

Pflanzenpathogene Viren im Urbanen Grün

Pflanzenpathogene Viren im Urbanen Grün

von Anne-Mareen Eisold, Martina Bandte, Juliane Langer, Markus Rott und Carmen Büttner

Zusammenfassung

Viren treten ubiquitär in allen Ökosystemen auf und infizieren krautige Pflanzen, Gräser und Gehölze. Sie sind als Mitverursacher einer physiologischen Verfallsspirale für wirtschaftlich relevante Verluste im Forst und Urbanen Grün verantwortlich. Vor dem Hintergrund, dass Viren nicht kurativ behandelt werden können, sind eine umfangreiche Differentialdiagnose und frühzeitige präventive Maßnahmen für ein erfolgreiches Gesundheitsmanagement entscheidend. Die Bedeutung von Pflanzenviren in Gehölzen, deren Verbreitung und Verfahren zum Nachweis der Erreger werden zusammenfassend dargestellt und beispielhaft sechs für das Urbane Grün und den Forst bedeutende Viren vorgestellt.

Summary

Viruses occur ubiquitously in all ecosystems and infect herbaceous as well as woody plants. As a contributory cause they are responsible for physiological decline which may lead to economically significant losses in forest and urban green. Viruses cannot be cured using plant protection measures. Therefore an extensive differential diagnosis and prophylactic measures are essential for a sustainable plant health management. The impact, occurrence, distribution and detection of plant viruses in trees are summarized. Examples are given by six major viral pathogens widely spread in forest and Urban Green.

1 Einleitung

Pflanzenviren können sowohl krautige Pflanzen als auch Gehölze infizieren. Sie nehmen unmittelbar Einfluss auf den Stoffwechsel der Pflanzen, beeinträchtigen die Vitalität und können den Wirt nachhaltig schwächen. Als obligate Parasiten verändern sie die Prädisposition des Wirtes. Für ihre Vermehrung sind Viren vollständig auf den Stoffwechsel der Wirtszelle angewiesen und führen deshalb nicht zwangsläufig zum Absterben der Wirte. Viren kodieren selbst nur für einige wenige spezielle Proteine und nutzen hierfür die Biosynthesekapazität und den Energiestoffwechsel der Wirtszelle aus. Durch die Vermehrung der Viren wird die Leistungsfähigkeit einer Pflanze in unterschiedlichem Maße geschwächt. Diese Schwächung zeigt sich deutlich in Symptomen wie beispielsweise Chlorosen, Nekrosen, Verkahlungen von Ästen und

Degenerationen. Ein Absterben virusinfizierter Bäume ist nicht selten die Folge (BÜTTNER & MAISS 2013), vor allem dann, wenn mehrere Stressfaktoren einwirken. So nennen beispielsweise CHAKRABORTY et al. (2000) und ALLEN et al. (2010) die steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Stickstoffoxiden als bedeutende Einflussfaktoren. Auch abiotische Stressfaktoren, wie Bodenverdichtung, Belastung mit Streusalzen, Trockenstress durch Versiegelung des Bodens, Abgase und erhöhte Wärmestrahlung durch umgebende Gebäude gehören dazu. Bäume und Gehölze sind somit einem repressiv auf die Baumgesundheit wirkenden Ursachenkomplex ausgeliefert, die zu einer Akkumulation der die Pflanzengesundheit gefährdender Faktoren führen können und das physiologische Gleichgewicht beeinträchtigen.

Tabelle 1: Übersicht der an Laubgehölzen unterschiedlicher Pflanzenfamilien bisher nachgewiesenen Viren in Anlehnung an BÜTTNER et al. (2013)

Wirtspflanze – Familie	Virus	Wirtspflanze – Familie	Virus
<i>Acer</i>	<i>Arabid mosaic virus</i> (ArMV) <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV) <i>Sowbane mosaic virus</i> (SoMV)	<i>Prunus</i>	ACLSV <i>Apple stem pitting virus</i> (ASPV) CLR PDV <i>Plum pox virus</i> (PPV) <i>Tomato bushy stunt virus</i> (TBSV)
<i>Aesculus</i>	<i>Apple chlorotic leaf spot virus</i> (ACLSV) <i>Apple mosaic virus</i> (ApMV) <i>Cherry leaf roll virus</i> (CLR) <i>Strawberry latent ringspot virus</i> (SLRSV)		
<i>Betula</i>	ApMV ArMV CLR <i>Prune dwarf virus</i> (PDV) <i>Prunus necrotic ringspot virus</i> (PNRSV) <i>Tobacco necrosis virus</i> (TNV) <i>Tomato ringspot virus</i> (ToRSV)	<i>Quercus</i>	TMV TNV
		<i>Robinia</i>	<i>Peanut stunt virus</i> (PSV) <i>Strawberry latent ringspot virus</i>
		<i>Salix</i>	BMV TNV <i>Tomato mosaic virus</i> (ToMV)
<i>Carpinus</i>	ApMV		
<i>Fagus</i>	<i>Bean yellow mosaic virus</i> (BYMV) <i>Brome mosaic virus</i> (BMV) CLR <i>Tomato black ring virus</i> (ToBRV) TNV	<i>Sambucus</i>	CLR <i>Elderberry latent virus</i> (ELV) <i>Golden elderberry virus</i> (GEV) ToBRV
<i>Fraxinus</i>	ArMV CLR <i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV) <i>Tobacco ringspot virus</i> (TRSV) ToRSV TNV	<i>Sorbus</i>	ACLSV ApMV ArMV CLR <i>European mountain ash ring-spot-associated virus</i> (EMARaV) SLRSV
<i>Populus</i>	ArMV <i>Poplar mosaic virus</i> (PopMV) <i>Tobacco rattle virus</i> (TRV) ToBRV TNV	<i>Ulmus</i>	CLR <i>Elm mottle virus</i> (EMoV) TBSV ToRSV

Solche die physiologische Balance belastenden Einflüsse können hinsichtlich eines Befalls mit Schädlingen und mikrobiellen oder viralen Erregern prädisponierend wirken. Bäume und Gehölze werden während

ihrer Anzucht in den Baumschulen und später am endgültigen Standort insbesondere im urbanen Bereich durch regelmäßige Pflege- bzw. Sicherungsmaßnahmen entastet oder Formschnitten unterzogen

(DE GROOT 2011, DUJESIEFKEN et al. 2008). Die so entstehenden Schnittflächen an der Pflanze sind optimale Eintrittsorte für das Eindringen viraler Pathogene.

