

**Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Landwirtschaftliche Fakultät**

**Lehr- und Forschungsschwerpunkt
„Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“**



Forschungsbericht

Nr. 103

Diagnose und Bewertung phytopathogener Viren im rheinischen Gemüsebau

Verfasser:

Imke Hennes und Georg Noga

Institut für Obstbau und Gemüsebau

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Endenicher Allee 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2297; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Untersuchungen im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, Mai 2003

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. Georg Noga

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. agr. Imke Hennes

Institut für Obstbau und Gemüsebau
Auf dem Hügel 6
53121 Bonn
Tel.: 0228 - 73 5135

Zitiervorschlag:

HENNES, I. UND G. NOGA (2003): Diagnose und Bewertung phytopathogener Viren im rheinischen Gemüsebau. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, 103, 53 Seiten.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	MATERIAL UND METHODEN	3
2.1	VIRUSMONITORING DURCH FREILANDUNTERSUCHUNGEN	3
2.1.1	<i>Betriebe</i>	3
2.1.2	<i>Sorten im Produktionsanbau</i>	3
2.1.3	<i>Bonituren</i>	4
2.1.4	<i>Viren</i>	4
2.2	GEWÄCHSHAUSVERSUCHE ZUR PFLANZENENTWICKLUNG UND ERTRAGSBILDUNG	5
2.2.1	<i>Verwendete Sorten</i>	5
2.2.2	<i>Pflanzenanzucht</i>	6
2.2.3	<i>Klimasteuerung</i>	6
2.2.4	<i>Pflanzenernährung</i>	6
2.2.5	<i>Pflanzenschutz</i>	7
2.2.6	<i>Versuche zur Pflanzenentwicklung</i>	8
2.2.6.1	<i>Substrate und Kulturgefäße</i>	9
2.2.6.2	<i>Versuchsaufbau</i>	10
2.2.6.3	<i>Inokulation</i>	10
2.2.6.4	<i>Bestimmung von Wachstumsparametern (vegetativ und generativ)</i>	12
2.2.7	<i>Ertragsversuche</i>	13
2.2.7.1	<i>Kulturgefäße und Substrate</i>	14
2.2.7.2	<i>Versuchsaufbau</i>	14
2.2.7.3	<i>Inokulation und Befallsbonituren</i>	15
2.2.7.4	<i>Bestimmung von Ertrags- und Qualitätsparametern</i>	17
2.3	VIRUSNACHWEIS	17
2.3.1	<i>Geräte und Materialien</i>	17
2.3.2	<i>Reagenzien und Puffer</i>	18
2.3.3	<i>Probenahme und -aufbereitung</i>	18
2.3.4	<i>DAS-ELISA</i>	20
2.4	STATISTIK.....	21
3	ERGEBNISSE	22
3.1	VIRUSMONITORING IM FREILAND	22
3.2	UNTERSUCHUNGEN ZUR PFLANZENENTWICKLUNG NACH VIRUSINOKULATION UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN	22
3.2.1	<i>Inokulationserfolg</i>	22
3.2.2	<i>Blattfläche und Blattanzahl</i>	23
3.2.3	<i>Spross-/ Wurzelverhältnisse</i>	26
3.2.4	<i>Spezifisches Blattgewicht</i>	27
3.2.5	<i>Blütenentwicklung</i>	28
3.3	UNTERSUCHUNGEN ZU QUALITÄTS- UND ERTRAGSBILDUNG NACH VIRUSINOKULATION UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN	30
3.3.1	<i>Befallsentwicklung</i>	30
3.3.2	<i>Fruchtanzahl und Fruchtgewicht</i>	33
3.3.3	<i>Fruchtqualität</i>	35
4	DISKUSSION	40
4.1	VORKOMMEN PHYTOPATHOGENER VIREN IM RHEINLAND	40
4.2	AUSWIRKUNGEN PHYTOPATHOGENER VIREN UNTER KONTROLLIERTEN BEDINGUNGEN	42
4.2.1	<i>Versuche zur Pflanzenentwicklung</i>	42
4.2.2	<i>Ertragsversuche</i>	43
5	ZUSAMMENFASSUNG	44
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG IN DIE PRAXIS	45

Inhaltsverzeichnis

7	LITERATURVERZEICHNIS.....	47
8	ANHANG.....	50
8.1	KONSEQUENZEN FÜR EVTL. WEITERE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN.....	50
8.2	MITTEILUNGEN ÜBER EVTL. SCHÜTZENSWERTE NUTZUNGSRECHTE	50
8.3	VERÖFFENTLICHUNGEN.....	50
8.4	VORTRÄGE	50
8.5	PRESEMITTEILUNGEN	51
8.6	POSTERPRÄSENTATIONEN, VORFÜHRUNGEN UND DEMONSTRATIONEN.....	51
9	KURZFASSUNG.....	52

1 Einleitung

In rheinischen Gemüsekulturen sind seit 1996 Ertragsausfälle zu verzeichnen, deren genaue Ursachen zunächst nicht eindeutig geklärt werden konnten. Aufgrund der beobachteten Blattsymptome wurde neben Herbizidschäden Virusbefall vermutet, was mit entsprechenden Testverfahren bestätigt werden konnte (MEYER; 1997).

In dieser Zeit waren auf dem Versuchsgut Marhof der Universität Bonn vor allem Spinatkulturen von vergleichbaren Schäden betroffen. Durch entsprechende Anbauversuche mit unterschiedlichen Wirkstoffen in verschiedenen Konzentrationen konnten Herbizidschäden ausgeschlossen werden (ULBRICH 1996). Durch serologische und elektronenmikroskopische Untersuchungen wurden aber sowohl an Spinat und seiner Begleitflora als auch an Gemüsekulturen der Nachbarparzellen Gurkenmosaikvirus (*Cucumber mosaic virus*, CMV) und Zucchini gelbmosaik-Virus (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV) nachgewiesen (HAMACHER, LANKES, ULBRICH 1996 und 1997).

In den Jahren 1997 und 1998 ließen die Ergebnisse stichprobenartiger Virustests an Gemüsekulturen und ihrer Begleitflora auf ein verbreitetes Vorkommen von CMV und eine geringere Verbreitung von ZYMV schließen. Auch sporadisches Auftreten von im Gemüsebau nicht zu vermutenden Viren war nachzuweisen. 1998 wurden vor allem bei Freilandgurkensschlägen möglicherweise virusbedingte Ertragsausfälle beobachtet.

In dieser Situation mit zunehmend ungeklärter Virusinfektion im rheinischen Gemüsebau sollten im Rahmen eines dreijährigen Projektes Zusammenhänge zwischen Virusbelastung und Ertragsbildung untersucht werden, da auf diesem Gebiet bisher nur wenige Erkenntnisse vorliegen. Diese Untersuchungen wurden stellvertretend für andere Gemüsekulturen an unterschiedlichen Einlegegurkensorten sowohl im Freiland als auch unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Dabei wurde aus mehreren Gründen auf die Einlegegurke (*Cucumis sativus* L.) als Versuchspflanze zurückgegriffen. Neben ihrer wirtschaftlichen Bedeutung im rheinischen Gemüsebau zeichnet sich die Gurke durch einige für die versuchstechnische Handhabung günstige Eigenschaften aus. So handelt es sich im Gegensatz zum Spinat bei der Gurke um eine Kultur, die über einen verhältnismäßig langen Zeitraum beobachtet werden kann. Außerdem ist es bei der Gurke möglich, sowohl die vegetative als auch die generative Entwicklung zu untersuchen, da die Pflanzen mit der Ausbildung von Blüten das vegetative

Wachstum nicht einstellen. Ferner ist die Gurke als Vertreter aus der Familie der Cucurbitaceae Wirts-, Vermehrungs- und Indikatorpflanze für viele phytopathogene Viren (HORVÀTH 1993, DIJKSTRA & DE JAGER 1998).

In die Untersuchungen wurden drei verschiedene Viren einbezogen: ArMV (**A**rabis **m**osaic virus), CMV (**C**ucumber **m**osaic virus) und ZYMV (**Z**ucchini **y**ellow **m**osaic virus). Mit dem Vorkommen von CMV und ZYMV im Rheinland war aufgrund der oben beschriebenen Untersuchungen zu rechnen. ArMV wurde im Rahmen der institutsinternen Stichproben in Gemüsekulturen nicht nachgewiesen. Da aber aufgrund seines Vorkommens in international gehandeltem Pflanzenmaterial (Anonym, mündliche Mitteilung) und seiner hohen Saatgutübertragbarkeit (BRUNT 1996) eine Einschleppung möglich ist, sollte dieses Virus mit in die Untersuchungen aufgenommen werden. Die Bedeutung von ArMV wird durch die Pflanzenbeschauverordnung dokumentiert, die eine Einfuhr von mit ArMV infiziertem Pflanzenmaterial untersagt.

Aufgrund der in vergangenen Jahren sehr unterschiedlich auftretenden Häufigkeit von beschriebenen Virusausfällen, sollten neben Einzelinfektionen auch die Bedeutung von Mischinfektionen mit verschiedenen Viren untersucht werden. Insbesondere die Frage der additiven bzw. verstärkenden Effekte einer solchen Mischinfektion mit den oben genannten Viren auf die Entwicklung und den Ertrag der Versuchspflanzen sollte genauer eingegangen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Virusmonitoring durch Freilanduntersuchungen

Zu Beginn der praktischen Untersuchungen sollten in der Vegetationsperiode 1999 Informationen zur Virusbelastung auf Freilandgurkenschlägen gesammelt werden. Dabei sollten unterschiedliche Viren und verschiedene praxisrelevante Sorten berücksichtigt werden.

2.1.1 Betriebe

In die Erhebungen wurden drei Betriebe einbezogen, die im Vertragsanbau Freilandgurken anbauen. Die Betriebe liegen im Großraum Köln (Abb. 2.1) und somit in relativer Nachbarschaft des Versuchsgutes Marhof. Alle vier Standorte sind repräsentativ für den rheinischen Gemüsebau.

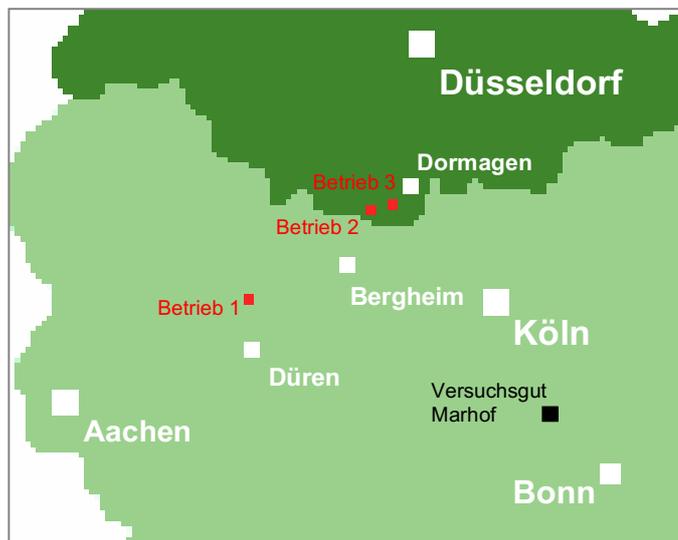


Abb. 2.1: Lage der Praxisbetriebe und des Versuchsgutes

2.1.2 Sorten im Produktionsanbau

Die Anbauer verwendeten sowohl parthenokarpe als auch überwiegend weiblich blühende Sorten. Um eine Befruchtung und dadurch mögliche Verformungen der Früchte zu vermeiden, sollten mindestens 50 m zwischen den parthenokarpen Sorten und überwiegend weiblich blühenden Sorten liegen (KOROS-BALOGH 1987).

Der Betrieb in der Nähe von Niederzier baute 1999 die gynözischen Sorten 'Othello' und 'Musica' sowie die parthenokarpen Sorten 'Melody' und 'Profi' an. Im zweiten Betrieb wurden ebenfalls die überwiegend weiblich blühenden Sorten 'Othello' und 'Musica' kultiviert und durch die

überwiegend weiblich blühende Sorte 'Cantate' ergänzt. Der dritte Anbauer verwendete die Sorten 'Profi', 'Melody' und die parthenokarpe 'Duet'.

2.1.3 Bonituren

Die erste Begehung der Gurkenschläge fand Ende Mai 1999 statt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Pflanzen noch mit Vliesen abgedeckt und hatten im Durchschnitt das zweite Laubblatt ausgebildet. Hierbei wurden die Pflanzen stichprobenartig auf Krankheiten und Schädlinge untersucht, wobei insbesondere Blattläuse wegen ihrer Funktion als Virusvektoren besondere Berücksichtigung fanden. Darüber hinaus wurden die hauptsächlich vorkommenden Unkräuter notiert und visuell erkennbare Pflanzenschäden, z.B. Herbizidschäden, vermerkt.

Vegetationsbegleitend wurden von Anfang Juni bis Ende September Blattproben zur Virustestung entnommen. Für die Probenahme wurden die Schläge in Rand- und Mittelbereiche eingeteilt, um einen möglichen Infektionsherd zu lokalisieren. Gleichzeitig wurden Proben der Begleitflora auf einen möglichen Virusbefall mittels DAS-ELISA (siehe Kapitel 2.3.4) getestet.

2.1.4 Viren

Bei den Untersuchungen wurden drei verschiedene Viren berücksichtigt:

1. ArMV: *Arabidopsis mosaic virus*
2. CMV: *Cucumber mosaic virus*
3. ZYMV: *Zucchini yellow mosaic virus*

Aufgrund vorausgegangener Untersuchungen des Instituts (LANKES & ULBRICH, 1999 mündliche Mitteilungen) war im Rheinland mit dem Vorkommen von CMV und ZYMV zu rechnen. ArMV wurde im Rahmen der institutsinternen Untersuchungen in Gemüsekulturen nicht nachgewiesen. Da aber aufgrund seines Vorkommens in international gehandeltem Pflanzenmaterial (WINTER, 1999; mündliche Mitteilungen) und seiner hohen Saatgutübertragbarkeit mit einer Einschleppung zu rechnen war, sollte dieses Virus mit in die Untersuchungen aufgenommen werden. Durch die Pflanzenbeschauverordnung, die eine Einfuhr von mit ArMV infiziertem Pflanzenmaterial untersagt, wird potentiellen wirtschaftlichen Schäden vorgebeugt. Wegen fehlender Virustestung von Gemüsesaatgut ist der Schutz gegen Einschleppung jedoch unvollständig.

2.2 Gewächshausversuche zur Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung

Die Auswirkungen einer Virusinfektion auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag wurden an Topfkulturen im geschützten Anbau untersucht. Die Versuchstätigkeiten wurden auf dem Versuchsgut Marhof der Universität Bonn durchgeführt.

2.2.1 Verwendete Sorten

Bei der Auswahl der in die Untersuchungen einzubeziehenden Sorten wurde das von den Gurkenanbauern in der Vegetationsperiode 1999 verwendete Sortenspektrum zugrunde gelegt. Durch Rücksprache mit den Produktmanagern der Saatgutfirmen wurde sichergestellt, dass es sich um überregional und mittelfristig bedeutsame Sorten handelt. Die Eigenschaften der verwendeten Sorten sind in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tab. 2.1: Eigenschaften der verwendeten Sorten (Züchterangaben)

Sorte	Züchtung und Vertrieb	Befruchtungsbiologie	Angaben zur Virustoleranz	Saatgutbeizung
'Pazano'	S&G (Kleve)	parthenokarp	Mosaikvirustoleranz	Thiram
'Othello'	S&G	gynözisch	Mosaikvirustoleranz	Thiram
'Melody'	Rijk Zwaan (Wolver)	parthenokarp	CMV-Toleranz	Thiram
'Musica'	Rijk Zwaan	gynözisch	CMV-Toleranz	Thiram
'Vorgebirgs- traube'	Juliwa (Heidelberg)	monözisch	keine	keine

Diese Sorten werden von den Saatgutfirmen alle als tolerant gegenüber Mosaikviren bzw. von Rijk Zwaan sogar als CMV-tolerant beschrieben. Eine bereits vom Saatgutlieferanten vorgenommene Thirambeizung dient dabei der Vorbeugung gegen pilzliche Auflaufkrankheiten. Das Sortiment wurde noch um eine weitere Sorte ergänzt, die im Erwerbsgemüsebau heute keine Verwendung mehr findet. Es handelt sich hierbei um die Sorte 'Vorgebirgsstraube' der Firma Juliwa. Diese Sorte verhält sich empfindlich gegenüber phytopathogenen Viren. Sie wurde im Versuchswesen häufig als CMV-Vermehrungs- und Indikatorpflanze verwendet, so dass umfangreiche Erfahrungen mit dieser Sorte vorliegen. Sie schien daher als Referenzsorte besonders geeignet.

2.2.2 Pflanzenanzucht

Die Aussaat erfolgte in Grodanwürfel der Größe 40 x 40 x 40 mm. Um eine hohe Luftfeuchte für die Keimung zu gewährleisten, wurden die Aussaatkisten mit einer Folie abgedeckt, welche vier Tage später, nachdem sich die Keimblätter entfaltet hatten, entfernt wurde. Nach einer Woche wurden die Pflanzen in größere Grodanquader der Größe 100 x 100 x 65 mm gesetzt. Zu diesem Zeitpunkt war das Primärblatt bereits entwickelt.

2.2.3 Klimasteuerung

Die Versuche zur Pflanzenentwicklung wurden im geschützten Anbau unter Glas durchgeführt, obwohl es sich bei der Versuchspflanze um eine Freilandkultur handelt. Doch neben der einfacheren Klimasteuerung konnten unerwünschte Virusinfektionen in Folge von Blattlausflug besser kontrolliert werden als es im Freiland möglich gewesen wäre.

In den Frühjahrs- und Herbstmonaten wurde der Heizungssollwert bei 18 / 18 °C (Tag-/Nachttemperatur) und der Lüftungstemperatursollwert bei 22 / 22 °C gewählt. In den Wintermonaten wurden die Heizungssollwerte auf 16 / 12 °C reduziert. Gleichzeitig wurde in den lichtarmen Monaten die Lichtphase durch Einsatz von Zusatzbelichtung mit einer Lichtintensität von ca. 5.000 mW/m² auf 16 h verlängert.

