

Absterbende Birken im urbanen Grün Berlins – eine Studie zur Virusinfektion

Declining urban birch trees in Berlin – a case study of viral infection

von Maria Landgraf, Johannes Gehlsen, Artemis Rumbou, Martina Bandte, Susanne von Barga, Martin Schreiner, Barbara Jäckel und Carmen Büttner

Zusammenfassung

Seit Ende der 90er Jahre werden an Birken (*Betula* spp.) im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf virusverdächtige Symptome beobachtet. Diese Straßenbäume zeigen oft Degenerationen und für Viren typische Chlorosen und Nekrosen an den Blättern. Derart auffälliges Blattmaterial von 73 ausgewählten Bäumen wurde von Mai bis Juli 2015 gesammelt und mittels molekularbiologischer Methoden auf eine Infektion mit den folgenden in Birken bekannten Viren untersucht: *Cherry leaf roll virus* (CLRV), *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV) und *Apple mosaic virus* (ApMV). Die Infektion der Bäume mit CLRV konnte bestätigt werden. Eine solche Identifizierung des Erregers ist notwendig, um das richtige Krankheitsmanagement einzuleiten, weil es ökonomisch nicht vertretbar ist, falschen Ursachen nachzugehen.

Summary

Since the late 1990s virus suspected symptoms have been observed in birch trees (*Betula* spp.) in the Berlin area of Steglitz/Zehlendorf. Those roadside trees show degeneration and the viral symptoms chlorosis and necrosis in leaves. Obvious symptomatic leaf material from 73 roadside trees was collected in the vegetation period from May to July 2015 and tested using molecular methods for identification of the following birch associated viruses – *Cherry leaf roll virus* (CLRV), *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV) or *Apple mosaic virus* (ApMV). Thereby a CLRV infection in the road side trees was confirmed. This identification of the causative pathogen is necessary to initiate the correct disease management, because it is economically not justifiable to invest time in the wrong direction regarding the cause of the observed symptoms.

1 Einleitung

Aus dem aktuellen Straßenbaum-Zustandsbericht der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2015 ist zu entnehmen, dass im Jahr 2010 rund 40 % aller über 15 Jahre alten Berliner Innenstadt-Straßenbäume geschädigte Kronen aufwiesen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2015). Von den 62.301 Straßenbäumen im Bereich des Untersuchungsgebietes Berlin Steglitz/Zehlendorf wurden im Jahr 2014 insgesamt 521 Bäume gefällt. Davon waren 96 (ca. 20 %) der gefällten Bäume Birken (Straßen- und Grünflächenamt Berlin 2014). Und dies obwohl die Birke in Berlin Steglitz/Zehlendorf mit 3.896 Exemplaren verglichen mit anderen Baumarten einen

eher geringen Anteil von 6,25 % an den Straßenbäumen insgesamt hat. Virusinduzierte Blattsymptome werden häufig mit Symptomen anderer Schadursachen verwechselt (HARTMANN 1995; BUTIN 2003).

2 Die Birke im Berliner Stadtgebiet

Birken können unter optimalen Lebensbedingungen weit über 100 Jahre alt werden. Der Altersdurchschnitt der Birken im Untersuchungsgebiet beträgt ca. 38,5 Jahre. Die Alterspyramide der Birken in Berlin Steglitz/Zehlendorf im Diagramm 1 zeigt einen relativ geringen Anteil von älteren Birken.

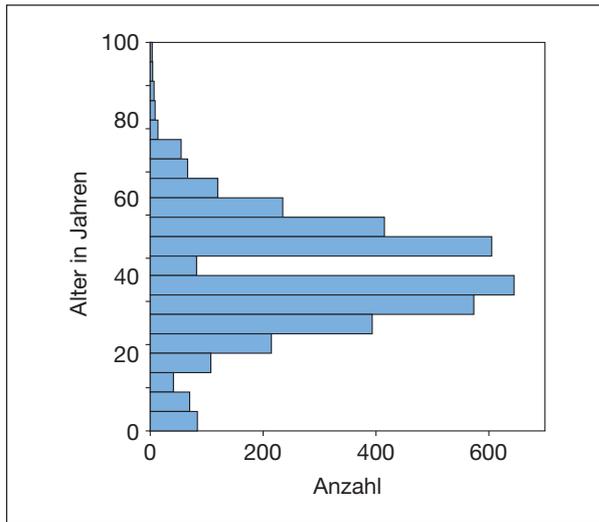


Diagramm 1: Alterspyramide der Birken (artenübergreifend) im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf (Stand 2015 bezogen auf Straßenbäume, Quelle: Pflanzenschutzamt Berlin)