In der Tabelle 1 sind bedeutende Baumfamilien zusammengestellt und jene Viren zugeordnet, die nach unseren Untersuchungen und nach Angaben in der Literatur an den jeweiligen Gehölzen bisher gefunden wurden. Alle genannten Viren sind mechanisch übertragbar. Damit ist in Baumschulen und jungen Beständen allein durch Pflegemaßnahmen eine schnelle Ausbreitung von Viren denkbar. Hinzu kommen weitere Virusgenus-spezifische Übertragungsmechanismen, die Infektionsprozesse intensivieren und die Ausbreitung beschleunigen. Dazu gehören eine Übertragung durch Samen, Pollen oder Vektoren wie Insekten, Pilze oder Nematoden sowie durch Boden und Wasser. Darüber hinaus können alle pflanzenpathogenen Viren vegetativ beispielsweise durch Veredlungen (Pfropfungen) übertragen werden, sobald es zu einer Gewebeverwachsung zwischen Reis oder Auge und der Unterlage kommt. Die Auswahl von gesundem virusfreiem Ausgangsmaterial bei der vegetativen Vermehrung von Gehölzen ist daher von hoher Wichtigkeit. Anhand der Detaildarstellung von fünf an Gehölzen auftretenden, wirtschaftlich wichtigen Viren wird deutlich, dass trotz langjähriger Forschungen zur Problematik der Virusinfektionen an Gehölzen immer wieder neue virale Pathogene entdeckt und charakterisiert werden. Neueste Erkenntnisse zur Verbreitung und zum Vorkommen liegen beispielsweise für das *European mountain ash ringspot-associated virus* vor (VON BARGEN et al. 2013, ROBEL et al. 2013). Aktuell wird auch intensiv an der näheren Charakterisierung des „Ulmenringfleckenvirus“ gearbeitet.

Zur Bekämpfung von Pflanzenviren im Urbanen Grün und Forst sind ausschließlich prophylaktische Maßnahmen zu empfehlen. Hierzu gehört neben der allgemeinen Betriebshygiene die Virustestung zur Überprüfung des Gesundheitszustandes von Vermehrungsmaterial. In jedem Fall ist die regelmäßige Kontrolle der Bestände von größter Bedeutung. Bei großen Ausfällen und Problemen in den Baumbeständen sind stets virologische Ursachen zu berücksichtigen und entsprechende Beratungen einzuholen.

2 Diagnostik

Für die Produktion und Kultivierung gesunder widerstandsfähiger Bäume ist eine regelmäßige Kontrolle – und das schließt eine Virustestung ein – unerlässlich. Wir machen darauf aufmerksam, dass die Virustestung an Laubgehölzen nicht immer einfach durchzuführen ist, denn nicht mit allen zur Verfügung stehenden Verfahren ist während der gesamten Vegetationsperiode ein zuverlässiger Nachweis für alle Viren gleichermaßen möglich (BÜTTNER et al. 2013). In gegenwärtig an unserem Fachgebiet durchgeführten Forschungsarbeiten werden geeignete Nachweisverfahren etabliert.

Die frühe und zuverlässige Diagnose von Virusinfektionen ist die Voraussetzung für ein phytosanitäres Management in Baumschulen und etablierten Baumbeständen. Dabei ist eine breite Kenntnis der Symptomatologie eine wichtige Grundlage für die Diagnostik, um virusinduzierte Symptome im Bestand zu erkennen. Virusinfektionen können Störungen im Stoffwechsel der Zellen und ganzer Gewebe verursachen, die als äußere, z. T. sehr vielfältige Symptome an der Pflanze sichtbar werden. Diese äußern sich vorwiegend durch Blattmosaik, chlorotische Adernaufhellungen, Linienmuster oder Ringflecken an Blättern, Nekrosen, Wuchshemmungen, Blatt- und Fruchtdeformationen, Tumorbildung und Ertragseinbußen bis hin zu Absterbeerscheinungen (BÜTTNER et al. 2013). Häufig wirken mehrere Ursachen zusammen und das Symptom lässt sich nicht eindeutig zuordnen. So sind virusbedingte Symptome und solche durch Nährstoffmangel bzw. -überschuss oder durch andere abiotische Faktoren induzierte leicht zu verwechseln. Zudem können auch viele Baumarten nur latent virusinfiziert sein, d. h. die Infektion induziert keine sichtbare Symptomentwicklung. Daher sind Routinetestungen unabdingbar, um eine unbemerkte Virusverbreitung im Bestand zu verhindern.

Den zweifelsfreien und spezifischen Nachweis von Viren in Bäumen, Saatgut und vegetativem Vermehrungsmaterial erhält man nur durch laboranalytische Diagnoseverfahren, wobei immer eine Gesundheitskontrolle der gleichen Baumart und Kultivare vonnöten ist. Routinetestungen werden von den Pflanzenschutzämtern und -diensten der Länder oder auch von privaten

