

Falscher Mehltau an Akelei

Peronospora aquilegiicola Thines, G. Denton & Y.J. Choi (Familie: Peronosporaceae)

Synonyme: keine

Bruno Auf der Maur, Johanna Mayerhofer und Andrin Gross

In Grossbritannien starben in den 2010er Jahren tausende als Zierpflanzen gezüchtete Akeleien (*Aquilegia* spp.) in Baumschulen, Parks und Gärten an einer bis dahin unbekanntem Krankheit. Ihr Erreger ist der pilzähnliche Mikroorganismus *Peronospora aquilegiicola*. Dieser stammt vermutlich aus Ostasien und ist inzwischen auch in Deutschland und der Schweiz verbreitet. Somit sind auch in Kontinentaleuropa die gezüchteten und womöglich auch die wildwachsenden Akeleien in Gefahr.



Abb. 1: Systemisch infizierte Pflanze mit typischen Blattsymptomen im Frühjahr.

Merkmale und Symptome

Die Arten der Gattung *Peronospora* sind Pflanzenschädlinge und gehören zu einer Gruppe pilzähnlicher Organismen, welche als Eipilze (Peronosporomycetes) bezeichnet werden. Eine dieser Arten ist *P. aquilegiicola*, der Erreger des Falschen Mehltaus an Akelei. In Asien befällt er Schein-Akeleien der Art *Semiaquilegia adoxoides*. Da diese Pflanzen jedoch nur für kurze Zeit im Frühjahr zu finden sind und die befallenen Pflanzen oft kaum von den gesunden zu unterscheiden sind, kann die Krankheit leicht übersehen werden. Anders verhält es sich bei den Akeleien in Europa. Eine Erstinfektion mit dem Falschen Mehltau hat zwar teilweise nur einen leichten Befall zur Folge, aber spätestens im Folgejahr kommt es zu einer systemischen Infektion, also einem schweren Befall der ganzen Pflanze (Abb. 1).

Bei einer frisch infizierten Akelei kommt es zunächst zu einer Vergilbung der Blätter. Jene erscheinen erst gelblich und werden später zunehmend dunkler bis violett. Bei einem leichten Befall verfärben sich zunächst nur kleine, durch die Blattadern abgegrenzte Bereiche, was zu vielen kleinen, eckigen Flecken und einem mosaikartigen Aussehen der Blätter führt. Bei starkem, systemischem Befall sind die Blätter gleichmässiger befallen; sie rollen sich oft nach aussen und sind in ihrem Wachstum gestört. Auf der Blattunterseite erscheint ein dichter, filzartiger Belag von violetter oder beiger Farbe, in dem asexuelle Sporen gebildet werden. Alle infizierten Blätter sterben frühzeitig ab. Besonders bei starkem Befall sind auch die Blüten in ihrer Entwicklung beeinträchtigt. Sie saugen sich mit Wasser voll, verformen sich und werden braun. Blütenstiele sind oft braun oder violett, entwickeln Flecken und gelegentlich Knicke. Wenn die Infektion nach der Blüte eintritt, entwickeln sich braune Flecken an den Samenanlagen und es können sich teilweise keine Samen entwickeln.

Eine Besonderheit dieses Falschen Mehltaus ist, dass er selbst manchmal Schnecken als Nahrung dient, obwohl Akeleien für diese giftig sind. Ebenso charakteristisch ist, dass der Erreger neben den Blättern und Trieben auch den Wurzelbereich der Pflanzen befällt. Im Winter, wenn die oberirdischen Pflanzenteile abgestorben sind, erscheinen die Wurzeln zwar zumeist gesund, im oberen Wurzelbereich sind allerdings Vertiefungen sichtbar, unter deren Oberfläche krankhaft verbräunte Bereiche liegen. Im Folgejahr sind diese Akeleien oft schon beim ersten Austreiben der Blätter stark befallen. Sie sind meist nicht nur an Blättern und Trieben infiziert, sondern weisen oft in allen Pflanzenteilen Wachstumsstörungen auf, sodass sie verkümmern.