Aus der Alterspyramide ergibt sich, dass 85 % der Birken jünger als 50 Jahre sind. Wenn von allen Birken jährlich ca. 2,5 % (ca. 96 Birken, inklusive der Bauafällungen) gefällt werden, dann sind das auffällig viele Birken in einem relativ jungen Alter. Eine derartig große Zahl krankheitsbedingter Fällungen wäre ein Hinweis darauf, dass bei den Birken ein vorzeitiger Verfall stattfindet.

Die umweltbedingte Belastung für Straßenbäume ist in der Regel größer als an einem natürlichen Standort und begünstigt Krankheiten (BALDER 1997). Insbesondere Viruserkrankungen können die Prädisposition eines Baumes verändern, zu vorzeitiger Seneszenz führen und es kann zu Absterbeerscheinungen und Sekundärinfektionen bis hin zum Absterben des Baumes kommen (BÜTTNER 1996). Einige abiotische Einflussfaktoren wie z. B. ein sehr trockener Frühling und Sommer begünstigen verschiedene Pilzkrankheiten (JALKANEN 2007). Ein Absterben virusinfizierter Bäume ist nicht selten die Folge, vor allem dann, wenn mehrere Stressfaktoren einwirken (EISOLD 2014). Straßenbäumen steht nur ein begrenzter und oft verdichteter Wurzelraum zur Verfügung. Der Bereich unter der Baumkrone ist häufig versiegelt. Dieses setzt die Vitalität der Bäume herab. Oft kommen mechanische Verletzungen hinzu, die den Eintritt für holzerstörende

Pilze und Viren begünstigen (ROLOFF 2013). In jüngerer Zeit wurde bei der Birke Kurzlebigkeit durch eine Reihe von Krankheiten beobachtet (ROLOFF 2013).

3 Vorkommen und Bedeutung der Birke im urbanen Raum

Birken sind nicht nur eine dekorative Bereicherung, sie haben sich auch als geeignet erwiesen, Feinstaub zu binden, die Konzentration von Ozon, Stickoxiden, SO₂ und CO zu senken und sind deshalb ideal für den natürlichen Immissionsschutz und die Luftverbesserung an Straßen (NOWAK 2006). Als Pionierbaumart weist die Birke eine hohe Trockentoleranz und hohe Frosthärte auf. Die Birke hat mit Stammthicken von bis zu 80 cm ein sehr schnelles Wachstum. Der geringe Nährstoffanspruch ermöglicht es der Birke, auf einem breiten Standortspektrum zu siedeln und sogar Trockenstress zu tolerieren (ROLOFF 2013).

Die Birke kann problemlos auf leichten und sauren Böden wachsen, aber auch schwere, tonige Böden in Straßennähe werden von Birken toleriert, selbst wenn sie dort sauren Bodenreaktionen oder Salzstress und Immissionen ausgesetzt sind (ASHBURNER & McALLISTER 2013). Aufgrund ihres hohen Immissionsschutzes und ihrem niedrigen Nährstoffanspruch wird die Birke im Stadtbereich gepflanzt (NOWAK 2006). Laut aktueller GALK-Straßenbaumliste (2012) ist *Betula* spp. ein mit Einschränkungen geeigneter Stadtbaum.

4 Virusinfektionen in Birke

Virustypische Symptome können häufig an Laubgehölzen des öffentlichen Grüns beobachtet werden. An Birken im öffentlichen Grün in Deutschland sind das samen- und pollenübertragbare *Cherry leaf roll virus* (CLRV) und das *Apple mosaic virus* (ApMV) sowie das *Arabis mosaic virus* (ArMV) nachgewiesen worden (BANDTE & BÜTTNER 2004). In BÜTTNER et al. 2013 wurden auch das *Prune dwarf virus* (PDV), das *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), das *Tobacco necrosis virus* (TNV) und das *Tomato ringspot virus* (ToRSV) an Birken beschrieben.