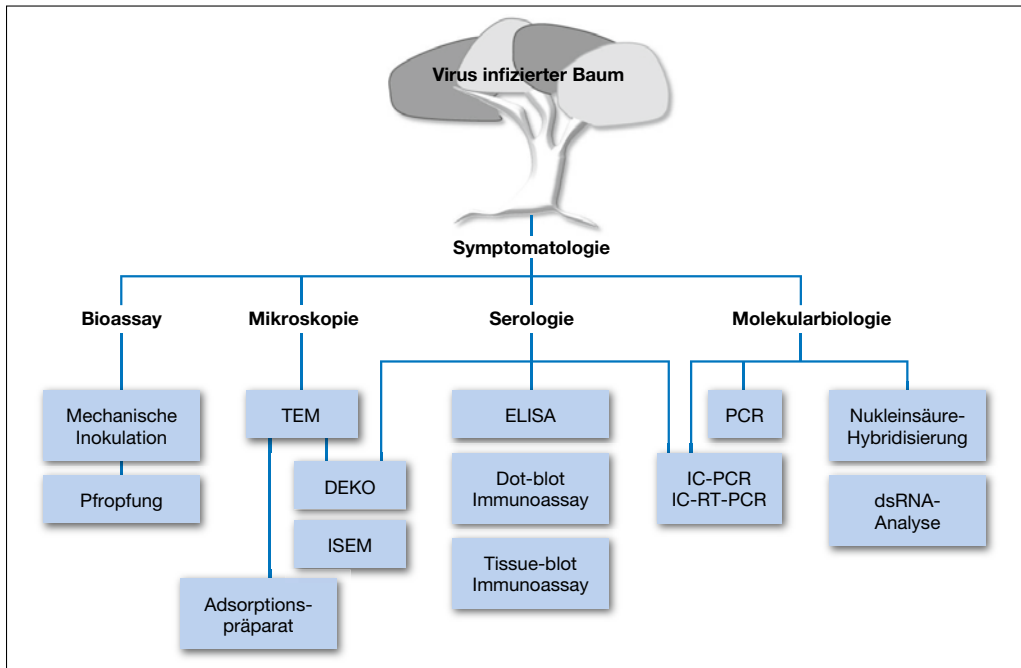


Abbildung 1: Übersicht der Verfahren zum Nachweis von pflanzenpathogenen Viren in Gehölzen

DEKO: Dekoration von Viruspartikeln mit Antikörpern, dsRNA: doppelsträngige RNA, ELISA: *enzyme linked immunosorbent assay*, ISEM: Immunosorbent Elektronenmikroskopie, PCR: *Polymerase chain reaction*, IC-PCR: Immunocapture PCR, IC-RT-PCR: Immunocapture Reverse Transkriptase PCR, TEM: Transmissionselektronenmikroskopie

Laboren wie beispielsweise dem Agro-Horti-Testlabor oder LOEWE Biochemica GmbH angeboten.

Grundsätzlich gibt es zum Nachweis von Viren verschiedene Ansätze. So kann in einem Biotest die Infektiosität eines Virus nach mechanischer Inokulation von Indikatorpflanzen gezeigt werden. Bei Laubgehölzen, insbesondere den Harthölzern ist es mit bestimmten Pfropftechniken möglich, das Vorhandensein von Viren über die sich entwickelnden charakteristischen Symptome an speziellen Indikatorpflanzen zu belegen. Das Elektronenmikroskop gibt die Form des Partikels wieder, die ein wesentliches Merkmal für die taxonomische Zuordnung darstellt. Andere Methoden beruhen auf dem Nachweis von viralen Proteinen oder Nukleinsäuren.

Eine Reihe spezifischer und sensitiver Diagnoseverfahren sind geeignet, Virusinfektionen in einem frü-

hen Infektionsstadium nachzuweisen (Abbildung 1). Dabei gestaltet sich dennoch der Virusnachweis in Gehölzen deutlich schwieriger als in krautigen Pflanzen. Die Virusverteilung in einem mehrjährigen Baum ist sehr ungleichmäßig und die Viruskonzentration in seinen einzelnen Geweben und Organen zum Teil sehr gering, so dass schon die Wahl des Probenmaterials und des Probenahmezeitpunktes entscheidend für die sichere Diagnose ist. Zudem können die z. T. hohen Gehalte phenolischer Substanzen im Pflanzengewebe von Gehölzen vor allem in den Blättern inhibierend auf Enzym-basierte Nachweismethoden wirken, so dass virusspezifische Diagnoseprotokolle auch immer auf die jeweilige Wirtsbaumart angepasst werden müssen. Einige der gängigsten und für den Routinenachweis von Pflanzenviren geeigneten Methoden werden im Folgenden kurz erläutert.

Der DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich-ELISA) ist ein serologisches Verfahren und die am häufigsten eingesetzte Methode in der Routinetestung. Sie ist vergleichsweise weniger kosten- und arbeitsintensiv als Nukleinsäure-basierte Methoden. Sie wurde für viele Virus-Wirt-Systeme optimiert für den Nachweis in Blättern, Rinden, Früchten und Wurzeln. Abhängig von der Virus-spezifischen Variabilität der serologischen Eigenschaften des Virus-Hüllproteins kann kommerzielle Verfügbarkeit geeigneter spezifischer Antikörper limitierend für einen solchen Nachweis sein. GENTKOW et al. (2007) zeigte beispielsweise für das CLRV, dass nur 11 von 19 ausgewählten CLRV-Isolaten aus unterschiedlichen Wirtspflanzenarten unter Einsatz eines polyklonalen, gegen ein Holunder-Isolat entwickelten Antiserums detektiert werden konnten, während der Nachweis aller CLRV-Isolate mit molekularen Methoden gelang (BÜTTNER et al. 2011). Zudem ist die Sensitivität des ELISA mit einer Nachweisgrenze von 0,1–10 ng Virus/ml in der Anwendung für eine sichere Virusdiagnose in Gehölzen begrenzt. Dann eignen sich PCR-basierte Methoden bzw. die Kombination serologischer und molekularer Techniken zur Steigerung der Sensitivität in der Routinediagnose.

Mit der Immunocapture-RT-PCR, entwickelt von WERNER et al. (1997) und beispielsweise optimiert für den CLRV-Nachweis in Gehölzen durch GENTKOW et al. (2010), können große Probenumfänge erfolgreich gescreent werden.

Mit Nukleinsäure-basierten Methoden (erfordern die Nukleinsäureisolierung aus Pflanzengewebe) werden Virusgenomfragmente auch in geringen Mengen in Pflanzenmaterial, Boden- und Wasserproben oder Vektoren (BANDTE & BÜTTNER 2001) noch deutlich unterhalb der Nachweisgrenze des ELISA nachgewiesen. Außerdem können virus-spezifische Genomsequenzfragmente generiert werden, mit denen phylogenetische Analysen von Virusisolaten vorgenommen und die Viren molekularbiologisch charakterisiert werden können.

