniger weit entwickelten Bestände.

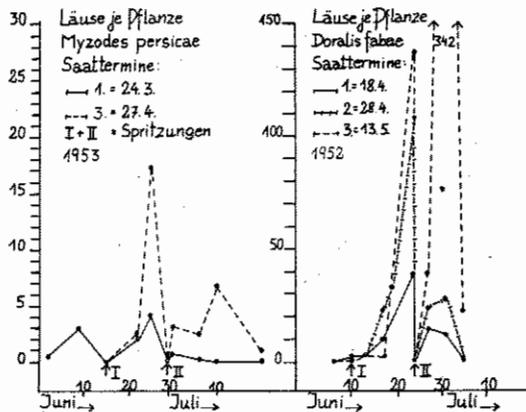


Abb. 25. Die unterschiedliche Dauerwirkung einer 2maligen Systox-Spritzung bei Zuckerrüben verschiedener Saatzeit: *Myzodes persicae*, 1953, Jahr mit schwacher Verlausung, *Doralis fabae*, 1952, Jahr mit starker Verlausung.

Alle diese Beziehungen pflanzenphysiologischer und überträgerbiologischer Art im Zusammenwirken mit den besonderen Eigenheiten des systemischen Mittels führen dazu, daß die Dauerwirkung der Systox-Behandlung im Hinblick auf die Kolonienbildung von Virusüberträgern am günstigsten bei frühen und eng stehenden Rüben zu sein pflegt. Je offener und unentwickelter ein Rübenbestand ist, um so häufiger muß man spritzen, um Neubesiedlung zu verhindern, ohne dadurch wegen des starken Neuzufuges die Infektion der Bestände verhindern zu können. Bei frühen und einigermaßen dicht stehenden Rüben kann man dagegen oft schon durch die erste Behandlung mit Systox nach Abschluß des Migrantenfluges die Ausgangspopulation für die sommerliche Massenbesiedlung entscheidend schwächen, weil die Dauerwirkung relativ länger anhält und die Neubesiedlung im Sommer auch bei starkem Überträgerflug gering bleibt. An Hand von Abb. 25 sei dies noch einmal für ein Beispiel aus den Jahren 1952 und 1953 bewiesen. Ähnliche Beziehungen, wenn auch in abgeschwächter Form, gelten für die übrigen Insektizide, soweit sie untersucht werden konnten. Nach den bisherigen Erfahrungen unter den zur Zeit in Nordrhein-Westfalen vorherrschenden Anbaubedingungen sind in der Regel mindestens 2 Spritzungen mit Systox zur Verhinderung nennenswerter Besiedlung der Rüben durch die Blattläuse erforderlich, weil nur ausnahmsweise die Bedingungen für eine rasche Entwicklung der Rüben so günstig sind, daß zur Zeit des sommerlichen Befalls die Reihen schon geschlossen sind. Außerdem betrug in den letzten Jahren die mittlere Pflanzenzahl je ha etwa 60000—65000.

Da somit kultur- und anbautechnische Maßnahmen die Wirkung der Behandlung mit systemischen Insektiziden entsprechend unterstützen und die Dauerwirkung des Mittels bei sehr jungen Rüben nicht genügt, haben wir bei unseren Versuchen darauf verzichtet, schon bei Beginn des Blattlausfluges — etwa Anfang Mai — eine vorbeugende Behandlung der im 4-Blatt-Stadium stehenden Rüben durchzuführen. Sie erfolgte erst dann, wenn im Mittel je Pflanze 0,5—1 Blattlaus (*Myzodes persicae*) erreicht worden waren; *Doralis fabae* ist wegen ihrer bei Beginn der Gradation sehr wechselnden Befallsstärke weniger gut als Maßstab geeignet. Sobald dann die Vermehrung durch Larvenabsatz oder Neubesiedlung erneut zu einer Zunahme auf den mittleren Grenzwert von einem Tier je Pflanze geführt hatte, erfolgte — meist in Abständen von 10 bis 14 Tagen — die zweite und gegebenenfalls die dritte Spritzung. Selbstverständlich sind derartige Zahlen nur als Anhaltspunkte gedacht. Aus örtlichen Unterschieden (starker Flug, Regenfälle) können sich oft größere Abweichungen ergeben, ohne daß dadurch das Ergebnis der Versuche grundsätzlich geändert wird. Diese Art der Versuchsanlage bedingt natürlich ein gewisses Risiko bei der ersten Behandlung, die im Jahre 1951 um den 10. Juni, 1952 aber bereits in der dritten Maidekade erfolgen mußte, weil um diese Zeit noch keine sichere Prognose hinsichtlich des Verlaufs der Blattlausgradation oder des Wachstums der Rübenbestände möglich ist, die beide, noch dazu ganz verschieden, witterungsbedingt sind. Bei der 2. und 3. Behandlung ist das Urteil wesentlich leichter, wenn Entwicklung der Kolonien und voraussichtliche Stärke des sommerlichen Fluges an einigen unbehandelten Feldstücken überwacht werden. Nach Möglichkeit wurden alle Spritzungen im ansteigenden Verlauf der Gradation, spätestens im Höhepunkt, durchgeführt, denn der Zusammenbruch erfaßte mit nur wenigen Ausnahmen alle unbehandelten und behandelten Schläge praktisch zur gleichen Zeit, wobei allerdings in den schwächer besiedelten oder späteren Rüben noch ein Anstieg erfolgen konnte, wenn in den stark besiedelten Kontrollen der Abstieg bereits eingesetzt hatte. Sowie die Kontrollen auf den Stand der behandelten gleichalten Rüben abgesunken waren, erfolgte der weitere Zusammenbruch meist einheitlich bei allen Parzellen, wie dies auch schon der Vergleich der Blattlauszahlen für die Mehrzahl der Jahre in den Gebieten Rheinland und Oldenburg gelehrt hatte (vgl. Tab. 3). Über Verlauf und Stärke der Blattlausgradation der beiden Versuchsjahre 1951 und 1952 wurde bereits an anderer Stelle berichtet (Stuedel, 1952).

b) Wirkung der Systox-Behandlung auf Ausmaß und Intensität des Virusbefalls

Um über den Einfluß der Systox-Behandlung auf das Auftreten und die Ausbreitung der Vergilbungskrankheit im Bestande zu allgemein gültigen Erfahrungen zu gelangen, wurden Versuche in recht verschiedenen Befallslagen des Seuchengebietes angelegt und während der ganzen Vegetationsperiode in regelmäßigen Abständen auf Zunahme des Befalls überprüft. Dabei wurde in allen Befallslagen festgestellt, daß die ersten kranken Pflanzen (Infektionen durch geflügelte Überträger des Frühjahrsfluges) in behandelten und unbehandelten Flächen zur gleichen Zeit und in gleicher Anzahl auftraten, die Ausbreitung der Krankheit im Bestand jedoch durch die Behandlung verlangsamt wurde, und zwar um so mehr, je öfter gespritzt worden war und je schwächer die Befallslage war. Diese hängt wiederum, wie schon früher bewiesen wurde, weitgehend vom

Infektionsdruck auf den Bestand ab. Tab. 45 zeigt den sichtbaren Vergilbungsbefall in den verschieden oft behandelten Versuchsstreifen der Großparzellenversuche des Jahres 1951 (Stand: Mitte September) in Abhängigkeit von Befallslage und Zahl der Spritzungen. Je schwerer die Befallslage wird, um so unmöglicher wird es demnach, auch durch dreimalige Behandlung den Totalbefall zu verhindern, weil unter solchen Bedingungen letzten Endes die Mehrzahl oder auch alle Pflanzen von infektiösen Geflügelten angefliegen werden, die vor ihrer Abtötung durch das innertherapeutische Mittel die Krankheit übertragen. Dies läßt sich bei Spritzversuchen an Rüben verschiedenen Entwicklungsstandes in gleich schwerer Befallslage beweisen, wie die Bonitierungsergebnisse in zwei Großparzellenversuchen an Zuckerrüben verschiedener Aussaatzeit zeigen (Tab. 46).

Tabelle 45

Auftreten der Vergilbungskrankheit (prozentualer Anteil sichtbarer kranker Pflanzen) in den Großparzellenversuchen des Jahres 1951; Zuckerrüben

Ort	Befallslage	Vergilbung in % Mitte September Kontrolle	Behandlung mit Systox			Relativwerte zur Kontrolle (= 100)		
			1 ×	2 ×	3 ×	1 ×	2 ×	3 ×
Euskirchen ..	leicht	21,2	—	—	6,4	—	—	30,2
Birkhof	mittel	45,4	36,5	31,8	16,7	79,4	70,0	36,8
Pesch	mittel	60,0	55,0	36,0	26,0	91,6	61,6	43,3
Rurich	mittel	55,1	39,1	39,8	32,5	71,1	72,3	59,0
Hövel	schwer	100	100	100	100	100	100	100
Münster	sehr schwer	100	100	100	100	100	100	100

Tabelle 46

Auftreten der Vergilbungskrankheit in Abhängigkeit von Saatzeit und Systox-Spritzung Großparzellenversuch Pesch bei Köln, 1952; Zuckerrüben

Versuch	Saatzeit	Behandlung	Vergilbung in %				
			19. 7.	1. 8.	15. 8.	28. 8.	10. 9.
1	10. 4.	Kontrolle	42	75	77	93	100
		2 × Systox	19	55	55	78	93
		3 × Systox	19	44	44	52	72
2	19. 4.	Kontrolle	85	98	99	100	100
		2 × Systox	45	75	87	97	98
		3 × Systox	45	70	85	82	98

In beiden Versuchsgruppen wurden die Mittelwerte der mit 400 und 800 cm Systox/ha behandelten Versuchsstreifen errechnet, um die häufig vorkommende verstärkte Befallsneigung bestimmter Feldseiten auszugleichen; zwischen den erwähnten Aufwandmengen des Mittels konnten nur sehr unwesentliche Unterschiede im Hinblick auf die Verzögerung der Krankheitsausbreitung festgestellt werden. Versuch Nr. 1, am 10. 4. gedrillt, wurde durch die Apriltrockenheit des Jahres nicht geschädigt, wohingegen Versuch Nr. 2, gedrillt am 19. 4., infolge witterungsbedingter Auflaufverzögerung und schlechter Frühentwicklung

physiologisch als Spätsaat zu bezeichnen war und dementsprechend weitaus stärker besiedelt wurde, dem Infektionsdruck also weitaus stärker ausgesetzt war als Versuch Nr. 1.

Höchstverlausung (Kontrolle):

Versuch Nr. 1

92 *Doralis fabae* je Pflanze im Mittel am 1. 7. 1952

28 *Myzodes persicae* je Pflanze im Mittel am 1. 7. 1952

Versuch Nr. 2

203 *Doralis fabae* je Pflanze im Mittel am 1. 7. 1952

169 *Myzodes persicae* je Pflanze im Mittel am 1. 7. 1952.

Infolgedessen hat auch die dreimal durchgeführte Behandlung zwar eine Verzögerung im Auftreten der Symptome hervorgerufen, den Endbefall von praktisch 100% bei Versuch Nr. 2 aber nicht zu hindern vermocht, während der Befall in Versuch Nr. 1 bei gleicher Befallslage noch Mitte September je nach Häufigkeit der Behandlung deutliche Unterschiede zeigte.

Tabelle 47

Auftreten der sichtbaren Vergilbungssymptome im Aussaatzeit-Standweitenversuch Birkhof 1952 in unbehandelten und dreimal mit Systox 0,1% behandelten Parzellen bei schwerer Befallslage. Versuchspflanze: Zuckerrüben
(Kleinparzellenversuch, Mittelwerte aus 4facher Wiederholung)

Aussaatzeit	Standweite	Vergilbung in % am							
		17. 7.		28. 7.		11. 8.		26. 8.	
		Ko.	Syst.	Ko.	Syst.	Ko.	Syst.	Ko.	Syst.
17. 4.	50 × 20	44,5	27,5	67,9	57,7	92,4	81,6	96,6	93,0
	50 × 27	69,9	36,5	85,6	74,9	94,9	85,0	99,6	96,0
	50 × 40	86,9	54,8	97,6	89,6	99,6	95,2	100	98,1
28. 4.	50 × 20	77,9	63,2	93,0	89,5	100	98,5	100	99,6
	50 × 27	84,5	64,6	92,5	91,6	100	99,2	100	100
	50 × 40	95,8	86,6	98,5	98,9	100	100	100	100
13. 5.	50 × 20	90,6	86,9	94,6	90,4	100	100	100	100
	50 × 27	86,7	89,2	99,0	99,4	100	100	100	100
	50 × 40	86,1	87,2	99,5	100	100	100	100	100

Ko. = unbehandelte Parzellen, Syst. = behandelte Parzellen.