5 Virusverdächtige Symptome an erkrankten Birken im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf

Unterschiedliche virusverdächtige Symptome konnten an Straßenbäumen der Gattung *Betula* beobachtet werden. Unter anderem sind das Farbveränderungen wie Chlorosen, die als Ringe, Flecken, Linien oder großflächig auftreten können. Chlorosen können durch Chlorophylldefekte oder Chloroplastendegeneration entstehen. Das Spektrum der Symptome an den untersuchten Bäumen reicht von chlorotischer Adernbänderung über Eichenblattmuster bis hin zu Mosaik und Panaschierung. Aber auch Kleinblättrigkeit oder Nekrosen der Blätter sowie Aststerben und Kronenverkahlung (Abbildung 1) wurden beobachtet.

Formveränderungen (VON BARGEN 2014) werden durch die unregelmäßige Entwicklung der Blattspreite hervorgerufen, was zu Blattrollen oder Blattkräuseln führt. Die Diversität der auftretenden Symptome (Abbildung 2) führt zu der Annahme, dass verschiedene



Abbildung 1: Ausgeprägte Kronenverkahlung an *Betula* spp. (Standort: Im Vogelsang, 14195 Berlin)

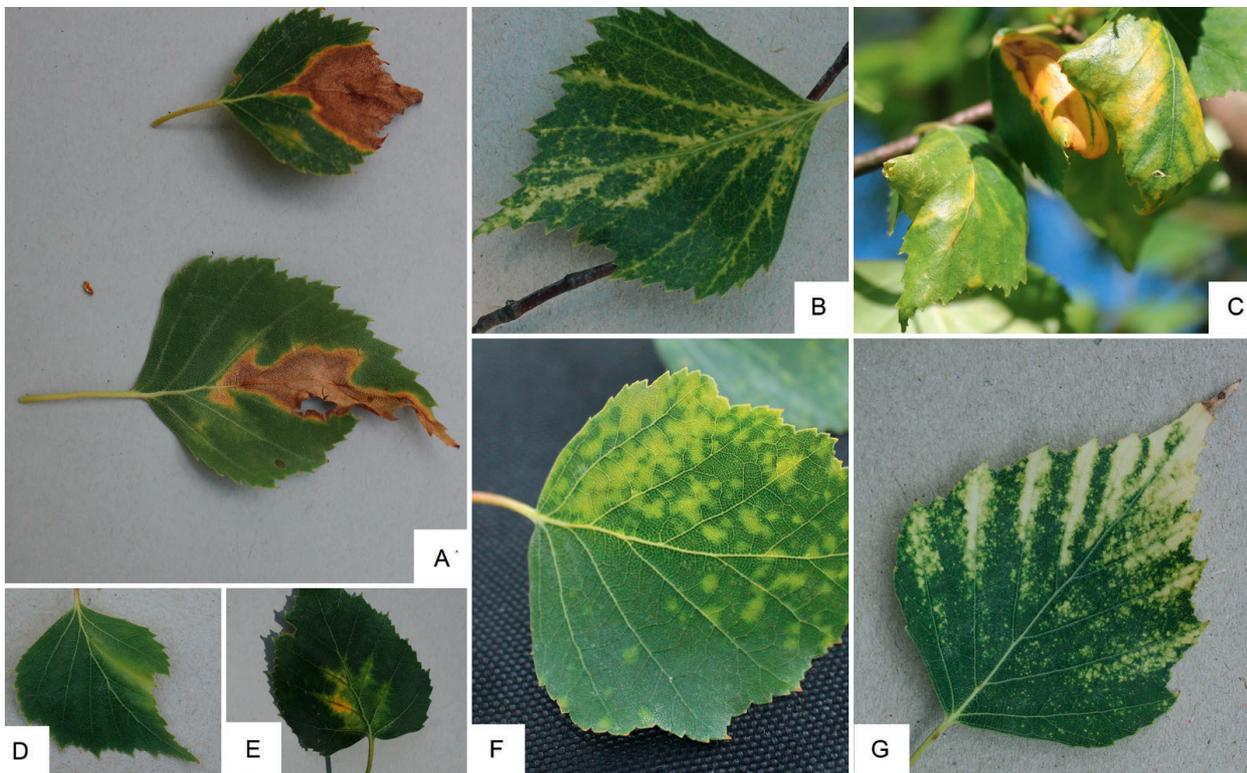


Abbildung 2: Ausgewählte Symptome an den Untersuchungsstandorten in Berlin Steglitz/Zehlendorf: A – Nekrosen; B – chlorotische Adernbänderung; C – Chlorosen mit Blattrollen; D – Formanomalien; E – Eichenblattmuster; F – chlorotische Fleckungen; G – Chlorosen entlang der Blattadern