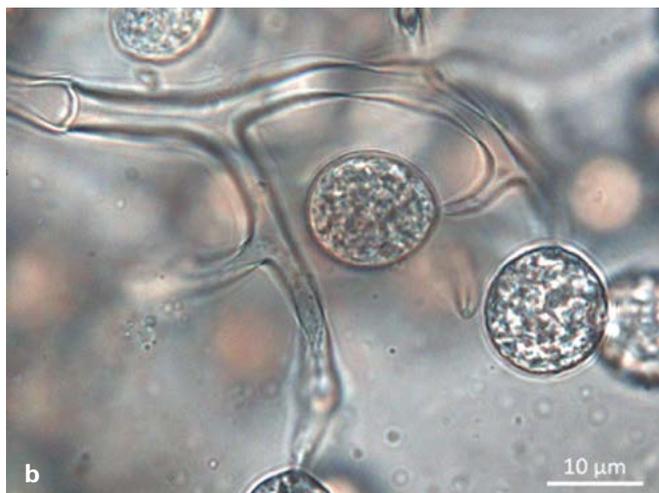


Abb. 2a: Austritt zweier Konidienträger aus einem Stoma (s. Pfeil). Abb. 2b: Dichotom verzweigte Äste eines Konidienträgers mit Konidien von *P. aquilegiicola*.

Auf der Unterseite infizierter Blätter werden die erwähnten asexuellen Sporen, die Konidien, an den sogenannten Konidienträgern gebildet. Die bäumchenförmig verzweigten Konidienträger ragen aus den Spaltöffnungen (Stomata) der Blätter heraus (Abb. 2a und b). Sie sind transparent, 132–382 µm lang (Mittelwert = 240 µm), mit einer Breite von 5–10,5 µm – ist die Basis geschwollen, sind es manchmal bis zu 12,5 µm. Der gerade Stamm misst 46–188 µm (Mittelwert = 90 µm). Die Verzweigungen der Konidienträger entspringen der Hauptachse in bis zu sieben Ordnungen und sind gerade bis leicht gebogen. Die Endverzweigungen treten meist paarweise in Erscheinung, sind gerade bis leicht gekrümmt und haben manchmal stumpfe, aber meist scharfe Spitzen. Die Länge der längeren Endverzweigungen reicht von 5 bis 37,5 µm (Mittelwert = 10,9 µm); die Länge der kürzeren Endverzweigungen reicht von 3 bis 25,5 µm (Mittelwert = 8,0 µm). Das Verhältnis zwischen den längeren und den kürzeren Endverzweigungen liegt zwischen 1,0 und 3,0 (Mittelwert = 1,4). An der Basis sind sie 0,8–2,6 µm breit.

Die Konidien selbst erscheinen hellbraun mit einem violetten Stich, sind ei- bis ellipsenförmig, 14–33 µm (Mittelwert = 17,6 µm) lang und 11–29 µm (Mittelwert = 14,4 µm) breit, mit einem Verhältnis von Länge zu Breite von 1 bis 1,4 (Mittelwert = 1,2). Die der sexuellen Vermehrung dienenden Oogonien sind hellbraun und haben einen Durchmesser von 24 bis 37 µm (Mittelwert = 32 µm) und die Oosporen haben einen Durchmesser von 19,5–32 µm (Mittelwert = 23,8 µm). Die Oosporenwand ist 1,5–4,5 µm (Mittelwert = 2,6 µm) dick, die Oberfläche glatt.