Durch die Systox-Spritzung wird daher überwiegend die sekundäre Ausbreitung der Krankheit durch die ungeflügelten Blattläuse im Bestand unterbunden, worauf auch die relativ große Senkung der Befallszahlen in schwachen Befalls-lagen beruht (Euskirchen, Tab. 45); denn der Erfolg wird natürlich um so sichtbarer, je mehr die Gesamtverseuchung eines Bestandes bei geringer Zahl von Frühinfektionen durch die sekundäre Verbreitung bestimmt wird. In weiteren Versuchen ließ sich diese Anschauung erhärten, wofür als Beispiel der Versuch Birkhof bei Neuß (1952) in schwerer Befallslage herangezogen sei (Tab. 47). Während bei den früheren Aussaaten die dreifach wiederholte Behandlung noch einen deutlich verzögernden Einfluß auf das Erscheinen der Symptome hatte, traten diese bei der späten Saat in behandelter und unbehandelter Parzelle zur

gleichen Zeit auf. Der ungeheuer starke Anflug an die Rüben in diesem Jahr war durch die Systox-Behandlung in keiner Weise zu beeinflussen und führte unabhängig von der Maßnahme überall zu einer massiven Infektion (vgl. Steudel, 1953). Auch die Unterschiede in der Bestandsdichte und die a. a. O. näher diskutierten, hierdurch verursachten Änderungen der Anflugverhältnisse (vgl. Hartsuijker, 1952) und damit des Infektionsdruckes machen sich im Auftreten der Krankheitssymptome bemerkbar, denn diese traten in den weit gestellten Parzellen früher und stärker auf als in den eng gestellten. Am deutlichsten war dies bei den frühen Rüben zu beobachten, während sich die späten in dieser Hinsicht ebenfalls kaum unterscheiden.

Alle diese Erfahrungen zeigen, wie sehr der sichtbare Erfolg der Systox-Behandlung nicht nur von der Verseuchung eines Gebietes und dem Auftreten der Überträger, sondern auch von den Kulturbedingungen und vor allem von dem wechselseitigen Ineinandergreifen der einzelnen Faktoren abhängig ist. Es erscheint fast unmöglich, alle diese Dinge soweit auf einen Nenner zu bringen, daß man in einzelnen Jahren schon während der Vegetationszeit übersehen kann, wie die Felder später im Herbst aussehen werden und wie sich die Behandlung ausgewirkt hat. Es steht aber heute schon fest, daß gerade frühe und engstehende Rüben auch in schwersten Befallslagen am längsten in ihrem normalen Habitus erhalten werden können. Je schwächer der hochsommerliche Überträgerflug und je leichter die Befallslage, um so eher ist es möglich, auch die späteren und die weitgestellten Bestände in ihrem Aussehen an normale Felder anzugleichen.

In fast allen Versuchen der Jahre 1950—1952, auch in solchen mit einem Endbefall von 100 %, war zu beobachten, daß die Stärke der Vergilbungssymptome auf den behandelten Flächen geringer war als auf den unbehandelten Kontrollen. Die Systox-Behandlung äußert sich demzufolge nicht nur in einer Verzögerung des Auftretens der Symptome, sondern auch in einer Abschwächung ihrer Intensität. An sich ist dies nicht unerklärlich, da ja bekannt ist, wie sehr der Grad des Krankheitsbildes von der Konstitution der Pflanze bestimmt wird. Eine Verzögerung der Symptomausprägung um nur 8—14 Tage kann infolge des raschen Wachstums in der Zwischenzeit den Krankheitsverlauf schon beachtlich mildern (Heiling, 1953); zwar haben Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt, daß wir mit mehreren Varianten des Vergilbungsvirus zu rechnen haben (Schlösser, 1952, Drachovská-Šimanová, 1952), bei denen die Beziehungen zwischen Intensitätsgrad der äußerlichen Symptome und den durch sie verursachten Schäden noch keineswegs geklärt sind. Die Koppelung der Ergebnisse von Feldbonitierungen und Ertragsfeststellungen wird hierdurch außerordentlich erschwert. Bei der in den Versuchsjahren herrschenden starken und im Höhepunkt symptomatisch recht einheitlich wirkenden Verseuchung und den überzeugenden Unterschieden zwischen dem Aussehen behandelter und unbehandelter Parzellen möchten wir, ungeachtet weiterer systematischer Untersuchungen, hinsichtlich des Virusvarianten- und Überträgerproblems (vgl. Tab. 10 u. 11) auf die Beurteilung der Symptomstärke nicht verzichten; Ertragsfeststellungen vermögen über den zeitlichen Verlauf der Seuche nichts auszusagen. Bei diesen Untersuchungen wurde das übliche Bonitierungsschema mit 6 verschiedenen Stufen (0—5) angewendet. Der normale Verlauf der Krankheit wird dann durch eine im Verlauf des Sommers mehr oder weniger früh beginnende und zu verschiedener Höhe meist im August oder September ansteigende Kurve dargestellt, die dann infolge des Absterbens der kranken Blätter wieder abzusinken

pflügt. Nur in extrem trockenen Herbstern konnten wir bei den empfindlicheren Futterrüben, bei denen Schwerbefall und Regeneration rascher und früher erfolgen, beobachten, wie auch das neue Blatt im Spätherbst schwer geschädigt wurde und die Intensität des Krankheitsbildes wieder zunahm. Schon in den ersten Versuchsjahren wurden bei stichprobenartig vorgenommenen Bonitierungen wechselnde Reaktionen der unter verschiedenen Kulturbedingungen stehenden Versuche auf die Systox-Behandlung gefunden. Als Beispiel seien die mittleren Symptomstärken eines in vierfacher Wiederholung stehenden Aussaatzeitversuches in Hommelsheim (Kreis Düren) aus dem Jahre 1951 mitgeteilt (Tab. 48).

Tabelle 48
Bonitierung eines Aussaatzeitversuchs mit dreimaliger Systox-Behandlung
in Hommelsheim (Kreis Düren) am 6. 9. 1951
Mittelwert der vier Versuchswiederholungen

Aussaat	Mittlere Symptomstärke der		
	Kontrollparzellen	Systox-Parzellen	Differenz
19. 4.	2,0	1,9	— 0,1
29. 4.	2,4	2,2	— 0,2
9. 5.	2,6	2,3	— 0,3
19. 5.	3,0	2,4	— 0,6

Im Jahre 1952 wurden alle Versuche systematisch laufend in dieser Form kontrolliert und die mittlere Symptomstärke für die Gesamtvegetationszeit berechnet. Dabei wurden einmal die symptomlosen Rüben ausgeschieden; auf diese Weise erhält man die Differenzen zwischen dem Intensitätsgrad des Befalls (Befallsindex = I) kranker Pflanzen in den behandelten und unbehandelten Parzellen. Diese Werte sagen jedoch nichts über den Gesamteindruck der Versuchspartellen aus. Wir haben daher außerdem unter Einbeziehung der symptomlosen Rüben einen weiteren Wert errechnet, der einen Gesamteindruck vermittelt (IΣ). Tab. 49 enthält beide Zahlengruppen für den schon vorher erwähnten Bekämpfungsversuch Pesch bei Köln 1952 in schwerer Befallslage.

Tabelle 49
Pesch 1952, mittlere Symptomstärke der Vergilbungskrankheit in der Zeit vom 1. 8. bis zum 10. 9.
in Abhängigkeit von Aussaatzeit und Systox-Behandlung bei Zuckerrüben

Aussaat	Kontrolle	Systox je ha							
		400 ccm				800 ccm			
		2×	Diff.	3×	Diff.	2×	Diff.	3×	Diff.
10. 4.	I y 2,30	1,8	— 0,5	1,6	— 0,7	1,6	— 0,7	1,5	— 0,8
	I Σ 1,63	0,99	— 0,64	0,59	— 1,04	0,77	— 0,86	0,31	— 1,38
19. 4.	I y 3,30	2,4	— 0,9	2,3	— 1,0	1,9	— 1,4	1,8	— 1,5
	I Σ 3,24	2,07	— 1,17	1,49	— 1,75	1,33	— 1,91	1,17	— 2,07

I y = Befallsindex vergilbungskranker Pflanzen,
I Σ = Befallsindex aller untersuchten Pflanzen.

Aus diesen Zahlen sind die geringere Schädigung der frühen Saat zu entnehmen (Kontrolle) sowie die Milderung des Krankheitsbildes durch die variierte Systox-Spritzung, wobei nach der Symptomstärke und dem Gesamteindruck die dreimalige Systox-Behandlung mit 800 ccm/ha am besten abschneidet, obwohl die Differenzen zwischen unbehandelt und 2maliger Behandlung bei beiden Aufwandmengen weitaus größer sind als die zwischen 2- und 3maliger Behandlung. Die Milderung des gesamten Krankheitsverlaufes durch die Systox-Behandlung beruht also tatsächlich nicht nur auf einer Verzögerung des Auftretens der Symptome, sondern auch auf der Abschwächung ihrer Intensität, wobei die Unterschiede zwischen behandelt und unbehandelt um so größer werden, je öfter und stärker konzentriert die Behandlung erfolgt und, wenigstens in diesem Falle, je später gedrillt wurde, d. h. bei höheren Blattlauszahlen und stärkerem Virusbefall. Im Jahre 1951 war die gleiche Tendenz zu beobachten. In den mit 4facher Wiederholung laufenden Kleinpflanzenversuchen des Jahres 1952, in denen neben der Aussaatzeit auch noch verschiedene Standweiten in dieser Form untersucht wurden, konnten entsprechende Zahlen gewonnen werden, wenn auch die Ergebnisse infolge des überstarken Sommerflugs dieses Jahres variierten. So stiegen z. B. im Versuch Birkhof (Tab. 50) die Differenzen zwischen behandelt und unbehandelt im Befallsindex bis zur mittleren Standweite der 2. Saat an, um dann, insbesondere bei den weitgestellten der dritten Saat, praktisch auf 0 zu sinken.

Tabelle 50

Befallsindex ($I \Sigma$) der Parzellenversuche Birkhof und Hommelsheim 1952 (Erklärung im Text) bei behandelten und gespritzten Parzellen (Systox 800 ccm/ha, 3mal) in der Zeit von Ende Juli bis zur Ernte

(4fache Versuchswiederholung je Versuchsort)

Aussaat	Standraum	Birkhof			Hommelsheim		
		Ko.	Syst.	Diff.	Ko.	Syst.	Diff.
17./18. 4.	50 × 20	1,64	1,08	- 0,56	0,58	0,40	- 0,18
	50 × 27	1,98	1,30	- 0,68	0,54	0,40	- 0,14
	50 × 40	2,54	1,82	- 0,72	0,70	0,54	- 0,16
28. 4.	50 × 20	2,66	2,04	- 0,62	0,74	0,58	- 0,16
	50 × 27	2,78	2,16	- 0,62	0,86	0,58	- 0,28
	50 × 40	3,00	2,56	- 0,44	1,18	0,92	- 0,26
13. 5.	50 × 20	2,66	2,50	- 0,16	1,76	1,54	- 0,22
	50 × 27	2,78	2,74	- 0,04	1,88	1,66	- 0,22
	50 × 40	2,80	2,84	+ 0,04	2,00	1,80	- 0,22

Ko. = Kontrolle

Syst. = behandelt

. Da die an anderer Stelle veröffentlichten Gradationszahlen (Steudel, 1953) gezeigt hatten, daß infolge des enormen Anfluges der Erfolg der Systox-Spritzung in der späten Saat (3×800 ccm/ha) nur sehr ungenügend war, muß man zu dem Schluß kommen, daß infolge des überstarken hochsommerlichen Anfluges die mehrfache Abtötung überhaupt keinen Einfluß auf die Verbreitung des Virus im Bestand und auf die Symptomstärke mehr hatte. In der schwächeren Befallslage Hommelsheim (Kreis Düren), wo der gleiche Versuch lief, konnten bei allgemein erheblich schwächeren Symptomen im Gegensatz zum Versuch Birkhof ebenso wie in den Jahren 1951 und 1952 Unterschiede im Symptombild behandelter und unbehandelter Spätsaaten beobachtet werden. Der Einfluß der