2.2.4 Pflanzenernährung

Die Düngung der Freilandgurken wurde über die Bewässerung mit einer Nährlösung gesteuert. Die Herstellung der Nährlösung erfolgte unter Verwendung von zwei Stammlösungen mit der in Tab. 2.2 angegebenen Zusammensetzung.

Die Nährlösung wurde bis zum Erreichen bestimmter EC-Sollwerte mit gleichen Anteilen der beiden Stammlösungen unter Berücksichtigung des pH-Wertes (6.0) erstellt.

Junge Gurken, die gerade das Primärblatt ausgebildet hatten wurden mit einer Nährlösung von 1,7 mS/cm gegossen, nach einer Standzeit von etwa einer Woche erfolgte eine Erhöhung des EC-Wertes auf 2,0 mS/cm. Die Nährstoffangaben dieser EC-Werte sind in der Tabelle 2.3 angegeben.

Tab. 2.2: Zusammensetzung der beiden Stammlösungen zur Herstellung einer Nährlösung (Angaben für jeweils 10 l Regenwasser)

Stammlösung 1		Stammlösung 2	
Calciumnitrat	360 g	Kaliumnitrat	200 g
Kaliumnitrat	30 kg	Monokaliumphosphat	170 kg
Amnitra	70 ml	Magnitra	200 ml
Fetrilon	13 g	Tenso-Cocktail	15 g

Tab. 2.3: Nährstoffgehalte bei verschiedenen EC-Werten

EC-Wert [mS/cm]	N [mg/l]	P [mg/l]	K ₂ O [mg/l]	K [mg/l]	MgO [mg/l]	Ca [mg/l]	Fe [mg/l]
1,7	25,6	7,3	38,7	8,3	3,4	11,6	0,28
2,0	30,1	6,2	45,5	9,8	4	13,7	0,33

2.2.5 Pflanzenschutz

Alle Versuche wurden regelmäßig auf einen Blattlausbefall untersucht, um Infektionen durch Zuflug von Blattläusen als mögliche Virusvektoren von außen zu verhindern. Außerdem sollten hierdurch auch Infektionen innerhalb der Versuche vermieden werden. Für die Bekämpfung der Aphiden wurden die Wirkstoffe Deltamethrin (Decis) und Imidacloprid (Confidor) in den praxisüblichen Konzentrationen verwendet.

Neben der Blattlausbekämpfung wurde der Echte Mehltau, trotz beschriebener Sortenresistenz der aktuellen Sorten, mit Hilfe des Wirkstoffs Fenarimol (Saprol) in seiner Entwicklung behindert.

Thripsbefall wurde in den Beständen bis zu einem gewissen Grad toleriert, da die verwendeten Viren weder von *Frankliniella occidentalis* noch durch *Thrips tabaci* übertragen werden können. Bei massivem Thripsbefall wurde Imidacloprid eingesetzt.

2.2.6 Versuche zur Pflanzenentwicklung

In diesem Versuchsteil sollte geklärt werden, inwiefern sich Virusinfektionen auf Parameter der Pflanzenentwicklung wie z.B. Blattfläche und Blattanzahl auswirken. Die Pflanzen wurden für diese Versuche nur bis zur Blütenbildung kultiviert. Eine Auswertung der sich anschließenden Fruchtbildung erfolgte nicht, da Ertragsparameter in späteren Versuchansätzen zu untersuchen waren. In Tabelle 2.4 sind Umfang und untersuchte Parameter der einzelnen Versuchssätze dargestellt.

Tab. 2.4: Versuchsansätze zur Untersuchungen der Pflanzenentwicklung unter Viruseinfluss

Satz	Versuchs- zeitraum	Sorten	Behandlungen	Untersuchte Parameter
1	16.07.- 24.08.99	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'; 'Riesenschäl'	Ko; ArMV, CMV, ZYMV	Pflanzenlänge, Blattanzahl, Blütenanzahl
2	14.01.- 16.03.00	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'	Ko; CMV, ZYMV, CMV + ZYMV	Pflanzen- u. Internodienlänge, Blatt- u. Blütenanzahl, Blattfläche, Wurzel- und Sproßgewicht; Chlorophyllfluoreszenz
3	10.02.- 29.03.00	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'	Ko; CMV, ZYMV, CMV+ZYMV	Pflanzen- u. Internodienlänge, Blatt- u. Blütenanzahl, Blattfläche, Verhältnis männliche : weibliche Blüten; Wurzel- und Sproßgewicht, Chlorophyllfluoreszenz
4	22.03.- 26.04.00	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'	Ko; ArMV, CMV, ZYMV, ArMV+CMV; ArMV+ZYMV; CMV+ZYMV	Pflanzen- u. Internodienlänge, Blatt- u. Blütenanzahl, Blattfläche, Verhältnis männliche : weibliche Blüten; Wurzel- und Sproßgewicht; Chlorophyllfluoreszenz
5	10.01.- 06.03.01	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'	Ko; CMV, ZYMV, CMV + ZYMV	Blattfläche, Blütenanzahl; spezifisches Blattgewicht; Verhältnis männliche : weibliche Blüten; Wurzel- und Sproßgewicht
6	26.03.- 17.04.01	'Musica'; 'Othello'; 'Melody'; 'Pazano'; 'Vorgebirgstraube'	Ko; CMV, ZYMV, CMV + ZYMV	Blattfläche, Blütenanzahl; spezifisches Blattgewicht; Verhältnis männliche : weibliche Blüten; Wurzel- und Sproßgewicht

2.2.6.1 Substrate und Kulturgefäße

Für die Untersuchungen erfolgte die Pflanzung der Gurkenjungpflanzen mit 1 bis 2 Laubblättern in 5l Containern. Als Substrat diente Quarzsand der Körnung 0,1 bis 1 mm. Die Versuchspflanzen wurden jeweils mit fünf Töpfen in einer Kiste, die aufgrund der besseren Wasserhaltefähigkeiten mit Folie ausgekleidet war, zusammengestellt (Abb. 2.2).

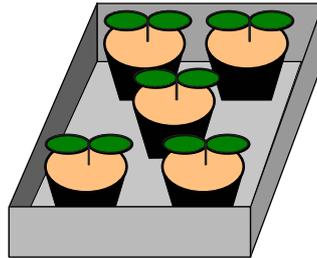


Abb. 2.2: Schematische Darstellung der Anzucht von Gurkenpflanzen für die Entwicklungsbonituren

In Abhängigkeit von der Temperatur und der Einstrahlung wurden die Pflanzen ein- bis zweimal am Tag mit einer Nährlösung versorgt.

2.2.6.2 Versuchsaufbau

Für die Versuche zur Pflanzenentwicklung wurden die Gurken auf Rolltischen in Kisten mit jeweils 5 Pflanzen kultiviert. Es wurden Blöcke über die Behandlungen gebildet, und es erfolgte eine randomisierte Verteilung der Sorten in den Behandlungen (Abb. 2.3). Jede Behandlung pro Sorte wurde 10 Mal wiederholt.

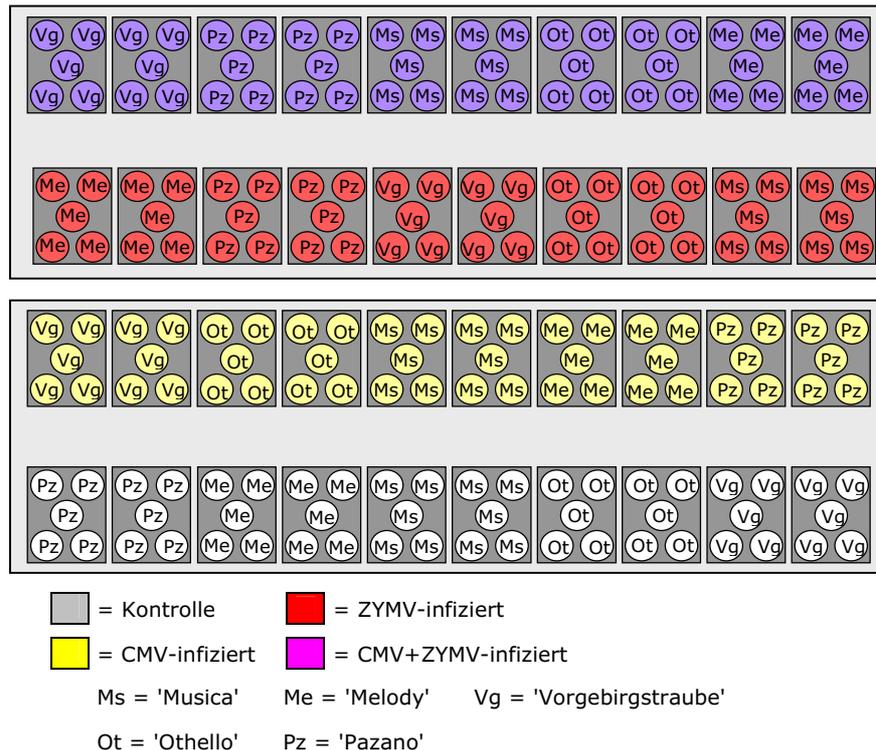


Abb. 2.3: Versuchsaufbau für die Versuche zur Pflanzenentwicklung

2.2.6.3 Inokulation

Bei den Untersuchungen zum Einfluss einer Virusinfektion auf die Pflanzenentwicklung musste auf die Berücksichtigung von ArMV verzichtet werden, da eine Inokulation mit diesem Virus in kurzer Zeit zum Absterben der Versuchspflanzen führte. Daher wurde nach einigen Vorversuchen ausschließlich mit den Viren CMV und ZYMV sowie einer Kombination aus beiden gearbeitet.

Die verwendeten Virusisolate wurden von der DSMZ (**D**eutsche **S**ammlung für **M**ikroorganismen und **Z**ellkulturen; Braunschweig) bezogen (Tab. 2.5).

Tab. 2.5: Spezifikation der verwendeten Virusisolate nach den Angaben der DSMZ

Virus	Code	Ursprüngliche Wirtspflanze	Vermehrungspflanze
ArMV	DSMZ-PV-0045	<i>Vitis vinifera</i>	<i>Cucumis sativus</i>
CMV	DSMZ-PV-0187	<i>Cucumis sativus</i>	<i>Nicotiana glutinosa</i>
ZYMV	DSMZ-PV-0466	<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita pepo</i> cv. Coccozelle

Die als Lyophilisat gelieferten Virusisolate wurden zunächst auf Freilandgurken vermehrt. Für die mechanische Inokulation wurde ein Phosphatpuffer nach DIJKSTRA & DE JAGER (1998) verwendet:

- 0,01 M KH_2PO_4 = K-Lösung
- 0,01 M $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = Na-Lösung
- Mischung aus 49 ml K-Lösung mit 51 ml Na-Lösung, pH 7,0

Bei der Herstellung der Inokulationslösung wurden durch die Verwendung eines Phosphatpuffers pH-Wertschwankungen während der Freisetzung der Viruspartikel verhindert (MEYER-KAHSNITZ, 1993). Außerdem bewirkt der Puffer, dass die Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber den Viren erhöht wird (DIJKSTRA & DE JAGER, 1998).

Für die Herstellung des Inokulums wurden junge, symptomtragende Blättern verwendet, da in jungen Pflanzenteilen im Vergleich zu älteren mit einem höheren Virustiter und einem niedrigeren Gehalt an virushemmenden Stoffen zu rechnen ist (MEYER-KAHSNITZ, 1993). Das Blattmaterial wurde im Verhältnis 1 : 10 mit Puffer in einem Mörser homogenisiert. Sowohl Puffer als auch Mörser und Pistill waren gekühlt. Auf diese Weise sollte eine unnötige Erwärmung der Inokulationslösung verhindert werden, um die Infektiosität der Viruspartikel zu erhalten.

Die Inokulation erfolgte, sobald die Gurken beide Keimblätter voll entwickelt hatten und sich das Primärblatt zu entfalten begann. Die Kotyledonen wurden mit dem Schleifmittel Karborund bestäubt, und der infektiöse Pflanzenpresssaft wurde vorsichtig zweimal mit der Hand über die ganze Blattspreite abgerieben. Anschließend wurde das Schleifmittel mit Leitungswasser abgespült. Die Virusinokulationen wurden in den frühen Morgenstunden durchgeführt, bei

verhältnismäßig niedrigen Temperaturen und geringer Einstrahlung. Um zu verhindern, dass die Viren in ihrer Entwicklung eingeschränkt wurden, dienten Schattierungen als Überhitzungsschutz in den Gewächshäusern.

2.2.6.4 Bestimmung von Wachstumsparametern (vegetativ und generativ)

In wöchentlichem Abstand wurden Parameter festgehalten, die eine zerstörungsfreie Beobachtung der Gurkenpflanzen ermöglichten. Weitere Parameter wurden destruktiv zum Versuchsende erfasst.

Zur zerstörungsfreien Bestimmung der Blattfläche der Versuchspflanzen wurden wöchentlich Blattbreite und Blattlänge gemessen, sobald die Blätter eine Länge von 7 cm aufwiesen (Abb. 2.4). Aus diesen beiden Parametern lässt sich nach FRICKE (1992) mit der folgenden Gleichung die Blattfläche berechnen:

$$\text{Glg. 1: Blattfläche (cm}^2\text{)} = 0,875 \cdot \text{Länge (cm)} \cdot \text{Breite (cm)}$$

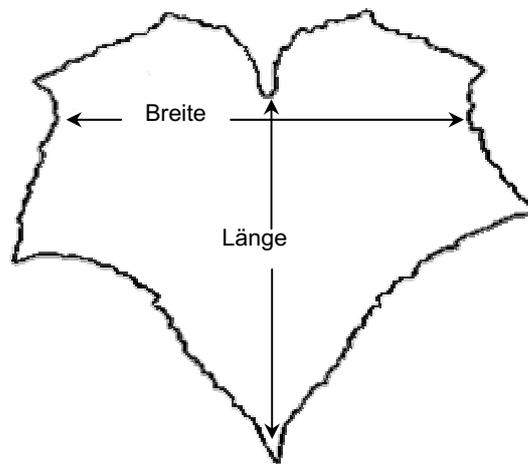


Abb. 2.4: Bestimmung der Blattfläche an Freilandgurkenblättern

Die Blattflächenbestimmung konnte auf diese Weise über den gesamten Versuchszeitraum vorgenommen werden. Dafür wurden nur die Blätter des Haupttriebes verwendet. Bei den wöchentlichen Bonituren wurde gleichzeitig die Anzahl der Blätter, die eine Länge von 7 cm überschritten hatten, sowie zu späteren Boniturterminen die Blütenanzahl festgehalten. Die Blütenbildung wurde dabei nur quantitativ erfasst, eine Differenzierung in männliche und weibliche Blüten war erst bei der Abschlußbonitur mit Hilfe eines Binokulars möglich.

In der abschließenden Endbonitur wurde zunächst das spezifische Blattgewicht ermittelt. Dazu wurden mit einem Korkbohrer je Blatt zwei Scheiben mit einem Durchmesser von 23 mm entnommen. Von diesen Blattscheiben wurde die Frisch- und Trockenmasse bestimmt. Die Blüten des Haupttriebes wurden auf das Verhältnis männliche : weibliche Blüten untersucht, um auf diese Weise eine virusbedingte Verschiebung dieses Verhältnisses feststellen zu können. Des Weiteren wurden Sproß und Wurzel voneinander getrennt und auch hier die Frisch- und Trockengewichte bestimmt.

2.2.7 Ertragsversuche

Zur Untersuchung des Ertragsverhaltens verschiedener Einlegegurkensorten unter dem Einfluss von phytopathogenen Viren wurden fruchtbildende Einlegegurken kultiviert, um überprüfen zu können, inwiefern die Ertragsleistung durch eine Virusinfektion beeinträchtigt wird. Diese Versuche waren auf die Sorten konzentriert, die zur Zeit im Ertragsgemüsebau Verwendung finden. Daher wurde bei diesen Versuchsansätzen auf die Sorte 'Vorgebirgstraube' verzichtet. Tabelle 2.6 gibt einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der Ertragsversuche.

Tab. 2.6: Terminierung der Ertragsversuche

Satz	Versuchszeitraum	Aussaat	Pflanzung	Inokulation	erste Ernte
1	03.05.00 – 13.07.00	03.05.00	22.05.00	07.06.00 mechanisch	21.06.00
2	21.07.00 – 05.10.00	21.07.00	31.07.00	21.08.00 mechanisch	07.09.00
3	17.05.01 – 19.07.01	17.05.01	30.05.01	13.06.01 mechanisch 27.06.01 Lausinokulation	02.07.01

2.2.7.1 Kulturgefäße und Substrate

Zur Vorbereitung der Ertragsversuche wurden die Gurkenpflanzen zunächst wie bei den Versuchen zur Pflanzenentwicklung in Grodan kultiviert. Bei Bildung des dritten Laubblattes wurden die Pflanzen in einen mit Perlit gefüllten 10 l-Container gepflanzt (Abb. 2.5).

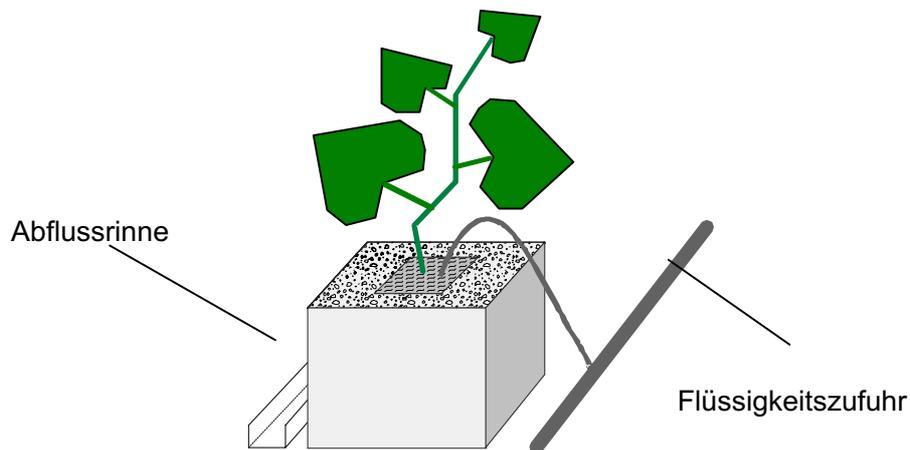


Abb. 2.5: Schematische Darstellung eines perlitgefüllten Containers mit Gurkenpflanze für eine Ertragsuntersuchung

Perlit ist ein Mineral vulkanischen Ursprungs, das bei Erhitzung sein Volumen stark vergrößert. Das verwendete Perlit wurde von der Deutschen Perlite GmbH bezogen und trägt die Bezeichnung Peligran[®] G. Der Hersteller beschreibt dieses Substrat als salzfrei mit einem pH-Wert von 7 und einem Porenvolumen von 95 %.

