

Der Rostpilz *Cronartium flaccidum* und sein Wirtsspektrum in Deutschland¹

Volker KUMMER & Friedemann KLENKE

Zusammenfassung: Kummer, V. & Klenke, F. 2015: Der Rostpilz *Cronartium flaccidum* und sein Wirtsspektrum in Deutschland. *Schlechtendalia* **28**: 59–70.

Cronartium flaccidum ist ein wirtswechselnder Rostpilz mit einem sehr interessanten und vielfältigen Wirtsspektrum. Von zweinadeligen Kiefernarten aus wechselt er zu Schwalbenwurz (*Vincetoxicum hirundinaria*), einigen Orobanchaceen und mehreren Zierpflanzen aus verschiedenen systematischen Familien. Im August 2014 wurde der Pilz auf der Insel Rügen (Mecklenburg-Vorpommern) erstmals für Deutschland auf drei heimischen, halbschmarotzenden Orobanchaceen gefunden: *Euphrasia stricta*, *Melampyrum arvense* und *Odontites vulgaris*. Das gibt Anlass, den Lebenszyklus und das Wirtsspektrum des Pilzes in Deutschland und angrenzenden Ländern, insbesondere Nordeuropa, zu diskutieren. Ergänzend wird der Erstdnachweis eines *Cronartium*-Befalls auf einer Papaveraceae mitgeteilt.

Abstract: Kummer, V. & Klenke, F. 2015: The rust fungus *Cronartium flaccidum* and its host range in Germany. *Schlechtendalia* **28**: 59–70.

Cronartium flaccidum is a host alternating rust fungus with a very interesting and wide host range. It alternates from two needled pines to white swallowwort (*Vincetoxicum hirundinaria*), some species of Orobanchaceae and many ornamental plants belonging to different systematic families. In August 2014, this fungus was found for the first time in Germany on three native hemiparasitic Orobanchaceae on the Island of Rügen (Mecklenburg-Western Pomerania): *Euphrasia stricta*, *Melampyrum arvense* and *Odontites vulgaris*. For this reason, we discuss life cycle and host range of this fungus in Germany and adjacent countries, especially in northern Europe. *Cronartium* on a member of the Papaveraceae is recorded for the first time.

Keywords: *Sphaeria flaccida*, historical survey, Central Europe, northern Europe, hemiparasitic Orobanchaceae, *Asclepias*, *Impatiens*, *Paeonia*, *Papaver*, *Tropeolum*, *Vincetoxicum*.

Published online 14 Sep. 2015

1. Einleitung

Johann Baptist von Albertini (1769–1831) und Ludwig David von Schweinitz (1780–1834) waren beide Lehrer am Theologischen Seminar bzw. an der Unitäts-Knabenanstalt der Brüdergemeinde in Niesky (vgl. Hardtke et al. 2004), als sie 1803 die Uredinien und Telien eines eigenartig wurmförmigen Pilzes auf den Blättern der Garten-Pfingstrose (*Paeonia officinalis* L.) entdeckten und farbig zeichneten. Zwei Jahre später publizierten sie die Zeichnung und eine Beschreibung des von ihnen *Sphaeria flaccida* Alb. & Schwein. genannten Pilzes (Albertini & Schweinitz 1805). Sie konnten damals nicht wissen, dass sie ein anderes Stadium einer Rostpilzspitze beschrieben hatten, die schon Carl Ludwig Willdenow (1765–1812) auf der Rinde von *Pinus sylvestris* L. aufgefallen war und von ihm *Lycoperdon pini* Willd. genannt wurde (Willdenow 1788).

Erst der Franzose Marie Maxime Cornu (1843–1901) konnte 1886 in seinen Infektionsversuchen Aeciosporen von der Kiefer auf Schwalbenwurz (*Vincetoxicum hirundinaria* Medik.) übertragen und damit den Zusammenhang beider Formen beweisen (Cornu 1886). Léon Geneau de Lamarlière zeigte dann 1895, dass durch „Aussaat“ der Sporen eines Rindenrostes der Kiefer auch auf *Paeonia officinalis* und *P. „grandiflora“* Uredinio- und Teliosporen entstehen und knüpfte daran die Vermutung, dass *C. flaccidum* (Alb. & Schwein.) G. Winter, wie der Pilz heute heißt, und *C. asclepiadeum* (Willd.) Fr. identisch seien (nach Klebahn 1904).

Cronartium flaccidum bildet sein haploides Myzel in der Rinde zweinadeliger Kiefern, wo es überwintert. Aus den Kiefernzweigen brechen im Frühjahr gelbliche Aecien vom *Peridermium*-Typ hervor („Rindenblasenrost“), die jüngere Zweige und Jungbäume zum Absterben bringen und an älteren Bäumen krebsartige Schwellungen bzw. das Absterben der oberen Kronenpartien („Kienzopf“) verursachen. Der Pilz greift dabei auch das Holz an, so dass er noch heute als

¹Herrn Dr. Horst Jage herzlich zum 80. Geburtstag gewidmet.

Forstschädling eingestuft ist. Seine Lebensweise in der Kiefer wurde v. a. in den 1870-er Jahren von Robert Hartig (1839–1901) erforscht (Hartig 1874).

Später machte Heinrich Klebahn (1859–1942) eine wichtige Beobachtung. Mit Material des Kiefern-Rindenblasenrostes aus St. Germain (Frankreich) und aus Greiz (Thüringen) erzeugte er den Wirtswechsel zur Schwalbenwurz. Sein Versuch, dies auch mit Material aus Bremen vorzunehmen, misslang jedoch. Auch zahlreiche andere potenzielle Wirtspflanzen konnte er damit nicht infizieren. Klebahn (1890a, 1890b) schlussfolgerte, dass der Kiefern-Rindenblasenrost aus zwei Arten bestehen müsse, von denen die eine wirtswechselt, die andere jedoch ohne Wirtswechsel von Kiefer zu Kiefer übertragen wird. Letztere ordnete er dem *Peridermium pini* (Willd.) Kleb., das heute als *Cronartium pini* (Willd.) Jørst. bezeichnet wird, zu. Noch heute sind beide Pilze Gegenstand der Forschung, v. a. in Skandinavien, wo das nicht wirtswechselnde (autözische) *C. pini* häufiger als das wirtswechselnde (heterözische) *C. flaccidum* ist (Kasanen 1997, 2001; Hantula et al. 1998, 2002; Samils et al. 2011). Auf erstgenannte Art sei jedoch im Folgenden nicht näher eingegangen.