Verwechslungsmöglichkeiten

Unter jenen Falschen Mehltauen aus der Gattung *Peronospora*, die Hahnenfussgewächse (Ranunculaceae) befallen, wies *P. aquilegiicola* bei seiner Erstbeschreibung die kürzesten Konidien auf; deren Länge betrug

im Mittel 17,6 µm, während es bei anderen Arten im Durchschnitt mehr als 20 µm sind. Auch der Durchmesser der Oosporen war mit einem Durchschnitt von 24 µm kleiner als bei den anderen Arten. Bei einem Falschen Mehltau auf *Semiaquilegia adoxoides*, der in China entdeckt wurde, passte zwar der Durchmesser der Oosporen zu jenen von *P. aquilegiicola*, aber die Konidien wiesen mit 11,4–42,6 × 12,8–34 µm eigentlich zu grosse Maximalwerte auf. Die entsprechenden Belege waren zunächst als *P. ficariae* bestimmt worden; da ein Abgleich mit Belegen von *P. aquilegiicola* noch nicht erfolgt ist, konnte der dortige Eipilz noch nicht eindeutig identifiziert werden.

Der Echte Mehltaupilz *Erysiphe aquilegiae* gedeiht bei Wärme und Trockenheit. Der weisse, später bräunliche Sporenbelaag befindet sich auf der Blattoberseite und den Blüten. Die Blätter kräuseln sich nach innen, bevor sie braun werden und vertrocknen, während die Blüten verkümmern. Bei starkem Befall können ganze Teile der Pflanze absterben, aber meistens nicht die ganze Pflanze und kaum der Bestand. Ausserdem wird der Wurzelbereich nicht befallen.

Es gibt neben dem Echten Mehltau auch noch andere Pilze an Akelei mit geringerer Verwechslungsgefahr. Einige Arten von Rostpilzen (*Puccinia* spp.), in der Schweiz hauptsächlich *P. agrostidis* und *P. scarlensis*, bilden auf Akeleienblättern Fruchtkörper in Form von Spermogonien und Aecidien aus. Die Symptome sind gelbliche bis braune oder schwärzliche Rostflecken und Pusteln auf den Blattoberflächen. Die Art *Calophoma aquilegiicola* (Syn.: *Phoma aquilegiicola*) verursacht dunkle Blattflecken, die eine runde Form haben.

Ökologie, Biologie und Vermehrung

In Europa wurde *Peronospora aquilegiicola* bislang ausschliesslich auf Akeleien (*Aquilegia* spp.) nachgewiesen, namentlich auf den in Europa heimischen Arten Gewöhnliche Akelei (*A. vulgaris*) und Alpen-Akelei

(*A. alpina*) sowie auf den aus Asien stammenden Arten Japanische Akelei (*A. buergeriana*), Kurilen-Akelei (*A. flabellata*) und Grünblütige Akelei (*A. viridiflora*). Ausserdem waren viele Kreuzungen der Gewöhnlichen Akelei mit anderen Akeleien-Arten von dem Erreger befallen. So wurden in Wales zwei nationale Sammlungen durch den Erreger ausgelöscht: eine Sammlung der Gewöhnlichen Akelei und eine von Kreuzungen dieser Art mit nordamerikanischen Arten wie der Roten Akelei (*A. canadensis*) oder der Schönen Akelei (*A. formosa*). Vermutlich sind alle Arten und Sorten von Akeleien anfällig. In Asien wurde nur die zu den Schein-Akeleien (*Semiaquilegia* sp.) zählende Art *S. adoxoides* eindeutig als Wirt nachgewiesen. Wahrscheinlich können nebst dieser auch noch andere Arten von Schein-Akeleien befallen werden. Ob auch andere Pflanzen aus der Familie der Hahnenfussgewächse (Ranunculaceae) als Wirte dienen können, wie beispielsweise Pflanzen aus der nahe verwandten Gattung *Paraquilegia*, ist noch unklar.