2.2.7.2 Versuchsaufbau

Die Gurkenpflanzen in Containern wurden über eine Einzeltropfbewässerung mit einer Nährlösung (2,0 mS/cm) versorgt. Diese Container verfügen über einen Überlauf im unteren Topfbereich, um überschüssige Nährlösung ohne Rückstau abzuleiten (Abb. 2.5).

Überschüssige Flüssigkeit wurde über Rinnen von den Pflanzen abgeleitet und dem System nicht wieder zugeführt. Auf diese Weise sollte eine Virusübertragung über die Nährlösung (PARES & GUNN 1989; HASKY et al. 1993) verhindert werden.

Die unterschiedliche Blütenbiologie der verwendeten Sorten machte eine räumliche Trennung erforderlich, denn nach Angaben der Saatgutproduzenten führt eine Befruchtung parthenokarper Blüten zur Ausbildung ballonförmiger, nicht vermarktbarer Gurkenfrüchte (KOROS-BALOGH 1987). Daher wurden die beiden überwiegend weiblich blühenden Sorten 'Musica' und 'Othello' in einem Gewächshaus zusammengefasst und die parthenokarpen Sorten 'Melody' und 'Pazano' in

einem zur Vermeidung zufälliger Bestäubung ausreichend weit entfernten Haus kultiviert. Die unterschiedlichen Virusinfektionsvarianten wurden reihenweise angeordnet (Abb. 2.6), um eine unkontrollierte Virusausbreitung im Bestand auf ein Minimum zu reduzieren.

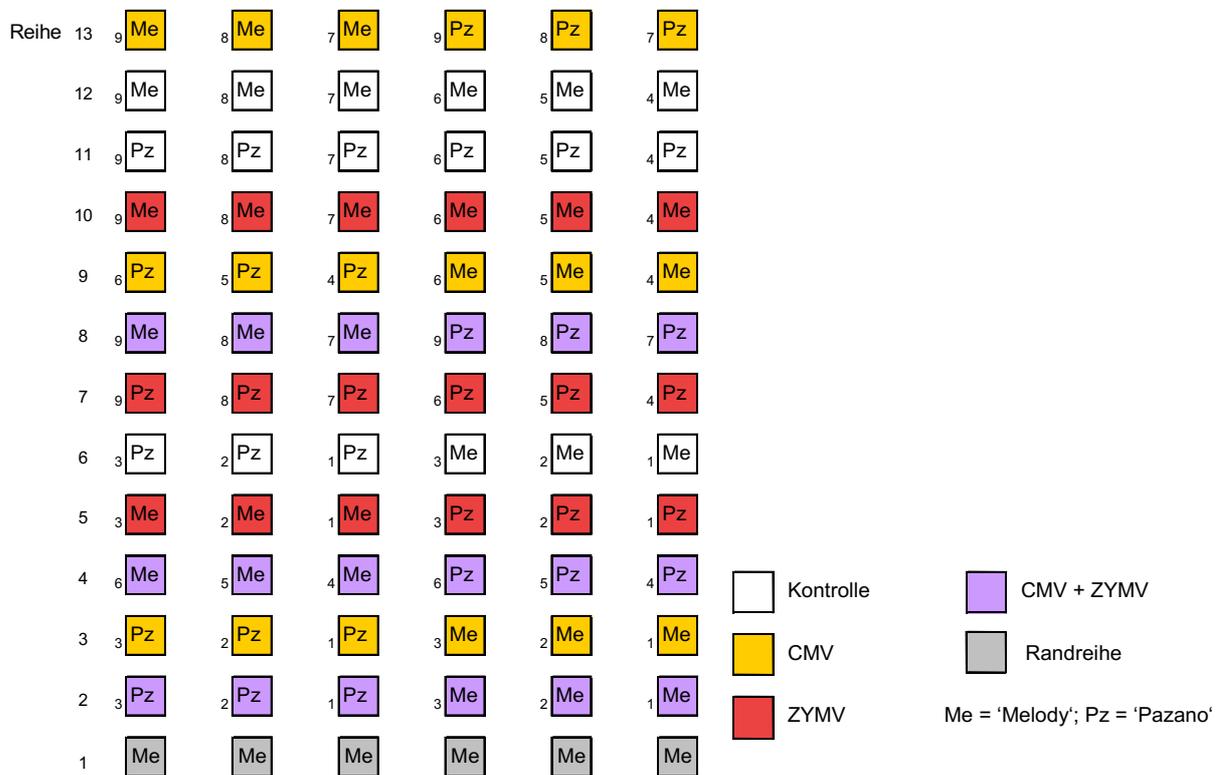


Abb. 2.6: Versuchsaufbau eines Ertragsversuches mit den parthenokarpen Sorten 'Melody' und 'Pazano'

2.2.7.3 Inokulation und Befallsbonituren

Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Virusstatus und Ertragsbildung erfordern eine möglichst lange Vitalität der Versuchspflanzen. Aus diesem Grund war es bei dieser Fragestellung nötig, die künstliche Inokulation der Pflanzen –anders als bei den Versuchen zur Pflanzenentwicklung- zu einem späteren Entwicklungsstadium durchzuführen. Eine geeignete methodische Vorgehensweise war über die Fachliteratur nicht zugänglich. Die mögliche Infektionsrate bei später Inokulation auf Laubblätter war daher nicht abzuschätzen.

Bei den ersten beiden Versuchsansätzen wurde das vierte Laubblatt der Gurkenpflanzen mechanisch von Hand inokuliert. Dabei war die Vitalität des Blattes eine wichtige Voraussetzung für die Verwendbarkeit. Die Infektionserfolge waren bei dieser Methode mit ZYMV sehr hoch,

während nur wenige Pflanzen erfolgreich mit CMV infiziert werden konnten. Für den dritten Ansatz wurde die Inokulationstechnik daher modifiziert. Zusätzlich zur mechanischen Inokulation im Vierblattstadium wurden Blattläuse der Art *Aulacorthum solani* (Kalt.) als Virusvektoren verwendet.



Abb. 2.7: Primärblatt mit Klippkäfigen

Diese Lausart hatte sich für die Versuchszwecke als besonders geeignet erwiesen, da sie in einem Bohnenbestand am Versuchsstandort eine große Population entwickelt hatte und sich in Vorversuchen zeigte, dass sich diese Läuse im Gegensatz zu *Myzus persicae* problemlos auf der Versuchspflanze Einlegegurke etablieren ließen. Für die Virusübertragung wurden die Aphiden zunächst von den Bohnen mit einem Haarpinsel abgesammelt und in einer Petrischale mit feuchtem Filterpapier für ca. 3 h aufbewahrt. Diese Hungerphase sollte das Saugverhalten auf den viruskranken Pflanzen fördern, auf die die Läuse anschließend gesetzt wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Tiere so weit als möglich die chlorotischen Stellen der Blätter besaugten. Anschließend wurde ihnen für 15 min die Gelegenheit zur Virusaufnahme gegeben. Für die eigentliche Infektion wurden 10 Tiere auf die Blattunterseite in einen Klippkäfig gesetzt (Abb. 2.7). Die Läuse wurden ca. 24 h auf den Blättern belassen und anschließend von Hand abgetötet.

Eine Woche nach der mechanischen Virusinfektion wurde die erste visuelle Bonitur auf Blattsymptome durchgeführt. Dabei wurde die anteilige Blattfläche mit Mosaiksymptomen geschätzt und als Prozentwert erfasst. Diese Bonituren erfolgten in wöchentlichem Abstand bis zu dem Zeitpunkt, an dem ein großer Teil der infizierten Pflanzen eine zu 100 % befallene Blattfläche aufwies.

2.2.7.4 Bestimmung von Ertrags- und Qualitätsparametern

In Anlehnung an die Praxis wurden von den Einzelpflanzen zweimal wöchentlich die erntefähigen Früchte ab einer Fruchtlänge von 3 cm geerntet. Nach der Ernte erfolgte die Aufteilung in marktfähige und nicht marktfähige Fruchtqualität. Die marktfähigen Früchte wurden außerdem nach einem auch im Produktionsanbau üblichen System in Größenklassen der Länge nach sortiert:

Klasse 1: 3 – 6 cm

Klasse 2: 6 – 9 cm

Klasse 3: 9 – 12 cm

Klasse 4: 12 - 15 cm

In der Industrie werden für die Verwendung von Freilandgurken als Nasskonserven Gurken mit einem Länge- / Breiterehältnis von 2,8 bis 3,2 bevorzugt. Deshalb wurde in den beiden ersten Ertragssätzen ebenfalls dieses Verhältnis ermittelt, um eine mögliche virusbedingte Veränderung feststellen zu können.

2.3 Virusnachweis

Die Einlegegurkenpflanzen wurden in allen Versuchsreihen mit Hilfe eines direkten DAS-ELISA (Double-Antibody-Sandwich-ELISA) auf eine Infektion mit den jeweiligen Viren überprüft.

2.3.1 Geräte und Materialien

Für den DAS-ELISA wurden Mikrotiterplatten aus Polystyrol (Nunc-Maxi-Sorb von der Firma Nunc, Wiesbaden) mit 96 Flachbodenvertiefungen und einem Fassungsvermögen von 400 µl verwendet. Als Verdunstungsschutz wurden die Platten nach den Beschichtungen in einer Kunststofftüte aufbewahrt.

Zum Waschen zwischen den verschiedenen Befüllungen wurde ein Columbus-Washer der Firma Tekan (Crailsheim) verwendet.

In einem Brutschrank wurden die Platten zwischen den Beschichtungen bei 37 °C inkubiert. Nach der Probenbeschichtung diente ein Kühlschrank bei 4 °C als Aufbewahrungsort.

Zum Homogenisieren wurde das Pflanzenmaterial in Kunststofftüten mit einer punktierten Zwischenschicht mit Hilfe eines Handhomogenisators (beide Artikel von Bioreba, Ebringen) zerkleinert.

Zur photometrischen Auswertung wurde ein Multiskan RC ELISA-Reader der Firma Labsystems (Frankfurt) bei einer Extinktion von 405 nm eingesetzt. Ein Test wurde als positiv bewertet, wenn die Messwerte mehr als doppelt so hoch lagen als bei der gesunden Negativkontrolle.

2.3.2 Reagenzien und Puffer

Die Viren wurden ausschließlich mit ELISA-Kits der Firma LOEWE Phytodiagnostics (Sauerlach) nachgewiesen:

1. Zucchini yellow mosaic virus: Cat. No. 07090
2. Cucumber mosaic virus: Cat. No. 07108
3. Arabis mosaic virus: Cat. No. 07053

Für die Zusammensetzung der Puffer wurden Rezepte der Firma LOEWE verwendet, um in Kombination mit den Seren ein optimales Testergebnis zu erhalten.

2.3.3 Probenahme und -aufbereitung

Die Probenahme für die **Freilanduntersuchungen** erfolgte nach Aufteilung der Gurkenschläge in Rand- und Mittelbereiche. Auf jedem Bestand wurden pro Testung 12 Rand- und 6 Mittelproben entnommen. Die Einzelprobe setzte sich dabei aus mehreren Blättern einer Pflanze zusammen.

In den **Gewächshausversuchen** wurden mit dem Korkbohrer 6 Scheiben einer Versuchspflanze aus dem Blattgrund ausgestanzt. Auf diese Weise konnte gewährleistet werden, dass die Probengewichte relativ ähnlich waren und sich die Pufferzugabe immer im gleichem Rahmen bewegte.

Jede Blattprobe wurde aus verschiedenen Blattteilen einer Pflanze zu einer Mischprobe zusammengefügt. Von der Probenahme bis zum Auftragen auf die Platten wurden die Proben kühl gelagert, um ein Absinken des Virustiters zu verhindern. Für die ELISA-Testung wurden die Mischproben im Verhältnis 1 : 20 mit dem Probenpuffer gemischt.

Zur Erhöhung der Testsicherheit wurde jede Probe doppelt getestet. Außerdem wurden auf jeder Platte Negativ- und Positivkontrollen aufgetragen (Abb. 2.8). Mögliche unspezifische Nebenreaktionen, die z.B. durch die Antiseren verursacht werden können, wurden durch Verwendung des Pufferblanks erfasst.

	1	1	-	-	10	10	16	16	22	22	
	2	2	bl	bl	11	11	17	17	23	23	
	3	3	+	+	12	12	18	18	24	24	
	4	4	7	7	13	13	19	19	25	25	
	5	5	8	8	14	14	20	20	26	26	
	6	6	9	9	15	15	21	21	27	27	

-- = Negativkontrolle

bl = Pufferblank

+ = Positivkontrolle

Abb. 2.8: Auftragsschema auf Mikrotiterplatte

2.3.4 DAS-ELISA

Der DAS-ELISA setzt sich aus vier Schritten (Abb. 2.9) zusammen, die jeweils durch Inkubationszeiten und Waschvorgänge beendet werden. In die Mikrotiterplatten werden bei jedem Befüllungsvorgang 200 µl Flüssigkeit gefüllt.

ELISA-Schritt	Vorgang in den Plattenvertiefungen	Vorgänge im Anschluss an Befüllung
Beschichtung 	Antikörper werden im Verhältnis 1 : 200 mit dem Beschichtungspuffer gemischt und aufgetragen ➔ Antikörper lagern sich an die Innenwände der Vertiefungen an	4h Inkubation bei 37 °C; nach Inkubation 4 Mal mit Waschpuffer waschen, dabei die Waschlösung nach der 3. Befüllung 3 min in den Vertiefungen stehen lassen
Probenzugabe 	Blattproben werden mit Probenpuffer im Verhältnis 1 : 20 homogenisiert und aufgetragen ➔ Virus-Antikörperkomplex entsteht, wenn Viren vorhanden sind	Platten werden für mindestens 12 h (über Nacht) im Kühlschrank bei 4 °C aufbewahrt; vor nächster Befüllung 5 Mal waschen, nach der 3. und 4. Befüllung Waschlösung 3 min in den Vertiefungen stehen lassen
Konjugatzugabe 	Konjugat wird im Verhältnis 1 : 200 mit dem Konjugatpuffer gemischt und aufgetragen ➔ Enzymkonjugierte Antikörper verbinden sich mit den Viruspartikeln	4 h Inkubation bei 37 °C; nach Inkubation 5 Mal mit Waschpuffer waschen; nach der 3. und 4. Befüllung Waschlösung 3 min in den Vertiefungen stehen lassen
Substratzugabe 	1 mg des Substrates Nitrophenyl-Phosphat wird mit 1 ml des Substratpuffers kurz vor dem Auftragen auf die Platte gemischt ➔ Enzym des Konjugates spaltet Substrat, Spaltprodukt färbt die Lösung gelb; Intensität der Gelbfärbung steigt proportional zur Viruskonzentration in der Blattprobe	Mikrotiterplatten bei Zimmertemperatur abgedeckt aufbewahren; 1. photometrische Auswertung nach einer Stunde, 2. nach zwei Stunden

Abb. 2.9: Ablauf des DAS-ELISA (verändert nach CASPER und MEYER 1981)

2.4 Statistik

Die Versuche zur Pflanzenentwicklung wurden als Block angelegt und varianzanalytisch mit dem Statistikprogramm SAS verrechnet. Für die Mittelwertsvergleiche wurde der Tukey-Test ($p \leq 0.05$) verwendet.

Die Ertragsversuche wurden als zweifaktorielle Varianzanalyse (1. Faktor: Sorte; 2. Faktor: Virus) verrechnet. Mittelwertsvergleiche erfolgten ebenfalls mit dem Tukey-Test ($p \leq 0.05$).

3 Ergebnisse

3.1 Virusmonitoring im Freiland

Stichprobenweise Untersuchungen auf Freilandschlägen ergaben in der Vegetationsperiode 1999 keine positiven Befunde für ArMV, CMV und ZYMV.

In den Vegetationsperioden der Jahre 2000 und 2001 wurden keine vegetationsbegleitenden Untersuchungen durchgeführt, den Anbauern wurde aber die Möglichkeit eingeräumt, sich bei einem Virusverdacht an die Versuchsansteller zu wenden. Im August des Jahres 2000 konnten im Gegensatz zum Vorjahr auf einem Schlag des dritten Betriebes ZYMV-Infektionen an der Sorte 'Profi' nachgewiesen werden. Blattsymptome an 'Melody' im zweiten Betrieb ließen sich dagegen im Juni 2001 nicht auf die untersuchten Viren zurückführen. Hierbei handelte es sich um Schädigungen, die durch einen Herbizideinsatz verursacht waren.

3.2 Untersuchungen zur Pflanzenentwicklung nach Virusinokulation unter kontrollierten Bedingungen

Die Untersuchungen zur Pflanzenentwicklung wurden an den Freilandgurkensorten 'Musica', 'Othello', 'Melody', 'Pazano' und 'Vorgebirgstraube' durchgeführt. Dabei wurden die Pflanzen bereits im Keimblattstadium mit den Viren inokuliert, um auch die frühen Entwicklungsstadien schon unter Viruseinfluss beobachten zu können. Die Versuchsdurchführung und Datenerhebung erfolgte in den Versuchsjahren 1999 bis 2001 zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Die folgenden Darstellungen der Ergebnisse beruhen wegen der Vollständigkeit des Datensatzes in erster Linie auf den während der Versuchsdurchführung im Jahr 2001 erhobenen Daten. Sie sind repräsentativ für die im Laufe der vorausgegangenen Versuchsansätze ermittelten Werte.

3.2.1 Inokulationserfolg

Nach mechanischer Inokulation wurde mit Hilfe des DAS-ELISA überprüft, ob die Versuchspflanzen erfolgreich infiziert waren.

In Abbildung 3.1 sind repräsentative Extinktionswerte für die Testung auf CMV dargestellt. Der Nachweis von ZYMV entspricht bei höheren Extinktionswerten im Allgemeinen dieser Darstellung.