Systox-Behandlung auf die Intensität des Krankheitsbildes ist demnach auch bei hochprozentigem bis totalem Befall nicht nur von der Befallslage, sondern auch von den Kulturbedingungen abhängig, die ja den speziellen Infektionsdruck auf ein Feld im Seuchengebiet entscheidend beeinflussen. Bei an sich schwachen und vor allem spät erscheinenden Symptomen ist der Unterschied im Intensitätsgrad zwischen behandelten und nichtbehandelten Parzellen bei frühen, eng stehenden Rüben relativ gering. Behandelt man spätere oder weiter gestellte Bestände, so verstärken sich die Differenzen. In mittelschweren Befallslagen bleiben sie auch bei Maisaaten sichtbar, wohingegen in schwersten Befallslagen oder in Jahren mit extrem starkem Sommerflug infolge des dann sehr verstärkten Infektionsdruckes bei späteren Rüben die Unterschiede verwischen und Symptome nach Zahl und Stärke gleichzeitig auftreten. Die stärkste Wirkung zeigt sich somit bei an sich starker Verlausung, wobei der Infektionsanteil durch die Sommergeflogelten nicht überwiegen darf. Aus diesen Ergebnissen erhebt sich die Frage, ob die krankheitsmildernde Wirkung der Systox-Behandlung nicht wenigstens zum Teil durch Ausschaltung der unmittelbaren Blattlaus-Saugschäden verursacht wird. Hierdurch könnte den Rüben bis zum Erscheinen der Symptome das Erreichen eines weiter fortgeschrittenen Entwicklungsstadiums ermöglicht werden, wodurch, wie die allgemeinen Erfahrungen beweisen, die Intensität der Symptome gemildert und die Anfälligkeit gegen die Folgen der Infektion verringert werden. Gleichsinnige Feststellungen zur Frage der Beziehungen von Symptomausprägung in Abhängigkeit von der Systox-Behandlung konnten auch an Futterrüben gewonnen werden.

c) Einfluß auf Ertrag und Beschaffenheit der Rube

Die große Mannigfaltigkeit im epidemiologischen Bild der Vergilbungskrankheit in einzelnen Gebieten oder Jahren macht es verständlich, daß auch der Erfolg der Vektorenbekämpfung auf Ertrag und Beschaffenheit des Erntegutes ganz verschieden ausfallen kann, je nachdem, in wie schwerer Form und in welchem Verhältnis zum Entwicklungsstand der Rüben die Seuche auftritt. Es war daher erforderlich, die entsprechenden Versuche im Seuchengebiet verstreut anzulegen, um eine möglichst große Anzahl der verschiedenen Faktoren gleichzeitig zu erfassen, zumal eine sichere Prognose über die voraussichtliche Befallsschwere bei Versuchsbeginn noch nicht möglich ist. Die Feldversuche wurden in Gemeinschaft mit den Pflanzenschutzämtern Bonn und Münster durchgeführt. Entsprechend den örtlichen klimatischen und anbautechnischen Bedingungen wurden geeignete Schläge von Wirtschaftsrüben ausgewählt. Das allgemeine Versuchsschema im Jahre 1951 entsprach folgendem Plan:

Gesamtfläche je Versuch:	2,25 ha
Größe der Einzelparzellen:	0,25 ha
Parzelle 1:	unbehandelt
» 2:	1 mal 400 cem Systox/ha
» 3:	2 mal 400 cem Systox/ha
» 4:	3 mal 400 cem Systox/ha
» 5:	unbehandelt
» 6:	3 mal 800 cem Systox/ha
» 7:	2 mal 800 cem Systox/ha
» 8:	1 mal 800 cem Systox/ha
» 9:	unbehandelt.

Tabelle 51
Ergebnisse der Systox-Großparzellenversuche 1951 und 1952

Nr.	Versuchsort	Saatzeit	Pflanzzahl/ha (Ernte)	Befall	Rübenenertrag dz/ha			Rübensorte
					Kontrollen	1. Spritzung Mehrertrag dz/ha	2. Spritzung Mehrertrag dz/ha	
Zuckerrüben 1951								
1	Pesch (Köln)	19. 4.	73 100	mittel	385,3	+ 18,3	+ 47,9	+ 39,8
2	Birkhof (Neuß)	22. 4.	57 100	mittel	442,3	+ 18,9	+ 37,7	+ 45,7
3	Rurich (Jülich)	18. 4.	58 700	mittel	379,7	+ 20,3	+ 27,2	+ 35,4
4	Hövel (Hamm)	Mitte 4.	62 200	schwer	221,4	+ 99,4	+ 50,3	+ 115,2
			Zuckerrüben 1951	ø relativ	407,3	+ 39,2	+ 40,9	+ 59,8
					100	109,7	110,9	114,7
Futterrüben 1951								
5	Krefeld	Mitte 4.	66 700	leicht	1312,0	+ 19,1	+ 36,0	+ 80,9
6	Krefeld	Mitte 4.	71 200	leicht	1006,1	—	—	+ 96,4
Zuckerrüben 1952								
7	Pesch (Köln) 1	10. 4.	99 600	leicht	436,1	—	2,1	+ 36,8
8	Pesch (Köln) 2	19. 4.	93 200	sehr schwer	269,8	—	+ 119,0	+ 122,8
9	Rurich 1	9. 4.	68 800	schwer	606,7	—	+ 1,4	+ 126,7
10	Rurich 2	8. 4.	64 520	schwer	565,8	—	+ 81,7	+ 152,2
11	Hövel 1	8. 4.	82 150	schwer	514,0	—	—	—
12	Hövel 2	8. 4.	50 000	schwer	286,7	—	—	29,7
13	Hövel 3	Mitte 4.	72 700	schwer	412,0	—	—	+ 116,0
14	Soest	Anfang 4.	65 650	mittel	446,3	—	+ 48,7	+ 75,2
15	Dortmund	Anfang 4.	78 000	mittel	484,3	—	—	+ 74,4
16	Wormeln	Anfang 4.	58 900	leicht	394,7	—	+ 9,5	+ 53,3
17	Rheine	Ende 4.	67 900	sehr leicht	292,2	—	—	+ 1,9
			Zuckerrüben 1952	ø relativ	428,1	—	+ 47,0	+ 76,5
					100	—	111	118
Futterrüben 1952								
18	Krefeld 1	15. 4.	69 157	sehr schwer	297,8	—	+ 55,3	+ 109,4
19	Krefeld 2	20. 4.	70 700	sehr schwer	936,5	—	—	+ 93,7
20	Krefeld 3	7./20. 4.	71 300	sehr schwer	599,6	—	+ 180,9	+ 210,9
21	Krefeld 4	15. 4.	69 820	sehr schwer	615,6	—	+ 218,4	+ 162,4
22	Hövel 1	13. 4.	83 570	schwer	604,0	—	+ 76,0	+ 195,0
23	Hövel 2	5. 6.	50 175	sehr schwer	322,0	—	+ 67,0	+ 46,5
24	Hövel 3	25. 4.	59 080	mittel	674,5	—	+ 38,3	+ 65,9
			Futterrüben 1951 und 1952	ø relativ	706,5	—	+ 90,3	+ 118,2
					100	—	113,4	116,7

Der Versuchsplan des Jahres 1952 glich im wesentlichen dem dargestellten, nur fielen die einmal behandelten Parzellen fort, nachdem sich im Jahre 1951 gezeigt hatte, daß der Erfolg der Maßnahmen mit der Zahl der Behandlungen anstieg und die Gefahr schwerer Verseuchung im Jahre 1952 von vornherein viel größer war als 1951. Die Spritzungen wurden je nach Beginn und Verlauf der Blattlausgradation wie folgt durchgeführt:

Jahr	1. Spritzung	2. Spritzung	3. Spritzung
1951	etwa am 10. 6.	nach dem 20. 6.	vor dem 10. 7.
1952	» » 25. 5.	um den 10. 6.	um den 20. 6.

Die Ergebnisse der Ertragsfeststellungen unter den Bedingungen des praktischen Rübenbaues zeigen Tab. 51 u. 52. Insgesamt wurden 24 Einzelversuche (15 mit Zuckerrüben und 9 mit Futterrüben) angelegt und ausgewertet. Da schon bei der ersten Durchrechnung der Ergebnisse keine greifbaren Unterschiede zwischen den mit 400 und 800 ccm behandelten Versuchsstreifen festgestellt werden konnten, stellten wir die Ertragsergebnisse unabhängig von der aufgebrauchten Mittelmenge allein nach der Zahl der Spritzungen zusammen. Auf jedem Versuchsstreifen wurden je nach der Bestandesdichte 4—6 Quadrate von 20—30 qm Größe beerntet und untersucht. Die in den Tab. 51 u. 52 angeführten Werte stellen demnach Mittelwerte von meist 8—12, bei den Kontrollen z. T. einer noch größeren Anzahl von Erntewiederholungen dar. Auf die Wiedergabe ~~der~~ der Asche- und Stickstoffmessungen sei in diesem Fall verzichtet, da sie infolge verschiedener Bestimmungsmethoden nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

Den Tabellen läßt sich unter Berücksichtigung der noch beschriebenen Exaktversuche folgendes entnehmen:

Rüben'ertrag: In schwacher Befallslage ist keine wesentliche Ertragssteigerung festzustellen (Versuche 7, 16, 17); die höchsten Mehrerträge wurden bei sehr schwerem Befall gefunden (Versuche 4, 7, 8, 9, 10, 13). Dasselbe gilt für Futterrüben. Die durchschnittliche Ertragssteigerung nimmt mit der Zahl der Behandlungen zu, wie die errechneten Gesamtmittel zeigen, welche bei Zuckerrüben für jedes Jahr getrennt, bei Futterrüben infolge geringer Zahl der Versuche für beide Jahre gemeinsam bestimmt wurden. Der Vergleich dieser Relativzahlen zeigt in allen Fällen ansteigende und im einzelnen fast übereinstimmende Werte. Alle Versuche wurden nach den vom Bundessortenamt herausgegebenen Richtlinien (Langparzellenmethode) variationsstatistisch untersucht und die Sicherungswerte berechnet. Wenn auch nur ein Teil aller Versuchsglieder statistisch gesichert werden konnte, so darf man doch nicht übersehen, daß es sich bei den unter den verschiedensten Bedingungen in Seuchengebieten angelegten Versuchen eindeutig um eine durch die Systox-Behandlung hervorgerufene gerichtete Variation zu den höheren Erträgen hin handelt, deren statistische — teilweise vorhandene — Unsicherheit durch die Vielzahl der Versuche mehr als ausgeglichen wird.

Polarisation und Zuckerertrag: Von insgesamt 43 Gruppenwerten beider Versuchsjahre haben 37 gegenüber der Kontrolle nach Systox-Behandlung höhere Polarisationsergebnisse erbracht und nur 6 niedrigere. Die Steigerung dieses Wertes schwankt bei Zuckerrüben von 0,07—1,52% Polarisation in beiden Versuchsjahren. Die mittlere Zunahme in Abhängigkeit von der Zahl der Behandlungen ist im Jahr 1951 undeutlich, weil einer der Versuche (Nr. 4) stark negative Tendenz aufweist, obwohl gerade bei diesem die Zuckermehrerträge