Die asexuell erzeugten Konidien werden mit Wasserspritzern oder dem Wind zu neuen Wirtspflanzen getragen, wo diese umgehend über natürliche Öffnungen oder Wunden ins Gewebe eindringen und unter günstigen Bedingungen millionenfach neue Sporen bilden. Eine Infektion neuer Blätter kann jedoch nur unter feuchten Bedingungen erfolgen. In Versuchen war das Infektionsrisiko ab 90% relativer Luftfeuchtigkeit sehr hoch, aber bei weniger als 70% sehr gering. Bei 15–20°C gelang eine Infektion am besten, bei 25°C jedoch gar nicht. Die Keimung der Konidien gelang am besten bei 10–15°C, aber nur sehr schlecht bei 25°C. Wird die relative Luftfeuchtigkeit auf 50% oder weniger reduziert, überlebt nach einem Tag nur 1% der Konidien. Passend zu diesen Ergebnissen tritt dieser Falsche Mehltau im Frühling oder Herbst häufiger auf als im Sommer.

Die durch sexuelle Vermehrung entstandenen Oosporen sind dickwandig und können langfristig ungünstige Bedingungen überdauern. Sie ermöglichen dem Eipilz das Überwintern und sind im Wurzelbereich und in verrottenden Blättern zu finden. Wie lange die Oosporen von *P. aquilegiicola* im Boden überdauern können, ist bisher nicht bekannt. Bei der verwandten Art *P. belbahrii* sind es ungefähr 5–10 Jahre. *P. belbahrii* und andere Falsche Mehltäue können ausserdem über Saatgut übertragen werden. Dass dies bei *P. aquilegiicola* ebenfalls der Fall sein könnte, wurde klar, als bei PCR-Tests an Akeleien-Saatgut *Peronospora*-DNA nachgewiesen werden konnte. Ausserdem wurden in einer Saatgutprobe einer Varietät von Gewöhnlicher Akelei Oosporen nachgewiesen. Allerdings konnte pro hundert Samen nur eine Oospore gefunden werden und in Versuchen konnte durch diese kontaminierten Samen keine Infektion herbeigeführt werden. Der Beweis einer Übertragung durch Saatgut steht noch aus, aber es besteht zumindest die Möglichkeit, dass neben

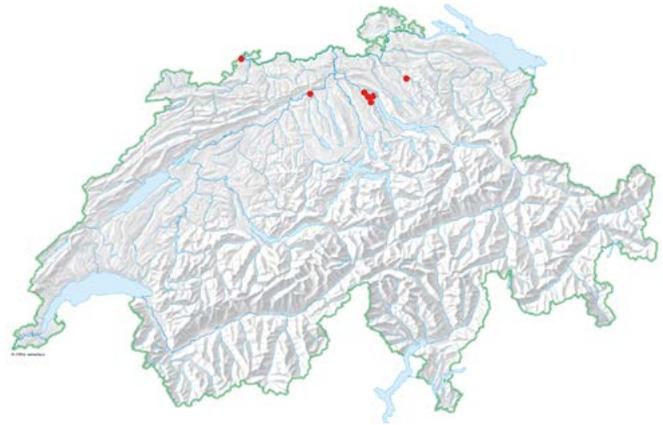


Abb. 3: Bisherige Nachweise von *P. aquilegiicola* in der Schweiz.

dem Handel mit infizierten Zierpflanzen auch der Transport von kontaminiertem Saatgut oder kontaminierter Erde zur Verschleppung des Erregers beitragen könnte.

Verbreitung

Akeleien wachsen hauptsächlich in den gemässigten Gebieten Eurasiens und Nordamerikas. Theoretisch kann sich *Peronospora aquilegiicola* im Freiland und in Zuchtbetrieben für Zierpflanzen überall dort ausbreiten, wo Wirtspflanzen zur Verfügung stehen und die Umweltbedingungen günstig sind. In Asien wurde der Eipilz bislang jedoch nur in Südkorea eindeutig nachgewiesen. Aus China wurde von entsprechenden Symptomen auf Akeleien berichtet sowie von der Entdeckung eines Falschen Mehltaus auf *S. adoxoides* in der Region der Purpurberge. Diese Funde konnten jedoch noch nicht zweifelsfrei bestimmt werden. In Europa gibt es bislang Nachweise aus Grossbritannien und Deutschland sowie aus der Schweiz (Abb. 3). Allerdings ist davon auszugehen, dass der Erreger inzwischen auch in anderen europäischen Ländern vorkommt.