Klebahn und nicht wenige seiner Zeitgenossen (aufgezählt in Gäumann 1959) erforschten – v. a. durch Infektionsversuche – den Wirtskreis der Uredinien und Telien des *C. flaccidum* und erzielten dabei erstaunliche Ergebnisse. Dieser Pilz ist in der Lage, Vertreter zahlreicher Pflanzenfamilien – auch nichteuropäischer – zu befallen; zugleich ist er innerhalb dieser Familien streng auf bestimmte Arten einzelner Pflanzengattungen beschränkt. Man nennt dieses recht seltene Verhalten „Pleophagie“. Es findet sich z. B. auch beim Rostpilz *Puccinia isiacae* G. Winter, der seine Uredinien und Telien auf Schilf [*Phragmites australis* (Cav.) Steud.] ausbildet, aber ein breites Wirtsspektrum hinsichtlich des Haplontenwirtes hat.

Bisher war *Vincetoxicum hirundinaria* der einzige wildwachsende Dikaryontenwirt von *C. flaccidum* in Deutschland. Alle anderen Freilandfunde betrafen ausschließlich Zierpflanzen in Botanischen und Haus-Gärten, v. a. Pfingstrosen (*Paeonia* spp.), aber auch Seidenpflanzen (*Asclepias* spp.), Kapuzinerkressen (*Tropaeolum* spp.) und weitere *Vincetoxicum*-Sippen (s. Kap. 5.2.2.). Diese vier Pflanzengattungen gehören drei verschiedenen Familien an. Aus anderen Ländern sind Vertreter weiterer Pflanzenfamilien als Wirte von *C. flaccidum* bekannt (vgl. Farr & Rossman 2015²). Im Labor gelangen selbst Infektionen bei Pflanzen, in deren Heimat von Natur aus gar keine *Pinus*-Sippe vorkommt. Erwähnt seien die südafrikanische *Nemesia versicolor* E. Mey. ex Benth. (Scrophulariaceae), die aus Chile stammenden Loasaceen *Scyphanthus stenocarpus* (Poepp.) Urb. & Gilg (= *Grammatocarpus volubilis* C. Presl), *Loasa lateritia* Gillies ex Arn., *L. tricolor* Ker Gawl., *L. triphylla* Juss. und *Caiophora lateritia* (Hook.) Benth. sowie die ebenfalls dort vorkommende Verbenacee *Glandularia platensis* (Spreng.) Schnack & Covas (= *Verbena teucroides* Gillies & Hook.) (Klebahn 1904, 1912–14, Gäumann 1959, Kaitera et al. 2012). Mit *Saxifraga cespitosa* L., *S. exarata* Vill., *S. hostii* Tausch (Saxifragaceae) und *Myrica gale* L. (Myricaceae) listen Kaitera et al. (2012, 2015) u. a. Vertreter zweier weiterer bisher nicht als Wirte von *C. flaccidum* bekannter Pflanzenfamilien auf.

2. *Cronartium-flaccidum*-Funde auf Mönchgut (Rügen)

Am 21.08.2014 führte eine Exkursion die Teilnehmer der 15. Deutschen Kleinpilz-exkursionstagung auf die Halbinsel Mönchgut (Rügen) (vgl. Dörfelt & Gerischer 2015). Von Groß Zicker aus wurden die Halbtrockenrasen am Bakenberg begangen, die von kleinen Kieferngehölzen, aber auch Acker, Brachen und Saatgrasland durchsetzt sind. Am Rande der Gehölze wuchs von *C. flaccidum* stark befallenes *V. hirundinaria*. Auch auf *Paeonia officinalis* wurde der Pilz in einem Garten in Groß Zicker festgestellt. Außerdem wurde *C. flaccidum* auf *Euphrasia stricta* J. F. Lehm. (leg. F. Klenke, Abb. 1), dem in Mecklenburg-Vorpommern nicht häufigen *Melampyrum arvense* L. (leg. H. Jage, vgl. Bettinger et al. 2013) und *Odontites vulgaris* Moench (leg. S. Hoeflich) registriert (Abb. 2), teilweise sogar in Mischinfektion mit dem Rostpilz *Coleosporium euphrasiae* (Schumach.) G. Winter bzw. *C. melampyri* (Rebent.) P. Karst. Auf keiner der drei letztgenannten Pflanzenarten ist *C. flaccidum* je zuvor in Deutschland

²Mit * gekennzeichnete Literaturstellen entstammen den separat gelisteten Internetquellen.

gefunden worden. Die Gattung *Odontites* war als Wirt für *Cronartium* bisher gänzlich unbekannt. Alle drei Pflanzenarten sind einjährige Hemiparasiten und gehören zu den Orobanchaceae (Jäger 2011).



Abb. 1: *Cronartium-flaccidum*-Befall auf *Euphrasia stricta* vom Bakenberg bei Groß Zicker (Foto: J. Kruse).



Abb. 2: *Cronartium-flaccidum*-Befall auf *Odontites vulgaris* vom Bakenberg bei Groß Zicker (Foto: J. Kruse).

V. hirundinaria ist eine auffällige, gut kenntliche Pflanze. Ebenso ist ihr Rostpilz vergleichsweise auffällig und seit über 200 Jahren in Deutschland bekannt. Selbst der Fundort Mönchgut ist keine mykologische terra incognita. So hatten hier bereits Hans und Paul Sydow (1900) im Juli 1899 zahlreiche interessante phytoparasitische Kleinpilze, u. a. *Entyloma henningsianum* Dietel & P. Syd. auf *Samolus valerandi* L. am Zicker See, *Peronospora honckenya* (Syd. & P. Syd.) Syd. auf *Honckenya peploides* (L.) Ehrh. bei Klein Zicker und

Uromyces festucae Syd. & P. Syd. auf *Festuca rubra* L. bei Thiessow, gesammelt. Ende des 20. Jh. war es dann Scholler (1996), der hier exkurierte.