Hybridisierungstechniken wie die dot-blot-Hybridisierung ermöglichen ebenfalls Routinetestungen durch die Verwendung Virusgenom-spezifischer Sonden. Die Detektionseffizienz ist hier durch die Möglichkeit der Regulierung der Hybridisierungsbedingungen sehr

hoch, so dass selbst Virusvarianten mit Sequenzunterschieden von 30 bis 40 % noch detektiert werden können.

Methoden zum Nachweis von Doppelstrang-(ds)RNAs eignen sich für eine Darstellung von unbekanntem RNA-Viren. DsRNAs werden während der Replikation eines einzelsträngigen RNA-Virus in den Wirtszellen temporär gebildet. Zellen gesunder, nicht virusinfizierter Pflanzen enthalten keine dsRNAs. Die Größe und die Anzahl der virus-spezifischen dsRNAs werden nach gelelektrophoretischer Auftrennung sichtbar und geben erste Hinweise auf eine taxonomische Zuordnung des unbekanntem viralen Erregers (VALVERDE et al. 1990). Mehrere RNA-Doppelbanden unterschiedlicher Größen können auch auf Mischinfektionen mit verschiedenen Viren hindeuten.

3 Epidemiologie

Pflanzenviren sind weltweit verbreitet und in nahezu jedem Ökosystem zu finden. Sie akkumulieren und überdauern nachweislich in Boden, Oberflächenwasser, Gletschereis, Meerwasser und sogar in den Wolken, die damit wichtige Virusreservoir darstellen. Damit spielt die Übertragung von Viren über die Nährlösung geschlossener Bewässerungssysteme eine bedeutende Rolle. Für die Verbreitung im Bestand und darüber hinaus haben sich phytopathogene Viren an verschiedene Übertragungswege und -mechanismen angepasst, wobei in der Regel Viren aus einem Genus die gleichen Übertragungsformen nutzen. Kenntnisse zur spezifischen Übertragung der einzelnen Virusgattungen bzw. -spezies sind für die Praxis von größter Bedeutung, da sich daraus die notwendigen Maßnahmen zur Prophylaxe oder zur Bekämpfung der spezifischen Vektoren ableiten lassen.

Viren können die intakte Kutikula ihrer Wirte nicht penetrieren, d. h. sie können nicht aktiv, wie es von Pilzen und Bakterien bekannt ist, in ihren Wirt eindringen. Dieser vermeintliche Nachteil wird durch verschiedene Strategien sehr effektiv ausgeglichen wie beispielsweise der Mechanismus der Samenübertragung oder auch das Prinzip der vegetativen Vermehrung die Notwendigkeit eines aktiven Penetrationsmechanismus oder einer äußeren Wunde umgehen.

Tabelle 2: Apple mosaic virus

Krankheitserreger	<i>Apple mosaic virus</i> (ApMV)
Vorkommen und Bedeutung	Das Apfelmosaikvirus ist weltweit verbreitet. Es ist eins der am längsten bekannten und ökonomisch bedeutendsten Viren an Apfel (<i>Malus × domestica</i> BORKH.). Die Ertragsverluste variieren dabei abhängig von der Sorte von „zu vernachlässigen“ bis „mehr als 50 %“.
Wirtspflanzen	ApMV infiziert natürlicherweise über 65 Pflanzenarten. Zu diesen gehören Apfel, Kastanie, Birke, Kastanie, Eberesche und Hainbuche. Blätter infizierter Gehölze entwickeln charakteristische Symptome wie chromgelbe Linienmuster, leuchtendgelbe Flecken, chlorotische Ringflecken und Adernaufhellungen. Dabei treten die Symptome häufig nur im Frühsommer auf; symptomatische Blätter werden zumeist frühzeitig abgeworfen. Die Blattsymptome sind für eine alleinige Diagnose nicht geeignet, da weitere virale Erreger aus der Gruppe der Ilarviren ähnliche Symptome induzieren.
Morphologie	ApMV gehört zu den Ilarviren (<i>Bromoviridae</i>); die isometrischen Viruspartikeln haben einen Durchmesser von 25–29 nm. Der Erreger besitzt ein dreigeteiltes Genom.
Übertragung	Der Erreger ist nur unter Schwierigkeiten mechanisch von Gehölzen auf krautige Wirtspflanzen übertragbar. Zumeist erfolgt die mechanische Übertragung durch Verwendung infizierter Unterlagen und Reiser/Augen. Von höchster Bedeutung bei der Anlage neuer Bestände ist die Verwendung von zertifiziertem, virusgetestetem Vermehrungsmaterial bzw. von Gehölzen aus zertifizierten Baumschulen.
Symptome	Siehe Abb. 2 A
Literatur	PETRZIK & LENZ 2011, PAUNOVIC et al. 2011

Tabelle 3: Arabis mosaic virus

Krankheitserreger	<i>Arabis mosaic virus</i> (ArMV)
Vorkommen und Bedeutung	Der Erreger ist weltweit verbreitet und führt in vielen Feldfrüchten und Obstkulturen zu signifikanten Ertragsverlusten. Die Erstbeschreibung des Erregers erfolgte bereits in den 1940er Jahren. An den Blättern treten häufig Mosaik, Scheckung und chlorotische Ringflecken auf, seltener Nekrosen.
Wirtspflanzen	ArMV kommt natürlicherweise in einer Vielzahl ein- und zweikeimblättriger Wild- und Kulturpflanzen vor. Dazu gehören Esche, Forsythie, Holunder, Kirsche, Buchsbaum, Engelstropfete, Vogelmiere und Klee. Durch mechanische Inokulation lassen sich 93 Arten aus 28 zweikeimblättrigen Familien künstlich mit dem Erreger infizieren.
Morphologie	Das Arabismosaikvirus gehört zur Gattung der Nepoviren (<i>Secoviridae</i>). Es ist ein isometrisches Partikel mit einem Durchmesser von 30 nm.
Übertragung	Der Erreger wird sehr leicht mechanisch übertragen. Des Weiteren wird ArMV auch durch Nematoden und Samen übertragen. Neueste Untersuchungen belegen, dass ArMV durch den ektoparasitischen Nematoden <i>Xiphinema diversicaudatum</i> spezifisch übertragen wird. Die Persistenz des Erregers im Vektor beträgt mindestens acht Monate; die Effizienz ist in hohem Maße stammabhängig. Eine Übertragung durch Samen wurde bisher für 20 Pflanzenarten aus 14 Familien beschrieben. Mit der Infektion des Samens geht eine erhöhte Keimlingssterblichkeit einher. Die Übertragungsrate ist abhängig von der Wirtspflanze und beträgt zwischen 10 und 100 %.
Symptome	Siehe Abb. 2 B
Literatur	MARTELLI & UYEMOTO 2011