Ausbreitungsgeschichte und Gefahren

Der Eipilz ist vermutlich in Ostasien heimisch, da er seit dem Jahr 2000 wiederholt in Südkorea auf wildwachsenden *Semiaquilegia adoxoides* gefunden wurde. Allerdings konnte er bislang in keinem anderen asiatischen Land eindeutig nachgewiesen werden. Aus China war zwar bereits 1998 über den schon erwähnten Falschen Mehltau auf *S. adoxoides* berichtet worden, aber dessen Bestimmung ist nach wie vor zweifelhaft. Einem Bericht zufolge treten entsprechende Symptome in China auch selten an Akeleien auf (siehe Weiterführende Informationen).

In Europa trat der Erreger erstmals in Grossbritannien auf. Einem Bericht zufolge könnte er schon ab etwa 2005 in einem Garten in London in Erscheinung getreten sein, aber die erste offizielle Fundmeldung

erfolgte erst 2011 aus einer Baumschule. Da die Belege von *Peronospora aquilegiicola* aus Südkorea mit jenen aus Grossbritannien sowohl genetisch wie auch morphologisch in hohem Masse übereinstimmen, ist es sehr wahrscheinlich, dass dieser Erreger erst vor relativ kurzer Zeit in das Vereinigte Königreich eingeschleppt wurde. Die Einschleppung erfolgte wohl durch den Handel mit infizierten Zierpflanzen oder Samen aus Ostasien, vermutlich über eine der aus Asien stammenden Akeleien-Arten.

Ab 2013 wurde der Eipilz in einer Reihe von Gärten in England und Wales nachgewiesen. Seitdem hat er sich in den Parks, Gärten und Baumschulen Grossbritanniens rasant verbreitet. Akeleien-Züchter meldeten Verluste von bis zu 90%. In den bereits erwähnten nationalen Akeleiensammlungen waren 2013 erst wenige Pflanzen befallen, aber der Eigentümerin Carrie Thomas waren der Erreger und sein Gefahrenpotential damals noch nicht bekannt. 2014 trat der Falsche Mehltau dort bereits massenhaft in Erscheinung und 2015 waren von den ursprünglichen tausenden von Pflanzen nur noch etwa 20 übriggeblieben.

In Kontinentaleuropa wurde *P. aquilegiicola* erstmals in Deutschland nachgewiesen. In einem Privatgarten in Niedersachsen entdeckte der Eigentümer erstmals 2019 den schweren Befall mit Falschem Mehltau an Gewöhnlichen Akeleien. Da die Pflanzen nicht angepflanzt worden waren, sondern sich wild angesiedelt hatten, wurde der Erreger wohl zuvor auf einem unbekanntem Weg eingeschleppt und hatte sich anschliessend auf diesen Pflanzen weiterverbreitet. Der Erreger wurde jedoch erst den Behörden gemeldet, als er im Folgejahr erneut auftrat und etwa 400 Pflanzen auf einer Fläche von 200 m² befiel. Die Pflanzen zeigten unterschiedlich starke Symptome, die von Blattverfärbungen über leichten Drehwuchs bis hin zum Absterben ganzer Pflanzen reichten. Nachdem der Erreger mit morphologischen und molekularen Methoden eindeutig identifiziert werden konnte, wurden die dortigen Akeleien verbrannt.

2021 wurde *P. aquilegiicola* sowohl in Bayern als auch in Baden-Württemberg jeweils in einem Privatgarten nachgewiesen. Der Eigentümer in Baden-Württemberg berichtete, er habe die Symptome an Akelei schon seit mehreren Jahren beobachtet. Ebenfalls 2021 traf der Erreger in zwei Baumschulen in Nordrhein-Westfalen auf.