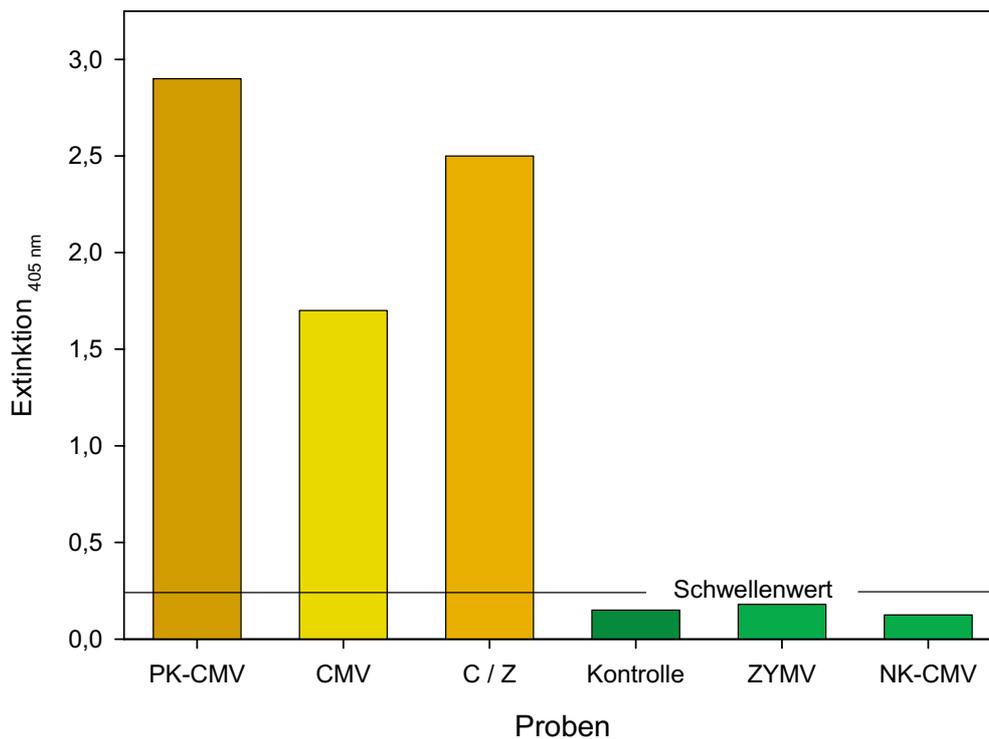


Abb. 3.1: Repräsentative ELISA-Ergebnisse für den Nachweis von CMV mit Angabe des Schwellenwertes für die Unterscheidung positiver/negativer Befunde. Extinktionswerte gemessen 2 Stunden nach Substratbeschichtung (PK = Positivkontrolle, C / Z = CMV + ZYMV, NK = Negativkontrolle).

In den Versuchen zur Pflanzenentwicklung konnten die Pflanzen unabhängig von den Virusbehandlungen zu 100 % erfolgreich infiziert werden.

3.2.2 Blattfläche und Blattanzahl

Die Blattflächen wurden während des gesamten Versuchszeitraums nicht-destruktiv ermittelt. Unter Anwendung des beschriebenen Korrelationsmodells (Kapitel 2.2.6.4) wurde bei Blättern über 7 cm Länge die Blattfläche aus Blattlänge und –breite berechnet. Dabei ergaben sich die in Abbildung 3.2 exemplarisch für die Sorte 'Othello' dargestellten Verläufe.

Wie aus Abbildung 3.2 hervorgeht, waren acht Tage nach Inokulation noch keine Unterschiede zwischen der virusfreien Kontrolle und den infizierten Varianten erkennbar. 14 Tage nach Inokulation war die Blattfläche der mit CMV und ZYMV infizierten Pflanzen im Vergleich zu allen anderen Behandlungen signifikant reduziert. Eine Woche später wirkte sich auch eine Einzelinfektion mit ZYMV negativ auf die Blattfläche aus. Im weiteren Verlauf der Blattflächenentwicklung sind zwei Gruppen mit gleichem Reaktionsmuster zu erkennen: Die virusfreie Kontrolle entspricht der CMV-Variante und die ZYMV-Variante der Mischinfektion.

Dabei erreichten die am stärksten geschädigten Pflanzen (Variante CMV+ZYMV) nur 1/3 der von den Kontrollpflanzen entwickelten Blattfläche.

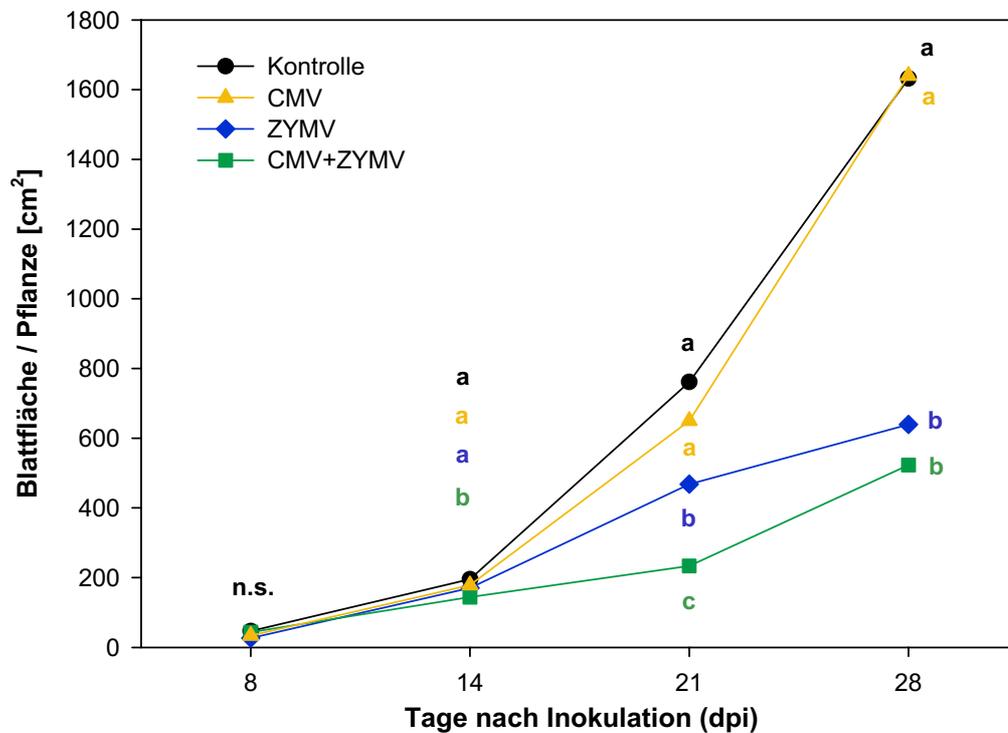


Abb. 3.2: Blattflächenentwicklung der Sorte 'Othello' nach Inokulation mit verschiedenen Viren, 6. Satz (Signifikanz innerhalb der Termine nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 10$)

Ein Vergleich der Sorten zum Versuchsende (Tab. 3.1) zeigt, dass eine Einzelninfektion mit CMV die Blattfläche bei allen wirtschaftlich relevanten Sorten im Vergleich zur Kontrolle nicht beeinflusst. Dagegen war die Blattflächenentwicklung bei der empfindlichen Sorte 'Vorgebirgstraube' durch CMV deutlich beeinträchtigt. Nach einer ZYMV-Infektion wird die Blattfläche bei allen Sorten mit Ausnahme von 'Musica' reduziert. Hierbei lässt sich die Reduktion im Vergleich zur Kontrolle statistisch nicht absichern. In früheren Sätzen ließen sich allerdings auch bei 'Musica' Unterschiede in Hinblick auf die Blattfläche unter dem Einfluss von ZYMV feststellen. Die Mischinfektion aus beiden Viren wirkt sich im Vergleich zur Einzelninfektion bei den aktuellen Sorten mit Ausnahme von 'Melody' nicht additiv aus. Bei 'Vorgebirgstraube' dagegen hat eine Kombination aus CMV und ZYMV für den größten Teil der Versuchspflanzen letale Folgen.

Tab. 3.1: Einflüsse unterschiedlicher Virusinfektionen (28 dpi) auf die Blattfläche (cm²) von 5 Freilandgurkensorten, 6. Satz (Signifikanz innerhalb der Sorten nach Tukey, $p \leq 0,05$, $n=10$)

Sorte	Kontrolle	CMV	ZYMV	CMV + ZYMV
'Musica'	1961,0 a	2048,4 a	651,6 ab	566,0 b
'Othello'	1631,9 a	1640,0 a	639,6 b	523,1 b
'Melody'	1515,2 a	1460,7 a	495,3 b	139,9 c
'Pazano'	2037,4 a	1727,7 a	825,5 b	529,9 b
'Vorgebirgsraube'	1405,7 a	741,2 b	495,8 b	28,9 c*

*80 % der Versuchspflanzen abgestorben

Zur Klärung der Frage, ob Beeinträchtigungen der Blattfläche auf Veränderungen der Einzelblattflächen oder der Gesamtblattzahl beruhten, wurde die Anzahl der Blätter je Pflanze ermittelt (Abb. 3.3).

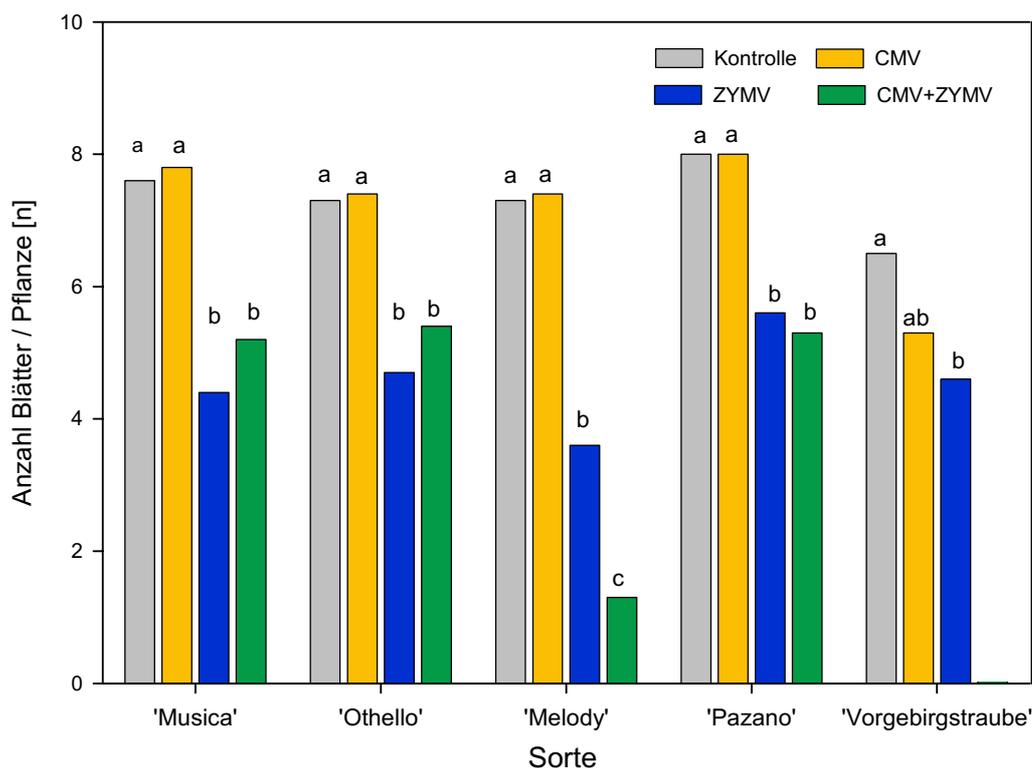


Abb. 3.3: Einfluss verschiedener Virusinfektionen (28 dpi) auf die Anzahl der Laubblätter mit über 7 cm Länge bei 5 Freilandgurkensorten, 6. Satz (Signifikanz innerhalb der Sorte nach Tukey, $p \leq 0,05$, $n = 10$)

Wie aus Abbildung 3.3 hervorgeht, wurde die Blattanzahl unter dem Einfluss von CMV unabhängig von der Sorte im Vergleich zur Kontrolle nicht verändert. ZYMV dagegen bewirkt

bei allen Sorten eine signifikante Reduktion der Blattanzahl. Die Kombination aus beiden Viren hatte nur bei den Sorten 'Melody' und 'Vorgebirgstraube' eine weitere Verminderung der Blattanzahl im Vergleich zur Einzelinfektion mit ZYMV zur Folge. In früheren Sätzen dagegen ließen sich diese Aussagen bei 'Melody' nicht bestätigen.

Bei 'Vorgebirgstraube' konnten wegen der drastischen Auswirkungen der Mischinfektion (80 % der Versuchspflanzen waren abgestorben) keine Blätter ausgezählt werden. Hier führte die Mischinfektion, wie bereits erwähnt, zum Absterben der meisten Versuchspflanzen. Auffällig war außerdem, dass bei dieser Sorte die Einzelinfektionen mit CMV bzw. ZYMV ähnliche Beeinträchtigungen bei der Blattanzahl bewirkten.

3.2.3 Spross-/ Wurzelverhältnisse

Virusinfektionen wirken sich nicht nur auf die oberirdischen Organe der Pflanze sondern auch auf die Wurzel aus. Um beide Aspekte zusammenfassen zu können, wurde das Spross-Wurzelverhältnis ermittelt. In Tabelle 3.2 bzw. 3.3 sind die Ergebnisse aus den Jahren 2000 bzw. 2001 dargestellt.

Aus den dargestellten Ergebnissen wird deutlich, dass das Spross-/Wurzelverhältnis unter dem Einfluss der Virusinfektionen in Abhängigkeit von der Sorte in unterschiedlichem Maße anstieg. Das bedeutet, dass bei den infizierten Pflanzen das Verhältnis zugunsten des Sprosses verschoben wurde. Bei einer Einzelinfektion mit CMV lässt sich meist nur ein tendenzieller Anstieg feststellen. Nur bei der Sorte 'Othello' ließen sich im Versuchsjahr 2001 im Vergleich zur Kontrolle signifikant höhere Sprossanteile nachweisen. Unter dem Einfluss von ZYMV wird bei allen praxisrelevanten Sorten signifikant mehr Sprossmasse gebildet als in der virusfreien Kontrolle. Bei Infektionen mit beiden Viren ließen sich mit Ausnahme von 'Othello' im Jahr 2000 und 'Vorgebirgstraube' in den Jahren 2000 und 2001 keine additiven Effekte feststellen. 'Vorgebirgstraube' zeigte, bedingt durch die CMV und ZYMV-Einzelinfektionen, in beiden Versuchsjahren nur tendenzielle Erhöhungen des Spross-/Wurzel-Verhältnisses.

Tab. 3.2: Einflüsse verschiedener Virusinfektionen (33 dpi) auf das Spross-Wurzelverhältnis (Frischmasse) bei 5 Freilandgurkensorten im Versuchsjahr 2000, 4. Satz
(Signifikanz innerhalb der Sorte nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 10$)

Sorte	Spross-/Wurzelverhältnis				
	'Musica'	'Othello'	'Melody'	'Pazano'	'Vorgebirgs- traube'
Infektion					
Kontrolle	2,9 a	3,7a	2,1 a	3,1 a	2,9 a
CMV	3,2 a	4,7 ab	2,7 ab	4,3 a	3,3 a
ZYMV	6,0 b	5,7 b	3,3 b	6,6 b	3,7 a
CMV+ZYMV	6,0 b	7,1 c	2,9 b	6,6 b	-*

*letal

Tab. 3.3: Einflüsse verschiedener Virusinfektionen (33 dpi) auf das Spross-Wurzelverhältnis (Frischmasse) bei 5 Freilandgurkensorten im Versuchsjahr 2001, 6. Satz
(Signifikanz innerhalb der Sorte nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 10$)

Sorte	Spross-/Wurzelverhältnis				
	'Musica'	'Othello'	'Melody'	'Pazano'	'Vorgebirgs- traube'
Infektion					
Kontrolle	2,1 a	2,1 a	3,1 a	2,9 a	3,3 a
CMV	2,7 ab	3,0 b	3,8 a	2,6 a	3,3 a
ZYMV	3,7 b	4,4 c	5,4 b	4,3 b	5,9 a
CMV+ZYMV	3,4 b	4,5 c	5,0 b	4,7 b	-*

*letal

3.2.4 Spezifisches Blattgewicht

Eine Veränderung des spezifischen Blattgewichts gibt Aufschluss über mögliche Unterschiede im Blattaufbau nach einer Virusinfektion.

Die dargestellten Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2001 (Tab. 3.4) verdeutlichen, dass unter dem Viruseinfluss das spezifische Blattgewicht in Abhängigkeit von der Sorte anstieg. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Viren dazu beitragen, die Masse einer definierten Blattfläche zu erhöhen.

Mit Ausnahme von 'Othello' hat die Einzelinfektion mit CMV keine Auswirkungen auf diesen Parameter. ZYMV dagegen bewirkt bei fast allen Sorten eine signifikante Erhöhung der spezifischen Blattfläche. Auch die Sorte 'Musica', bei der sich nach ZYMV-Infektion keine Unterschiede absichern lassen, zeigt einen tendenziellen Anstieg der spezifischen Blattfläche. Die Mischinfektion aus CMV und ZYMV bewirkt dagegen keine weitere Steigerung des spezifischen Blattgewichts bei den aktuellen Sorten. Aufgrund der starken Schädigung von Pflanzen der Sorte 'Vorgebirgs-traube' konnte 33 Tage nach erfolgter Mischinfektion kein spezifisches Blattgewicht mehr bestimmt werden.

Tab. 3.4: Einflüsse verschiedener Virusinfektionen (33 dpi) auf das spezifische Blattgewicht (Frischmasse) bei 5 Freilandgurkensorten im Versuchsjahr 2001 (Signifikanz innerhalb der Sorte nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 10$)

Sorte	Spezifisches Blattgewicht [$\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$]				
	'Musica'	'Othello'	'Melody'	'Pazano'	'Vorgebirgs-traube'
Infektion					
Kontrolle	5,9 a	6,0 a	5,7 a	5,7 a	4,9 a
CMV	5,9 a	5,3 b	5,7 a	6,2 ab	5,5 a
ZYMV	6,8 ab	7,0 c	7,9 b	6,7 b	6,9 b
CMV+ZYMV	6,9 b	6,6 c	7,6 b	6,8 b	-*

*letal

3.2.5 Blütenentwicklung

Bei den Versuchen zur Pflanzenentwicklung wurde auch die Blütenbildung unter Viruseinfluss untersucht. Damit sollte geklärt werden, ob bereits in diesem frühen Entwicklungsstadium Anhaltswerte für eine Abschätzung des in Folge von Virusinfektionen zu erwartenden Ertragsverlustes ermittelt werden können.