Der Fund von *C. flaccidum* auf gleich drei neuen heimischen Wildpflanzen wirft daher einige Fragen auf: Konnte der Befall auf Sommerwurzgewächsen hier am Fundort früher unbemerkt bleiben? Wurde er auch andernorts in Deutschland vielleicht nur übersehen? Hat der Pilz seinen Wirtskreis neuerdings erweitert? Oder ist eine infraspezifische Sippe aus Skandinavien über die Ostsee bis nach Rügen vorgedrungen? Spielt womöglich der Klimawandel eine Rolle? Welche Bedeutung haben Halbschmarotzer überhaupt im Lebenszyklus des Rostpilzes *C. flaccidum*? Nicht alle diese Fragen können bereits beantwortet werden.

3. Material und Methoden

Mikroskopisch untersucht wurden die in Groß Zicker auf den Orobanchaceen festgestellten *Cronartium*-Befälle. Dies erfolgte unter Verwendung von Leitungswasser am Lichtmikroskop Zeiss Axioskop. Die Makrofotos wurden mit einer Panasonic LX7-Kamera (J. Kruse) bzw. Nikon Coolpix 4500-Kamera (V. Kummer) angefertigt.

Die Nomenklatur der Pflanzen richtet sich nach Jäger et al. (2008), Jäger (2011) und The Plant List (2015*), die der Pilze nach Kirk (2015*).

4. Kurzcharakterisierung des *Cronartium flaccidum* anhand der Aufsammlungen bei Groß Zicker

Uredinien gesellig auf der Blattunterseite angeordnet, klein, 0,1–0,15 mm Ø, pustelartig-kraterförmig, mit mittlerer porenförmiger Öffnung, Wand braun. Urediniosporen elliptisch, basal auch gestutzt, entfernt feinstachelig, 20–23 × 15–16 µm, Wand 1,5 µm dick.

Telien auf der Blattunterseite, einzeln oder gesellig zu kleinen Gruppen angeordnet, z. T. entlang des jeweiligen Nervs angeordnet, stift- bis hornartig, unterschiedlich lang, bis 0,7 × 0,05 mm. Teliosporen länglich, langgestreckt, z. T. auch etwas lanzettlich-spindelrig, sehr dünnwandig, mit feinkörnigem Inhalt, 30–61 × 11–15 µm.

5. *Cronartium-flaccidum*-Wirtsspektrum in Nord- und Mitteleuropa

5.1. Haplontenwirte

Als Haplontenwirte für *C. flaccidum* sind in Deutschland *Pinus mugo* Turra s. str., *P. pinaster* Aiton, *P. rotundata* Link, *P. wallichiana* A. B. Jacks. und insbesondere *P. sylvestris* nachgewiesen (Gäumann 1959, Brandenburger 1994, Poelt & Zwetko 1997, Schmitt et al. 2003, Jage et al. 2010, Scholler et al. 2011). *P. banksiana* Lamb., *P. cembra* L., *P. contorta* Douglas ex Loudon, *P. peuce* Griseb., *P. resinosa* Aiton und *P. strobus* L. erwiesen sich hingegen bei den Inokulationsexperimenten von Kaitera & Nuorteva (2008) als resistent. Farr & Rossman (2015*) listen weitere weltweit als Haplontenwirte festgestellte *Pinus*-Arten auf.

5.2. Dikaryontenwirte

5.2.1. *Vincetoxicum hirundinaria* und hemiparasitische Orobanchaceen

Nachfolgend werden einige *Cronartium-flaccidum*-Befälle in Nord- und Mitteleuropa, sortiert nach Wirtsgattungen, kurz charakterisiert.

Die **Weißer Schwalbenwurz** (*V. hirundinaria*) ist der wichtigste Wirtsweselpartner von *C. flaccidum* in Mittel- und Südeuropa (Ragazzi 1983). Ihre nördliche Verbreitungsgrenze verläuft von Südwest nach Nordnordost quer durch Deutschland (Bettinger et al. 2013). Die Pflanze fehlt nördlich der Linie Köln – Münster – Hannover – Berlin weitgehend, kommt aber im Osten entlang der Oder nordwärts bis nach Usedom und Ost-Rügen vor, wobei sie die reinen Sandgebiete meidet. In Skandinavien existieren Vorkommen im Süden Dänemarks, Schwedens (incl. Gotland) und Finnlands (Mossberg et al. 1997). Auf dem Bakenberg bei Groß Zicker kommt sie von Natur aus vor. *C. flaccidum* ist im gesamten Verbreitungsgebiet der Weißen Schwalbenwurz nicht selten; seine Verbreitung in Westdeutschland dokumentiert Brandenburger (1994). Nordwestlich der durch Deutschland verlaufenden *V. hirundinaria*-Verbreitungsgrenze ist der Pilz nur von *Pinus sylvestris* bekannt, wobei eine Durchmischung

mit Infektionen durch *C. pini* aufgrund der morphologischen Übereinstimmung (s. Kap. 1) nicht ausgeschlossen werden kann.

Obwohl *V. hirundinaria* eine ausdauernde Pflanze ist, scheint sie jedes Jahr aufs Neue von *C. flaccidum* besiedelt zu werden (nicht systemischer Pilzbefall). Schon Klebahn (1904: 376) schreibt: „Nichts spricht dafür, dass die Uredo- und Teleutosporengeneration aus sich selbst im folgenden Jahr reproduzieren könne. Ich habe wiederholt *Vincetoxicum*-Pflanzen sehr stark infiziert gehabt und im folgenden Jahre nie eine Spur des Pilzes wieder bemerkt“. Demnach ist jedes Jahr aufs Neue eine Primärinfektion über Aeciosporen von in der Nähe befindlichen Kiefern notwendig. Aber selbst das Fehlen der Kiefer wäre kein Hindernis für einen Befall, weil die staubfeinen Aeciosporen über Tausende von Kilometern durch den Wind verfrachtet werden können und auch danach noch eine lange Keimfähigkeit besitzen (J. Kaitera, persönl. Mitt.). Hinsichtlich des Nachweises von *C. flaccidum* auf weiteren *Vincetoxicum*-Arten vgl. Kap. 5.2.2.