2023 trat der Erreger schliesslich erstmals in der Schweiz in Erscheinung. Er wurde an mehreren Standorten in Zürich sowie im Aargau und in Basel zunächst morphologisch nachgewiesen und anschliessend auch genetisch bestätigt (unpubliziert). Im Süden (Tessin und Wallis) konnte er trotz gezielter Suche bislang noch nicht gefunden werden. Sämtliche bisherigen Funde erfolgten in Gärten, womit der Eipilz an wildwachsenden Akeleien, trotz intensiver Suche in benachbarten Wäldern, noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Mit Falschem Mehltau befallene Akeleien verlieren nicht nur an ästhetischem Wert. Vor allem in Grossbritannien hat der Befall tausender als Zierpflanzen angebaute Akeleien bereits grosse wirtschaftliche Schäden verursacht. Falls in Zukunft wildwachsende Akeleien befallen werden sollten, könnten insbesondere in Kontinentaleuropa grosse ökologische Schäden entstehen. In Deutschland stehen alle europäischen Arten unter Naturschutz. In der Schweiz sind vier Arten heimisch. Einseles Akelei (*Aquilegia einseleana*) wurde auf der Roten Liste als gefährdet eingestuft. Die Art ist national geschützt, aber innerhalb der Schweiz nur selten im Tessin zu finden. Die Alpen-Akelei gilt als potenziell gefährdet und steht ebenfalls auf nationaler Ebene unter Schutz, während die Gewöhnliche (*A. vulgaris*) sowie die Dunkle Akelei (*A. atrata*) weit verbreitet und nicht gefährdet sind. Da die Dunkle Akelei nahe mit der infektionsanfälligen Gewöhnlichen verwandt ist, dürfte sie ebenfalls anfällig sein. Eine mögliche Ausbreitung des Erregers auf den beiden häufigen Akeleien-Arten könnte die beiden selteneren Arten noch weiter gefährden.

Bekämpfung

[In Deutschland wurde 2020 als Reaktion auf den Erstnachweis eine vorläufige Risikoanalyse mit möglichen Bekämpfungsmassnahmen erstellt.](#) Die zuvor genannten Standorte konnten zwar von der Infektion befreit werden, aber [2022 wurde die Wirksamkeit der Bekämpfungsmassnahmen in Deutschland neu bewertet.](#) In Anbetracht der Tatsache, dass sich die Krankheit in Grossbritannien sehr schnell ausgebreitet hat, werden weitere amtliche Massnahmen als nicht wirkungsvoll angesehen. [In Grossbritannien waren bereits 2016 amtliche Massnahmen als nicht sinnvoll eingestuft worden,](#) wobei die Züchtung resistenter Sorten als beste Massnahme beschrieben wurde; bislang konnten jedoch keine resistenten Varietäten gefunden werden.

Daher sollte bei der Neupflanzung von Akeleien darauf geachtet werden, möglichst nicht-infiziertes Pflanzenmaterial zu verwenden. Allerdings wurden in Grossbritannien wie auch in Deutschland schon Infektionen an Akeleien festgestellt, die in Gartencentern und Baumschulen zum Verkauf angeboten worden waren. Eine wichtige Bekämpfungsmassnahme besteht deshalb darin, die entsprechenden Verkaufsstellen über diesen Mehltau in Kenntnis zu setzen. Ausserdem gilt es zu beachten, dass der Erreger auch in Saatgut oder im Wurzelgewebe von Setzlingen verbreitet werden könnte. Pflanzenmaterial unterschiedlicher Herkunft sollte voneinander isoliert herangezogen werden, um eine mögliche Infektion zu ihrem Ursprung zurückverfolgen zu können.

Um Neuinfektionen mit Falschem Mehltau vorzubeugen, können Akeleien an sonnigen und luftigen Standorten angepflanzt werden mit genügend Ab-

stand zwischen den Pflanzen, sodass ihre Blätter nach Regen schnell trocknen können. Sie können zusätzlich vor Nässe geschützt werden, indem man sie von unten giesst, sodass die Blätter und Blüten trocken bleiben. Auf eine umfangreiche Stickstoffdüngung sollte verzichtet werden, da diese die Anfälligkeit der Pflanzen erhöht.