Abbildung 3.4 zeigt die durchschnittliche Anzahl der Blüten der untersuchten Sorten in Abhängigkeit von der Virusinfektion. Dabei sind die auffallend höheren Blütenzahlen bei 'Vorgebirgs-traube' unabhängig von der Versuchsanstellung auf die von den anderen Sorten abweichende Blütenbiologie zurückzuführen. Während die wirtschaftlich aktuellen Sorten

entweder parthenokarp sind oder überwiegend weibliche Blüten aufweisen, bildet die 'Vorgebirgstraube' neben den weiblichen Blüten eine große Anzahl männlicher Blüten aus, die in die in Abbildung 3.4 dargestellte Gesamtblütenzahl mit eingehen. Eine CMV-Infektion hat bei den wirtschaftlich wichtigen Sorten keinen Einfluss auf die Blütenzahl, während sie bei 'Vorgebirgstraube' durch dieses Virus negativ beeinflusst wird. Sortenunabhängig bewirkt eine ZYMV-Infektion keine Reduktion der angelegten Blüten. Dagegen löst die Mischinfektion bei nahezu allen Sorten mit Ausnahme von 'Othello' eine Reduktion der Blütenanzahl aus. Aufgrund starker Pflanzenschädigung durch eine Mischinfektion, die größtenteils zum Absterben der Versuchspflanzen führten, konnte keine Auswertung der Blütenanzahl erfolgen.

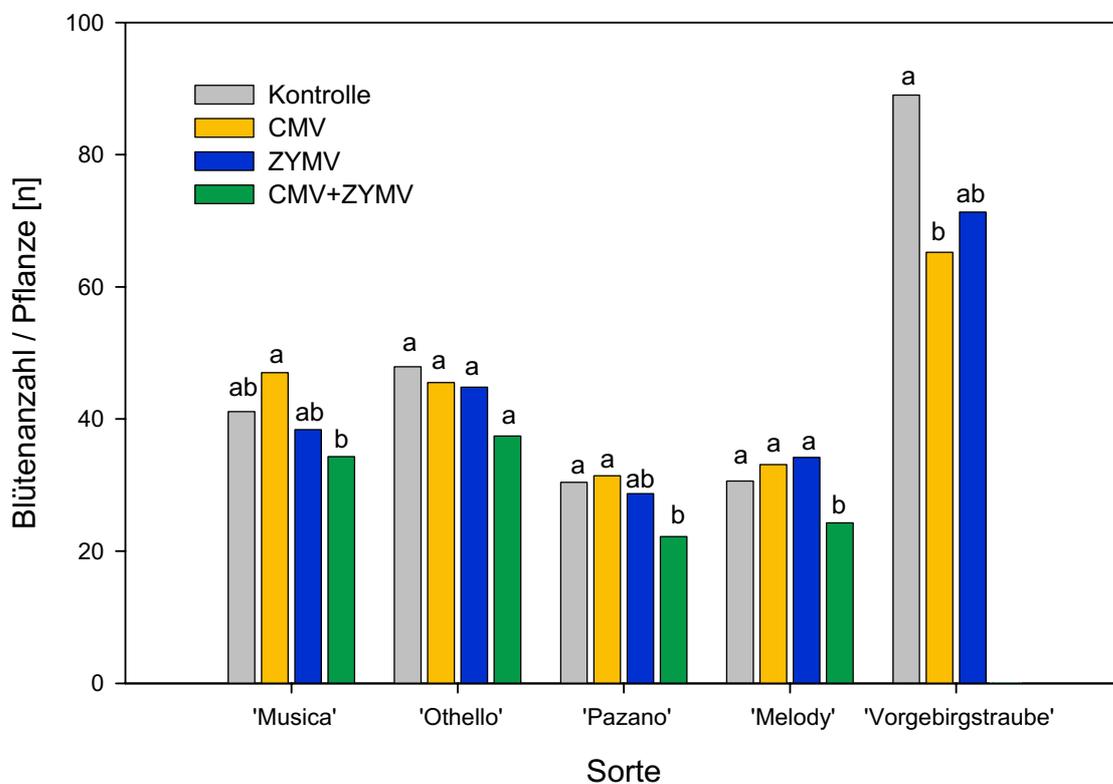


Abb. 3.4: Einfluss verschiedener Virusinfektionen (28 dpi) auf die Blütenanzahl von 5 Freilandgurkensorten, 6. Satz (Signifikanz innerhalb der Sorten nach Tukey, $p \leq 0.05$; $n = 10$)

Das Verhältnis der Anzahl männlicher : weiblicher Blüten wurden bei den gynözischen Sorten 'Musica' und 'Othello' sowie der monözischen Sorte 'Vorgebirgstraube' bestimmt. Es ließen sich jedoch statistisch keine Verschiebungen der Verhältnisse absichern.

3.3 Untersuchungen zu Qualitäts- und Ertragsbildung nach Virusinokulation unter kontrollierten Bedingungen

Die Untersuchungen zur Qualitäts- und Ertragsbildung unter Viruseinfluss konzentrierten sich auf die vier aktuell in der Praxis verwendeten Sorten 'Musica', 'Othello', 'Melody' und 'Pazano'. Außerdem wurden die Pflanzen bis zum Erreichen des 4- bis 5-Blattstadiums virusfrei gehalten. Auf diese Weise sollte gewährleistet werden, dass sie trotz Virusinfektion die Ertragsphase erreichen konnten. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf das Versuchsjahr 2001, denn in den ersten beiden Versuchsjahren waren die Ergebnisse der CMV-Infektionsvarianten wegen zu geringem Infektionserfolg (Tab. 3.5) nicht auszuwerten.

3.3.1 Befallsentwicklung

In wöchentlichem Abstand nach der Inokulation wurde der Infektionserfolg visuell anhand der mit Mosaiksymptomen befallenen Blattfläche bestimmt. Ergänzend hierzu erfolgte der serologische Virusnachweis mit Hilfe des DAS-ELISA-Verfahrens.

Im ersten Versuchsansatz zum Ertragsverhalten verschiedener Freilandgurkensorten unter Viruseinfluss waren nur unzureichende CMV-Infektionserfolge zu verzeichnen. Dadurch konnten im Versuchsjahr 1999 nur die virusfreie Kontrolle und die ZYMV-Varianten miteinander verglichen werden. Auf eine Darstellung der Ergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet.

Nach Modifizierung der Inokulationstechnik konnten die Infektionsraten für CMV im zweiten und dritten Ansatz deutlich gesteigert werden (vgl. Tab. 3.5 mit Tab. 3.6). Dabei fällt auf, dass besonders bei den beiden gynözischen Sorten 'Musica' und 'Othello' eine erhöhte Infektionsrate zu erzielen war.

Tab. 3.5: Infektionserfolg bei 4 Freilandgurkensorten nach Inokulation mit verschiedenen Viren im Versuchsjahr 2000, 2. Satz (Anteil viruspositiver Pflanzen in %)

Sorte	Anteil viruspositiver Pflanzen [%]		
	CMV	ZYMV	CMV+ZYMV
'Musica'	44	100	11
'Othello'	0	100	11
'Melody'	0	100	0
'Pazano'	22	100	0

Tab. 3.6: Infektionserfolg bei 4 Freilandgurkensorten nach Inokulation mit verschiedenen Viren im Versuchsjahr 2001, 3. Satz (Anzahl viruspositiver Pflanzen in %)

Sorte	Anteil viruspositiver Pflanzen [%]		
	CMV	ZYMV	CMV+ZYMV
'Musica'	66	100	55
'Othello'	88	100	44
'Melody'	11	100	77
'Pazano'	11	100	22

Die Befallsentwicklung im Versuchsjahr 2001 ist für die vier Sorten unter dem Einfluss der verschiedenen Infektionsvarianten in Abbildung 3.5 zusammengestellt. Aus versuchstechnischen Gründen musste mit den Befallsbonituren zeitversetzt begonnen werden. Bei 'Musica' und 'Othello' ergaben die ersten Bonituren (12 dpi) relativ niedrige Werte um 10 %. Dagegen zeigten sich auf den parthenokarpen Sorten bereits 15 Tage nach Infektion mit ZYMV- bzw. CMV+ZYMV auf 50-70 % der Blattfläche Mosaiksymptome. Grundsätzlich führte eine Einzelinfektion mit CMV nur zu relativ geringer Ausprägung von Blattsymptomen.

Abweichungen zwischen Infektions- (Tab. 3.6) und Befallsraten (Abb. 3.5) beruhen einerseits auf der Tatsache, dass im ersteren Fall die beteiligten Viren serologisch unterschieden wurden, was im letzteren Fall an Hand der Mosaiksymptome nicht möglich war. Andererseits war trotz entsprechender phytosanitärer Maßnahmen eine ungewollte Ausbreitung von ZYMV im Bestand der Versuchspflanzen nicht vollständig zu vermeiden. Um Verfälschungen der Ergebnisse vorzubeugen, wurden die Ertragsuntersuchungen bei steigender Anzahl infizierter Kontrollpflanzen beendet.

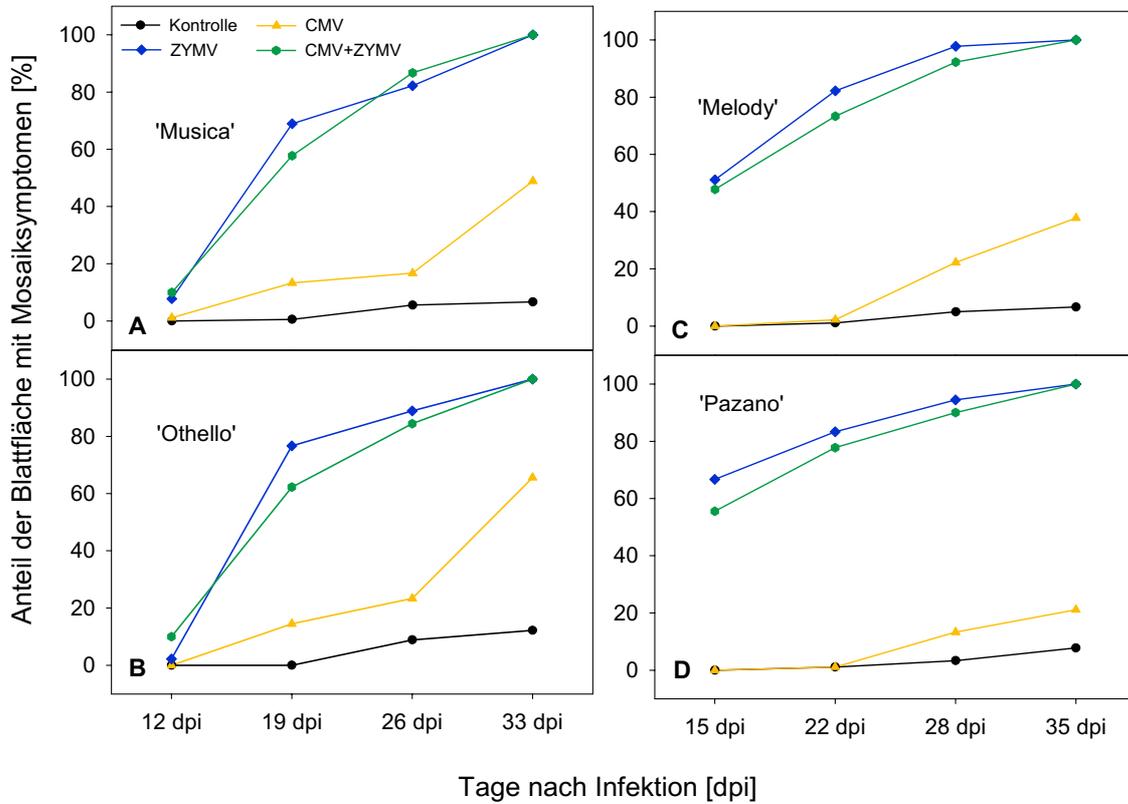


Abb. 3.5: Befallsentwicklung bei vier Freilandgurkensorten nach Infektion mit verschiedenen Viren; A + B = gynözische Sorten, B + C = parthenokarpe Sorten, 3. Satz

3.3.2 Fruchtanzahl und Fruchtgewicht

Bei jeder Beerntung der Versuchsglieder wurden Anzahl und Gewicht der erntereifen Früchte an Einzelpflanzen bestimmt.

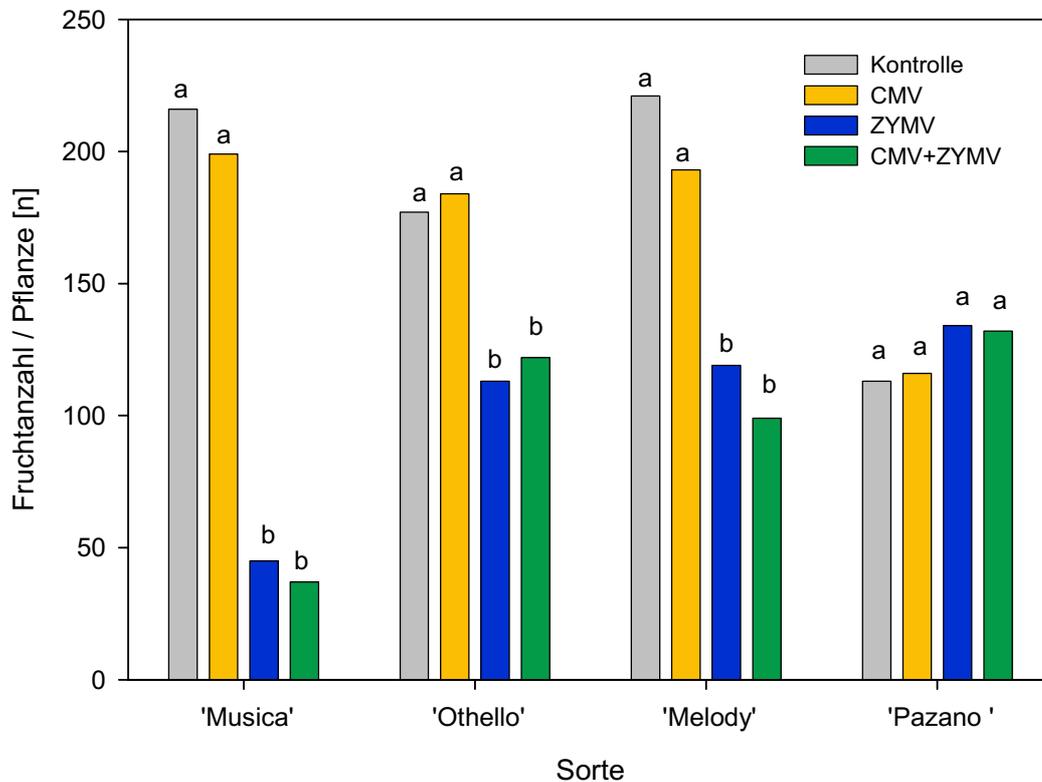


Abb. 3.6: Einfluß verschiedener Virusinfektionen (31 dpi) auf die Anzahl erntereifer Früchte je Pflanze, 3. Satz (Signifikanz innerhalb der Sorten nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$)

Wie aus Abbildung 3.6 hervorgeht, wirkte sich eine Einzelninfektion mit CMV unabhängig von der Sorte nicht auf die Anzahl erntefähiger Früchte aus. Dagegen führten die Infektionen, an denen ZYMV beteiligt war, zu deutlichen Ertragsausfällen im Vergleich zur Kontrolle. Dies gilt nicht für die Sorte 'Pazano', bei der sich keine Unterschiede zwischen der virusfreien Kontrolle und den infizierten Varianten feststellen ließen.

Im Vergleich zur Anzahl erntefähiger Früchte zeigten die vier Sorten bezüglich des Fruchtgewichtes je Pflanze veränderte Reaktionsmuster auf die Virusinfektionen (Abb. 3.7). Unterschiede zwischen den Sorten traten deutlicher hervor. Bei 'Musica' hatte eine Einzelninfektion mit CMV keinen Einfluss auf das Erntegewicht. Eine Einzelninfektion mit ZYMV sowie eine Mischinfektion mit beiden Viren dagegen bewirkten eine Abnahme des Erntegewichts. Allerdings ließen sich bei 'Musica' keine Unterschiede zwischen der CMV- und

den beiden anderen Infektionsvarianten ermitteln. Dies traf auch auf die Sorte 'Othello' zu. Hier war allerdings eine deutliche Beeinträchtigung des Erntegewichts durch eine CMV-Infektion zu verzeichnen. Auch bei 'Melody' reduzierte die Einzelinfektion mit CMV das Erntegewicht. Die Mischinfektion wirkte sich bei dieser Sorte additiv aus. Die Sorte 'Pazano' dagegen wies sowohl bezüglich des Erntegewichts als auch bezüglich der Fruchtanzahl die gleichen Reaktionsmuster auf. Hier waren zwischen den Varianten keine Unterschiede feststellbar.