Tabelle 52
Ergebnisse der Systox-Großparzellenversuche 1951 und 1952

Nr.	Polarisation in %			Zuckerertrag dz/ha			Blattertrag dz/ha		
	Kontr.	1 ×	2 ×	Kontr.	1 ×	2 ×	Kontr.	1 ×	2 ×
		gespritzt	gespritzt		gespritzt	gespritzt		gespritzt	
Zuckerrüben 1951									
1	15,26	+ 0,18	+ 0,30	58,8	+ 3,5	+ 8,6	386	+ 3	+ 48
2	14,39	+ 0,14	+ 0,24	63,7	+ 3,3	+ 6,3	494	+ 16	+ 35
3	13,39	+ 0,23	+ 0,47	50,8	+ 4,2	+ 5,6	519	+ 36	+ 25
4	19,50	+ 0,38	+ 0,65	43,1	+ 8,2	+ 18,2	528	+ 91	+ 89
Ø	15,64	+ 0,18	+ 0,17	54,1	+ 2,8	+ 7,2	482	+ 4	+ 37
rel.				100	105,0	113,2	100	99	108
Zuckerrüben 1952									
7	12,37	—	+ 0,54	53,9	—	+ 2,1	529	—	+ 13
7a	14,50	—	+ 0,07	63,6	—	—	504	—	+ 6
8	11,43	—	+ 1,40	30,8	—	+ 19,0	456	—	+ 29
9	15,05	—	+ 0,30	90,9	—	+ 1,2	431	—	+ 45
10	14,60	—	+ 0,50	52,7	—	+ 15,0	383	—	+ 32
11	16,04	—	+ 1,47	52,4	—	+ 23,4	270	—	+ 22
12	14,52	—	—	42,0	—	—	224	—	+ 7
13	16,51	—	+ 0,30	68,0	—	+ 12,4	478	—	+ 118
14	17,31	—	+ 0,39	77,4	—	+ 4,3	367	—	+ 64
15	15,16	—	+ 0,08	73,4	—	+ 12,8	529	—	+ 9
16	17,25	—	+ 0,50	68,2	—	+ 0,5	436	—	+ 24
17	15,06	—	+ 0,45	44,0	—	+ 0,5	461	—	+ 34
Ø	14,98	—	+ 0,42	64,8	—	+ 8,7	422	—	+ 21
rel.				100	—	113,3	100	—	105
Futtermüben 1951 und 1952									
5		—	nicht untersucht		—	—	320	—	+ 5
6		—	nicht untersucht		—	—	396	—	+ 21
18	14,20	—	+ 1,20	42,3	—	+ 9,3	508	+ 2	+ 17
19		—	nicht untersucht		—	—	285	—	+ 4
20	6,90	—	+ 0,50	38,0	—	—	287	+ 2	+ 20
21		—	nicht untersucht		—	—	303	—	+ 22
22	8,82	—	+ 1,93	53,2	—	+ 19,9	289	—	+ 78
23	5,24	—	+ 0,44	16,9	—	+ 1,8	236	+ 22	+ 20
24	7,95	—	+ 0,38	50,8	—	+ 10,8	146	—	+ 6
Ø	8,56	—	+ 0,57	40,2	—	+ 10,5	308	—	+ 7
rel.				100	—	126,0	100	—	98

∞ *

infolge des sehr viel höheren Rüben Gewichtes in den Systox-Parzellen recht beachtlich sind. Im Jahre 1952 polarisierten die 2mal behandelten Rüben durchschnittlich um 0,42%, die 3mal behandelten dagegen um 0,68% höher als die unbehandelten Kontrollen. Dementsprechend sind auch die Zuckererträge durch die Behandlung z. T. beachtlich gesteigert, bei denen nur 3 von allen Versuchsgliedern eine negative Abweichung zeigen. Besonders bei schwerstem Befall (Versuche Hövel 1951, Pesch 2/52, Rurich 1952) sind die Zuckererträge erheblich angestiegen. Im Mittel aller Versuche lagen sie bei zweimaliger Behandlung um 13%, bei dreimaliger dagegen um 20% höher als die Erträge der Kontrollen.

Blatterträge: Wie zu erwarten war, haben die Blatterträge auf die Systox-Behandlung viel weniger stark reagiert als die Rüben- und Zuckererträge. Positive und negative Abweichungen wechseln miteinander ab. Eine eindeutige Relation zwischen Ertrag und Zahl der Behandlungen kann nicht aufgestellt werden. Wenngleich auch in einzelnen Versuchen mit schwerem Befall teilweise größere Mehrernten erzielt werden konnten, so bleibt der durchschnittliche Mehrertrag an Blattmasse in beiden Jahren doch unter 10%; die Erklärung dafür wurde schon zuvor gegeben. Bei den Überlegungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sind daher die möglichen Mehrerträge an Blatt nicht hoch zu bewerten, ihre quantitative Verbesserung bleibt aber zu berücksichtigen.

d) Einfluß verschiedener Faktoren auf den Erfolg der Überträgerbekämpfung

(Aussaatzeit und Befallslage, Standweite, Wachstumsbedingungen und Düngung)

Neben den Großparzellenversuchen kamen kleinere mit genau definierten Versuchsfragen zur Durchführung, um einen Überblick zu gewinnen, welche Faktoren das Ergebnis der Überträgerbekämpfung beeinflussen können.

Die Versuche über den Einfluß von Aussaatzeit und Befallslage auf den Erfolg der Systox-Behandlung wurden im Rheinland mit Unterstützung des Rheinischen Rübenbauer-Verbandes durchgeführt, und zwar nach folgendem Schema:

1951: 4 Aussaatzeiten in mittel-schwerer Befallslage	1952: 3 Aussaatzeiten in sehr schwerer und mittlerer Befallslage
--	--

Jeder Versuch wurde in achtfacher Wiederholung in 4 parallelen Blöcken ausgedrillt (Parzellengröße 50 qm), deren beide mittlere Blöcke von den äußeren durch Hanfstreifen getrennt waren, um beim Spritzen Überwehen der Spritzbrühe zu vermeiden. Die beiden mittleren Blöcke erhielten 3mal 800 ccm Systox in 4—600 l Wasser je ha. In allen Parzellen wurde der Verlauf der Blattlausgradation genau verfolgt. Im September und November wurden die Versuche je zur Hälfte beerntet und von dem Laborwagen des Instituts für Zuckerrübenforschung, Göttingen, in üblicher Weise untersucht. Tab. 53 zeigt die wichtigsten Ergebnisse.

Deutliche Steigerung der Erträge durch die dreifache Behandlung lassen die Zahlen für Rübenmasse, Polarisation und Zuckerertrag erkennen, während der Blattertrag nur in der sehr schweren Befallslage Birkhof 1952 wenigstens bei den früheren Saaten wesentlich über den Kontrollen liegt. Die Behandlung äußert sich auch in einer durchschnittlichen Senkung des Gehalts an löslicher

Tabelle 53
Erträge der Aussatversuche, kombiniert mit Systox-Behandlung

Versuchsort	Jahr	Aussaat	Ernte	Ribben dz/ha	Polarisation%	Zucker dz/ha	Blatt dz/ha	Asche %	Schädl. N mg	
Hommelsheim	1951	19. 4.	24. 9.	416,3	15,21	63,3	468	0,572	35,13	
		20. 4.	24. 9.	337,3	14,89	50,2	502	0,565	34,50	
		9. 5.	24. 9.	287,0	13,78	36,8	499	0,620	33,75	
		19. 5.	24. 9.	194,7	13,13	25,6	434	0,674	33,13	
		19. 4.	27. 11.	501,2	15,62	78,3	384	0,624	32,0	
		29. 4.	27. 11.	414,3	15,76	65,3	388	0,606	33,1	
	Veränderung durch Systox-Behandlung	19. 5.	319,1	14,83	47,3	309	0,688	34,9	—	—
		19. 5.	265,5	14,72	39,1	339	0,706	—	—	—
		19. 4.	51,2	0,05	8,0	8	0,697	—	—	—
		29. 4.	17,4	0,01	2,6	8	0,680	—	—	—
		9. 5.	53,0	0,46	9,1	7	0,657	—	—	—
		19. 5.	39,0	0,28	4,4	15	0,698	—	—	—
Hommelsheim	1952	18. 4.	15. 9.	464,9	13,35	62,0	421	0,605	30,3	
		28. 4.	15. 9.	359,8	12,79	45,9	425	0,659	33,1	
		13. 5.	15. 9.	164,0	10,98	17,7	401	0,912	36,7	
		18. 4.	13. 11.	480,2	14,33	70,9	304	0,545	37,3	
		28. 4.	13. 11.	394,4	13,63	54,9	308	0,650	41,3	
		13. 5.	13. 11.	193,4	13,02	25,8	270	0,791	47,9	
	Veränderung durch Systox-Behandlung	18. 4.	8,2	0,61	1,3	51	0,920	—	—	—
		28. 4.	31,3	0,66	6,5	27	0,911	—	—	—
		13. 5.	12,1	0,62	2,8	42	0,945	—	—	—
		18. 4.	1,4	0,09	0,5	27	0,914	—	—	—
		28. 4.	26,6	0,26	4,9	28	0,980	—	—	—
		13. 5.	0,1	0,01	0	2	0,976	—	—	—
Birkhof	1952	18. 4.	16. 9.	390,0	13,32	51,7	576	0,593	30,5	
		28. 4.	16. 9.	236,5	12,56	29,7	483	0,726	36,1	
		13. 5.	16. 9.	143,1	11,40	16,3	428	0,873	30,8	
		18. 4.	14. 11.	432,7	13,00	56,4	429	0,582	41,3	
		28. 4.	14. 11.	301,7	12,29	37,1	341	0,727	46,3	
		13. 5.	14. 11.	170,7	12,01	21,5	340	0,781	43,1	
	Veränderungen durch Systox-Behandlung	18. 4.	67,0	0,41	10,6	28	0,931	—	—	—
		28. 4.	83,5	0,71	13,8	114	0,103	—	—	—
		13. 5.	15,6	0,51	8,1	141	0,077	—	—	—
		18. 4.	70,9	1,10	14,7	50	0,037	—	—	—
		28. 4.	14,1	0,51	11,2	73	0,038	—	—	—
		13. 5.	23,4	0,44	3,7	67	0,905	—	—	—

Asche und schädlichem Stickstoff. Am größten ist die durchschnittliche Steigerung der Massenerträge in schwerster Befallslage. Während im Jahre 1951 auch die spätesten Saaten nach Behandlung mit Systox noch deutlich höhere Massenerträge bringen, sinken die Mehrerträge an Rüben im Jahre 1952 bei den Saaten vom 13. Mai erheblich unter die der Saaten vom 28. April. In beiden Versuchen des Jahres 1952 zeigen die mittleren Saaten die höchsten Mehrerträge an Rübenmasse, woraus zu schließen ist, daß die Behandlung in diesem Jahr mit außergewöhnlich schwerem Befall bei mittlerer Saat die höchste Ertragssteigerung bewirkt hat. Diese Feststellung eines ausgesprochenen Wirkungsoptimums läßt sich jedoch nicht ohne weiteres auf andere Jahre oder Gebiete übertragen, denn die Voraussetzung für ein derartiges Fluktuieren des Bekämpfungserfolges — Verlauf und Höhe der Blattlausgradation im Vergleich zum Wuchsstand der Rüben — wechselt von Jahr zu Jahr. Sehr aufschlußreich ist auch ein Vergleich der Ergebnisse der Früh- und Spätrodung. Während bei den frühen Saaten des Versuchs 1951 bei Frührodung noch beachtliche Mehrerträge an Rübenmasse erzielt wurden, ergaben sich bei der Späternte in Kontrollen und Systox-Parzellen gleichhohe Massenerträge. Dafür stieg aber bei den behandelten Rüben der Wert für die Polarisierung erheblich stärker an als in der Kontrolle, so daß im Endeffekt der Zuckermehrertrag der Systox-Parzellen bei beiden Rodeterminen fast gleich ist. Im Jahre 1952 kam dies nicht so deutlich zum Ausdruck. Das Jahr war allerdings wegen seines sehr sonnenscheinarmen und regenreichen Herbstwetters für die Zuckerbildung in der Rübe außerordentlich ungünstig. Man kann also nicht in jedem Fall damit rechnen, daß sich der Erfolg der Überträgerbekämpfung unbedingt in einer Steigerung der Massenerträge und in einer Polarisierungserhöhung bemerkbar macht. Je nach den Witterungsbedingungen, dem Entwicklungsstand der Rübe und der Schwere des Befalls kann das eine oder das andere eintreten. Je schwächer die Befallslage, je länger die guten Vegetationsvoraussetzungen für die Rübe und je günstiger die Wachstumsbedingungen bis zur Ernte sind, um so eher ist damit zu rechnen, daß auch die nichtbehandelten, stärker erkrankten Rüben in ihrem Massenertrag und in der Zuckerbildung an die behandelten herankommen, — ein weiterer Beweis für unsere Anschauung, daß die Ertragsschäden bei nicht zu schwerem Befall überwiegend auf einer zeitlich begrenzten Verzögerung der Gesamtentwicklungsdauer beruhen, die durch Verlängerung der Wachstumsperiode zum Teil wieder ausgeglichen werden kann (Heiling, 1953). Andererseits werden die durch eine Systox-Behandlung auszugleichenden Ertragsschäden in dem Maße auch bei den frühen Rüben erkennbar, je schwerer die Befallslage wird. Dies lehrt der Vergleich der Kontrollparzellen der 3 Versuche. Bei den frühen Saaten stimmen sie in Hommelsheim in beiden Jahren recht gut überein, während Birkhof deutlich abfällt (vgl. Abb. 21). Durch die mehrfache Systox-Behandlung ist es aber auch in sehr schweren Fällen möglich, wie der Versuch in Birkhof beweist, die Erträge schwächerer Befallslagen zu erreichen, während die Ausschaltung von Spätschäden aus biologischen Gründen nicht möglich ist. Inwieweit auf diesem Wege durch eine geschlossene Großraumbehandlung weitere Fortschritte gegenüber den Ergebnissen der Kleinparzellenversuche möglich sind, bedarf noch der Klärung.