Augentrost (*Euphrasia* spp.): Bereits Ranoïévitch (1919) stellt einen *Cronartium*-Befall auf *E. nemorosa* Wettst. als *C. euphrasiae* nov. spec. vor, den Gäumann (1959) dem *C. flaccidum* zuordnete. Der Befall von *E. stricta* mittels künstlicher Infektion wurde erstmals von Kaitera & Hiltunen (2012) erzielt; *E. stricta* var. *brevipila* (Burnat & Gremlı) Hartl (= *E. brevipila* Burnat & Gremlı) als wildwachsender Wirt wird bereits bei Kuprevicz & Tranzschel (1957) für Westsibirien (Tobolsk) aufgeführt. Kaitera et al. (2015) infizierten außerdem *E. brevipila*, *E. minima* Jacq. sowie *E. officinalis* L. und resümierten, dass alle in dieser Studie getesteten *Euphrasia*-Arten hoch empfänglich für *C. flaccidum* waren. Da verschiedene Varietäten von *E. stricta* in Gärten und entlang von Straßen und Flüssen in ganz Finnland verbreitet seien – aber auch in weiten Teilen Dänemarks, Norwegens und Schwedens vorkommen (Mossberg et al. 1997) – habe diese Pflanze ein großes Potenzial, *C. flaccidum* zu verbreiten (Kaitera et al. 2015).

Der Fund in Groß Zicker ist der erste Nachweis von *C. flaccidum* auf *E. stricta* in Mitteleuropa.

Wachtelweizen (*Melampyrum* spp.): Ohne Fundorte zu nennen, listen Hylander et al. (1953) bzw. Gjaerum (1974) *M. arvense* und *M. cristatum* L. als Wirte von *C. flaccidum* für Schweden auf. Kaitera & Hantula (1998) berichteten über die ersten Nachweise eines *C. flaccidum*-Befalls auf *M. sylvaticum* L., aufgesammelt in vier Kiefernwald-Standorten Finnlands. Später führten Kaitera & Nuorteva (2003) künstliche Infektionen an vier *Melampyrum*-Arten (*M. arvense*, *M. nemorosum* L., *M. pratense* L., *M. sylvaticum*) durch. Anschließend wurden in natura 355 Kiefernwäldern in Finnland mit natürlichem Vorkommen von *Melampyrum*-Arten untersucht. Hierbei wurde ein *C. flaccidum*-Befall an 22 % aller *M. sylvaticum*-Standorte festgestellt (Kaitera et al. 2005). Bei den Waldstandorten mit *M. nemorosum* betrug die Befallsrate 12 %, bei denen mit *M. pratense* nur 3 % und bei denen mit *M. cristatum* 0 %. Das einzige finnische Vorkommen von *M. arvense* war hingegen befallen. *M. sylvaticum* ist demnach in natura in Nordfinnland der wichtigste Wirtswechselfartner des Pilzes.

Der Fund in Groß Zicker auf *M. arvense* ist der erste Nachweis von *C. flaccidum* auf einer *Melampyrum*-Sippe in Mitteleuropa.

Zahntrost (*Odontites* spp.): Als Wirt von *C. flaccidum* war diese Gattung bisher unbekannt. *O. vulgaris*, gefunden bei Groß Zicker, ist somit eine matrix nova für den Pilz. Bei den umfangreichen Untersuchungen von Kaitera et al. (2012, 2015) standen keine *Odontites*-Pflanzen zur Verfügung. J. Kaitera (persönl. Mitt.) ist nicht überrascht, dass auch *Odontites* zum Wirtskreis von *C. flaccidum* gehört.

Läusekraut (*Pedicularis* spp.): Folgende Läusekraut-Arten gehören zu den Wirten von *C. flaccidum*: *P. dolichorrhiza* Schrenk [Kaitera et al. 2012 (künstliche Infektion = kI)], *Pedicularis palustris* L. [Liro 1908, Klebahn 1912–14 (kI), Kaitera et al. 2012 (kI)], *P. sceptrum-carolinum* L. [Gäumann 1959, Kaitera et al. 2012 (kI), 2015 (kI)], *P. lapponica* L. [Kaitera & Hiltunen 2011 (kI)] und *P. groenlandica* Retz. [Kaitera et al. 2015 (kI)]. Kaitera & Hiltunen (2011) diskutieren die mögliche Rolle von *P. palustris* als Ausbreitungsweg für *C. flaccidum* in natürlichen Wäldern Finnlands.

Aus Deutschland, Österreich und der Schweiz (Poelt & Zwetko 1997, Klenke & Scholler 2015) sind bisher keine derartigen Funde bekannt geworden.

Klappertopf (*Rhinanthus* spp.): Kaitera et al. (2012, 2015) untersuchten auch *Rhinanthus*-Arten als Wirte von *C. flaccidum*. Konnten sie *Rh. minor* L. durch Übertragung von im Jahr 2011 in Finnland und Schweden gesammeltem Aeciosporenmaterial nicht mit *C. flaccidum* infizieren, gelang dies mittels 2012 und 2013 neu vom Haplontenwirt *Pinus sylvestris* gesammelten Proben. Drei der 14 verwendeten Aeciosporenproben verursachten eine Infektion auf *Rh. minor*. Außerdem rief eine der Aufsammlungen auch die Herausbildung von Uredinien und Telien auf *Rh. aestivalis* (N.W. Zinger) Schischk. & Serg. (= *Rh. serotinus* subsp. *aestivalis* (N.W. Zinger) Dostál) hervor.

Aus Deutschland, Österreich und der Schweiz (Poelt & Zwetko 1997, Klenke & Scholler 2015) sind bisher keine *C.-flaccidum*-Funde auf *Rhinanthus*-Arten bekannt geworden.

C.-flaccidum-Nachweise an wildwachsenden Populationen der ebenfalls hemiparasitischen, in Deutschland vorkommenden Orobanchaceen *Bartsia alpina* L., *Parentucellia viscosa* (L.) Caruel und *Tozzia alpina* L. liegen bisher nicht vor. Bei *B. alpina* wurde jedoch ein *C.-flaccidum*-Befall mittels künstlicher Infektion hervorgerufen (Kaitera & Hiltunen 2012, Kaitera et al. 2012).

Vollschmarotzer unter den Orobanchaceen, v. a. die **Schuppenwurz (*Lathraea squamaria* L.)** werden ebenfalls als potenzielle Wirte diskutiert (J. Kaitera, persönl. Mitt.). Ein natürlicher Befall scheint jedoch wenig wahrscheinlich zu sein. Zum einen ist *L. squamaria* chlorophyllfrei (Düll & Kutzelnigg 2005), zum anderen stirbt der oberirdische Spross der Pflanze bereits ab, bevor reife Aeciosporen auf der Kiefer aussporen.