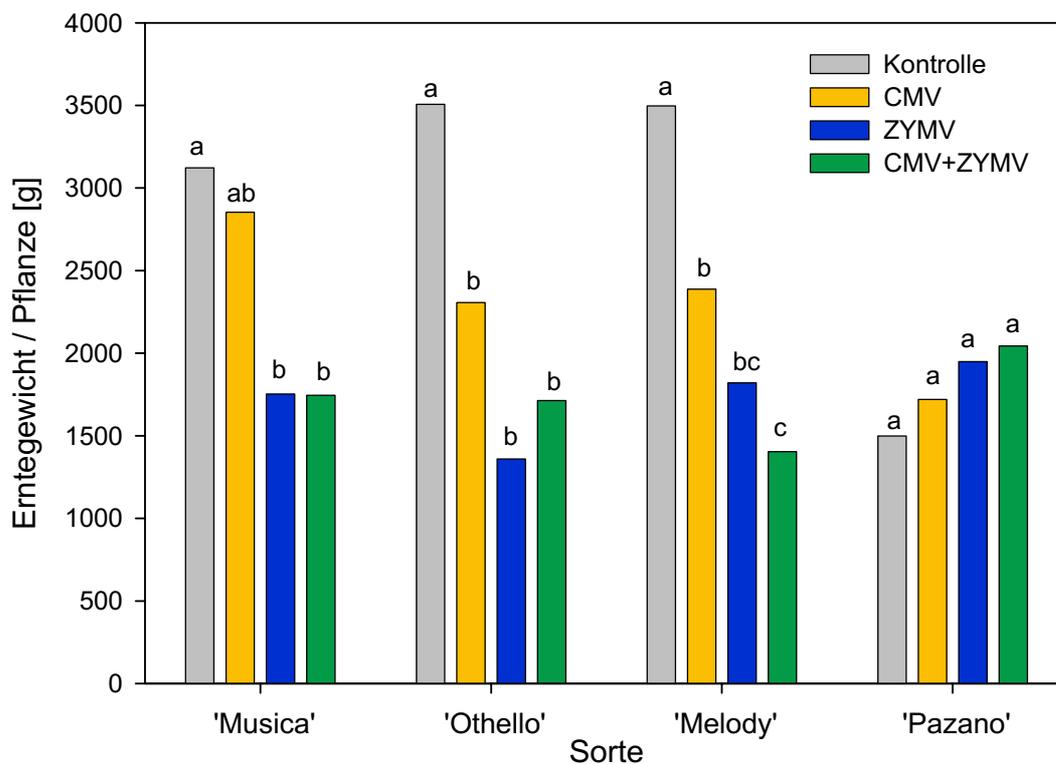


Abb. 3.7: Einfluß verschiedener Virusinfektionen (31 dpi) auf das Gewicht erntereifer Früchte je Pflanze und Erntegang, 3. Satz
(Signifikanz innerhalb der Sorten nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$)

3.3.3 Fruchtqualität

Die obigen Darstellungen bezogen sich auf die Gesamtheit des Ertrages ohne Berücksichtigung der Qualität der Früchte. Da die Qualität jedoch ausschlaggebend ist für den ökonomischen Ertrag, sollten die Ergebnisse auch unter diesem Aspekt betrachtet werden. Daher werden im Folgenden die marktfähigen und die unverkäuflichen Früchte getrennt dargestellt.

Bezüglich der Fruchtanzahl hatten sich die Reaktionsmuster der beiden Sorten 'Musica' und 'Pazano' als zwei extreme Beispiele erwiesen. So zeigte 'Musica' große Unterschiede zwischen Kontrolle und CMV-Variante einerseits und ZYMV- bzw. der Mischinfektion andererseits. Im Gegensatz dazu tolerierte 'Pazano' alle Virusinfektionen, so dass keine Verminderung der Fruchtanzahl feststellbar war. Aufgrund dieser charakteristisch verschiedenen Reaktionsmuster beschränken sich die folgenden Darstellungen exemplarisch auf die beiden genannten Sorten. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden dabei in den folgenden Abbildungen nur drei von insgesamt fünf Boniturterminen berücksichtigt, die allerdings repräsentativ für die jeweiligen Beobachtungen sind.

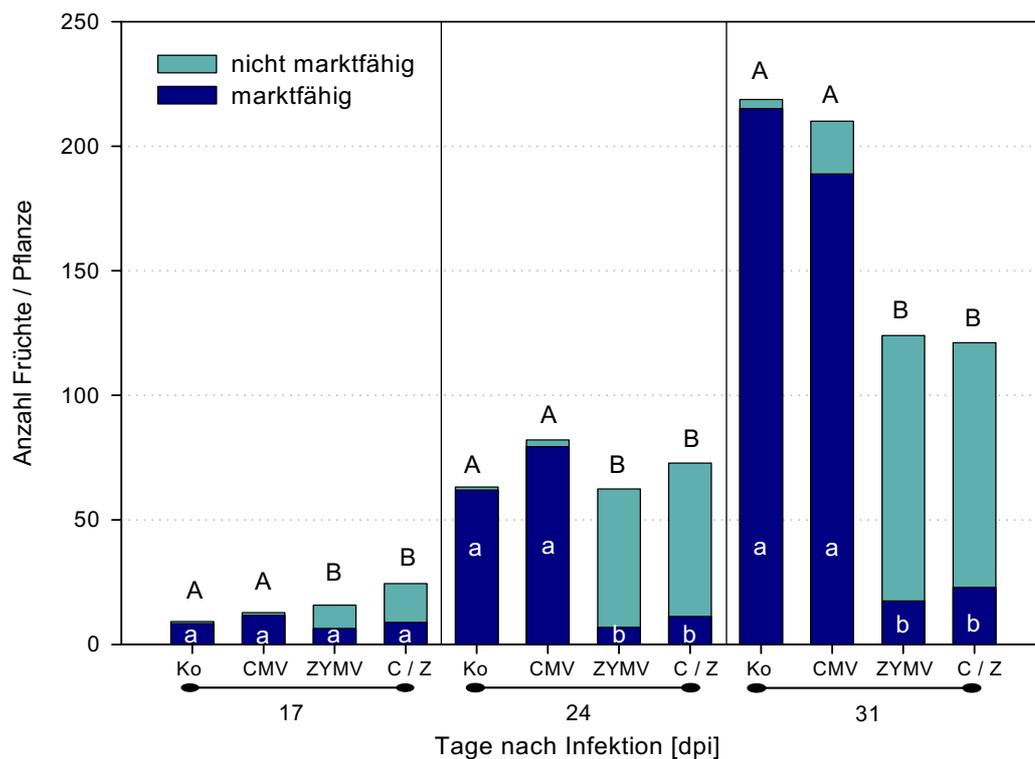


Abb. 3.8: Einfluss verschiedener Virusinfektionen auf die Anzahl marktfähiger und unverkäuflicher Früchte (Kumulation über die Boniturtermine) der Sorte 'Musica'; 3. Satz (Signifikanz innerhalb der Boniturtermine nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$; a-b = Signifikanz der marktfähigen Früchte, A-B = Signifikanz der nicht marktfähigen Früchte; Ko = Kontrolle, C/Z = CMV + ZYMV)

Zu Beginn der Untersuchungen ließen sich bei 'Musica' zwischen den Varianten keine Unterschiede in der Anzahl der marktfähigen Früchte feststellen (Abb. 3.8). Bereits 24 Tage nach Infektion differenzierten sich zwei Variantengruppen: Die virusfreie Kontrolle und die CMV-infizierten Pflanzen unterschieden sich nicht im Hinblick auf die Anzahl marktfähiger Früchte. Im Gegensatz hierzu wurden in den Infektionsvarianten mit ZYMV im Vergleich zur Kontrolle wesentlich weniger marktfähige Früchte gebildet. Es fällt auf, dass unter dem Einfluss der Einzelinfektion mit ZYMV und der Mischinfektion mit beiden Viren die Anzahl der marktfähigen Früchte über den gesamten Versuchszeitraum kaum anstieg. Dagegen nahm in diesen beiden Behandlungen der Anteil nicht vermarktungsfähiger Früchte deutlich zu. Das heißt, während des gesamten Boniturzeitraums wurde in erster Linie unverkäufliche Ware produziert. Diese Beobachtungen bei der Sorte 'Musica' trafen auch für die Sorten 'Othello' und 'Melody' zu.

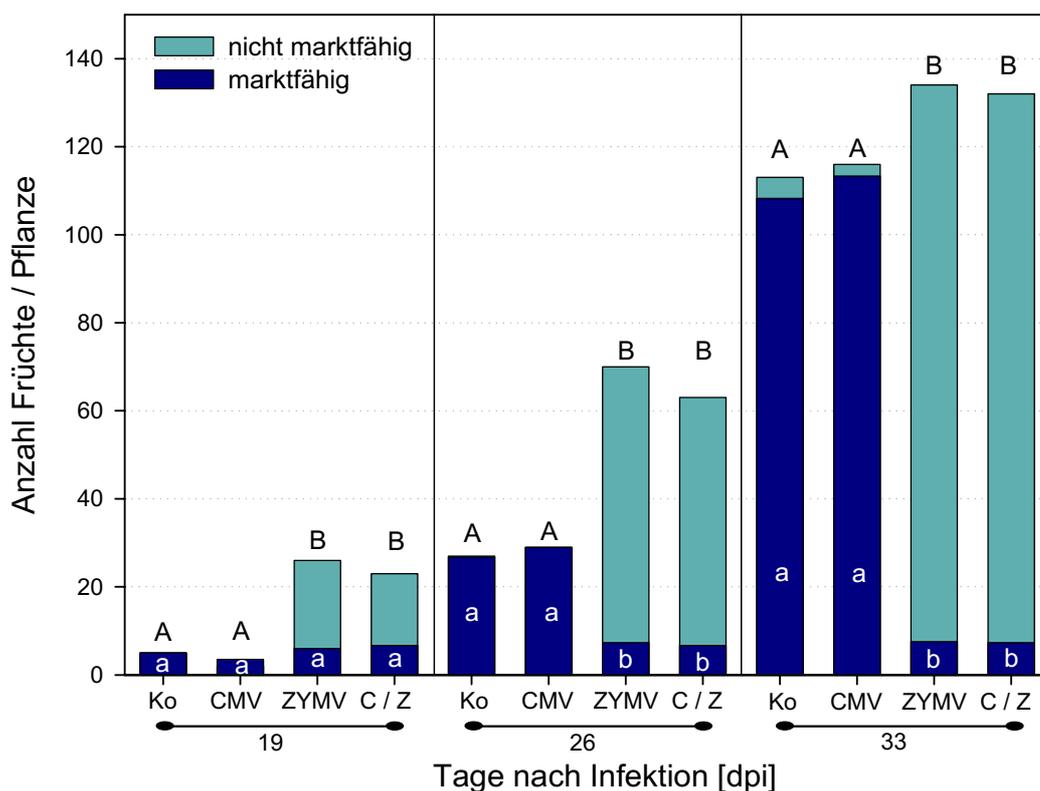


Abb. 3.9: Einfluss verschiedener Virusinfektionen auf die kumulierte Anzahl marktfähiger und unverkäuflicher Früchte (Kumulation über die Boniturtermine) der Sorte 'Pazano' (Signifikanz innerhalb der Boniturtermine nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$; a-b = Signifikanz der marktfähigen Früchte, A-B = Signifikanz der nicht marktfähigen Früchte; Ko = Kontrolle, C/Z = CMV + ZYMV)

Auch 'Pazano' stellte bezüglich der Fruchtqualität keine Ausnahme dar. Ähnlich wie bei 'Musica' zeigte die Sorte 'Pazano' anfangs keine Unterschiede zwischen der Kontrolle und den infizierten Varianten. Im Verlauf des Versuches war aber auch bei dieser Sorte die Fruchtqualität sowohl durch die Einzelinfektion mit ZYMV als auch durch die Mischinfektion mit CMV und ZYMV stark vermindert. Im Beobachtungszeitraum stieg die Anzahl der marktfähigen Früchte nur unmerklich an. Dagegen nahm der Anteil der nicht marktfähigen Früchte stark zu.

Bei einer Bewertung des Viruseinflusses auf die verwendeten Gurkensorten zeigte sich, dass die Betrachtung der Gesamtzahl der Früchte nicht ausreichend präzise ist, sondern die Fruchtqualität als ein wesentlich genaueres Beurteilungskriterium heranzuziehen ist. Auch die Differenzierung des absoluten Ertraggewichts in marktfähig und nicht marktfähig (Abb. 3.10) lieferte für die Bewertung der Virusinfektionen bei den Gurkensorten eine präzisere Aussage.

Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes ließen sich bezüglich des Gewichtes marktfähiger Früchte bei 'Musica' keine Unterschiede zwischen den Varianten absichern (Abb. 3.10). Eine Woche später (24 dpi) waren bereits Unterschiede zwischen den Infektionsvarianten zu verzeichnen. Dabei waren einerseits Kontrolle und Einzelinfektion mit CMV durch geringe, Einzelinfektion mit ZYMV und Mischinfektion mit beiden Viren andererseits durch hohe Beeinträchtigungen gekennzeichnet. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen wurden beim letzten Boniturtermin noch deutlicher. Während der gesamten Beobachtungszeit stieg in der letztgenannten Gruppe das vermarktungsfähige Erntegewicht nur unwesentlich von etwa 300 g auf 450 g an. Im Vergleich dazu wurden von den Kontroll- und den mit CMV infizierten Pflanzen der Sorte 'Musica' zu Beginn der Untersuchungen zwar ebenfalls etwa 300 g marktfähige Gurken produziert, aber zum Versuchsende mit etwa 3000 g signifikant mehr marktfähiger Fruchtertrag erreicht als von den Pflanzen der beiden anderen Behandlungen.

Mit dem Gewicht der unverkäuflichen Früchte verhielt es sich ähnlich. Zum ersten dargestellten Erntetermin unterschieden sich die Infektionsvarianten nicht voneinander. 24 Tage nach Infektion bildeten die mit ZYMV und CMV + ZYMV infizierten Pflanzen größere Mengen nicht vermarktungsfähiger Früchte als die Kontroll- und die mit CMV infizierten Pflanzen. Die nicht marktfähigen Fruchtgewichte lagen bei der Kontrolle und der CMV-Infektion während des gesamten Versuchs im Bereich von 20 bis 200 g. Unter dem Einfluss der ZYMV- bzw. Mischinfektion stieg dieser Anteil kontinuierlich von 200 auf 1300 g an.

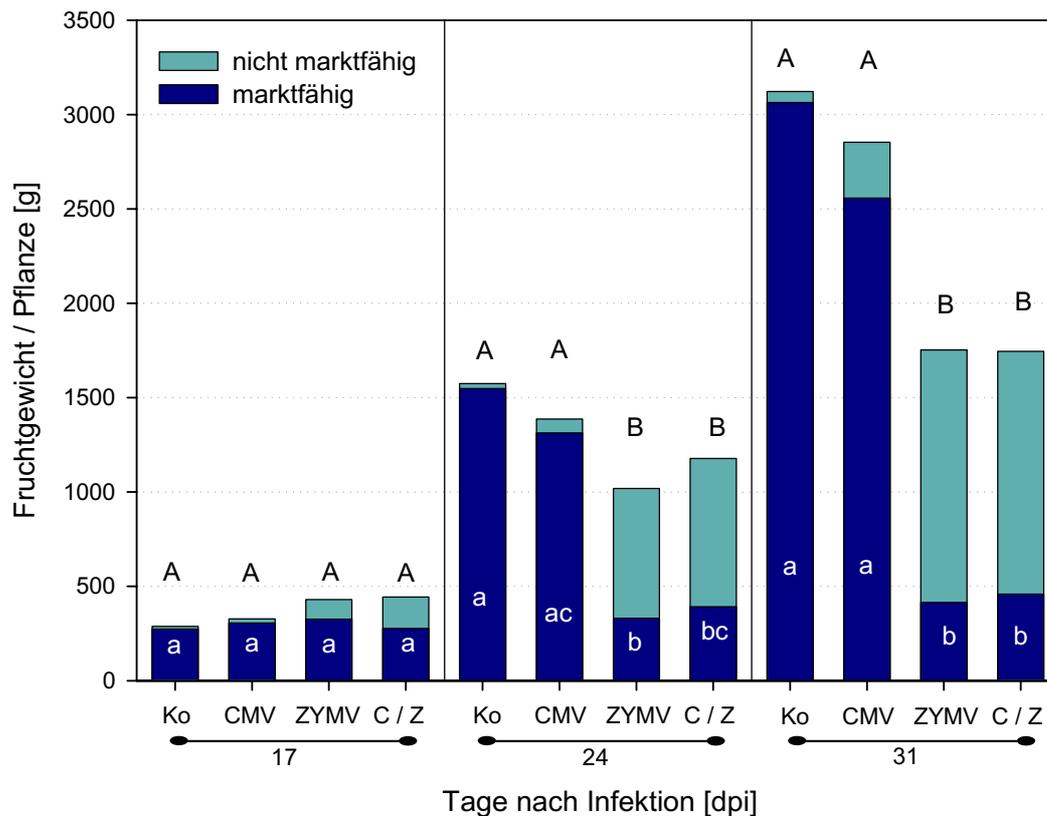


Abb. 3.10: Einfluss verschiedener Virusinfektionen an 3 Boniturterminen auf das kumulierte Gewicht marktfähiger und unverkäuflicher Früchte der Sorte 'Musica', 3. Satz (Signifikanz innerhalb der Boniturtermine nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$; kleine Buchstaben = Signifikanz der marktfähigen Früchte, große Buchstaben = Signifikanz der nicht marktfähigen Früchte; Ko = Kontrolle, C/Z = CMV + ZYMV)

Wie Abbildung 3.11 zeigt, reagierte die Sorte 'Pazano' weniger empfindlich auf die verschiedenen Virusinfektionen. So ließen sich auch 26 Tage nach erfolgter Infektion noch keine unterschiedlichen Einflüsse der Infektionsvarianten auf das Gewicht der vermarktungsfähigen Früchte feststellen. Erst beim letzten Erntetermin wurden Unterschiede zwischen den Varianten deutlich. Zu diesem Zeitpunkt wurden von den mit ZYMV und CMV plus ZYMV infizierten Pflanzen deutlich geringere Mengen an vermarktungsfähigen Früchten produziert als von den Pflanzen der beiden anderen Varianten. Auch hier ist festzustellen, dass unter Beteiligung von ZYMV während des gesamten Versuchszeitraums die marktfähigen Fruchtgewichte kaum anstiegen.

Im Gegensatz zu 'Musica' zeigte sich bei 'Pazano' bereits zur ersten Ernte sowohl bei Einzelinfektion mit ZYMV als auch bei Mischinfektion ein erhöhtes Gewicht an nicht vermarktungsfähigen Früchten. Bereits zu Versuchsbeginn wurden je Pflanze ca. 350 g

unverkäufliche Gurken produziert. Bis zum Ende hatte sich diese Menge auf 1800 g versechsfacht.