Nachdem auch die Größe des Standraums der Einzelrübe als wichtiger epidemiologischer Faktor erkannt wurde, bedarf die Frage der Beziehungen zwischen diesem Faktor und dem Erfolg der Vektorenbekämpfung einer Überprüfung. Hierzu liegen erst einjährige Erfahrungen aus dem Jahre 1952 vor.

Die beiden vorerwähnten Aussaatzeitversuche dieses Jahres wurden mit 3 verschiedenen Standweiten in 8facher Wiederholung durchgeführt (4 Kontrollen, 4 Systox-Parzellen), wobei die in Tab. 53 mitgeteilten Ertragszahlen Mittelwerte aller Standweiten darstellten (je Aussaat und Erntetermin demnach 12 Kontroll- und 12 Systox-Parzellen). Die in beiden Versuchen gewählten Standweiten waren folgende:

50×20 cm = 100 000 Einzelpflanzen je ha

50×27 cm = 75 000 Einzelpflanzen je ha

50×40 cm = 50 000 Einzelpflanzen je ha.

Im Anschluß an die Parzellenernten und die Untersuchung der Rüben durch das fahrbare Laboratorium des Instituts für Zuckerrübenforschung wurden die Ergebnisse der einzelnen Parzellengruppen beider Versuche gemittelt und graphisch dargestellt (Abb. 26), so daß sich aus den errechneten Ergebnissen Werte für eine mittlere Erntezeit bei relativ schwerem Befall unter den Gradationsbedingungen des Jahres 1952 im Rheinland ableiten lassen. Der mittlere Mehrertrag an Rüben lag am höchsten bei dem weiten Standraum der frühen Saat und den beiden engeren der zweiten, während er bei dem weiten der zweiten und bei allen der dritten Saat deutlich zurückging. Dasselbe läßt sich für die Zuckererträge sagen, während die mittlere Polarisationssteigerung ziemlich gleichmäßig um den Wert von 0,5% schwankte. Hinsichtlich der Blatterträge zeigt sich eine deutliche Zunahme der Mehrerträge bei den späten Saaten unabhängig von der Standweite. So wird auch in diesem Fall deutlich, daß zunächst die Entwicklung des Blattapparates gefördert wird, dessen gute Ausbildung die Vorbedingung für eine Steigerung der Rübenmasse- und Zuckererträge ist. Bei den sehr späten Saaten war die zur Verfügung stehende Vegetationszeit im Jahre 1952 zu kurz, um sich auf das Ausmaß der Rübenmasse- und Zuckererträge entsprechend auswirken zu können. Hinsichtlich der allgemeinen Bedeutung einer hohen Pflanzdichte für gute Erträge, die auch in den mitgeteilten Ergebnissen zum Ausdruck kommt, sei auf Lüdecke (1953) verwiesen.

Die innertherapeutische Überträgerbekämpfung wirkt sich demnach im Rübenenertrag um so stärker aus, je schwerer jeweils die durch die Vergilbung bewirkte Wachstumsstörung ist. Da die Größe des Ernteverlustes nicht nur von der Intensität des Befalls, sondern auch von den Wachstumsbedingungen der Pflanze abhängt, beeinflussen diese Faktoren auch den Bekämpfungserfolg.

Tabelle 54

Ertragssteigerung durch Systox-Behandlung in Abhängigkeit von den Wachstumsbedingungen

	Rüben dz/ha		Zuckergehalt in %		Zucker dz/ha		Blatt dz/ha	
	U	B relativ U = 100	U	B	U	B relativ U = 100	U	B relativ U = 100
1. Versuch 1951..	359	135	16,90	18,15	60,7	137	268	104
2. » 1951..	560	131	8,22	8,46	46,0	134	83	132
3. » 1952..	175	171	12,73	13,88	21,3	195	—	—
4. » 1952..	160	215	11,62	12,21	18,6	225	—	—
5. » 1952..	173	189	12,87	12,95	21,3	199	—	—
6. » 1952..	270	176	—	—	—	—	—	—
7. » 1953	a	164	6,86	7,96	11,3	185	200	143
	b	257	133	7,16	7,42	18,0	140	216

U = unbehandelt

B = behandelt

In Tab. 54 sind die Ergebnisse mehrerer Bekämpfungsversuche, die auf dem Versuchsfeld in Münster durchgeführt wurden, zusammengestellt. Auf dem sehr leichten und zur Austrocknung neigenden Sandboden des Versuchsfeldes sind die Wachstumsbedingungen besonders in Jahren mit frühzeitigem Trocken-

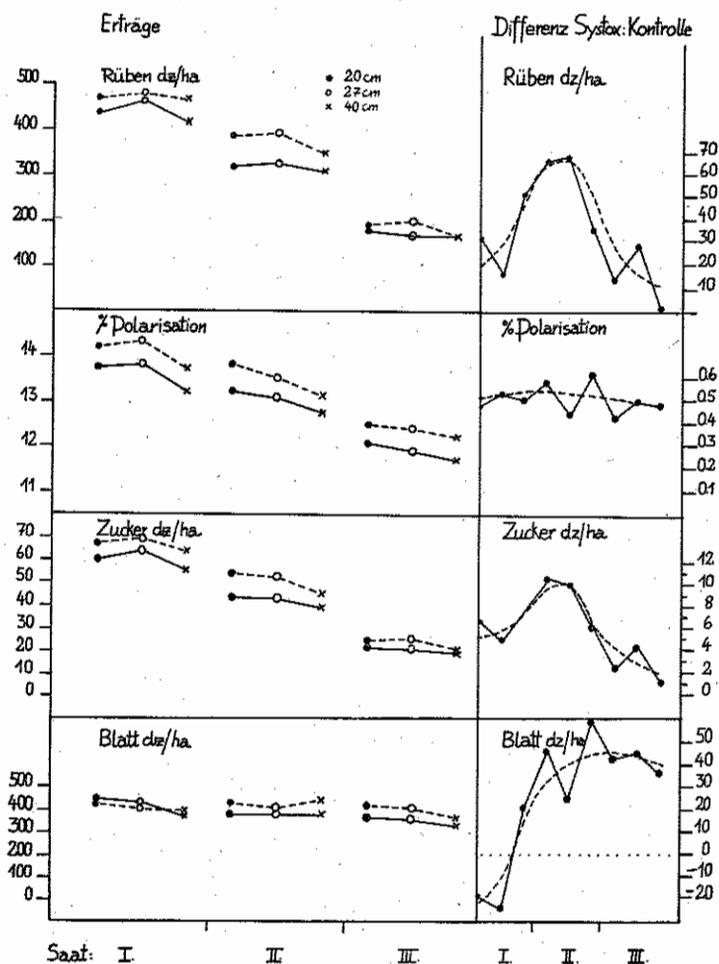


Abb. 26. Wirkung der 3maligen Systox-Behandlung (0,1%) auf den Ertrag der Zuckerrüben in Abhängigkeit von der Saatzeit und der Standweite; Versuchsorte Hommelsheim (Kreis Düren) und Birkhof (Kreis Neuß); Frühernte und Späternte gemittelt. Einzelheiten der Versuche vgl. Tab. 53.

perioden schlecht. Da zudem der Infektionsdruck infolge der Nähe zahlreicher Kleingärten sehr stark ist, waren die Ertragsausfälle durch den Vergilbungsbefall in allen Versuchsjahren bedeutend und sehr witterungsabhängig. Unter diesen Umständen kann die relative Ertragssteigerung weitaus höher sein als in den Freilandversuchen, die meist auf guten Rübenböden durchgeführt wurden.

Den Einfluß der Wachstumsbedingungen zeigt sehr deutlich der Vergleich der beiden Jahre 1951 und 1952. In der bis zum Herbst niederschlagsreichen Vegetationsperiode des Jahres 1951 wurden trotz starken Virusbefalls — Mitte August Totalvergilbung — auch ohne Überträgerbekämpfung bei Futter- und Zuckerrüben noch Ernten mittlerer Größe erzielt. Die Steigerung des Rübenertrages durch dreimalige Systox-Behandlung von etwa 30% und des Zuckerertrages um 35% entspricht den auf guten Böden in Lagen schweren Befalls erzielten Ergebnissen der Großversuche (Tab. 51 u. 52). Die Trockenperiode im Mai 1952 (in den ersten zwei Dekaden dieses Monats 7,5 mm Niederschläge) hatte auf dem leichten Boden die Frühentwicklung der Rüben sehr gehemmt, eine darauffolgende zweite, die Überträgergradation begünstigende Dürreperiode im Juni (in der ersten Dekade 3,2 mm, in der zweiten Dekade 7,8 mm) die Infektionswirkung vermutlich durch eine gleichzeitige Wachstumserschwerung noch verstärkt. Die Erträge der unbehandelten schwer befallenen Rüben waren daher außerordentlich niedrig; die Systox-Anwendung steigerte in diesem Fall den Rübenertrag der Zuckerrübe um 71%, die Zuckerernte sogar um 95%. Bei den Futterrüben lag der Bekämpfungseffekt in der gleichen Größenordnung. Trotz dieser relativ sehr erheblichen Ertragssteigerung durch die Behandlung lagen die erzielten Erträge bei der vergilbungsempfindlicheren Futterrübe immer noch mehr als bei der Zuckerrübe unter einer Normalernte. Daß die geringen Erträge der Systox-Parzellen wenigstens teilweise auch auf die Vergilbung, die durch die Vektorenbekämpfung ja nicht voll ausgeschlossen werden konnte (Totalbefall Ende August), zurückzuführen sind, geht aus dem niedrigen Zuckergehaltswert hervor (die Futterrüben konnten leider aus technischen Gründen nicht untersucht werden). Den gleichen Einfluß der allgemeinen Wachstumsbedingungen auf den Bekämpfungserfolg zeigt der Futterrübenversuch (Nr. 7). Auf der einen Hälfte der Versuchsfläche (b), einer früheren Bodensenke, die vor Jahren mit stark humoser Erde aufgefüllt worden war, verlief die Frühentwicklung der Rüben infolge der stärker wasserhaltenden Eigenschaft des Bodens weitaus besser als auf der anderen, dem übrigen Versuchsfeld bodenmäßig entsprechenden Teil. Aussaatzeit, Düngung und Bearbeitung waren auf beiden Versuchshälften völlig gleich. Die dreimalige Systox-Behandlung (je 800 g/ha) bewirkte bei den schwächer entwickelten Rüben eine doppelt so große Ertragssteigerung gegenüber den Kontrollparzellen wie bei den Rüben mit den günstigeren Wachstumsbedingungen, die auf behandelten und unbehandelten Parzellen absolut höhere Ernten brachten.

Die deutlichen Unterschiede im Wuchs, besonders in der Blattentwicklung, zwischen den beiden Teilen eines Versuchs (Tab. 44) mit verschieden starker Serradella-Vorfrucht, die bei Beginn des Blattausfluges schon sehr deutlich sichtbar waren, haben eine ungleiche Infektionsempfindlichkeit hervorgerufen und so die Systox-Wirkung teilweise überdeckt. Die geringere Schadensanfälligkeit der weiter entwickelten Rüben hat sich im Ertrag ebenso stark ausgewirkt wie eine durch dreimalige Systox-Behandlung verursachte Abschwächung der Infektion. Sie war stärker als die Befallsverminderung durch die einmalige Spritzung der schwächer ausgebildeten Pflanzen.

Auch bei den in anderem Zusammenhang bereits beschriebenen Stickstoffdüngungsversuchen auf dem Versuchsfeld in Münster aus dem Jahre 1951 war die Ertragssteigerung der innertherapeutischen Vektorenbekämpfung nach Umfang und Art der N-Gabe sehr unterschiedlich. In Tab. 55 ist die Wirkung

der Systox-Behandlung auf die Ernteergebnisse in Relativwerten (Erträge der unbehandelten Parzellen = 100) wiedergegeben. Die Systox-Behandlung kommt ertragsmäßig um so weniger zum Ausdruck, je mehr Menge, Form und Anwendungsweise des Stickstoffs die Leistung der unbehandelten Parzellen gesteigert hatten.