Tabelle 4: Cherry leaf roll virus

Krankheitserreger	<i>Cherry leaf roll virus</i> (CLRV, Kirschenblattrollvirus)
Vorkommen und Bedeutung	Der Erreger ist im Forst und öffentlichen Grün Europas und Nord-Amerikas weit verbreitet. Erstmals wurde das Kirschenblattrollvirus 1955 in England als Ursache einer Blattrollerkrankung an Süßkirschen beschrieben. Die Namensgebung beruht auf den auffälligen Blattsymptomen der Kirschbäume im Sommer, dem Einrollen der Blätter.
Wirtspflanzen	Zu den holzigen Wirtspflanzen gehören Birke, Brombeere, Esche, Faulbaum, Flieder, Hainbuche, Hartriegel, Himbeere, Holunder, Liguster, Kirsche, Pfaffenhütchen, Rotbuche, Ulme, Walnuss und Wein. Auch krautige Pflanzen können infiziert werden wie beispielsweise Rhabarber, Rittersporn, Graukresse und Stumpfblättriger Ampfer. Der experimentelle Wirtskreis ist sehr groß und umfasst Pflanzenarten aus mehr als 36 Familien.
Morphologie	Das Kirschenblattrollvirus gehört zur Gattung der Nepoviren (<i>Secoviridae</i>). Es ist ein isometrisches Partikel mit einem Durchmesser von 28 nm.
Übertragung	Das CLRV kann mechanisch oder durch Samen und Pollen übertragen werden. Eine Übertragung durch tierische Organismen wie Insekten oder Nematoden wird diskutiert. Die Effizienz der Samenübertragbarkeit des CLRV ist bei verschiedenen holzigen Wirtspflanzen sehr unterschiedlich. So beträgt die Übertragungsrate bei Schlehdorn (<i>Prunus serotina</i>) nur 0,5 %–0,8 % an CLRV-infizierten Vogelkirschen hingegen 11 %–51 %.
Symptome	Siehe Abb. 2 C
Literatur	VON BARGEN et al. 2012, BANDTE et al. 2011

Tabelle 5: European mountain ash ringspot-associated virus

Krankheitserreger	<i>European mountain ash ringspot-associated virus</i> (EMARaV)
Vorkommen und Bedeutung	Der Erreger tritt oft in Mittel- und Nordeuropa, dem Verbreitungsgebiet der Eberesche, auf. Das neue Pflanzenvirus wurde erst 2011 vom <i>International Committee of Taxonomy of Viruses</i> als eigenständige Viruspezies anerkannt.
Wirtspflanzen	Die einzige bisher bekannte Wirtspflanze ist die Eberesche. An den Blättern treten chlorotische Ringflecken, Scheckungen und Blattdeformationen auf. Wachstumsdepressionen wurden beobachtet, der Fruchtansatz kann vermindert sein.
Morphologie	Der Erreger gehört zu den Emaraviren. Die Viruspartikel sind sphärisch und weisen einen Durchmesser von 80 bis 100 nm auf.
Übertragung	EMARaV ist bisher nur durch Pfropfung zu übertragen. Als Vektor wird die Gallmilbe <i>Phytoptus pyri</i> diskutiert.
Symptome	Siehe Abb. 2 D
Literatur	VON BARGEN et al. 2013, ROBEL et al. 2013, MIELKE & MÜHLBACH 2007

Tabelle 6: Poplar mosaic virus

Krankheitserreger	<i>Poplar mosaic virus</i> (PopMV)
Vorkommen und Bedeutung	Verbreitet in Pappelspezies der Sektionen Aigeros und Tacamahaca und deren Hybriden. Typischerweise treten distinkte und diffuse Flecken sowie Nekrosen der Leitbahnen und Blattstiele auf. Dies kann zu großen Wachstumsdepressionen verbunden mit Einbußen im Holztertrag führen. Das Virus ist weit verbreitet, was hauptsächlich auf die Verwendung infizierten Materials bei der vegetativen Vermehrung zurückzuführen ist.
Wirtspflanzen	Natürliche Wirte des Virus sind nur Vertreter der Gattung <i>Populus</i> . Durch mechanische Inokulation ist das Virus auf Arten aus 20 zweikeimblättrigen Familien künstlich übertragbar.
Morphologie	Der Erreger gehört zu den Carlaviren (<i>Betaflexiviridae</i>) und weist eine flexible fadenförmige Morphologie auf. Die Partikel haben eine Länge von 625 nm.
Übertragung	Das Virus ist durch mechanische Inokulation, Pfropfung und durch Samen übertragbar.
Symptome	Siehe Abb. 2 E
Literatur	BÜTTNER et al. 2013

Tabelle 7: Ulmenringfleckenvirus

Krankheitserreger	Ulmenringfleckenvirus
Vorkommen und Bedeutung	Die typischerweise mit dem Erreger assoziierten Symptome sind chlorotische Ringflecken und Linienmuster, Mosaik und Nekrosen an den Blättern, was letztlich zu erheblichen Wuchsdepressionen bis hin zum Absterben der Bäume führt. Die Symptome wurden bisher in europäischen Ulmenbeständen in Deutschland, Österreich und Russland festgestellt. Bisher konnte die Identität des Pathogens noch nicht endgültig festgestellt werden.
Wirtspflanzen	Bisher treten die Symptome natürlicherweise an Flatterulmen (<i>Ulmus laevis</i>) auf. Durch mechanische Inokulation ist das Pathogen auf 4 Arten der Familien <i>Chenopodium</i> bzw. <i>Nicotiana</i> übertragbar.
Morphologie	Der Erreger weist eine flexible fadenförmige Morphologie mit einer Länge von ca. 800 nm auf.
Übertragung	Das Virus ist durch mechanische Inokulation und Pfropfung übertragbar.
Symptome	Siehe Abb. 2 F
Literatur	BANDTE et al. 2004