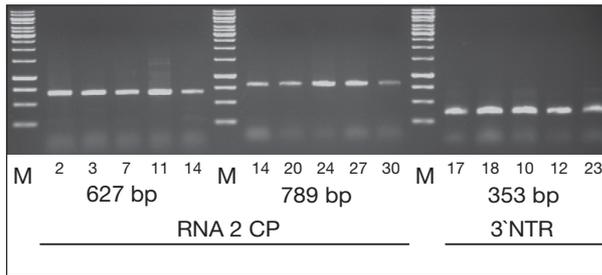


Abbildung 3: Nachweis von CLRV in ausgewählten Blättern von Birken verschiedener Standorte im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf durch Amplifikation eines 627 bp und eines 789 bp langen Fragmentes aus der CP kodierenden Region der viralen RNA2 und eines 353 bp langen Fragmentes aus der 3'NTR des Virus in der RT-PCR, die in einem 1 %igen Gel aufgetrennt wurden. (M) 1 kb DNA Ladder (Thermo Scientific). CLRV war in den Negativkontrollen nicht nachweisbar (nicht gezeigt). Die Nummern (unten) kennzeichnen unterschiedliche Bäume.

Pflanzenviren zu den beobachteten Symptomen beitragen und sich diese Viren möglicherweise gegenseitig beeinflussen. Eine Identifizierung der genannten Viren lässt sich am besten über den Nachweis der virusspezifischen Nukleinsäure mittels PCR oder RT-PCR durchführen.

6 Nachweis von Viren mittels RT-PCR in *Betula*-Proben

In der Vegetationsperiode 2015 wurden an neun verschiedenen Standorten im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf Proben von symptomaufweisenden Blättern von Birken aus den oberen Ästen und Baumkronen genommen. Insgesamt wurden von 73 Straßenbäumen Proben gesammelt. Bäume ohne Symptome wurden aufgrund der Größe der Bäume nicht untersucht, weil zum Ausschluss von Symptomen eine visuelle Bonitur des gesamten Baumes notwendig wäre. CLRV, ArMV und ApMV-Infektionen wurden an ausgewählten, für diese Viren typische Symptome aufweisenden Blättern mittels der RT-PCR untersucht. Dazu wurde zuerst die Gesamt-RNA isoliert (BOOM 1990, InviTrap® Spin Plant RNA Mini Kit) und diese mit Hilfe von Random Hexamer Primern in cDNA transkribiert.

Die daraus resultierende cDNA wurde nach MENZEL (2002) in einer PCR mit Primern für das pflanzliche *nad5* Gen eingesetzt und auf Inhibitoren der PCR getestet, um potenzielle falsch negative Ergebnisse der PCR zu erkennen und richtig zu interpretieren. Auch in der RNA können Inhibitoren vorhanden sein, die bei der RNA-Extraktion nicht entfernt werden konnten.

Es wurden Primersysteme zur Detektion des CLRV innerhalb der Region des Hüllproteins (CP) und der 3'-terminalen nicht translatierten Region (3'NTR) in der PCR genutzt (WERNER 1997; ARNDT 2010; BÜTOW 2013; DEMIRAL 2014), um die bestmögliche Sensitivität und Spezifität dieser PCRs miteinander zu kombinieren. Die Primer von WERNER (1997) amplifizieren innerhalb der hochkonservierten 3'NTR des Virus ein 420 bp langes Fragment. BÜTOW 2013 leitete einen weiteren Primer ab, der kombiniert mit einem Primer von WERNER (1997) ein 353 bp großes Fragment (Abbildung 3) amplifizieren kann. DEMIRAL (2014) verwendet Primer für die das Hüllprotein kodierende Region, wobei ein Fragment der Größe 798 bp entstand (Abbildung 3). Innerhalb dieses Fragmentes wurde ein weiterer Primer von DEMIRAL (2014) genutzt, um eine seminested PCR durchführen zu können. Dabei entstand ein Fragment der Größe 627 bp (Abbildung 3). Durch die Anwendung dieser Primersysteme aus verschiedenen Genomregionen von CLRV sollte die Spezifität des Gesamtnachweises erhöht werden, so dass die erwartete Variabilität in den natürlichen Virusstämmen der Proben erfasst werden würde.