Tabelle 55

Ertragssteigerung durch dreimalige Behandlung von Zuckerrüben mit Systox (300 g/ha) in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung

N-Form	0	NH ₄	NO ₃	NH ₄ /NO ₃	KST
Rüben, dz/ha.....	199	154	131	141	160
Trockensubstanz, dz/ha.....	203	160	136	143	166
Saccharose, dz/ha.....	209	177	133	150	167
Blatt, dz/ha.....	199	112	143	142	155
N-Düngung	0	50 + 50	100 + 50 + 50	200	
Rüben, dz/ha.....	199	193	149	138	
Trockensubstanz, dz/ha.....	203	198	152	145	
Saccharose in % der Frischsubstanz.....	+ 0,77	+ 0,91	+ 0,89	+ 1,36	
Saccharose, dz/ha.....	209	204	158	150	
Blatt, dz/ha.....	199	182	137	135	

In den Stickstoffdüngungsversuchen des Jahres 1952 auf dem Versuchsfeld in Münster hat, wie bereits diskutiert, die Steigerung der Stickstoffgabe weder eine sichtbare Förderung des Frühwachstums hervorgerufen noch die Ertragsleistung der unbehandelten Parzellen erhöht. In diesem Fall war auch die Ertragssteigerung durch die Vektorenbekämpfung auf den verschiedenen gedüngten Parzellen gleich. Dieses durch die Dürre im Mai vermutlich hervorgerufene negative Ergebnis weist wiederum darauf hin, daß eine Beeinflussung der Bekämpfungswirkung durch die Düngung nur über das Frühwachstum und damit die Schadensanfälligkeit erfolgen kann. Neben der Stärke der Infektion und dem Blattlausauftreten ist somit die im wesentlichen vom Entwicklungsgrad der Pflanze zum Infektionszeitpunkt bestimmte Empfindlichkeit derjenige Umstand, von dem die ertragsmäßige Auswirkung der innertherapeutischen Blattlausbekämpfung abhängt. Diese Überlegungen führen zu der Folgerung, daß die chemische Überträgerbekämpfung nicht nur da, wo mit schwerem Befall zu rechnen ist, sondern auch bei allen durch gesteigerte Virusempfindlichkeit bedrohten Kulturen, auch in Lagen mittlerer Virusverseuchung, ein wertvolles Mittel zur Ertragssicherung darstellt.

Die in den Sortenversuchen vielfach festgestellte ungleiche Ertragswirkung der Systox-Anwendung bei verschiedenen Varietäten und Sorten (Tab. 38 u. 40) dürfte sich ebenfalls zwanglos aus der Beziehung zwischen Bekämpfungsauswirkung und Vergilbungsempfindlichkeit herleiten lassen.

e) Erfolgsaussichten der Überträgerbekämpfung für den praktischen Rübenbau

Aus den mitgeteilten Ergebnissen zur Bekämpfung der Vergilbungskrankheit mit Insektiziden sind folgende Schlüsse zu ziehen:

Eine durchgreifende Verminderung des absoluten Vergilbungsbefalls ist nur in schwachen Befallslagen möglich.

Der Einsatz eines innertherapeutischen Mittels wird um so lohnender, je schwerer die Rübe durch die Krankheit geschädigt wird, sei es durch erhöhten Infektionsdruck, durch übermäßige, sehr frühe Blattlausgradation oder grundsätzlich durch eine gesteigerte Empfindlichkeit der Pflanze, obwohl die Infektion nicht verhindert werden kann. Diese ziemlich allgemeingültige Feststellung erfährt eine Einschränkung erst bei übermäßigen Befallsflügen während der sommerlichen Flugwelle (1952 im Rheinland).

Daraus ergibt sich die Frage, auf welchen speziellen Eigenschaften des Mittels die ertragssteigernde Wirkung der Behandlung eigentlich beruht. Die Hauptursache ist in folgendem zu sehen. Durch die weitgehende Abtötung der Blattläuse werden die Bestände nicht so rasch und vollständig mit dem Virus überschwemmt wie bei unbeeinflusstem Verlauf der Überträgergradation. Infolge der mit Fortgang des Pflanzenwachstums abnehmenden Empfindlichkeit wirkt sich diese Verzögerung in einer geringeren Schädigung aus. Da außerdem die Ausschaltung der Art *Myzodes persicae* meist vollständiger zu gelingen pflegt als die von *Doralis fabae*, werden durch die Bekämpfung überwiegend die durch *Myzodes persicae* verursachten schweren Fröhschäden verhindert; in den behandelten Beständen überwiegen dann nur noch die leichteren Schäden.

Ein ertragsfördernder Effekt der Behandlung ist auch durch Ausschaltung aller tierischen Schädlinge denkbar, die durch das Mittel zu bekämpfen sind (direkte Saugschäden durch *Doralis fabae*, Befall durch *Pegomyia hyoscyami* u. a. m.).

Schließlich könnte die günstige Wirkung auch auf stimulatorischem Effekt des Wirkstoffs beruhen. Die Frage, inwieweit die letztgenannten Möglichkeiten praktische Bedeutung haben, muß durch weitere Versuche geklärt werden.

Der Einsatz des Mittels empfiehlt sich demnach in den Seuchenzentren mit regelmäßig schwerem Befall und überall dort, wo die Voraussetzungen für eine gesteigerte Empfindlichkeit der Bestände gegeben sind. In Gebieten leichten Befalls kann man nicht mit Mehrerträgen rechnen. Schwierig wird die Entscheidung in den Regionen mittlerer Verseuchung, die zwar ebenfalls im Herbst oft zu 100% vergilbt erscheinen, wo die Infektion aber so spät erfolgt, daß sie den Ertrag der Rübe in geringerem Ausmaß schädigt und also keine allzu große durchschnittliche Verbesserung der Erträge erwartet werden kann. Da praktisch alle denkbaren Faktoren den Umfang des Erfolges beeinflussen und die Gegebenheiten einzelner Untersuchungsjahre sich nicht ohne weiteres verallgemeinern lassen, bleibt kein anderer Weg übrig, als in den einzelnen Seuchengebieten die Wirkung der Behandlung mehrfach zu überprüfen, wenn man sich ein Bild über die durchschnittlichen — von Jahr zu Jahr wechselnden — Erfolgsaussichten machen will.

Nur so ist zu klären, inwieweit und unter welchen Umständen eine allgemeine Anwendung des Verfahrens zu empfehlen ist.

IX. Zusammenfassung

1. Nach einer einleitenden Darstellung der bisherigen grundsätzlichen Erkenntnisse über das Virus der Vergilbungskrankheit und seine Varianten, über die bisher bekannten Überträgerarten und den Übertragungsmodus sowie über den Wirtspflanzenbereich werden die in Westdeutschland gesammelten Erfahrungen über die Verbreitung der Virose, die Beziehungen zwischen Gradation der Überträger und Epidemiologie der Virose, den Einfluß der Infektion auf Stoffwechsel und Ertrag der Rüben und endlich die Möglichkeiten einer Bekämpfung der Vergilbungsschäden im einzelnen abgehandelt.

2. Hinsichtlich der Verbreitung der Krankheit werden drei verschieden schwere Befallsstufen unterschieden:

a) Schwerer Befall:

frühzeitiges Auftreten der Krankheitserscheinungen, immer zu einer totalen Verseuchung führend; großräumig überwiegend in Nordrhein-Westfalen und der Pfalz mit relativ hoher Konstanz der Grenzen in den Beobachtungsjahren zu finden.

b) Mittlerer Befall:

bei Herbstbeginn nicht mehr als 60% kranker Pflanzen; Symptome erscheinen später als bei schwerem Befall. Im Spätherbst können auch diese Gebiete noch völlig vergilben. Stärkere Ertragsverluste bei normalem Witterungsverlauf nur unter erschwerten Wachstumsbedingungen. In den Beobachtungsjahren hat sich diese Befallsform nach Norden, Süden und Osten ausgedehnt.

c) Leichter Befall:

bei Herbstanfang nicht mehr als 20% kranker Pflanzen; keine nennenswerten Schäden.

3. Als wesentliche Ursache für schweren Befall sind gehäufte Virusüberwinterung und günstige Voraussetzungen für die Entwicklung der Überträger anzusehen. Die klimatisch bedingte schnellere Entwicklung in den Seuchengebieten führt zu früheren Flügen, früherer und im ganzen stärkerer Besiedlung in den Seuchenzentren, während der Gradationsabfall in vielen Jahren gleichzeitig erfolgt. Aus der im Seuchengebiet daher früher beginnenden und verlängerten Infektionsperiode ergibt sich grundsätzlich eine größere Gefährdung der Rüben im Rheinland und in Westfalen gegenüber Norddeutschland. Verlauf und Höhe der Gradation und damit Schwere der Epidemien werden aufs stärkste durch den Kulturzustand der Rüben gesteuert. Die Besiedlungsgewohnheiten der im Sommer fliegenden Virusüberträger bedingen einen gewaltig zunehmenden Infektionsdruck bei späten, weit gestellten oder lückigen Beständen. Auch der Zeitpunkt der Vereinzelnung kann insbesondere bei späten Saaten von Einfluß auf die Höhe der Verlausung sein. Vergleichende Gradationsuntersuchungen der kranken und symptomlosen Rüben im Herbst ergeben deutliche Unterschiede, wobei die viruskranken stärker besiedelt werden und die Kolonien sich an ihnen mit größerer Vermehrungsrate entwickelten.

In Vergleichsversuchen wird die epidemiologische Bedeutung der beiden Hauptüberträgerarten *Myzodes persicae* und *Doralis fabae* untersucht. Im

nordwestdeutschen Raum ist der wirtschaftlich wichtigere Überträger *Myzodes persicae*. *Doralis fabae* gewinnt im allgemeinen erst im Sommer bei stärkerem Flug größeren Einfluß auf das epidemische Bild. Die von dieser Art verursachten Ertragsschäden erreichten in vergleichenden Infektionsversuchen im Schnitt bei Frühinfektion nur die Hälfte der bei Infektion mit *Myzodes persicae* beobachteten Werte.

4. Der Virusbefall ruft eine der Stärke der Infektion und der Ausbreitung des Virus entsprechende Beeinträchtigung der Blattfunktion hervor. Die hierdurch bedingte Wachstumshemmung wird schon vor den äußeren Symptomen erkennbar und trifft die Wurzel stärker als den Sproß.

Der Kohlehydratstoffwechsel erfährt durch die Infektion tiefgreifende Veränderung. Im virösen Blatt erfolgt eine Stauung der Kohlehydrate, insbesondere der reduzierenden Zucker, die sich in gesteigerten osmotischen Werten, in einer Erhöhung des Sukkulenzgrades und morphologisch in einer Reduktion der Blattoberflächenentwicklung äußert.

Die verminderte photosynthetische Leistung der Blätter und die Festlegung eines anomal großen Anteils der im Blatt gebildeten Zuckersubstanzen im Sproß führen zu einer geschwächten Assimilatversorgung der Wurzel und Rübe, die je nach den Wachstumsverhältnissen mehr oder weniger deutlich auch als Zuckergehaltserniedrigung dieser Organe in Erscheinung tritt.

Die Wurzeln vergilbungs kranker Pflanzen enthalten häufig größere Mengen reduzierender Zucker als normale Rüben.

Der Stickstoffwechsel viruskranker Blätter ist durch vorzeitig einsetzende und verstärkte proteolytische Prozesse mit den Folgen einer Verminderung des Gehaltes an nichtlöslichem Stickstoff und Gesamtstickstoff charakterisiert.

Der Stickstoffgehalt der Wurzeln wird hingegen durch den Virusbefall in allen Fraktionen erhöht. Die Zunahme des löslichen Stickstoffs in der Rübe wirkt sich bei der Verarbeitung der Zuckerrüben störend aus.

Der Anteil des löslichen Stickstoffs am Gesamtstickstoffgehalt ist in Sproß und Wurzel höher als bei normalen Pflanzen.

Auch im Wasserhaushalt zeigen vergilbungs kranke Pflanzen ein pathologisch verändertes Verhalten. Die aktuelle Transpiration ist schwächer, die Welke-transpiration stärker als bei normalen Pflanzen. Die Spaltöffnungen der vergilbten Blattflächen weisen meist nur schwache oder gar keine Öffnungsbewegungen auf. Das infolge gesteigerter kutikulärer Wasserabgabe eingeschränkte Vermögen infizierter Pflanzen zur Regulierung ihrer Verdunstung führt zu erhöhter Welkeanfälligkeit der wachsenden Pflanze und zu beschleunigter Vertrocknung und Zersetzung des geernteten Rübenblattes.

5. Der Virusbefall wirkt sich auf den Pflanzenertrag in allen Nutzungsrichtungen aus: Samen-, Rüben- und Blatternte befallener Pflanzen sind mengenmäßig und qualitativ beeinträchtigt. Samen- und Wurzelertrag leiden mehr als die Blattmasse, da das Blattsystem auf Kosten der Rübenbildung stets mehr oder weniger regeneriert wird.