Die mechanische Übertragung erfolgt über natürlich (Wurzelwachstum, Kontakt benachbart stehender Bäume) oder künstlich (Kulturmaßnahmen mit nicht ausreichend desinfizierten Werkzeugen) entstandene Wunden im Pflanzengewebe. Insbesondere Pflegearbeiten im Bestand und die Vermehrung von Gehölzen (vegetativ, Pfropfung) bieten dabei leichte und effektive Virusübertragungswege. Einige Viren sind auch ppropfübertragbar, und somit wirtschaftlich bedeutend z. B. bei der Veredelung von Obstgehölzen. Bei der vegetativen Vermehrung werden die Viren verbreitet, wenn beispielsweise Wurzel- und Triebsteck-

linge von einer virusinfizierten Mutterpflanze gewonnen und in Kultur gebracht werden.

Einige Pflanzenviren werden natürlicherweise durch Samen und Pollen übertragen. Neben der endogenen Virusinfektion des Keimlings trägt infiziertes kommerzielles Saatgut auch zur geographischen Verbreitung der Viren bei. Bei der Pollenübertragung können einige Viren nach Befruchtung eines gesunden Baumes mit infiziertem Pollen ausschließlich vertikal auf die Samen übertragen werden. Andere Viren können über diesen Weg aber auch horizontal die Mutter-

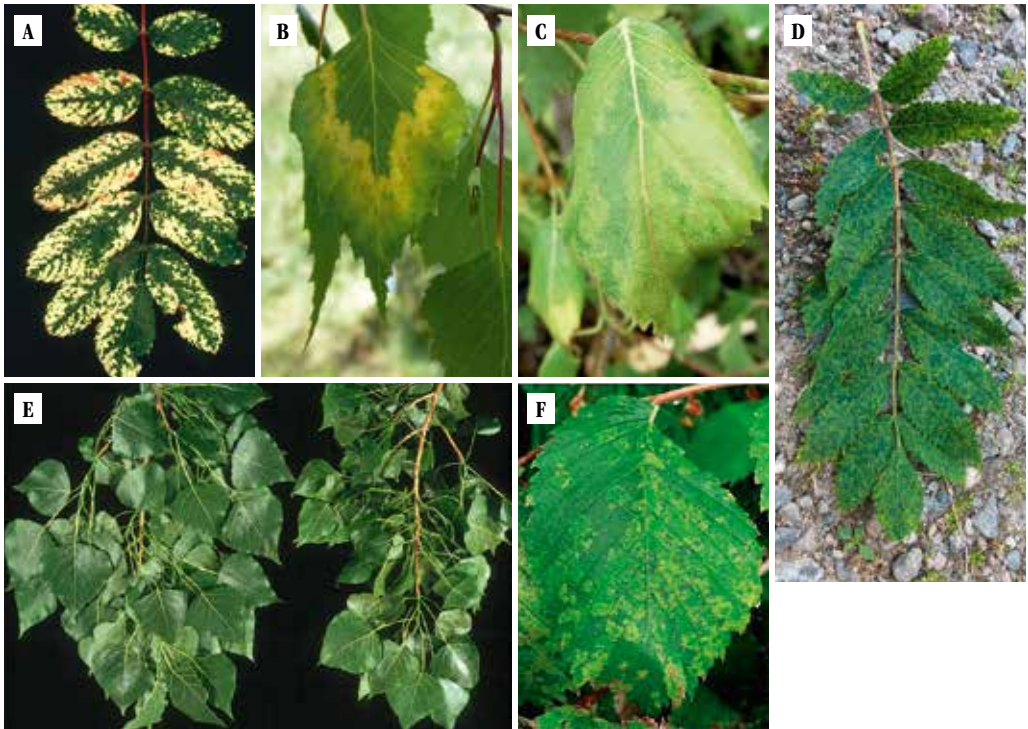


Abbildung 2: Virusinduzierte Symptome an Gehölzen des Urbanen Grüns

A chlorotische Läsionen an *Sorbus aucuparia* induziert durch *Apple mosaic virus* (ApMV); **B** Chlorose an *Betula pendula* induziert durch *Arabis mosaic virus* (ArMV); **C** Adernbänderung und Blattrollen an *B. pendula* induziert durch *Cherry leaf roll virus* (CLRV); **D** chlorotische Ringflecken an *Sorbus aucuparia* induziert durch *European mountain ash ringspot-associated virus* (EMARaV); **E** Kleinblättrigkeit (Links gesund, Rechts infiziert) und Verkahlung an *Populus* spec. induziert durch das *Poplar mosaic virus* (PopMV); **F** chlorotische Flecken und Ringflecken an *Ulmus laevis* induziert durch das putative ‚Ulmringfleckenvirus‘

pflanze infizieren. Die horizontale Übertragung durch Pollen ermöglicht dem Virus eine sehr schnelle und großflächige Ausbreitung in Plantagen und Baumschulen sowie im Forst und öffentlichen Grün.

Eine wirtschaftlich sehr bedeutende Übertragungsform von Pflanzenviren ist die über biologische Vektoren. Ein Großteil der Pflanzenviren nutzt für eine effiziente Übertragung von infizierten auf gesunde Bäume Vektoren wie phytophage Arthropoden und Nematoden oder parasitische Pilze. Unter den tierischen Vektoren ist die Gruppe der Gliederfüßer (*Arthropoda*) mit etwa 94 % am größten, davon sind 55 % Blattläuse (NG & FALK 2006), die aufgrund ihrer

schnellen Entwicklungszeit zu den wichtigsten Schädlingen und Virusvektoren zählen. Auch Weiße Fliege, Thripse, Schmierläuse, Zikaden und mit einem geringeren Anteil auch Wanzen und Käfer sind bekannte Virusüberträger. Etwa 6 % der tierischen Vektoren sind Nematoden und 1 % Milben (z. B. Gallmilben).