Fazit

Bisher erwiesen sich fast alle untersuchten halbparasitischen Orobanchaceen empfänglich für *C. flaccidum*. In nordeuropäischen Gebieten ohne *Vincetoxicum hirundinaria* spielt besonders *Melampyrum sylvaticum* eine wichtige Rolle, aber auch *Euphrasia stricta*, *Pedicularis palustris* und *Paeonia*-Arten kommen dort als Wirte in Frage.

Weshalb *C. flaccidum* auf Orobanchaceen bisher in Deutschland nicht gefunden wurde, ist schwer einzuschätzen. Fakt ist, dass in Süd- und Mitteldeutschland viele Individuen der oben angeführten halbparasitären Gattungen untersucht wurden, ohne dass der Nachweis von *C. flaccidum* auf diesen bisher gelang. Eventuell mag diesbezüglich eine Rolle spielen, dass der *C.-flaccidum*-Befall auf diesen eher unauffällig ist. So traten auf den befallenen hemiparasitischen Pflanzen bei Groß Zicker die Telien oft nur in kleinen Gruppen auf, vereinzelt kam auf einem Blatt sogar nur ein einzelnes Teliensäulchen vor. Inwieweit auch der Sammelzeitpunkt für die bisherige Nichtentdeckung – zumindest am jetzigen Fundort – eine Rolle spielte, ist unklar. Festzuhalten ist jedenfalls, dass H. & P. Sydow das *Entyloma henningsianum* am 11.07.1899 am Zicker See, also in nicht allzu weiter Entfernung vom Bakenberg in Groß Zicker, sammelten und Anfang August bereits auf der Stubbenkammer exkursierten (vgl. Scholler 1996). Nicht zu vernachlässigen ist außerdem der seit über 100 Jahren zu verzeichnende Landschaftswandel. Die Umgebung von Groß Zicker ist noch heute weitgehend waldfrei. Zu vermuten ist, dass die Aufforstung der heute mit Kiefern bestanden Flächen jüngerer Datums ist und diese seinerzeit eher für die Schafbeweidung genutzt wurden. Möglicherweise weist hierauf auch das Fehlen von *C. flaccidum* in der Auflistung in Sydow & Sydow (1900) hin, während Scholler (1996) den Pilz auf *V. hirundinaria* im August 1993 auf dem Bakenberg bei Groß Zicker fand. 2014 war die Weiße Schwalbenwurz an diesem Fundort z. T. massiv befallen.

Aufgrund der Erkenntnisse in Finnland scheinen v. a. in Norddeutschland weitere Funde an hemiparasitischen Orobanchaceen an geeigneten Stellen mit lichten Kiefernbeständen durchaus möglich, besonders in Gebieten, in denen zusätzlich *V. hirundinaria* vorkommt, so auf Rügen, Usedom und im unteren Odertal.

5.2.2. Weitere *Cronartium-flaccidum*-Dikaryontenwirte in Deutschland

Nachfolgend werden die aus Deutschland bekannt gewordenen *C.-flaccidum*-Angaben aufgelistet, die von anderen, als in Kap. 5.2.1. aufgelisteten Wirten stammen.

***Asclepias incarnata* L., cult.**

7834/2 Botanischer Garten München, 09.1917, v. Schoenau (Paul 1919, Brandenburger 1994).

***Asclepias syriaca* L., cult.**

7834/2 Botanischer Garten München, 09.1921, v. Schoenau (Poeverlein & v. Schoenau 1929, Brandenburger 1994).

***Asclepias tuberosa* L., cult.**

3544/33 Botanischer Garten Potsdam, Systematische Abteilung, 21.10.2008, V. Kummer, Herbar Kummer P 1457/*Asclepias* 5.

***Paeonia officinalis* L., cult.**

Neben *Vincetoxicum hierundinaria* ist die Garten-Pfingstrose (*P. officinalis*) ein in Deutschland nicht seltener Wirt. Braun (1982) schätzt das Vorkommen auf dieser Matrix für Ostdeutschland als zerstreut ein, Brandenburger (1994) listet eine Reihe von MTB-Angaben für Westdeutschland auf. Auch in neuerer Zeit ist *C. flaccidum* auf diesem Wirt mehrfach gefunden worden (Kartei Jage, Kartei Kummer, Kruse 2014, Jage et al. 2015).

***Paeonia herbacea* hort., cult.**

?3546/24 Berlin-Baumschulenweg: Späthsche Baumschulen, IX.1895, P. Sydow, Mycotheca marchica 4316 und Uredineae 1048 (Reimers 1964).

Um welche *Paeonia*-Sippe es sich hierbei handelt, ist unklar. Weder in Halda & Waddick (2004) noch in The Plant List (2015*) ist der Name aufgeführt. Evtl. handelte es sich um *P. officinalis* oder der Begriff wurde verallgemeinernd für staudige Paeonien im Gegensatz zu den Strauchpaeonien verwendet.

***Paeonia lactiflora* Pallas, cult.**

7834/2 Botanischer Garten München, 09.1917, v. Schoenau (Paul 1919, Brandenburger 1994).

7913/3 Botanischer Garten Freiburg, Sommer 1888, G. Lagerheim (Lagerheim 1888, Brandenburger 1994).

***Paeonia peregrina* Mill., cult.**

6035/4 Ökologisch-Botanischer Garten Bayreuth, 27.06.2012, J. Kruse (Kruse 2014).

Braun (1982) gibt die Art als Wirt mit Verweis auf Klebahn (1912–14) aus dem Botanischen Garten Berlin (in Schöneberg?) an. Klebahn (1912–14: 727) listet für die Wirte „*Paeonia peregrina* Mill., *officinalis* L. und ähnliche Formen“ mehrere Quellen und Funde auf, ohne eine konkrete Zuordnung vorzunehmen. Die Suche nach der Originalquelle der *P.-peregrina*-Wirtsangabe blieb erfolglos.

***Paeonia suffruticosa*-Hybride "Mdm. Stuart", cult.**

3544/33 Botanischer Garten Potsdam, Ostasienquartier vor den Gewächshäusern, 23.08.2006, V. Kummer, Herbar Kummer P 0496/1.