Die Größe des Rübenertragsausfalls wird durch den Umfang der Initialschädigung, durch den Empfindlichkeitsgrad der Pflanze und durch die Möglichkeit einer Erholung im weiteren Wachstumsverlauf bestimmt. Der primäre Schädigung

gungseffekt ist um so größer, je schwerer die Infektion nach Menge und Virulenz des in die Pflanze gelangenden Virus und nach dem spezifischen Infektionsvermögen der Überträgerart ist und je schneller sich das Virus über das Blattsystem ausbreitet. Der Witterungsverlauf in der Zeit zwischen Infektion und Ernte, der sowohl das Wachstum der Rüben als auch die Virulenz des Erregers beeinflusst, entscheidet darüber, in welchem Grade die infizierten Pflanzen noch zur Rüben- und Zuckerbildung fähig sind.

6. Die Virusempfindlichkeit unterliegt der Abhängigkeit von zahlreichen Faktoren, deren Bedeutung und Wirkungsweise diskutiert werden.

Diese Eigenschaft ist in erster Beziehung eine Funktion des Entwicklungszustandes im Zeitpunkt der Infektion. Alle Umstände, die das Frühwachstum der Rüben fördern, bewirken einerseits eine geringere Schadensanfälligkeit der infizierten Pflanze, andererseits gleichzeitig eine Verminderung der Infektionshäufigkeit in den Beständen.

7. Ausgedehnte Beobachtungen zeigten, daß sämtliche Sorten und Varietäten der Beta-Rüben in gleichem Ausmaß infiziert werden.

Ertragsfeststellungen unter natürlichen Befallsbedingungen und bei unterschiedlicher Stärke sowie Versuche mit künstlicher Infektion in Freiland und Gewächshaus ergaben eine zunehmende Empfindlichkeit der drei Rübenvarietäten von den Zuckerrüben über die Gehaltsrüben zu den Massen-Futterrüben.

Physiologische Versuche machen das Bestehen einer Korrelation zwischen Blattentwicklung und Bewurzelungsgrad einerseits und Vergilbungsempfindlichkeit andererseits wahrscheinlich.

Unterschiede im Vergilbungsverhalten einzelner Sorten der drei Varietäten, die von Ort zu Ort und Jahr zu Jahr schwankten, deuten darauf hin, daß den Differenzen wenigstens teilweise sortenspezifische Wachstumseigenschaften zugrunde liegen, die je nach den Kulturbedingungen einen wechselnden Entwicklungsablauf bewirken.

8. Die Möglichkeiten einer Bekämpfung der Vergilbungskrankheit in Westdeutschland werden erörtert. Unter den hygienischen Maßnahmen stehen die Sanierung der Futterrübenmieten, des Samenrüben- und Spinatbaues im Vordergrund des Interesses. Ihr Einfluß auf die Seuchelage kann bei Futterrübenmieten nur durch eine rechtzeitige Räumung, bei Samenrüben und Spinat durch einen den epidemiologischen Voraussetzungen entsprechenden räumlich oder zeitlich begrenzten Anbau wesentlich gemildert werden. Die Ausführungen werden durch eigene Experimente untermauert.

Auch durch entsprechende Kulturmaßnahmen kann die Höhe der Ertragschäden wesentlich eingeschränkt werden. Es hat sich bei allen im einzelnen untersuchten Faktoren (Saatzeit, Düngung, Standweite, Vorfrucht usw.) immer wieder gezeigt, daß der Entwicklungszustand der Pflanze bei Infektionseintritt entscheidend für das Ausmaß der Schäden ist. Infolgedessen muß der Rübenbau im Seuchengebiet so durchgeführt werden, daß die Bestände bis zur Infektion in ihrer Entwicklung soweit wie möglich fortgeschritten sind. Selbst bei mittlerem Befall sind so auf guten Rübenböden annähernd Normalernten zu erzielen.

Die Überträgerbekämpfung durch innertherapeutische Mittel ist in ihrem Dauererfolg gegen die Überträger vom Wuchsstand der Pflanzen und den biologischen Eigenschaften der Vektoren abhängig. Sie führt nur in schwachen Befallslagen zu einer Minderung des prozentualen Virusbefalls, während es in mittelschweren bis schweren Befallslagen zu einer Verzögerung im Auftreten der Virussymptome und einer Abschwächung ihrer Intensität kommt. In zwei-jährigen Groß- und Kleinparzellenversuchen wurden Mehrerträge, insbesondere an Rübenmasse und Zucker, weniger an Blatt, vorwiegend in mittleren bis schweren Befallslagen festgestellt. Die relative Höhe der Mehrerträge schwankt in weiten Grenzen und wird von zahlreichen, im einzelnen eingehend erörterten Faktoren beeinflusst. Als praktisch wichtige Schlußfolgerung ist den Befunden zu entnehmen, daß das Mittel mit der größten Aussicht auf wirtschaftliche Erfolge in den Seuchenzentren und unter Bedingungen erhöhter Vergilbungsanfälligkeit eingesetzt werden kann. In den übrigen Gebieten können die Erträge auch ohne Überträgerbekämpfung durch vorbeugende Anbaumaßnahmen hinreichend gesichert werden. Zur Klärung der Möglichkeiten einer allgemeinen Anwendung des Verfahrens in anderen Rübenarealen sind noch eingehende Versuche unter den örtlichen Befallsbedingungen erforderlich.

Literatur

- Arenz, B., Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Resistenz der Kartoffel gegen die Pflirsichblattlaus. Ztschr. Pfl.bau u. -schutz 2. 1951, 49—62.
- Arnold, A., Die Bedeutung der Chlorionen für die Pflanze, insbesondere ihre physiologische Wirksamkeit. Abhandl. Gesamtgeb. wiss. Bot. (im Druck).
- Bawden, F. C., Rothamsted Exp. Stat., Harpenden, Rept. 1949 (1950), 59.
- Bawden, F. C., Rothamsted Exp. Stat., Harpenden, Rept. 1950 (1951), 69.
- Bawden, F. C., Plant viruses and virus diseases. Waltham (Mass.) 1950. 3. ed., 335 p.
- Björling, K., Virusgulst hos betor. Sjukdombild och inverkan på den svenska sockerbetsskörden. Socker 5. 1949, nr. 7, p. 119—140.
- Blencowe, J. W., and Tinsley, T. W., The influence of density of plant population on the incidence of yellows in sugar-beet crops. Ann. appl. Biol. 38. 1951, 395—401.
- Böning, K., Die Mosaikkrankheit der Rübe. Forsch. Geb. Pfl.krankh. u. Immunität Pfl.reich 3. 1927, 81—128.
- Börner, C., Kleiner Beitrag zur Kenntnis von *Myzodes persicae* Sulz. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F. 5. 1951, 101—111.
- Bonnemaison, L., Diverses méthodes de protection des plantes cultivées contre les maladies à virus. Compt. rend. Acad. Agric. France 36. 1950, 527—529.
- Bonnemaison, L., Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. Edit. Dunand, [Paris] 1951. 380 p.
- Booy, H. L., de Bruijn Ouboter, M. P., Cremer, M. C., en van Slogteren, E., Verslag van het serologische onderzoek betreffende de vergelingsziekte der suikerbieten 1942—1943. Meded. Inst. rat. Suikerproductie, Bergen op Zoom, 14. 1944, 1—28.

- Broadbent, L., Gregory, P. H., and Tinsley, T. W., The influence of planting date and manuring on the incidence of virus diseases in potato crops. *Ann. appl. Biol.* 39. 1952, 509—524.
- Broadbent, L., Cornford, C. E., Hull, R., and Tinsley, T. W., Overwintering of aphids, especially *Myzus persicae* (Sulzer), in root clamps. *Ann. appl. Biol.* 36. 1949, 513—524.
- Buchner, A., Zur Wirkung von Natrium und Chlor bei der Rübendüngung. *Ztschr. Acker- u. Pfl.bau* 93. 1951, 523—528.
- Buchner, A., Die Wirkung der Chlorionen auf den Kohlehydratstoffwechsel in Abhängigkeit von der Kaliversorgung der Pflanze. *Ztschr. Pfl.ernährg., Düngg., Bodenkunde* 99. 1951, 28—36.
- De Haan, K., De vergelingsziekte van suikerbieten, stekbieten en zaadragers. *Meded. Inst. Suikerb.teelt, Bergen op Zoom*, 8. 1938, 137—150.
- Doncaster, J. P., and Kassanis, B., The shallot aphid, *Myzus ascalonicus* Doncaster, and its behaviour as a vector of plant viruses. *Ann. appl. Biol.* 33. 1946, 66—68.
- Drachovská-Šimanová, M., (Die Viruskrankheiten der Zuckerrübe.) *Preslia (tschech.)* 24. 1952, 113—187.
- Ernould, L., Les possibilités de lutte contre la jaunisse de la betterave. *Publ. Inst. belge Amélior. Betterave* 19. 1951, 71—138.
- Goffart, H., Die Bedeutung der Rübkrankheiten im westfälischen Raum. *Landw. Wochenbl. Westf.-Lippe* 109. 1952, 1655—1656.
- Gram, E., Virus gulrot hos beder. Beta virus 4. *Tidsskr. Planteavl, København*, 47. 1942, 338—362.
- Hagedorn-Jensen, *Biochem. Ztschr.* 135. 1923, 46.
- Haine, E., Zur Frage der Überwinterung von *Myzodes persicae* an Sekundärwirten. *Anz. Schädl.kunde* 23. 1950, 81—86.
- Hansen, H. P., Investigations on virus yellows of beets in Denmark. *Trans. Danish Acad. techn. Sci.* 1. 1950, 68 p.
- Hartsuijker, K., De vergelingsziekte der bieten. I. *Meded. Inst. rat. Suikerproductie, Bergen op Zoom*, 21. 1951 (1952), 15—275.
- Heiling, A., Der Einfluß der Vergilbungskrankheit auf den Ertrag der Rüben. *Zucker* 6. 1953, 27—33.
- Heiling, A., und Steudel, W., Das Problem der virösen Rübenvergilbung in Westdeutschland. *Betteraviers Europ.* 1. 1952, 13—16.
- Heiling, A., und Steudel, W., Untersuchungen über die Vergilbungskrankheit der Rüben. *Biol. Bundesanst., Braunschweig, Jahresber.* 1950 (1951), 39—41.
- Heiling, A., und Steudel, W., Frühaussaat schützt vor Vergilbungskrankheit. *Zuckerrübe* 2. 1953.
- Heinze, K., Die Überwinterung der grünen Pfirsichlaus, *Myzodes persicae* (Sulz.) und die Auswirkung der Überwinterungsquellen auf den Massenwechsel im Sommer. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F.* 2. 1948, 105—112, 145—148.
- Heinze, K., Die Viruskrankheiten der Rübe und ihre Übertragung durch Insekten. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F.* 3. 1949, 1—7.
- Heinze, K., Zur Übertragung pflanzlicher Viruskrankheiten durch Blattläuse. *Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig*, 2. 1950, 49—53.