Als Grundlage der Epidemiologie eines Virus gilt es zu klären, unter welchen Bedingungen eine Virusinfektion zum ausgeprägten Krankheitsbild an Bäumen führt. Zu erwartende Veränderungen des Klimas und/oder eine spezifische Adaption eines Virus an die Wirtspflanze könnten sowohl die Prädisposition der Pflanze als auch die Virus-Wirt-Interaktion modifizie-

ren. Mögliche Folgen wären z. B. die Verhinderung einer pflanzlichen Abwehrreaktion auf eine Virusinfektion oder die Ausprägung von Symptomen in vorher latent verlaufenden Infektionen.

In der Kette der klimabedingten Veränderungen nehmen auch tierische Vektoren eine besondere Bedeutung ein. Veränderungen der Populationsgrößen sowie der Länge und der Anzahl von Entwicklungszyklen pro Jahr beeinflussen die Effektivität einer vektorialen Virusübertragung.

4 Handlungsempfehlung

Der globale kommerzielle Handel mit Pflanzenmaterial begünstigt die geographische Verbreitung und Verschleppung von Pflanzenviren. Das Auftreten neuer Virusstämme und möglicher neuer Virus-Vektor-Systeme sowie eine zunehmende Prädisposition der Bäume durch vielfältige abiotische und biotische Stressfaktoren können regional zu einem steigenden Infektionsdruck führen. Wie das Einschleppen einer Virusinfektion in den Bestand verhindert werden kann und die Frage nach der Kontrolle von Viruserkrankungen kann nur individuell für die jeweiligen Kulturen beantwortet werden. Dabei sind aber in jedem Fall die prophylaktischen Maßnahmen entscheidend. Dazu gehören die Unterbrechung der Infektionswege und vor allem ein Kulturbeginn mit gesundem Ausgangsmaterial. Denn auch zunächst nur vereinzelte Infektionsquellen im Forst, im öffentlichen Grün oder in Baumschulen stellen langfristig ein sich ausweitendes Infektionspotenzial dar. Umso wichtiger ist, dass im Hinblick auf die lange Kultivierung der Laubgehölze im öffentlichen Grün gesunde Pflanzenbestände angelegt werden. Erst eine Selektion auf virusfreies bzw. virusgetestetes Saatgut und Pflanzenmaterial in Baumschulen kann die Voraussetzung für langfristig gesunde Pflanzenbestände schaffen. Weitgehend praktiziert wird die Selektion virusfreier Stecklinge und Pfropfreiser bei Zier-, Forst- und Obstgehölzen durch visuelle Bonitur und serologische Tests, ergänzt durch Thermotherapie virusinfizierten Pflanzenmaterials. Außerdem können auch noch verfügbare spezifische und zuverlässige Testverfahren zur Prüfung von Saatgutchargen auf eine Virusinfektion herangezogen werden. Eine gute Basis für den Einsatz von Ge-

hölzen ist in jedem Fall die Verwendung zertifizierten Pflanzmaterials bzw. Sattgutes.

Grundsätzlich nimmt nach wie vor die Desinfektion von Werkzeugen, Gefäßen und Stellflächen eine wichtige Stellung ein. Das seit 1998 auf dem Markt befindliche Desinfektionsmittel Menno Florades ist wirksam zur Desinfektion von mit Pflanzenviren kontaminierten Materialien wie Messern, Töpfen und Stellflächen und trägt in den Anwendungsbestimmungen tragen der Beständigkeit verschiedener Pflanzenviren Rechnung.

Literatur

- ALLEN, C. D.; MACALADY, A. K.; CHENCHOUNI, H.; BAGHELET, D.; MCDOWELL, N.; VENNETIER, M.; KITZBERGER, T.; RIGLING, A.; BRESHEARS, D. D.; HOGG, E. H.; GONZALEZ, P.; FENSHAM, R.; ZHANG, Z.; CASTRO, J.; DEMIDOVA, N.; LIM, J.-H.; ALLARD, G.; RUNNING, S. W.; SEMERCI, A.; COBB, N., 2010: A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660–684.
- ANDERSON, P. K.; CUNNINGHAM, A. A.; PATEL, N. G.; MORALES, F. J.; EPSTEIN, P. R.; DASZAK, P., 2004: Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 19 (10), 535–544.
- BANDTE, M.; SCHUSTER, A. K.; VON BARGEN, S.; BÜTTNER, C., 2011: Viren an *Betula pendula* (ROTH.) Analyse des Artenspektrums der Ordnung Hemiptera und Nachweis von *Cherry leaf roll virus* (CLRV) in potentiellen Vektoren. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 215–221.
- BANDTE, M.; ESSING, M.; OBERMEIER, C.; BÜTTNER, C., 2004: Virus-diseased *Ulmus laevis* in Eastern Germany. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales* 13 (1), 65–69.
- BANDTE, M.; BÜTTNER, C., 2001: Übersichtsartikel zu einem bedeutenden Virus in Laubgehölzen – Kirschenblattrollvirus: Auftreten, Übertragung und Diagnose. *Pflanzenschutzberichte* 59, 1–19.
- VON BARGEN, S.; ARNDT, N.; ROBEL, J.; JALKANEN, R.; BÜTTNER, C., 2013: Detection and genetic variability of *European mountain ash ringspot-associated virus* (EMARaV) in Sweden. *Forest Pathology* 43, 429–432.
- VON BARGEN, S.; LANGER, J.; ROBEL, J.; RUMBOU, A.; BÜTTNER, C., 2012: Complete nucleotide sequence of *Cherry leaf roll virus* (CLRV), a subgroup C nepovirus. *Virus Research* 163, 678–683.
- VON BARGEN, S.; GRUBITS, E.; JALKANEN, R.; BÜTTNER, C., 2009: *Cherry leaf roll virus* – an emerging virus in Finland? *Silva Fennica* 43 (5): 727–738.
- BÜTTNER, C.; VON BARGEN, S.; BANDTE, M.; MÜHLBACH, H.-P., 2013: Forest diseases caused by viruses. In: GONTHIER, P.; NICOLOTTI, G. (Hrsg.): *Infectious Forest Diseases*, 50–75.
- BÜTTNER, C.; MAISS, E., 2013: Viren. In: PÖHLING, M.; VERREET, J. (Hrsg.): *Lehrbuch der Phytomedizin*. Ulmer Verlag, 4th edition, 47–113.