***Paeonia tenuifolia* L., cult.**

1946/1 Botanischer Garten Greifswald, 09.1865, A. Braun (Reimers 1964, Braun 1982, Scholler 1996).

Klebahn (1912–14) lokalisiert – mit Unsicherheit behaftet – den Nachweis in den alten Berliner Botanischen Garten. Reimers (1964) erläutert die Ursache für den von Klebahn (l. c.) vorgenommenen Fundort-Übertragungsfehler.

***Paeonia* sp., cult.**

Brandenburger (1994) führt in seinem Manuskript zahlreiche Einzelfunde von dieser Matrix für die alten Bundesländer auf.

***Tropaeolum majus* L., cult.**

4637/2 Merseburg-West, Garten, 31.07.2002, U. Richter, Herbar U. Richter (Kartei Jage).

5013/4↓ Garten in Lindenberg, A. Ludwig (Ludwig 1935, Brandenburger 1994).

5213/1 Garten in Betzdorf a. d. Sieg, 1932, A. Ludwig (Ludwig 1935, Poeverlein 1940,

Brandenburger 1994).

Kaitera et al. (2012, 2015) berichten über die stets erfolgreiche Infektion von *T. majus* mittels *C.-flaccidum*-Aeciosporen verschiedener *Pinus*-Populationen. Kaitera & Hiltunen (2012) gelang außerdem die Infektion des Wirtes mit *Cronartium ribicola* J.C. Fischer, so dass ein derartiger Befall ebenfalls – wenn auch weniger wahrscheinlich – möglich erscheint.

***Tropaeolum minus* L.**

Klebahn (1912–14) erwähnt die von ihm vorgenommene künstliche Infektion des Wirtes.

***Tropaeolum peregrinum* L., cult.**

5113/1 Garten in Niederheuslingen, A. Ludwig (Ludwig 1935, Brandenburger 1994).

***Vincetoxicum fuscatum* (Hornem.) Reichenb. fil., cult.**

7834/2 Botanischer Garten München, 09.1917, v. Schoenau (Paul 1919, Brandenburger 1994).

***Vincetoxicum nigrum* Moench, cult.**

3544/33 Botanischer Garten Potsdam, Morphologische Abteilung und Wirtschaftshof, 13.07.2011, V. Kummer, Herbar Kummer P 1457/nigrum 1 + 2 (Abb. 3).

3544/33 Botanischer Garten Potsdam, Maulbeerallee, Straßenhang, 21.08.2013, V. Kummer, Herbar Kummer P 1457/nigrum 3 (Wirt war verwildert).



Abb. 3: *Cronartium-flaccidum*-Befall auf *Vincetoxicum nigrum* aus Potsdam (Foto: V. Kummer).

Vincetoxicum rossicum (Kleopov) Barbar, cult.

6035/4 Ökologisch-Botanischer Garten Bayreuth, 26.06.2012, J. Kruse (Kruse 2014).

Ergänzend sei noch auf bisher aus Deutschland fehlende *C.-flaccidum*-Angaben auf *Impatiens* spp. verwiesen. Von Poelt & Zwetko (1997) wird ein Fund aus Innsbruck-Wilthen auf *I. balsamina* L., wohl kultiviert, aufgeführt, der auf Niessl (1872) zurückgeht. Gäumann (1959) nennt als Wirt außerdem die aus Nordostasien stammende *I. parviflora* DC. Kaitera et al. (2012, 2015) geben ebenfalls *I. balsamina* als Wirt an, die Infektionsversuche mit *I. noli-tangere* L. verliefen jedoch negativ. Kaitera & Hiltunen (2012) sowie Kaitera et al. (2015) berichten über eine erfolgreiche Infektion von *I. glandulifera* Royle und deren Rolle als potentielles Ausbreitungsagens für *C. flaccidum* in Südfinnland.

Hingewiesen sei weiterhin auf die Existenz einer **forma specialis gentianeum** der *C. flaccidum* (= *C. gentianeum* Thüm.), deren Dikaryontenwirt der Schwalbenwurz-Enzian (*Gentiana asclepiadea* L.) ist, die aber auch auf *G. verna* L. vorkommt (Gäumann 1959). Diese Sippe ist nicht auf *Vincetoxicum hirundinaria* übertragbar, jedoch auf *Paeonia* (Gäumann 1959). Für die Eigenständigkeit der Sippe sprechen auch die Befunde von Kaitera et al. (2012). Keine der von ihnen mit *C.-flaccidum*-Aeciosporen inokulierten fünf *Gentiana*-Sippen wiesen nach 8-wöchiger Inkubationszeit Uredinien oder Telien auf. Dies bestätigt die Aussage in Gäumann (1959: 83), der – bezugnehmend auf Untersuchungen von Ed. Fischer und H. Klebahn – darauf hinweist, „dass die f. sp. *typica* von *Vincetoxicum officinale* nicht auf *Gentiana asclepiadea* überzugehen vermag“.

In Österreich wurde dieser Rostpilz bisher nur auf *G. asclepiadea* gefunden. Die Steiermark ist ihr Hauptverbreitungsgebiet, Vorkommen in Kärnten und Niederösterreich sind dagegen selten (Poelt & Zwetko 1997).

Für die westlichen Bundesländer gibt Brandenburger (1994) keine Angaben für diese Sippe. Reimers (1964) dagegen listet – ohne Datumsangabe – einen Fund auf *G. asclepiadea* aus Sonnewalde bei Luckau, gesammelt von Kretz, auf. Die Wirtsbestimmung ist, da der Beleg Blüten besaß, laut Reimers (1964) korrekt. *G. asclepiadea* ist in Brandenburg nicht heimisch (Bettinger et al. 2013). Somit kann es sich nur um ein kultiviertes Vorkommen des Wirtes gehandelt haben oder um eine falsche Fundortangabe.



Abb. 4: *Cronartium*-Befall auf *Papaver cf. lateritium* aus Potsdam (Foto: V. Kummer).

Abschließend sei auf einen *Cronartium*-Befall (III) auf *Papaver cf. lateritium* K. Koch "Fireball" (cult.) in Potsdam-Bornim: Gartensparte Großer Herzberg 2, MTB 3543/44, N 52°25'03", E 12°59'47", ca. 50 m ü. NN, hingewiesen (Herbar Kummer P 0210/lateritium 4, Abb. 4).