6.1 Ergebnisse der PCR

Von den 73 untersuchten Bäumen konnte CLRV in 63 Bäumen nachgewiesen werden. Dabei ist zu beachten, dass erst mit Hilfe der sensitiven seminested PCR das Virus auch in Proben nachweisbar war, die mit der konventionellen PCR kein Ergebnis brachten. Hier schließt sich die Vermutung an, dass in diesen Proben nur sehr wenige Viruspartikel vorhanden waren. Das Vorhandensein von *Arabis mosaic virus* wurde mit Hilfe des PCR-Systems von BERTOLINI 2002, welches ein 1400 bp großes Fragment aus der RNA 1 amplifiziert, für 43 ausgewählte Proben überprüft. Es konnten mit den genutzten Primern keine Bäume in der Stichpro-

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Symptome und der Ergebnisse der PCR (CLRV, ApMV, ArMV)
 Abkürzungen: Ab: Adernbänderung; Chl: Chlorosen; Br: Blattrollen; Zs: Zweigsterben;
 Bkr: Blattkräuseln; KrV: Kronenverkahlung; KBl: Kleinblättrigkeit; OLP: oak leaf pattern;
 Chl IB: Chlorosen des Interkostalbereichs; Sch: Scheckungen; RFl: Ringflecken;
 Va: Variegation; schrW: schräger Wuchs; AV: Astverkahlung; n. d.: nicht durchgeführt

Standort	Symptome	Anzahl der Bäume	Virus-Nachweis mittels RT-PCR		
			CLRV	ApMV	ArMV
Schildhornstraße (an Autobahnauffahrt)	KrV, KBl, Br, Bkr, Chl IB, RFl, Sch, Ab, SchW	10	9/10	n. d.	0/10
Wilskistraße (Nebenstraße)	AV, KrV, Br, Bkr, SchW, Zs, Chl, Sch	12	8/10	n. d.	0/12
Agentinische Allee (Hauptstraße)	KrV, Chl, Sch, RFl, Ab, Chl IB, OLP	8	8/8	0/1	0/8
Im Schwarzen Grund (Parkanlage)	AV, KrV, Chl	2	2/2	n.d.	0/2
Im Vogelsang (Parkanlage)	Sch, Bkr, Br, RFl, Chl IB, OLP, Va, KBl	20	19/20	0/15	0/10
Albrecht Thaeer Weg (Hinterhof)	AV, Chl, Br, Bkr	1	1	n. d.	0/1
Hochsitzweg (Nebenstraße)	Chl, Br, Bkr	9	8/9	0/9	n. d.
Pücklerstraße (Nebenstraße)	KrV, Chl, Sch, RFl	7	6/7	0/7	n. d.
Herrmannstraße (Nebenstraße)	KrV, Chl, Br,	4	4/4	0/4	n. d.

be gefunden werden, die mit ArMV infiziert waren. Für ApMV wurden zwei Primersysteme an 36 ausgewählten Bäumen getestet. Das Primersystem von WATPADE 2013 amplifiziert ein 614 bp großes Fragment und das Primersystem von MENZEL 2001 amplifiziert ein 262 bp großes Fragment. Beide weisen Teile der Nukleotidsequenz des Hüllproteins nach. Auch das ApMV konnte in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen werden (Tabelle 1).

6.2 Grenzen der konventionellen PCR-Nachweisverfahren

Die Bäume zeigten alle eindeutig virustypische Symptome wie z. B. chlorotische, gelbe Interkostalfelder und Flecken an den Blättern, Blattrollen, Blattkräuseln, chlorotische Läsionen und Verkahlung. Bei ei-

nigen Bäumen waren die Symptome deutlich stärker in den höheren Zweigen als in den unteren Zweigen. Aufgrund dieser Symptomatik wird auch bei den Bäumen, in denen bisher keine Virusinfektion erfasst werden konnte, angenommen, dass eine solche besteht. Hier stellt sich erstens die Frage nach der Sensitivität der Methode, insbesondere ob der Virustiter in den Proben so gering ist, dass er mit den genutzten Primern nicht erfasst wurde. Zweitens stellt sich die Frage nach der Spezifität der Nachweismethode, ob es sich in den Proben um ein anderes Virus oder eine andere Virusvariante, als die auf die getestet wurde, handelt.