Befallene Pflanzen wie auch gesunde aussehende Akeleien am selben Standort sollten mitsamt den Wurzeln ausgegraben und vernichtet werden, indem sie entweder verbrannt, in mindestens 50 cm Tiefe vergraben oder im Restmüll entsorgt werden. Da die Kompostierung nicht sicher zu einer Vernichtung des Erregers führt, können die Pflanzen nicht als Biomüll entsorgt werden. Alle Werkzeuge, Töpfe und sonstige Gegenstände, die in Kontakt mit befallenen Pflanzen waren, sollten gereinigt und desinfiziert werden. Auf

das Anpflanzen von Akeleien sollte vor Ort künftig verzichtet werden. In Grossbritannien wird offiziell eine Wartezeit von mindestens einem Jahr empfohlen; es ist jedoch sinnvoll, mehrere Jahre zu warten, da die Überlebensdauer der Oosporen, wie bereits erwähnt, nicht bekannt ist. Bislang wurden unter den Giften gegen Eipilze keine identifiziert, mit denen bei infizierten Akeleien die oft rasch voranschreitende Krankheit erfolgreich behandelt werden kann.

Wo melden, wo um Rat fragen?

Der Falsche Mehltau an Akelei ist nicht meldepflichtig. Neue Funde können SwissFungi, dem nationalen Daten- und Informationszentrum der Schweizer Pilze, gemeldet werden. Weitere Infos finden Sie in der Rubrik [Mitmachen](#) auf der [SwissFungi-Webseite](#).

Weiterführende Informationen

Britische Informationsseite zu *Peronospora aquilegiicola*:

<https://www.rhs.org.uk/disease/aquilegia-downy-mildew>

Informationsseite von Carrie Thomas mit vielen Unterlinks:

<http://www.touchwoodplants.co.uk/aquilegia-downy-mildew.htm>

Video von Carrie Thomas zur systemischen Infektion:

<https://www.youtube.com/watch?v=ornWOMRoJVw>

Quellen

- Denton G.J., Beal E.J., Kilty A., Denton J.O., Choi Y.J., Thines M. (2015) Characterisation and risk assessment of the emerging *Peronospora* disease on *Aquilegia*. *Mycological Progress* 14: 69. doi.org/10.1007/s11557-015-1092-5
- Jennings P., Thorp G. (2016) Identification of factors which influence infection and control of the newly emerged *Peronospora* causing downy mildew on aquilegia. AHDB project HNS 196a. Stoneleigh, Agriculture & Horticulture Development Board, 16 pp.
- Jennings P., Thorp G., McDonough S. (2016) Identification of inoculum sources and potential control strategies for the newly emerged *Peronospora* causing downy mildew on aquilegia. AHDB Report HN5 196. Stoneleigh, Agriculture & Horticulture Development Board, 15 pp.
- Thines M., Buaya A., Ali T., Brand T. (2020) *Peronospora aquilegiicola* made its way to Germany: the start of a new pandemic? *Mycological Progress* 19, 791–798 (2020). doi.org/10.1007/s11557-020-01596-2
- Thines M., Denton G.J., Beal E.J., Kilty A., Denton J.O., Shin H.D., ... (2019) *Peronospora aquilegiicola* sp. nov., the downy mildew affecting columbines in the UK is an invasive species from East Asia. *Eur. J. Plant Pathol.* doi.org/10.1007/s10658-019-01787-y
- Thomas C. (2021) Granny's Bonnets: my life with Aquilegias. In: Friends of the City of Swansea Botanical Complex, All Seasons eNews, Summer Issue 2nd June 2021. us10.campaign-archive.com/?u=b22a925ef6e13a7ceb-bbb39df&id=5125039bbd

Zitierung

Auf der Maur, B.; Mayerhofer, J.; Gross, A., 2023: Factsheet Neomyceten. Falscher Mehltau an Akelei. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Unterstützt von Johanna Mayerhofer (Agroscope). 5 S.