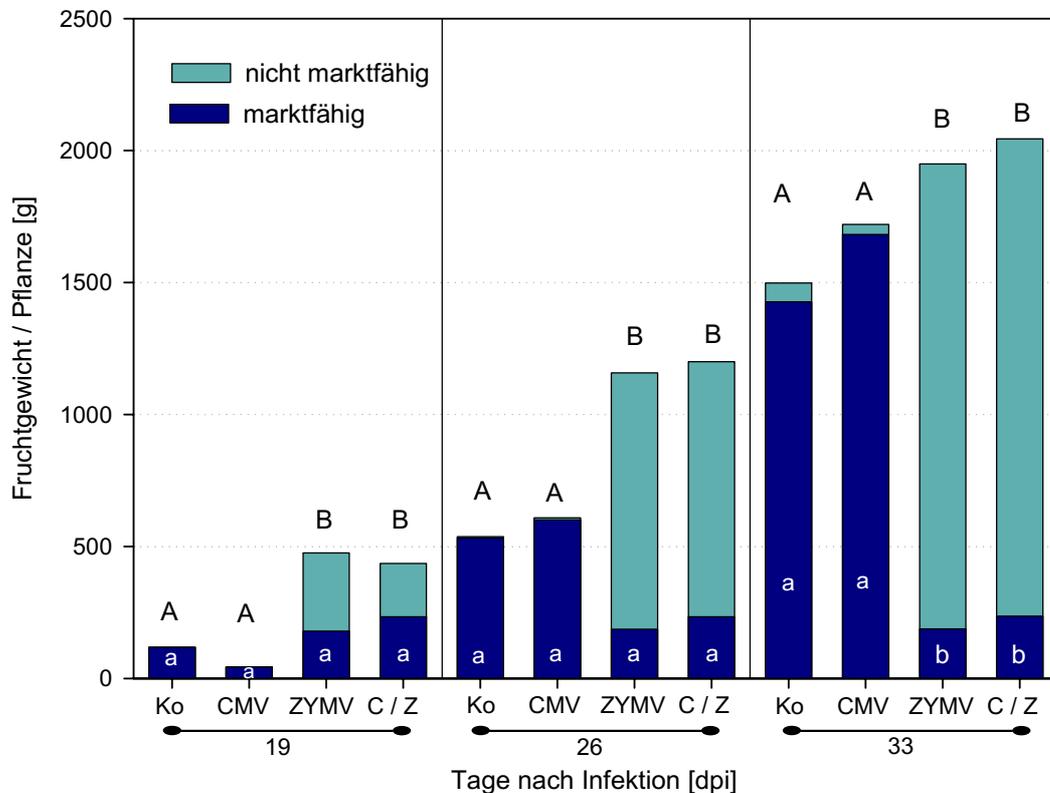


Abb. 3.11: Einfluss verschiedener Virusinfektionen auf das kumulierte Gewicht marktfähiger und unverkäuflicher Früchte der Sorte 'Pazano', 3. Satz (Signifikanz innerhalb der Boniturtermine nach Tukey, $p \leq 0.05$, $n = 9$; a-b = Signifikanz der marktfähigen Früchte, A-B = Signifikanz der nicht marktfähigen Früchte; Ko = Kontrolle, C/Z = CMV + ZYMV)

Hinsichtlich der Größensortierungen sowie dem Länge- : Breitereverhältnis der marktfähigen Früchte konnten bei den Behandlungen im Vergleich zur virusfreien Kontrolle keine Unterschiede festgestellt werden.

4 Diskussion

4.1 Vorkommen phytopathogener Viren im Rheinland

In den Vegetationsperioden von 1996 bis 1999 waren im Rheinland an Freilandgurken im Erwerbsanbau zum Teil erhebliche Ertragsverluste aufgetreten. Auf Gurkenschlägen verschiedener Betriebe waren Blattdeformationen und Mosaik zu beobachten. Die Pflanzen starben mit Fortschreiten der Erkrankung teilweise ab. In ersten Untersuchungen an krankem Pflanzenmaterial wurden phytopathogene Viren nachgewiesen. Diese Befunde gaben den Anlass für die vorliegende Untersuchung, mit der ein möglicher Zusammenhang zwischen den nachgewiesenen Viren und den beobachteten Ertragsausfällen geklärt werden sollte.

Zu Beginn des Projektes sollte in der Vegetationsperiode 1999 durch stichprobenweise Freilanduntersuchungen die Virusbelastung im Gurkenanbau überprüft werden. Auf Anbauflächen, die mit Unterstützung von Gemüsebauberatern ausgewählt worden waren, konnten in Blattproben verschiedener Gurkensorten keine Viren nachgewiesen werden. Daraus wurde geschlossen, dass im Unterschied zu den Vorjahren in der Vegetationsperiode 1999 zumindest auf den beprobten Schlägen keine Belastung mit den Viren ArMV, CMV und ZYMV bestand.

Erklärungsansätze dafür sind in der extremen Witterung dieser Vegetationsperiode zu suchen, denn Zusammenhänge zwischen den jährlichen Schwankungen bei virusbedingten Ertragsausfällen und der jeweiligen Jahreswitterung sind bekannt (SPAAR und KLEINHEMPEL, 1987). Bei Betrachtung des Temperaturverlaufs im Jahr 1999 (Abb. 4.1) zeigt sich, dass zu Beginn der Vegetationszeit der Freilandgurken im Mai mit 16 °C relativ hohe Temperaturen vorgeherrscht haben. Im Juli wurden mit 22 °C Temperaturen erreicht, die das langjährige Mittel überstiegen. Der heiß-trockene Sommer setzte sich bis in den September mit Temperaturen um 19 °C fort; damit wurden die Durchschnittstemperaturen der letzten 10 Jahre um fast 5 °C überschritten. Bei dieser ungewöhnlichen Jahreswitterung hatte die wärmeliebende Gurke, deren Temperaturoptimum im Bereich von 16-35 °C liegt (KRUG 1986), besonders günstige Entwicklungsbedingungen vorgefunden. Ein Vergleich mit dem Temperaturverlauf im Jahr 1996, in dem im Gemüsebau große Ertragsausfälle auftraten und Virusvorkommen festgestellt worden waren, macht deutlich, dass 1996 besonders niedrige Temperaturen vorherrschten und sowohl zu Beginn als auch gegen Ende der Vegetationsperiode die Temperaturen unter dem Optimum für Gurken lagen.

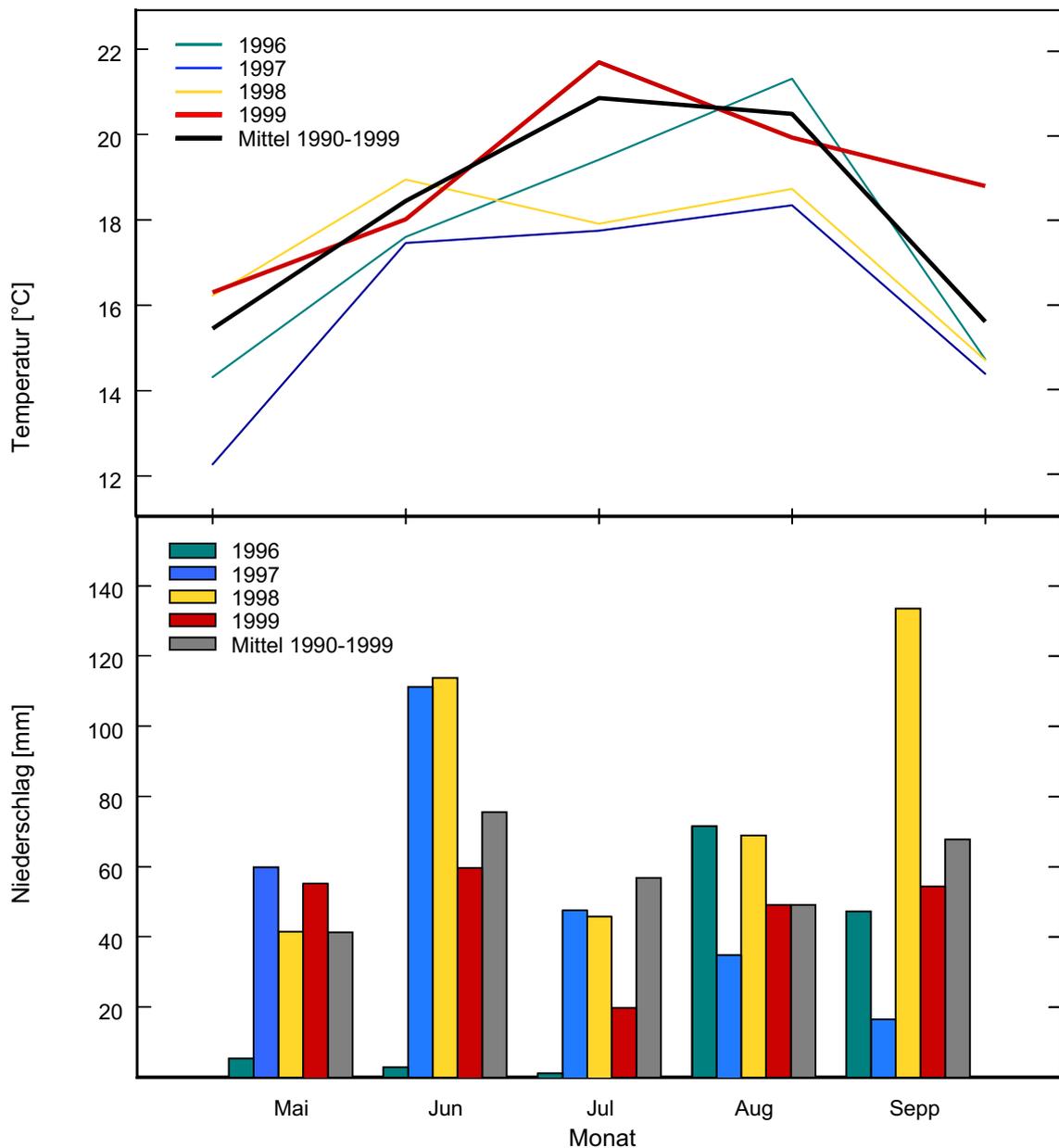


Abb. 4.1: Temperaturverlauf und Niederschlagsverteilung der Jahre 1996 - 1999 während der Monate Mai bis September

Diese Hypothese wird durch Betrachtung der Niederschlagsverteilung in den Jahren 1996 und 1999 unterstützt. Im Jahr 1996 könnten die geringen Niederschläge von Mai bis Juli dazu geführt haben, dass sich Blattlauspopulationen ungestört entwickeln konnten. Damit wäre eine wichtige Voraussetzung für die Verbreitung der blattlausübertragbaren Viren (CMV und ZYMV) erfüllt gewesen (MEYER-KAHSNITZ, 1993; GRAFTON-CARDWELL et al., 1996). Entsprechende Daten

wurden 1996 allerdings nicht erhoben. Dagegen hemmten 1999 die gerade zu Anfang der Vegetationsperiode hohen Niederschläge den Aufbau von Blattlauspopulationen. Bei den Begehungen der Freilandflächen zur Probenahme wurde kein Befall festgestellt.

4.2 Auswirkungen phytopathogener Viren unter kontrollierten Bedingungen

4.2.1 Versuche zur Pflanzenentwicklung

Die unter kontrollierten Bedingungen erzielten Ergebnisse zeigen, dass eine Infektion mit ZYMV die Entwicklung der Gurkenpflanzen am stärksten beeinträchtigte. Bereits vier Wochen nach Inokulation waren diese Beeinträchtigungen sortenunabhängig in nahezu allen untersuchten Parametern zu beobachten. Zum letzten Boniturtermin waren die Unterschiede gegenüber der Kontrolle in allen Fällen signifikant.

Im Unterschied dazu fiel bei den Infektionen mit CMV auf, dass alle wirtschaftlich relevanten Sorten bezüglich aller untersuchten Parameter tolerant reagierten. Diese Beobachtungen stehen in Übereinstimmung mit den Angaben der Züchter, die alle vier Sorten als tolerant gegenüber Mosaikviren beschreiben. Bei der Sorte 'Vorgebirgstraube' dagegen bewirkte eine Infektion mit CMV eine im Vergleich zur Kontrolle signifikant geringere Blattflächenentwicklung und eine tendenzielle Beeinträchtigung aller anderen Parameter.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen machen deutlich, dass Toleranzen nur gegenüber CMV bestanden. Diese Ergebnisse relativieren Rückschlüsse aus Untersuchungen, die 1998 an Einlegegurken von Freilandschlägen durchgeführt wurden (LANKES & ULBRICH, 1999). Damals wurde an visuell erkennbar kranken Pflanzen mit Hilfe des DAS-ELISA CMV nachgewiesen und als möglicher Auslöser für die Ertragsausfälle der Einlegegurken in Erwägung gezogen. Die im Rahmen des abgeschlossenen Projektes durchgeführten Untersuchungen zeigten dagegen, dass die wirtschaftlich relevanten Sorten gegenüber CMV tolerant reagierten. Daher könnte eine mögliche Ursache für die Ertragseinbußen in Infektionen mit weiteren Viren, auf die nicht untersucht wurde, bestanden haben. Mischinfektionen sind in der Natur keine Seltenheit, die Folgen für die Pflanze sind dabei unterschiedlich zu bewerten. Einerseits kann die Symptomausprägung durch mehrere Viren verstärkt werden, andererseits können Viren antagonistisch und symptomabschwächend aufeinander wirken (BOS, 1999; POOLPOL & INOUE, 1986). Bei den durchgeführten Untersuchungen zeigten die Versuchspflanzen, die mit CMV und ZYMV infiziert worden waren, deutliche Reaktionen. Im Vergleich zur Kontrolle und zu

Einzelinfektionen mit CMV ließen sich bei den verwendeten Sorten in allen untersuchten Parametern statistisch abgesicherte Unterschiede feststellen. Vor allem bei der empfindlichen Sorte 'Vorgebirgstraube' waren bei einer Infektion mit beiden Viren additive Effekte zu beobachten. Die Mischinfektion hatte dabei auf einen Großteil der Versuchspflanzen letale Auswirkungen, 4 Wochen nach Inokulation waren etwa 80 % der Gurkenpflanzen abgestorben. Dagegen führte die Mischinfektion bei den CMV-toleranten Sorten nur gegenüber der CMV-meist aber nicht gegenüber der ZYMV-Einzelinfektion zu zusätzlichen Beeinträchtigungen.

4.2.2 Ertragsversuche

Die Ergebnisse der Versuche zur Pflanzenentwicklung werden durch die Resultate der Ertragsversuche nahezu vollständig bestätigt. Auch in diesem Teil des Projektes wurde die CMV-Toleranz der verwendeten Sorten in fast allen untersuchten Parametern deutlich.

Dagegen hatte eine Infektion mit ZYMV sowohl auf den Gesamtertrag als auch auf die Fruchtqualität negative Auswirkungen. Weltweit sind seit 1981 bei Cucurbitaceen hohe durch ZYMV-Infektionen bedingte Ertragsverluste aufgetreten, wobei die Früchte wegen Deformationen und Mosaiken nicht vermarktungsfähig waren (PURCIFULL, 1984; SCHRIJNWERKERS et al., 1991; AL-SHAHWAN et al., 1995).

Bei den vorliegenden Untersuchungen zeichnete sich die Sorte 'Pazano' durch eine im Vergleich zu den anderen Sorten geringere Empfindlichkeit gegenüber ZYMV aus. So zeigte diese Sorte im Hinblick auf den Gesamtertrag unter dem Einfluss einer ZYMV-Infektion keine Verluste. Beeinträchtigungen des Ertrages an marktfähigen Früchten waren etwa eine Woche später als bei den anderen Sorten zu beobachten. Somit lassen sich bei dieser Sorte leichte Toleranzen erkennen.

Bei keiner der untersuchten Sorten führte eine Mischinfektion mit CMV und ZYMV zu höheren Ertragseinbußen als eine Einzelinfektion mit ZYMV. Während Lecoq et al. (1981) feststellten, dass Mischinfektionen mit den beide Viren stärkere Symptome hervorriefen als eine Einzelinfektion mit ZYMV, war dies bei den im Rahmen dieses Projektes bearbeiteten Sortenspektrums nicht der Fall. Diese Reaktionen werden auf die CMV-Toleranz der verwendeten Sorten zurückgeführt.

5 Zusammenfassung

Beobachtungen von Ertragsausfällen in rheinischen Gemüsekulturen, die mit Virusbefall in Zusammenhang gebracht wurden, gaben Anlass für die vorliegenden Untersuchungen. Die vermuteten Zusammenhänge zwischen Virusbelastung und Ertragsbildung sollten am Beispiel von Einlegegurken (*Cucumis sativus* L.) untersucht werden. Dazu wurde ein Virusmonitoring in verschiedenen Praxisbetrieben durchgeführt. Die Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung unter dem Einfluß von drei verschiedenen Infektionsvarianten (CMV, ZYMV, CMV+ZYMV) wurde unter kontrollierten Bedingungen an unterschiedlichen Sorten beobachtet.

Das Virusmonitoring in den Freilandbeständen ergab für die Vegetationsperiode 1999 keine Virusbelastung. Dies wird auf die extreme Jahreswitterung zurückgeführt.

Die Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen zeigten, dass eine Infektion mit ZYMV die Entwicklung und die Erträge bei Einlegegurke am stärksten beeinträchtigte, während eine Infektion mit CMV trotz Ausprägung von Blattsymptomen toleriert wurde. Im Vergleich zur Einzelinfektion mit CMV führten Mischinfektionen mit CMV und ZYMV zu Entwicklungshemmung und Ertragsverlusten. Im Vergleich zu einer Einzelinfektion mit ZYMV waren aber keine additiven Effekte zu beobachten.

6 Schlussfolgerungen für die Umsetzung in die Praxis

Der CMV-Nachweis in einer Pflanzenprobe ist für mögliche virusbedingte Ertragsausfälle allein nicht aussagekräftig. Wie die dargestellten Ergebnisse zeigten, hatte CMV allein bei den praxisrelevanten Sorten keinen Einfluss. Erst bei Mischinfektionen mit ZYMV muß mit erheblichen Ertragsausfällen gerechnet werden. Daher ist eine serologische Untersuchung ausschließlich auf eine CMV-Infektion nicht ausreichend, sondern muss durch Untersuchungen auf ZYMV ergänzt werden.