Da die Nachweisgrenzen für die verwendeten Primersysteme nicht bekannt sind, ist es schwer zu sagen, ob die einzelnen Primerkombinationen (PCR-Systeme) auch geringe Virustiter (10–100 Viruspartikel) erfassen können. Da in einigen Proben erst mit der semi-

nested PCR erfolgreich CLRV nachgewiesen werden konnte, ist dies ein Hinweis auf sehr wenige Viruspartikel in den Proben.

Bei geringer Effizienz der PCR wird das PCR-Ergebnis als falsch negativ interpretiert, obwohl geringe Mengen Viren in der Probe vorhanden waren. Nur eine PCR mit einer hohen Effizienz kann auch sehr geringe Nukleinsäurekonzentrationen erfassen und ist für einen belastbaren diagnostischen Nachweis geeignet. Die Effizienz einer PCR-Reaktion kann mit unterschiedlichen Methoden erfasst werden, wobei das Erstellen einer Standardkurve mit der real time PCR eine der gängigsten ist (RASMUSSEN 2001). Erst anhand der Standardkurven und der mit der real time PCR ermittelten Effizienz der PCR kann man Aussagen über die Leistungsfähigkeit im Bereich der Nachweismethoden eines diagnostischen PCR-Systems machen. Die Auswertung der Ergebnisse der PCR wird dadurch verlässlicher.

Je größer das zu amplifizierende Fragment in der PCR ist, desto niedriger ist die Effizienz der PCR. Bei den hier verwendeten Primerkombinationen ist die Effizienz der PCR nicht bekannt. Aufgrund der Größe der entstehenden Amplifikate für ArMV (1400 bp; BERTOLINI 2002) und ApMV (614 bp; WATPADE 2013) könnte man vermuten, dass sie nicht die optimale Effizienz haben. Um die Nachweisempfindlichkeit herabzusetzen und die Effizienz zu erhöhen, sollte über eine Optimierung der PCR-Primer nachgedacht werden. Eine eindeutige Aussage, ob die Proben frei von ArMV und ApMV sind, ist deshalb mit diesen Primern derzeit nicht möglich.

Hinsichtlich des Einflusses der Fragmentgröße auf die Effizienz liegt das Primersystem von MENZEL 2001 (ApMV) im optimalen Bereich. Es wäre zu prüfen, ob die Effizienz der PCR für dieses Primersystem durch Primerdimerbildungen herabgesetzt ist. Durch die zusätzliche Sequenzinformation, die im Jahr 2015 im Vergleich zu der aus den Jahren 2002 (BERTOLINI) und 2001 (MENZEL) für die einzelnen Viren zur Verfügung steht, könnte außerdem die Spezifität der Primer und der Nachweismethoden verbessert werden. Da es sich bei den Verursachern für die gefundenen Symptome

auch um andere Viren oder noch unbekannte Viren handeln kann, ist zu überlegen, die Bäume in denen bisher keine bekannten Viren nachweisbar waren, mittels Hochdurchsatzsequenzierung auf unbekannte Viren hin zu untersuchen.

7 Fazit

Um Straßenbäume der Gattung *Betula* auf virale Infektionen zu prüfen, wurden 73 Birken mit virusartigen Symptomen aus dem Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf beprobt. CLRV konnte in 63 Straßenbäumen mit virusverdächtigen Blattsymptomen nachgewiesen werden. Die viralen Erreger ApMV und ArMV hingegen waren in den Birken nicht nachzuweisen. CLRV scheint an den Straßenbäumen der Gattung *Betula* im Berliner Bezirk Steglitz/Zehlendorf weit verbreitet zu sein.

Insbesondere für die Selektion auf virusfreies bzw. virusgetestetes Material zum Anlegen gesunder Pflanzenbestände ist es wichtig, auch die Grenzen der Nachweismethoden zu kennen, kritisch zu hinterfragen und gegebenenfalls Sensitivität und Spezifität der Nachweismethoden zu verbessern.