Als mögliche Verursacher kommen sowohl *C. flaccidum* als auch die im Garten in Potsdam-Bornim auf *Ribes rubrum* L. und *Ribes ×nigrigidolaria* Rud. Bauer & A. Bauer (= *R. nigrum* × *R. uva-crispa*, "Jostabeere") nachgewiesene *C. ribicola* infrage. Kaitera & Hiltunen (2011, 2012) bzw. Kaitera et al. (2012, 2015) hatten bei ihren umfangreichen Infektionsversuchen nachgewiesen, dass *C. ribicola* sowohl viele *Ribes*-Sippen als auch – vergleichbar der pleophagen *C. flaccidum* – einige alternative Wirte aus verschiedenen Pflanzenfamilien (*Asclepias incarnata*, *Bartsia alpina*, *Castilleja sulphurea* Rydb., *Loasa tricolor*, *L. triphylla*, *Mentzelia lindleyi* Torr. & A. Gray, *Pedicularis palustris*, *Tropaeolum majus*) zu befallen vermag und somit das Dikaryontenwirtsspektrum größer ist, als bisher angenommen. Eine endgültige Klärung bezüglich der Potsdamer Probe könnte evtl. eine molekularanalytische Untersuchung erbringen.

Dies ist der weltweit erste Nachweis einer *Cronartium*-Sippe auf einer Papaveraceae.

Danksagung

J. Kaitera (Oulu, Finnland) sei ganz herzlich für verschiedene Auskünfte und die Zusendung von Literatur gedankt, H. Jage (Kemberg) für diverse Fundmitteilungen, M. Burkart (Potsdam) für Literaturhinweise, H. Dörfelt (Dederstedt) für Anmerkungen zum Manuskript und J. Kruse (Frankfurt/M.) für die Überlassung von mehreren Fotos.

Literatur

- Albertini, J. B. de & Schweinitz, L. D. de 1805: *Conspectus fungorum in Lusatae superioris agro Niskiensi crescentium*. Lipsiae.
- Bettinger, A., Buttler, K. P., Caspari, S., Klotz, J., May, R. & Metzger, D. 2013: *Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands*. Bonn.
- Brandenburger, W. 1994: Die Verbreitung der in den westlichen Ländern der Bundesrepublik Deutschland beobachteten Rostpilze (Uredinales). Eine Bestandsaufnahme nach Literaturangaben. – *Regensburger Mykologische Schriften* **3**: 1–381 [Hierzu ein Manuskript mit Einzelnachweisen im Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe].
- Braun, U. 1982: Die Rostpilze (Uredinales) der Deutschen Demokratischen Republik. *Feddes Repertorium* **93**: 213–333.
- Cornu, M. 1886: *Nouvel exemple de générations alternantes chez les Champignons Uredinées*. *Bulletin de la Société Botanique de France* **102**: 930.
- Dörfelt, H. & Gerischer, B. 2015: Kleinpilz-Exkursionstagung im September 2014 auf den Inseln Rügen und Vilm. *Boletus* **36**: 43–49.
- Düll, R. & Kutzelnigg, H. 2005: *Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands*. 6. Aufl. Wiebelsheim.
- Gäumann, E. 1959: *Die Rostpilze Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz*. Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz XII. Bern.
- Gjaerum, H. B. 1974: *Nordens Rustopper*. Oslo.
- Halda, J. J. & Waddick, J. W. 2004: *The Genus Paeonia*. Hongkong.
- Hantula, J., Nieni, M., Kaitera, J., Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1998: Genetic variation of pine stem rust in Finland as determined by Random Amplified Microsatellites (RAMS). *European Journal of Forest Pathology* **28**: 361–372.
- Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J. & Moricca, S. 2002: Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycological Research* **106**: 203–209.
- Hardtke, H.-J., Klenke, F. & Ranft, M. 2004: *Biographien sächsischer Botaniker*. Berichte der Arbeitsgemeinschaft Sächsischer Botaniker, N. F. **19**: 1–477 [Sonderheft].
- Hartig, R. 1874: *Wichtige Krankheiten der Waldbäume*. Berlin.
- Hylander, N., Jørstad, I. & Nannfeldt, J. A. 1953: *Enumeratio Uredinearum Scandinavicarum*. *Opera Botanica* **1/1**: 1–102.
- Jäger, E. J. (Hrsg.) 2011: *Rothmalter Exkursionsflora von Deutschland*. Gefäßpflanzen: Grundband. 20. Aufl. Heidelberg.