- BÜTTNER, C.; VON BARGEN, S.; BANDTE, M.; MYRTA, A., 2011: *Cherry leaf roll virus*. In: HADIDI, A.; BARBA, M.; CANDRESSE, T.; JELKMANN, W. (Eds.): *Virus and Virus-like Diseases of Pome and Stone Fruits*. APS PRESS, St. Paul, Minnesota, USA, 119–128.
- CHAKRABORY, S.; TIEDEMANN, A. V.; TENG, P. S., 2000: Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution* 108, 317–326.
- DE GROOT, J.-W., 2011: Das Konzept des Jungbaumschnitts in den Niederlanden. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 47–56.
- DUJESIEFKEN, D.; WEIHS, U.; STUFFREIN, J.; AEPFELBACH, C., 2008: Untersuchungen zum Lichtraumprofilschnitt an Straßenbäumen. In: DUJESIEFKEN, D.; KÖCKERBECK, P. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 117–126.
- GENTKOW, J.; VON BARGEN, S.; PETRIK, K.; BÜTTNER, C., 2007: Möglichkeiten zur Detektion des Kirschenblattrollvirus (CLRV) in Gehölzen durch serologische und molekulare Methoden. In: DUJESIEFKEN, D.; KÖCKERBECK, P. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 279–302.
- HARVELL, C. D.; MITCHELL, C. E.; WARD, J. R.; ALTIZER, S.; DOBSON, A. P.; OSTFELD, R. S.; SAMUEL, M. D., 2002: Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296, 2158–2162.
- KING, A. M. Q.; ADAMS, M. J.; CARSTENS, E. B.; LEFKOWITZ, E. J., 2011: *Virus Taxonomie: Ninth Report of The International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier Academic Press, San Diego, California.
- LANGER, J.; VON BARGEN, S.; BANDTE, M.; HAMACHER, J.; BÜTTNER, C., 2010: Auftreten und Bedeutung des *Cherry leaf roll virus* in Laubbäumen am Beispiel von Steinfrüchten. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 237–244.
- MARTELLI, G. P.; UYEMOTO, J. K., 2011: Nematode-borne viruses of stone fruits. In: HADIDI, A.; BARBA, M.; CANDRESSE, T.; JELKMANN, W. (Hrsg.): *Virus and virus-like diseases of pome and stone fruits*, APS PRESS, St. Paul, Minnesota, USA, 161–170.
- MIELKE, N.; MÜHLBACH, H.-P., 2007: A novel, multipartite, negative-strand RNA virus is associated with the ringspot disease of European mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.). *Journal of General Virology* 88, 1337–1346.
- NEMETH, M., 1986: *Virus, Mycoplasma and Rickettsia Diseases of Fruit Trees*. Martinus-Nijhoff Publishing, Dordrecht, Netherlands.
- NG, J. C. K.; FALK, B. W., 2006: Virus-vector interactions mediating nonpersistent and emipersistent transmission of plant viruses. *Annual Review of Phytopathology* 44, 183–212.
- NIENHAUS, F., 1985: Infectious diseases in forest trees caused by viruses, mycoplasma-like organisms and primitive bacteria. *Cellular and Molecular Life Sciences* 41, 597–603.
- PETRZIK, K.; LENZ, O., 2011: *Apple mosaic virus* in pome fruits. In: HADIDI, A.; BARBA, M.; CANDRESSE, T.; JELKMANN, W. (Hrsg.): *Virus and virus-like diseases of pome and stone fruits*, APS PRESS, St. Paul, Minnesota, USA, 25–28.
- PAUNOVIC, S.; PASQUINI, G.; BARBA, M., 2011: *Apple mosaic virus* in stone fruits. In: HADIDI, A.; BARBA, M.; CANDRESSE, T.; JELKMANN, W. (Hrsg.): *Virus and virus-like diseases of pome and stone fruits*, APS PRESS, St. Paul, Minnesota, USA, 91–95.
- ROBEL, J.; BANDTE, M.; MÜHLBACH, H.-P.; VON BARGEN, S.; BÜTTNER, C., 2013: Ein neuartiges Virus in *Sorbus aucuparia* L.: Nachweis und Verbreitung des *European mountain ash ringspot-associated virus* (EMARaV). In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): *Jahrbuch der Baumpflege*, Haymarket Media, Braunschweig, 47–53.
- VALVERDE, R. A., 1990: Analysis of Double-Stranded RNA for Plant Virus Diagnosis. *Plant Disease* 74, 255–258.

Die Autoren

Dipl. Biol. Anne-Mareen Eisold ist zur Zeit Doktorandin am Fachgebiet Phytomedizin der Humboldt Universität zu Berlin und beschäftigt sich vor allem mit der Isolierung unbekannter viraler Pathogene aus Forstgehölzen. Dabei wird sie von *Dr. Markus Rott* und *Dr. Martina Bandte* betreut und von *Dr. Juliane Langer* unterstützt. Alle drei sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Fachgebiet Phytomedizin, welches von *Prof. Dr. Carmen Büttner* geleitet wird.

*Humboldt-Universität zu Berlin
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Department für Nutzpflanzen-
und Tierwissenschaften
Fachgebiet Phytomedizin
Lentzeallee 55/57
14195 Berlin-Dahlem
Tel. (0 30) 20 93-4 64 44
Fax (0 30) 20 93-4 64 50*



*martina.bandte@agrar.hu-berlin.de
carmen.buettner@agrar.hu-berlin.de
anne-mareen.eisold@hu-berlin.de
juliane.langer.1@cms.hu-berlin.de
markus.rott@agrar.hu-berlin.de*