Solche Untersuchungen wie diese sind absolut berechtigt, da Viren die Vitalität der Bäume maßgeblich beeinflussen können (EISOLD 2014). Standfestigkeit und Lebensdauer können in Folge der Virusinfektion herabgesetzt werden. Zur Erhaltung der Verkehrssicherheit müssen beispielsweise diese Bäume intensiv entastet oder frühzeitig gefällt werden. Die Symptome der Viren werden leicht mit denen, die durch abiotischen Stress verursacht worden sind, wie zum Beispiel Salzstress oder phytotoxische Reaktionen, verwechselt. Eine falsche Einstufung der Ursache einer Erkrankung an Bäumen kann zu falscher Behandlung und falschem Krankheitsmanagement führen. Das bedeutet zusätzlichen ökonomisch nicht vertretbaren Aufwand. Dies macht deutlich, wie notwendig es ist, Kenntnisse über Viren in Bäumen des öffentlichen Grüns zu erlangen und diesbezüglich Aufklärungsarbeit zu leisten.

Danksagung

Wir möchten uns beim Bezirksamt Steglitz/Zehlendorf, Straßen- und Grünflächenamt, Fachbereich Grünflächen für die Unterstützung bei der Probenahme bedanken.

Literatur

- ARNDT, N.; VON BARGEN, S.; JALKANEN, R.; BÜTTNER, C., 2010: Virusinfektionen in finnischen Laubgehölzen. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung „Gesunde Pflanze – Gesunder Mensch“, Humboldt-Universität zu Berlin, 06.–09. September 2010, Sachgebiet Forst, Julius-Kühn-Archiv, 428, 368.
- ASHBURNER, K.; McALLISTER, H. H., 2013: The Genus *Betula*. A Taxonomic Revision of Birches. Botanical Magazine Monograph 431 S.
- BALDER, H.; EHLEBRACHT, K.; MAHLER, E., 1997: Straßenbäume. Planen, Pflanzen, Pflegen am Beispiel Berlin. Patzer Verlag, Berlin, 240 S.
- BANDTE, M.; BÜTTNER, C., 2004: Viruserkrankungen im öffentlichen Grün. In: DUJESIEFKEN, D.; KOCKERBECK, P. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege. Thalacker Medien, Braunschweig, 62–71.
- BERTOLINI, E.; OLMOS, A.; MARTINEZ, M. C.; GORRIS, M. T.; CAMBRA, M., 2001: Single-step multiplex RT-PCR for simultaneous and colourimetric detection of six RNA viruses in olive trees. Journal of Virological Methods 96, 33–41.
- BOOM, R.; SOL, C. J. A.; SALIMANS, M. M. M.; JANSEN, C. L.; WERTHEIM-VAN DILLEN, P. M. E.; VAN DER NORDAA, J., 1990: Rapid and simple method for purification of nucleic acids. J. Clin. Microbiol. 28, 495–503.
- BUTIN, H.; NIENHAUS, F.; BÖHMER, B., 2003: Farbatlas Gehölzkrankheiten. Ulmer Verlag, Stuttgart, 287 S.
- BÜTOW, U.; LANDGRAF, M.; BANDTE, M.; KNEIPP, J.; BERGMANN, C. C.; BEHREND, H.; BEYERLEIN, P.; BÜTTNER, C., 2013: Etablierung eines RT-PCR basierenden Nachweises von *Cherry leaf roll virus* in Birkenpollen (*Betula* spp.). Posterbeitrag 68. ALVA Tagung, 23.–24. Mai, LFZ für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, Österreich, Abstract-Band, ISSN 1606-612X, 269–270.
- BÜTTNER, C.; VON BARGEN, S.; BANDTE, M.; MÜHLBACH, H.-P., 2013: Forest diseases caused by viruses. Chap. 3 In: Infectious forest diseases. Gonthier P., Nicolotti G. (eds), CABI, 50–75.
- BÜTTNER, C.; FÜHRLING, M.; WERNER, R.; MÜHLBACH, H. P.; LUKACS, N., 1996: Phytopathogene Viren in Laubbäumen des öffentlichen Grüns und Baumschulen sowie in Böden und Gewässern – eine diagnostische Vorgehensweise. Gesunde Pflanzen, 48, 95–103.
- DEMIRAL, R.; RUMBOU, A.; JALKANEN, R.; VON BARGEN, S.; BÜTTNER, C., 2014: Nachweis verschiedener Genomregionen des *Cherry leaf roll virus* (CLRV) in gepflanzten Moorbirken finnischer Herkunft mittels (semi-)nested-RT-PCR. Posterbeitrag P21 zur 69. ALVA Tagung, „Angewandte Forschung – gibt es neue Wege?“, 19.–20. Mai 2014, LFZ Francisco-Josephinum, Wieselburg, Österreich, Abstract-Band, ISSN 1606-612X, 288–289.
- EISOLD, A.-M.; BANDTE, M.; LANGER, J.; ROTT, M.; BÜTTNER, C., 2014: Pflanzenpathogene Viren im Urbanen Grün. In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege 2014. Haymarket Media, Braunschweig, 215–225.
- GALK 2015: Aktuelle Straßenbaumliste. www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/
- HARTMANN, G.; NIENHAUS, F.; BUTIN, H., 1995: Farbatlas Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten. 2. Auflage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 288 S.
- JALKANEN, R.; BÜTTNER, C.; VON BARGEN, S., 2007: *Cherry leaf roll virus* abundant on *Betula pubescens* in Finland. Silva Fennica 41(4), 755–762.
- MENZEL, W.; JELKMANN, W.; MAISS, E., 2002: Detection of four apple viruses by multiplex RT-PCR assays with coamplification of plant mRNA as internal control. Journal of Virological Methods, 1–2 (99), 81–92.
- NOWAK, D. J.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C., 2006: Air pollution by urban trees and shrubs in the United States. Urban Forestry & Urban Greening 4, 115–123.
- RASMUSSEN, R., 2001: Quantification on the Light-Cycler; In: MEUER, S.; WITTEWIT, C.; NAKAGAWARA, K. (eds.): Rapid Cycle Real-time PCR, Methods and Applications. Springer Press, Heidelberg, 21–34.
- ROLOFF, A., 2013: Bäume in der Stadt. Ulmer Verlag, Stuttgart. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/de/krankheiten/index.shtml.
- Straßen- und Grünflächenamt Berlin 2014: Liste der Straßenbaumfällungen 2014. https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/politikundverwaltung/aemter/strassen_undgruenflaechenamt/gruenflaechen/baeume/artikel.82225.php.
- VON BARGEN, S.; BANDTE, M.; BÜTTNER, C., 2014: Virus-induzierte Symptome an Laubgehölzen – Formveränderungen und Absterbescheinungen. Poster. International Urban Plant Conference (IUPC). „Gesundes Stadtgrün durch funktionale Konzepte“, Beuth Hochschule für Technik Berlin, 14./15.10.2014.
- WATPADE, S.; RAIGOND, B.; PRAMANICK, K. K.; SHARMA, N.; HANDA, A.; SHARMA, U., 2013: Simultaneous detection of *Apple Chlorotic Leaf Spot Virus* and *Apple mosaic virus* in crab apples and apple rootstocks by duplex RT-PCR in Scientia Horticulturae, 164, 88–93.
- WERNER, R.; MÜHLBACH, H.-P.; BÜTTNER, C., 1997: Detection of *cherry leaf roll nepovirus* (CLRV) in birch, beech and petunia by immuno-capture RT-PCR using a conserved primer pair of Forest Pathology 27, 309–318.