Die Züchter von Einlegegurkensorten haben sich offensichtlich bereits auf einen potentiellen Virusinfektionsdruck eingestellt, denn die oben beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass aktuelle Sorten gegenüber CMV tolerant reagierten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit CMV infizierte Pflanzen, auch ohne Symptomausprägung und Ertragsschäden, Virusquellen darstellen, von denen neue Infektionen ausgehen können. Mit einer CMV-Ausbreitung ist aufgrund der nicht persistenten Übertragungsweise durch Aphiden (LABONNE et al., 1982; HAACK et al., 1989) und des besonders großen Wirtspflanzenkreises von CMV (PALUKAITIS et al., 1992) in großem Maße zu rechnen. Neben vielen Kulturpflanzenarten stellen auch zahlreiche Wildkräuter Wirte für dieses Virus dar. Besonders *Stellaria media*, die in den gemäßigten Klimaten nahezu überall zu finden ist, stellt einen wichtigen Wirt dar, der durch Infektion des Samens auch der Überwinterung dieses Virus dient (FRIESS & MAILLET, 1997). Um die Ausbreitung von CMV einzudämmen, ist es demnach nötig, die Population der Begleitflora in einem Bestand und seiner Umgebung möglichst gering zu halten. Darüber hinaus bietet der Anbau von Barrierekulturen, die keine Wirte darstellen, eine Möglichkeit, die Infektionskette zu unterbrechen (GRAFTON-CARDWELL et al., 1996). Als geeignete Kulturen kommen hierfür z.B. die verschiedenen Getreidearten oder Mais in Frage (SPAAR & KLEINHEMPEL 1987).

Im Unterschied zu CMV ist im Hinblick auf ZYMV-Toleranz noch weitere Züchtungsarbeit zu leisten. Derzeit gibt es offensichtlich noch keine ZYMV-toleranten Freilandgurkensorten. Doch unter den Wildtypen von *Cucumis sativus* konnten bereits resistente Arten entdeckt werden (PROVVIDENTI, 1987), die als Grundlage für Züchtungsprogramme dienen könnten. In Saudi Arabien wurde auch bereits eine Sorte gefunden, die auf einen dort verwendeten ZYMV- Stamm ohne Ausprägung von Symptomen reagierte (AL-SHAHWAN et al., 1995).

Bei ZYMV haben Wildkräuter als Virusquelle nur eine sehr geringe Bedeutung, da bisher nur wenige Pflanzen als mögliches Virusreservoir gelten (MAHGOUN et al., 1997). Für die

Überwinterung dieses Virus werden eher Kulturpflanzen im geschützten Anbau verantwortlich gemacht (PERRING et al., 1992), von denen die Infektion im Verlauf der Vegetationsperiode über Vektoren verbreitet wird. Aber auch in diesem Fall hilft eine Anbauplanung mit Nicht-Wirtspflanzen, die Ausbreitung des Virus einzudämmen. Darüber hinaus sollten Erntereste infizierter Pflanze sorgfältig von den betroffenen Schlägen entfernt werden, um die Folgekultur möglichst unbelastet heranwachsen zu lassen (DESBIEZ & LECOQ, 1997).

Zusätzlich ist zu bedenken, dass sich ZYMV in den beschriebenen Untersuchungen weitaus leichter übertragen ließ als CMV. Dies bedeutet für den Anbauer, dass nach den ersten Anzeichen für eine ZYMV-Infektion mit einer raschen Ausbreitung der Viren besonders durch Ernte- und Pflegearbeiten zu rechnen ist. Da gerade von diesem Virus besonders starke Beeinträchtigungen der Pflanzenentwicklung und des Ertrages ausgehen, sind sorgfältige Beobachtung und frühzeitiges Einleiten phytosanitärer Maßnahmen entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg beim Anbau von Einlegegurken. In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass der Umfang der Ertragseinbußen vom Zeitpunkt der Virusinfektion abhängt. So konnten bei verschiedenen Cucurbitaceae die größten Ertragsverluste beobachtet werden, wenn die Viren noch während der vegetativen Entwicklung oder zu Beginn der generativen Phase in die Pflanzen eindringen konnten (BLUA & PERRING, 1989; ROBINSON et al.; 1993; GRAFTON-CARDWELL et al., 1996; FLETCHER et al., 2000). Daher wirken sich alle Maßnahmen, die eine Infektion mit ZYMV hinauszögern, günstig aus auf die Ertragsleistung der Kultur.

Auch im Hinblick auf ZYMV, das ebenfalls sehr effizient durch Blattläuse übertragen wird, ist die Blattlauskontrolle durch konsequente Pflanzenschutzmaßnahmen in den Gurkenbeständen von ausschlaggebender Bedeutung. Auch Nachbarbestände sind sowohl auf Blattläuse als auch auf Virusinfektionen zu kontrollieren.

7 Literaturverzeichnis

- AL-SHAHWAN, I.M., ABDALLA, O.A., and M.A. AL-SALEH (1995): Response of Greenhouse-Grown Cucumber Cultivars to an Isolate of Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV). *Plant Disease*, 79: 898-901.
- BLUA, M.J. and T.M. PERRING (1989): Effect of zucchini yellow mosaic virus on the development and yield of cantaloupe (*Cucumis melo*). *Plant Disease*, 73: 317-320.
- BOS, L. 1999: *Plant viruses, unique and intriguing – a textbook of plant virology*. Backhuys Publishers, Leiden.
- BRUNT, A.A., K. Crabtree, M.J. Dallwitz, A.J. Gibbs, and L. Watson (1996): *Viruses of Plants. Descriptions and lists from the VIDE Database*. CAB International, Cambridge.
- CASPER, R. and S. MEYER (1981): Die Anwendung des DAS-ELISA-Verfahrens zum Nachweis pflanzenpathogener Viren. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst (Braunschweig)*, 33: 49-54.
- DESBIEZ, C. and H. LECOQ (1997): Zucchini yellow mosaic virus. *Plant Pathology*, 46: 809-829.
- DIJKSTRA, J. and C.P. DE JAGER (1998): *Practical plant virology - Protocols & Exercises*. Springer-Verlag, Berlin.
- FLETCHER, J.D., WALLACE, A.R., and B.T. ROGERS (2000): Potyviruses in New Zealand buttercup squash (*Cucurbita maxima* Duch.): Yield and quality effects of ZYMV and WMV 2 virus infections. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28: 17-26.
- FRICKE, A. (1992): Einfluss der Luftfeuchte auf Komponenten des Wasserhaushalts und die Produktivität von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus* L.). Dissertation Universität Hannover.
- FRIESS, N. and J. MAILLET (1997): Influence of Cucumber mosaic virus infection on the competitive ability and reproduction of chickweed. *New Phytologist*, 135: 667-674.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E., PERRING, T.M., SMITH, R.F., VALENCIA, J., and C.A. FARRAR (1996): Occurrence of mosaic viruses in melons in the Central Valley of California. *Plant Disease*, 80: 1092-1097.
- HAACK, I., KARL, E., and I. GIERSEMEHL (1989): Die Übertragungshäufigkeit verschiedener Isolate des Gurkenmosaik-Virus (cucumber mosaic virus) durch vier Blattlausarten. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*, 25: 537-540.
- HAMACHER, J.; LANKES, C. und A. ULBRICH (1996, 1997): Mündliche Mitteilungen

- HASKY, K., BÜTTNER, C., SCHICKEDANZ, F., and M. SADOWSKA-RYBAK, (1993): Untersuchungen zur Virusausbreitung über die Nährlösung in geschlossenen Bewässerungssystemen gartenbaulicher Kulturen. *Gartenbauwissenschaften*, 58: 233-238.
- HORVÁTH, J. (1993): Host plants in diagnosis. Page 15-48. *In: Plant Virus Disease*. Matthews, R.E.F., ed. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- KOROS-BALOGH, S. (1987): Parthenocarpic pickling cucumbers at Kecskemet. *Zoldsegetermeszteszi-Kutato-Bulletinje*, 20: 35-44.
- KRUG, H. (1986): Gemüseproduktion – Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg.
- LABONNE, G., QUIOT, J.-B., and P. MONESTIEZ (1982): Role des diverses especes de pucerons vecteurs dans la dissemination du virus de la mosaïque du concombre au niveau d'une parcelle de melon dans le Sud-Est de la France. *Agronomie*, 2: 797-804.
- LANKES, C. und A. ULBRICH (1999): Mündliche Mitteilungen.
- LECOQ, H., PITRAT, M., and M. CLEMENT (1981): Identifikation et caracterisation d'un potyvirus provoquant la maladie du rabougrissement jaune du melon. *Agronomie*, 1: 827-834.
- MAHGOUB, H.A., DESBIEZ, C., WIPF SCHEIBEL, C., DAFALLA, G., and H. LECOQ (1997): Characterisation and occurrence of Zucchini yellow mosaic virus in Sudan. *Plant Pathology*, 46: 800-805.
- MEYER, W. (1997): Virusbefall an Gemüse. *Monatsschrift*, 10: 716.
- MEYER-KAHSNITZ, S. (1993): *Angewandte Pflanzenvirologie*. Bernhard Thalacker Verlag, Braunschweig.
- PALUKAITIS, P., ROOSINCK, M.J., DIETZGEN, R.G., and R.I.B. FRANCKI (1992): Cucumber mosaic virus. *Advances in Virus Research*, 41: 281-348.
- PARES, R.D. and L.V. GUNN (1989): The role of non-vectores soil transmission as a primary source of infection by Pepper mild mottle and Cucumber mosaic viruses in glasshouse-grown capsicum in Australia. *Journal of Phytopathology*, 126: 353-360.
- PERRING, T.M., FARRAR, C.A., MAYBERRY, K., and M.J. BLUA (1992): Research reveals pattern of cucurbit virus spread. *California Agriculture*, 46: 35-40.
- POOLPOL, P. and T. INOUE, (1986): Enhancement of cucumber mosaic virus multiplication by zucchini yellow mosaic virus in double infected cucumber plants. *Annals of Phytopathology Society Japan*, 52: 22-30.
- PROVVIDENTI, R. (1987): Inheritance of resistance to a strain of zucchini yellow mosaic virus in cucumber. *Hort Science*, 22: 102-103.

-
- PURCIFULL, D.E., ADLERZ, W.C., SIMONE, G.W., HIEBERT, E., and S.R. CHRISTIE (1984): Serological relationships and partial characterization of zucchini yellow mosaic virus isolated from squash in Florida. *Plant Disease*, 68: 230-233.
- ROBINSON, R.W., PROVVIDENTI, R., and J.W. SHAIL (1993): Tests for seedborne transmission of Zucchini yellow mosaic Virus. *Hort Science*, 28: 694-696.
- SCHRIJNWERKERS, C.C.F.M., HUIJBERTS, N., and L. BOS (1991): Zucchini yellow mosaic virus; two outbreaks in the Netherlands and seed transmissibility. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97: 187-191.
- SPAAR, D. und KLEINHEMPEL, H. 1987: Bekämpfung von Viruskrankheiten der Kulturpflanzen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- ULBRICH, A. (1996): Mündliche Mitteilung
- WINTER, S. (1999): Mündliche Mitteilung

8 Anhang

8.1 Konsequenzen für evtl. weitere Forschungsaktivitäten

Die Untersuchungen zeigen, dass der Inokulationsort sowie die –technik bei CMV an Gurkenpflanzen, die das Keimblattstadium überschritten haben, eine wichtige Rolle im Hinblick auf den Infektionserfolg spielen. Während bei einer Laubblattinokulation nur wenige Pflanzen erkrankten, konnte durch eine Inokulation der noch intakten Keimblätter und den zusätzlichen Einsatz eines Blattlausvektors auf dem ersten Laubblatt die Erfolgsquote auf das Doppelte erhöht werden.

Die leichte Übertragbarkeit von ZYMV macht es notwendig, während Bonituren oder Pflegearbeiten in der Kultur strenge Hygiene einzuhalten. Zwischen unterschiedlichen Varianten müssen Hände und verwendete Werkzeuge desinfiziert werden, um unerwünschte Infektionen im Bestand zu verhindern.

8.2 Mitteilungen über evtl. schützenswerte Nutzungsrechte

In dem vorliegenden Projekt sind keine schützenswerten Nutzungsrechte entstanden.

8.3 Veröffentlichungen

1. Doradillo, I.; Ulbrich, A.; Lankes, C. und G. Noga (2001): Einfluss von Viren auf Entwicklung und Ertrag bei Freilandgurken. *Gemüse*, 3, 22-24.
2. Doradillo, I.; Lankes, C. und A. Ulbrich (2000): Virusproblematik im rheinischen Gemüsebau. *Monatsschrift*, 9, 626-627.

8.4 Vorträge

1. Kolloquium über Gemüsevirosen in Bonn:
Virusinfektionen bei Freilandgurken -Auswirkungen auf Pflanzenentwicklung und Ertrag
(12.02.2001)
2. Vortrag bei der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Tagung in Osnabrück:
Einfluß phytopathogener Viren auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag von
Freilandgurken
(Tagungsband Nr.19, S.17; 01.03.2001)

8.5 Pressemitteilungen

1. Barthelmes, S. (2001): Gemüsevirosen - Uni-Bonn : Bisheriger Kenntnisstand zusammengetragen. Monatschrift, 9, 616-617.
2. Posterprämierung in Gemüse
3. Posterprämierung in Taspo, 136 (11)

8.6 Posterpräsentationen, Vorfürhungen und Demonstrationen

1. Projektvorstellung bei einem wissenschaftlichen Arbeitstreffen in der Forschungsanstalt Jülich (09.08.1999)
2. Koordinationstagung der Versuchsansteller im deutschen Gemüsebau in Straelen (13.10.1999)
3. Präsentation des Landes Nordrhein-Westfalen durch die Landwirtschaftlichen Fakultät in Brüssel (07. bis 10.02.2000)
4. Projektvorstellung im Rahmen des Bonn-Festes (01.10.2000)
5. Posterpräsentation bei der Deutschen Pflanzenschutztagung in Weihenstephan: Doradzillo, I.; Lankes, C.; Ulbrich, A. und G. Noga: Einfluss phytopathogener Viren auf die Entwicklung von Freilandgurken. (Tagungsband S. 560, Nr. 699, Oktober 2000)
6. Projektvorstellung im Rahmen des Bonn-Festes (29.09.2001)
7. Posterpräsentation bei der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Tagung in Braunschweig: Hennes, I.; Lankes, C.; Ulbrich, A. und G. Noga: Optimierung der Inokulationstechnik von Viren an Freilandgurken in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium (Tagungsband Nr. 20, S. 60, März 2002)
8. Posterpräsentation beim International Plant Virus Epidemiology Symposium: Hennes, I.; Lankes, C.; Ulbrich, A. und G. Noga: Effect of single or mixed virus infection on plant development and yield loss in cucumber (Tagungsband S.164, Mai 2002)

9 Kurzfassung

Seit 1996 wurden an verschiedenen rheinischen Gemüsebaukulturen Blatt- und Fruchtdeformationen beobachtet, die in erheblichen Ertragsverlusten, teilweise sogar Ernteausfällen resultierten. Nachdem andere Ursachen für die Schäden an den Pflanzen ausgeschlossen werden konnten, konnten phytopathogene Viren für die Schäden verantwortlich gemacht werden. Durch serologische Untersuchungen waren CMV (*Cucumber mosaic virus*) und ZYMV (Zucchini yellow mosaic virus) in den Pflanzenproben nachzuweisen.

In dem vorgestellten Projekt wurde die Reaktion verschiedener Freilandgurken auf eine Virusinfektion mit CMV, ZYMV sowie einer Mischinfektion aus beiden Viren untersucht. Hierfür wurden Versuche im geschützten Anbau beispielhaft an verschiedenen Freilandgurken mit praxisüblichen Sorten durchgeführt. Die Wahl der Versuchspflanze fiel unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bedeutung und des Ausmaßes an möglichen Ertragsausfällen auf die Einlegegurke (*Cucumis sativus* L.).

In wöchentlichem Abstand wurden verschiedene Parameter, die die Entwicklung der Pflanze dokumentieren sollten (z.B. Blattfläche und Blütenanzahl), bonitiert. Des Weiteren wurden Ertragsuntersuchungen durchgeführt, bei denen zweimal wöchentlich geerntet wurde. Hierbei wurden die Früchte nach handelsüblichen Größenklassen sortiert sowie die Erntegewichte und der Anteil nicht vermarktungsfähiger Früchte bestimmt.

Die Untersuchungen zeigten, dass eine Inokulation mit ZYMV die Entwicklung sowie den Ertrag der Einlegegurken negativ beeinträchtigte. Neben der Erntemenge wurde auch der Anteil der vermarktungsfähigen Früchte in Abhängigkeit von der Sorte um über 50 % reduziert. Dagegen hatte eine Infektion mit CMV nur geringfügige Auswirkungen auf die Entwicklung und die Erträge der Einlegegurken. Die verwendeten Sorten reagierten gegenüber einer Infektion mit CMV trotz Mosaiksymptomen auf den Blättern weitgehend tolerant.

Bei einer Mischinfektion waren die Symptome in Abhängigkeit von der Sorte verstärkt. Dies hatte im Vergleich zur CMV-Einzelfektion stärkere Ertragsrückgänge und vermehrte Qualitätsminderungen zur Folge. Dagegen waren vergleichsweise zur Einzelfektion mit ZYMV keine additiven Effekte zu beobachten.

Während der Versuchstätigkeit konnten unterschiedlich hohe Infektionserfolge zwischen CMV- und ZYMV-Infektionen ermittelt werden. Besonders bei Pflanzen, die das Keimblattstadium

überschritten hatten, konnte mit CMV kein 100 %-iger Infektionserfolg erzielt werden. Möglicherweise ist dies auf CMV-Toleranz der verwendeten Sorten zurückzuführen. Dagegen ließen sich mit ZYMV auch ältere Gurken leicht infizieren. Bei diesem Virus bestand sogar während der Ertragsversuche ständig die Gefahr der Ausbreitung auf Kontrollpflanzen. Deshalb muss beim Auftreten von ZYMV-Infektionen in Kulturen wie der Feilandgurke, an denen häufig Ernte- und Pflegearbeiten durchgeführt werden müssen, mit einer raschen Ausbreitung des Virus im gesamten Bestand gerechnet werden.