- Jäger, J., Ebel, F., Hanelt, P. & Müller, G. K. (Hrsg.) 2008: Rothmaler Exkursionsflora von Deutschland. Bd. 5. Berlin.
- Jage, H., Klenke, F., Kruse, J. & Kummer, V. 2015: Beitrag zur Kenntnis der Phytoparasitenfunga (Fungi, Chromista) der Insel Rügen (Mecklenburg-Vorpommern). BfN-Skripten (in prep.).
- Jage, H., Scholler, M. & Klenke, F. 2010: Phytoparasitische Kleinpilze aus dem bayerischen und baden-württembergischen Allgäu. *Andrias* **18**: 149–191.
- Kaitera, J. & Hantula, J. 1998: *Melampyrum sylvaticum*, a new alternate host for pine stem rust *Cronartium flaccidum*. *Mycologia* **90**: 1028–1030.
- Kaitera, J. & Hiltunen, R. 2011: Susceptibility of *Pedicularis* spp. to *Cronartium ribicola* and *C. flaccidum* in Finland. *Forest Pathology* **41**: 237–242.
- Kaitera, J. & Hiltunen, R. 2012: New alternate hosts for rusts *Cronartium ribicola* and *Cronartium flaccidum* in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* **42**: 1661–1668.
- Kaitera, J., Hiltunen, R. & Hantula, J. 2015: *Cronartium* rust sporulation on hemiparasitic plants. *Plant Pathology* **64**: 738–747.
- Kaitera, J., Hiltunen, R. & Samils, B. 2012: Alternate host ranges of *Cronartium flaccidum* and *Cronartium ribicola* in northern Europe. *Botany* **90**: 694–703.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. 2003: Relative susceptibility of four *Melampyrum* species to *Cronartium flaccidum*. *Scandinavian Journal of Forest Research* **18**: 499–504.
- Kaitera, J. & Nuorteva, H. 2008: Inoculations of eight *Pinus* species with *Cronartium* and *Peridermium* stem rusts. *Forest Ecology and Management* **255**: 973–981.
- Kaitera, J., Nuorteva, H. & Hantula, J. 2005: Distribution and frequency of *Cronartium flaccidum* on *Melampyrum* spp. in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* **35**: 229–234.
- Kasanen, R. 1997: Aeciospores of *Cronartium flaccidum*, *C. ribicola* and *Endocronartium pini* show no differences in morphology. *European Journal of Forest Pathology* **27**: 251–260.
- Kasanen, R. 2001: Relationship between *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini*. Diss. Univ. Helsinki. Presentation, 34 p.
- Klebahn, H. 1890a: Über die Formen und den Wirtswechsel der Blasenroste der Kiefern. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **8**: 59–70.
- Klebahn, H. 1890b: Neue Untersuchungen und Beobachtungen über die Blasenroste der Kiefern. *Hedwigia* **29**: 27–35.
- Klebahn, H. 1904: Die wirtswechselnden Rostpilze. Versuch einer Gesamtdarstellung ihrer biologischen Verhältnisse. Berlin.
- Klebahn, H. 1912–1914: Uredineae. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. **5a**: 69–904. Leipzig.
- Klenke, F. & Scholler, M. 2015: Pflanzenparasitische Kleinpilze. Bestimmungsbuch für Brand-, Rost-, Mehltau-, Flagellatenpilze und Wucherlingsverwandte in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Südtirol. Berlin, Heidelberg.
- Kruse, J. 2014: Diversität der pflanzenpathogenen Kleinpilze im Ökologisch-Botanischen Garten der Universität Bayreuth. *Zeitschrift für Mykologie* **80**: 169–226.
- Kuprevicz, V. T. & Tranzschel, V. H. 1957: Flora Plantarum Cryptogamarum URSS. Vol. IV. Fungi (1) Uredinales Fasc. 1 Familia Melampsoraceae. Moskau, Leningrad.
- Lagerheim, G. 1888: Neue Beiträge zur Pilzflora von Freiburg und Umgebung. *Mitteilungen des Badischen Botanischen Vereins* **2**: No. 55 & 56: 33–48.
- Liro, J. I. 1908: Uredineae Fennicae. Finlands rostsvampar. Helsingfors.
- Ludwig, A. 1935: Beiträge zur Pilzflora des Siegerlandes und des Hohen Westerwaldes. II. *Decheniana* **92**: 177–218.
- Mossberg, B., Stenberg, L. & Ericsson, S. 1997: Den Nordiske Floran. Turnhout.
- Niessl, G. von 1872: Beiträge zur Kenntniß der Pilze. Beschreibungen neuer und wenig bekannter Pilze. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brünn* **10** (1869–72): 153–217.
- Paul, H. 1919: Vorarbeiten zu einer Rostpilz- (Uredineen-) Flora Bayerns. 2. Beobachtungen aus den Jahren 1917 u. 1918, sowie Nachträge zu 1915 u. 1916. *Kryptogamische Forschungen, München* No. **4**: 299–334.
- Poelt, J. & Zwetko, P. 1997: Die Rostpilze Österreichs. *Catalogus Florae Austriae* III. Teil. Heft 1, Uredinales. *Biosystematics and Ecology Series* **12**: 1–365.
- Poeverlein, H. 1940: Die Uredineen der Rheinprovinz. *Annales Mycologici* **38**: 279–302.
- Poeverlein, H. & von Schoenau, K. 1929: Weitere Vorarbeiten zu einer Rostpilz- (Uredineen-) Flora Bayerns. *Kryptogamische Forschungen, München* **2**, No. 1: 48–118.
- Ragazzi, A. 1983: Development of *Cronartium flaccidum* (Alb. et Schw.) Wint. on *Vincetoxicum officinale* Moench in connection with some environmental factors. *Phytopathologische Zeitschrift* **108**: 160–171.

- Ranoïévitch, M. N. 1919: Sur quelques espèces nouvelles de Champignons. Bulletin Trimestriel de la Société Mycologique de France **35**: 14–26.
- Reimers, H. 1964: Beiträge zur Rostpilzflora der Mark Brandenburg und angrenzender Gebiete. Willdenowia **3**: 583–639.
- Samils, B., Ihrmark, K., Kaitera, J., Stenlid, J. & Barklund, P. 2011: New genetic markers for identifying *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* and examining genetic variation within and between Scotch pine white blister rust in Sweden. Fungal Biology **115**: 1303–1311.
- Schmitt, J. A. unter Mitarbeit von H. Derbsch (†) u. a. 2003: Ergänzungen zur Pilzflora des Saarlandes – bereits bekannte, für das Saarland neue Arten, Varietäten und Formen. Teil 1. Aus Natur und Landschaft im Saarland; Abhandlungen der Delattinia **28**: 157–238.
- Scholler, M. 1996: Die Erysiphales, Pucciniales und Ustilaginales der Vorpommerschen Boddenlandschaft. Regensburger Mykologische Schriften **6**: 1–325.
- Scholler, M., Jage, H., Klenke, F. & Kummer, V. 2011: Rote Liste der phytoparasitischen Kleinpilze in der Bundesrepublik Deutschland. Neubearbeitung. Mskr., Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe.
- Sydow, H. & Sydow, P. 1900: Beiträge zur Pilzflora der Insel Rügen. Hedwigia **39**: 115–132.
- Willdenow, C. L. 1788: Observationes Botanicae. Botanisches Magazin **2 / IV**: 7–19, Tf. IV, Fig. 12.

Internetquellen, letztmalig eingesehen am 25.06.2015

- Farr, D. F. & Rossman, A. Y. (2015): Fungal Databases. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. – <http://nt.ars-grin.gov/fungalatabases/>
- Kirk, P. (2015): Index Fungorum. – www.indexfungorum.org
- The Plant List (2015): The Plant List. A working list of all plant species. – <http://www.theplantlist.org>

Anschriften der Autoren

- Volker Kummer, Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Maulbeerallee 1, 14469 Potsdam, Germany.
(E-mail: kummer@uni-potsdam.de)
- Friedemann Klenke, Grillenburger Straße 8c, 09627 Naundorf, Germany.
(E-mail: friedemann.klenke@smul.sachsen.de)