Autoren

Dr. rer. nat. Maria Landgraf, Dr. rer. nat. Artemis Rumbou, Dr. rer. nat. Martina Bandte und Dr. rer. nat. Susanne von Barga sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Fachgebiet Phytomedizin der Humboldt-Universität zu Berlin. *Johannes Gehlsen* ist Bachelorstudent im Fachgebiet Phytomedizin. *Prof. Dr. agr. Carmen Büttner* ist Leiterin des Fachgebietes Phytomedizin.



*Humboldt-Universität zu Berlin
Lebenswissenschaftliche Fakultät
Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und
Gartenbauwissenschaften
Fachgebiet Phytomedizin
Lentzeallee 55/57
14195 Berlin-Dahlem
Tel. (0 30) 20 93-4 64 44
Fax (0 30) 20 93-4 64 50
phytomedizin@agrar.hu-berlin.de*



Dr. Jäckel ist stellvertretende Leiterin im Pflanzenschutzamt Berlin. *Hr. Schreiner* ist Mitarbeiter in der Abteilung Pflanzenschutz im Stadtgrün im Pflanzenschutzamt Berlin.

*Pflanzenschutzamt Berlin
Mobriner Allee 137
12347 Berlin
Tel. (0 30) 70 00 06-0
Fax (0 30) 70 00 06-2 55
pflanzenschutzamt@senstadtum.berlin.de*