- Heinze, K., Die Überträger pflanzlicher Viruskrankheiten (eine tabellarische Übersicht). Mitt. Biol. Zentralanst., Berlin-Dahlem, H. 71. 1951, 127 S.
- Heinze, K., Die Schädlinge, Krankheiten und Schädigungen unserer Hackfrüchte. Duncker & Humblot, Berlin 1953.
- Heinze, K., und Profft, I., Über die an der Kartoffel lebenden Blattlausarten und ihren Massenwechsel im Zusammenhang mit dem Auftreten von Kartoffelvirosen. Mitt. Biol. Reichsanst. H. 60. 1940, 1—164.
- Hijner, I. A., La jaunisse dans l'île Tiengemeten après la liquidation de silos de betteraves fourragères. Compt. rend. XIVme Assoc. I. I. R. B., Bruxelles, 1951.
- Hijner, I. A., Nederlands report. In: Report of virus yellows in Europe (siehe Hull, 1951).
- Hirschfeld, Beobachtungen über die Vergilbungskrankheit bei Rüben. Mitt. dtsh. Landw.-Ges. 67. 1952, 997—998.
- Hofferberth, W., und Orth, H., Der Einfluß der Düngung auf die Wanderung der Pflirsichblattlaus. Kartoffelwirtschaft 1. 1948, 79—80.
- Hull, R., Report of virus yellows in Europe. Compt. rend. XIV. Congr. I. I. R. B., Brüssel, 1951.
- Hull, A., and Watson, M. A., Factors affecting the loss of yield of sugar beet caused by beet yellows virus. II. Nutrition and variety. J. agric. Sci. 37. 1947, 301—310.
- Kassanis, B., The transmission of sugar-beet yellows virus by mechanical inoculation. Ann. appl. Biol. 36. 1949, 270—272.
- Kennedy, J. S., Aphid migration and the spread of plant viruses. Nature, London, 165. 1950, 1024—1025.
- Kennedy, J. S., Ibbotson, A., and Booth, C. O., The distribution of aphid infestation in relation to leaf age. I. *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis fabae* (Scop.) on spindle trees and sugar-beet plants. Ann. appl. Biol. 37. 1950, 651—679.
- Kleczkowski, A., and Watson, M. A., Serological studies on sugar beet yellows virus. Ann. appl. Biol. 31. 1944, 116—120.
- Klinkenberg, C. H., Anatomisch onderzoek van de vergelingsziekte van bieten, vergeleken met enkele andere bietenziekten. Meded. Inst. rat. Suikerproductie, Bergen op Zoom, 15. 1945, 33—65.
- Klinkowski, M., und Schmelzer, F., Das Gelbnetz-Virus der Beta-Rübe. Nachr. bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F. 5. 1951, 21—24.
- Kotthoff, P., Herz- und Trockenfäule der Runkelrüben. Landw. Wochenbl. Westf.-Lippe 6. 1949, 106.
- Lüdecke, H., Zuckerrübenbau. P. Parey, Hamburg u. Berlin 1953.
- Lüdecke, H., und Neeb, O., Untersuchungen über den Einfluß von Gelbsucht-virusinfektion auf physiologische Gradienten der Zuckerrübe. Zucker 6. 1953, 117—120.
- Martini, Ch., Blattlausüberwinterung in nordwestdeutschen Futterrübenmieten als Faktor für das Auftreten der virösen Rübenvergilbung. Diss. Bonn (Triltsch, Düsseldorf) 1953.
- Moericke, V., Zur Lebensweise der Pflirsichlaus (*Myzodes persicae* Sulz.) auf der Kartoffel. Diss. Univ. Bonn 1941.
- Moericke, V., Eine Farbfall zur Kontrolle des Fanges von Blattläusen, insbesondere der Pflirsichlaus, *Myzodes persicae* (Sulz.). Nachr. bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 3. 1951, 23—24.

- Moericke, V., Farben als Landereize für geflügelte Blattläuse (*Aphidoidea*). Ztschr. Naturforsch. 7b. 1952, 304—309.
- Müller, H. J., Der Blattlaus-Befallsflug im Bereich eines Ackerbohnen- und eines Kartoffel-Bestandes. Beitr. Ent. 3. 1953, 229—258.
- Müller, H. J., und Unger, K., Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. I. Der Verlauf des Massenwechsels von *Doralis fabae* Scop. in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf 1949 in Quedlinburg. II. Über die Fluggewohnheiten, besonders das sommerliche Schwärmen, von *Doralis fabae* und ihre Abhängigkeit vom Tagesgang der Witterungsfaktoren. Züchter 21. 1951, 1—30, 76—89.
- Müller, H. J., und Unger, K., Über den Einfluß von Licht, Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf den Befallsflug der Aphiden *Doralis fabae* Scop. und *Myzodes persicae* Sulz. sowie der Psyllide *Trioza nigricornis* Frst. Züchter 22. 1952, 206—228.
- Naumann, Futterwert vom vergilbten Rübenblatt. Landw. Ztschr. Nord-Rhein-provinz 119. 1952, 1250.
- Nixon, H. L., and Watson, M. A., Beet yellows virus. Nature, London, 168. 1951, 523—524.
- Prillieux, E., et Delacroix, G., La jaunisse, maladie bactérienne de la betterave. Compt. rend. Acad. Sci., Paris, 127. 1898, 338—339.
- Quanjer, H. M., Enkele kenmerken der »vergelings«-ziekte van suiker- en voederbieten ter onderscheiding van de »zwarte houtvaten«-ziekte. Tijdschr. Plantenziekten 40. 1934, 201—214.
- Quanjer, H. M., Historique des recherches sur la jaunisse et la mosaïque de la betterave. Publ. Inst. belge Amélior. Betterave 4. 1936, 23—33.
- Roland, G., Étude de la jaunisse de la betterave. Rev. Path. vég. Ent. agric. France 23. 1936, 185—207.
- Roland, G., De vergelingsziekte en de mozaiekziekte van de suiker- en voederbiet. II. Onderzoek van de vergelingsziekte van de biet, met enkele opmerkingen over de mozaiekziekte. Tijdschr. Plantenziekten 42. 1936, 54—70.
- Roland, G., Étude des maladies à virus de la betterave et de l'épinard effectuées en 1938. Publ. Inst. belge Amélior. Betterave 7. 1939, 67—95.
- Rönnebeck, W., Weitere Beiträge zur Bekämpfung von *Myzodes persicae* Sulzer als Virusüberträger im Kartoffelfeld. Ztschr. Pfl.krankh. 59. 1952, 13—26.
- Schlösser, L.-A., Infektionszeitpunkt und Ertragsminderung bei gelbsuchtinfi-zierten Beta-Rüben. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 3. 1951, 54—56.
- Schlösser, L.-A., Viröse Rüben gelbsucht an Samenrüben. I. Die Bedeutung des Infektionszeitpunktes für Samenertrag und Samengüte. Phytopath. Ztschr. 18. 1951, 114—120.
- Schlösser, L.-A., Zur Frage der Wanderung europäischer Rübenvirosen. Phyto-path. Ztschr. 20. 1952, 75—82.
- Schlösser, L.-A., Gegenwartsfragen der Zuckerrüben- und Futterrübenzüchtung. Arch. dtsh. Landw.-Ges. 10. 1952, 64—78.
- Schneider, F., und Hoffmann-Walbeck, H. P., Über die Plasmolyse und die Zuckerzusammensetzung in verschiedenen Bestandteilen des Rübenzellgewebes. Zucker Beih. 6. 1953, 1—8.
- Schrader, G., Zur Kenntnis neuer Insektizide auf Grundlage organischer Phosphor-verbindungen. Ztschr. angew. Ent. 33. 1952, 328—340.

- Schrader, G., Die Entwicklung systemischer Insektizide auf Grundlage organischer Phosphorverbindungen. Höfchen-Briefe, Leverkusen, 5. 1952, 161—170.
- Schulze, E., Die Bedeutung der Vergilbungskrankheit für Ertrag und Zuckergehalt der Zuckerrüben. Mitt. dtsh. Landw.-Ges. 68. 1953, 75—77.
- Sedlag, U., Wurzelläuse an Futter- und Zuckerrüben.- Anz. Schädl.kunde 26. 1953, 51—52.
- Staněk, S., und Pavlas, P., Über eine schnelle, informative Methode zur Bestimmung des schädlichen Stickstoffes der Amide und der Aminosäuren in der Rübe. Ztschr. Zuckerind. čechosl. Republ. 59. 1934, Nr. 16, S. 129—142.
- Stedel, W., Über Auftreten und Ausbreitung der virösen Rübenvergilbung im Elsdorfer Versuchsfeld und ihre Beziehungen zum Massenwechsel der Überträger in zwei Extremjahren. Nachr.bl. Biol. Zentralanst., Braunschweig, 1. 1949, 166—171.
- Stedel, W., Über die Bedeutung einiger winterfester Gemüsesamenkulturen als Winterwirte der grünen Pflirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulz.) in der Kölner Bucht. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 2. 1950, 70—74.
- Stedel, W., Verbreitung und Epidemiologie der Vergilbungskrankheit und heutiger Stand der Bekämpfung. Zucker 4. 1951, 181—185.
- Stedel, W., Zur Frage der Bekämpfung der Vergilbungskrankheit der Beta-Rüben durch Überträgerabtötung mit chemischen Mitteln. 1. Die Wirkung des Präparates »Systox« auf die Blattlauspopulation der Beta-Rüben. Ztschr. Pfl.krankh. 59. 1952, 418—430.
- Stedel, W., Untersuchungen zur anholocyclischen Überwinterung der grünen Pflirsichlaus (*Myzodes persicae* Sulz.) an *Brassicaceen*. Mitt. Biol. Zentralanst. H. 73. 1952, 32 S.
- Stedel, W., Epidemiologische Studien zur Vergilbungskrankheit im Rheinland, 1952. Zucker 6. 1953, 69—73.
- Stedel, W., und Burekhardt, F., Zur Überwinterung der grünen Pflirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulz.) in westdeutschen Futterrübenmieten. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 2. 1950, 137—138.
- Stedel, W., und Heiling, A., Über die Verbreitung der Vergilbungskrankheit und des Mosaiks der Beta-Rüben in Westdeutschland. Ztschr. Pfl.krankh. 56: 1949, 380—385.
- Stedel, W., und Heiling, A., Der Einfluß der Saatzeit auf Auftreten und Ausbreitung der Vergilbungskrankheit der Beta-Rüben. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 4. 1952, 40—44.
- Stedel, W., und Heiling, A., Die Vergilbungskrankheit der Zuckerrübe. Mitt. dtsh. Landw.-Ges. 67. 1952, 392—393.
- Sylvester, E. S., The yellow-net virus disease of sugar beets. Phytopathology 38. 1948, 429—439.
- Unger, K., und Müller, H. J., Studien über die Bedeutung von Witterung und Mikroklima für den Massenwechsel der schwarzen Bohnenlaus, *Doralis fabae* Scop. Angew. Meteorol. 1. 1953, 257—275.
- Van Riemsdijk, J. F., Physiologisch onderzoek van de »vergelingsziekte« van voederbieten en de schade door deze ziekte teweeggebracht. Tijdschr. Plantenziekten 41. 1935, 317—329.

- Van Schreven, D. A., De vergelingsziekte bij de biet en haar oorzaak. Meded. Inst. rat. Suikerproductie, Bergen op Zoom, 6. 1936, 1—36.
- Verplancke, G., Contribution à l'étude des maladies à virus filtrant de la betterave. Mém. Acad. R. belge, Cl. Sci., Sér. II, str. 1934. 1934.
- Völk, J., Beobachtungen über das Auftreten virusübertragender Blattläuse an Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Düngung. Mitt. Biol. Zentralanst. H. 70. 1951, 69—72.
- Völk, J., Bode, O., und Hauschild, I., Untersuchungen zur Frage eines Zusammenhanges zwischen Düngung, Blattlausbesatz und Krankheitsausbreitung in Kartoffelbeständen. I. Mitt. Ztschr. Pfl.krankh. 59. 1952, 97—110.
- Völk, J., und Hauschild, I., Abhängigkeit des Blattlausbefalls von der Kartoffelsorte. Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 2. 1950, 74—75.
- Watson, M. A., The transmission of beet mosaic and beet yellows virus by aphides: a comparative study of non-persistent and a persistent virus having host plants and vectors in common. Proc. R. Soc. London (Ser. B) 133. 1946, 200—219.
- Watson, M. A., Sugar beet yellows virus. A preliminary account of experiments and observations on its effect in the field. Ann. appl. Biol. 29. 1942, 358—365.
- Watson, D. J., and Watson, M. A., Comparative physiological studies on the growth of field crops. III. The effect of infection with beet yellows and beet mosaic viruses on the growth and yield of the sugar beet root crop. Ann. appl. Biol. 40. 1953, 1—37.
- Watson, M. A., and Watson, D. J., The effect of infection with beet yellows and beet mosaic viruses on the carbohydrate content of sugar-beet leaves, and on translocation. Ann. appl. Biol. 38. 1951, 276—288.
- Watson, M. A., Hull, R., and Hartsuijker, K., Yellowing disease of »family 41« sugar beet. Nature, London, 163. 1949, 910—911.
- Watson, M. A., Watson, D. J., and Hull, R., Factors affecting the loss of yield of sugar beet caused by beet yellows virus. I. Rate and date of infection; date of sowing and harvesting. J. agric. Sci. 36. 1946, 151—166.
- Watson, M. A., Hull, R., Blencowe, I. W., and Hamlyn, B. H. G., The spread of beet yellows and beet mosaic viruses in the sugar beet root crop. 1. Field observations in the virus diseases of sugar beet and their vectors *Myzus persicae* and *Aphis fabae* Koch. Ann. appl. Biol. 38. 1951, 743—764.
- Wenzl, H., und Lonsky, H., Die räumliche Auswirkung von Infektionszentren der Vergilbungskrankheit der Rübe. Pflanzenschutzberichte, Wien, 10. 1953, 97—111.