

Neue Entwicklungen bei der Bekämpfung des Falschen Rebenmehltaus

Ende der achtziger Jahre wurde das erste Freiburger Prognosemodell zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus der Rebe (Reben-Peronospora, *Plasmopara viticola*) eingeführt. In der weinbaulichen Praxis hat sich dieses Modell als Hilfsmittel gezielter Behandlungen bewährt. Das Staatliche Weinbauinstitut Freiburg (Deutschland) hat das Modell fortlaufend überprüft und die Bekämpfungsstrategien weiterentwickelt. Inzwischen ist es gelungen, die Wirkungsdauer eines Fungizideinsatzes in der Laubwand einer Rebanlage zu erfassen. Diese Neuentwicklung und seine Integration in ein Bekämpfungsmodell werden im nachfolgenden Artikel beschrieben.

Abb. 1: Methode Wirkungsdauer-Versuche schematisch: Nach der Applikation eines Fungizids wurden Blätter von Rebtrieben zu verschiedenen Zeitpunkten mit *P. viticola* inokuliert. Die Infektionsbedingungen wurden durch Einhüllen mit einer innen befeuchteten Plastiktüte sichergestellt. Zum Zeitpunkt der Applikation wurde der Trieb markiert. Blatt Nr. 1 bis 9 im hier als Beispiel dargestellten Rebtrieb waren folglich zum Zeitpunkt der Applikation vorhanden, Blatt Nr. 10 und 11 sind nach der Applikation zugewachsen.

BERNHARD HUBER, GOTTFRIED BLEYER UND MATHIEU GESIOT,
STAATLICHES WEINBAUINSTITUT FREIBURG

Alle Modelle zur Prognose des Auftretens und zur Bekämpfung des Falschen Rebenmehltaus basieren auf der Kenntnis der Witterung und der Lebensweise des Erregers. Wetterdaten werden gemessen und dann in Beziehung zur Biologie von *P. viticola* gesetzt. Somit ist es nicht verwunderlich, dass die ersten Prognosemodelle mit der Einführung von Kleinwetterstationen Ende der achtziger Jahre einhergingen. Diese Kleinwetterstationen mit integrierter Software für die Peronosporaprognoze sind immer noch wertvolle Hilfsmittel bei der Terminierung von Behandlungen.

Sowohl die Arbeiten über die Biologie des Erregers als auch die Weiterentwicklung von Bekämpfungsstrategien sind in den 90er Jahren vorangegangen. Ausgangspunkt dieser Arbeiten sind vielfach

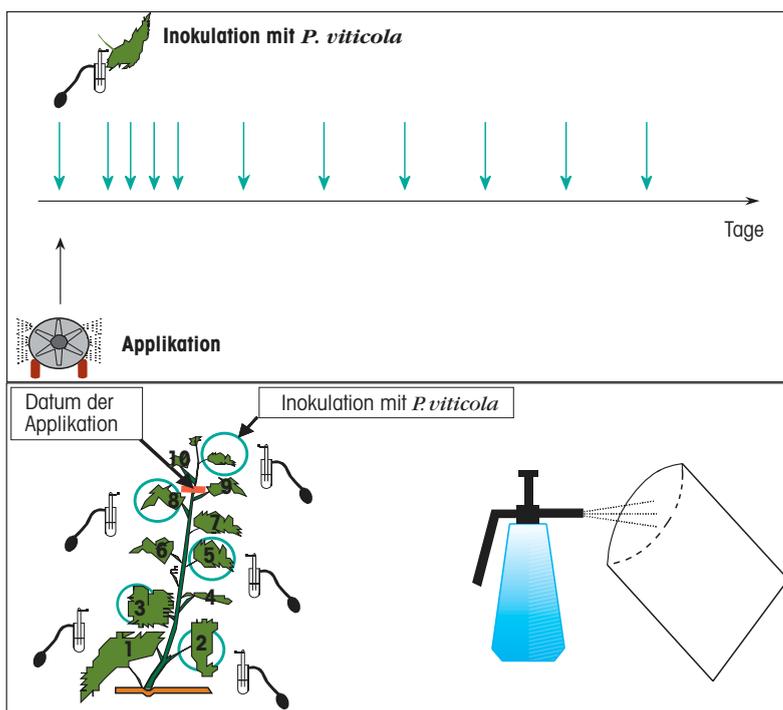
Probleme bei der Bekämpfung trotz vermeintlich stimmiger Behandlungsprogramme. Mit unserem Prognosemodell konnten wir zwar einen Teil der Schwierigkeiten auf falsche Termin- oder Fungizidwahl für die entsprechende Situation zurückführen. Es gab jedoch immer wieder Beobachtungen, die nicht schlüssig zu erklären waren, wie beispielsweise Ölflecken in ganz bestimmten Insertionshöhen (Blattpositionen) trotz enger Spritzabstände. Wir haben in den letzten Jahren deshalb Untersuchungen durchgeführt, um Antworten auf folgende Fragen zu finden:

- Wie lange wirken Fungizide nach einer Behandlung?
- Welchen Einfluss hat das Rebwachstum auf die Wirkung der Fungizide und auf das Infektionsgeschehen?
- Wie kann die Peronospora-Prognose mit den gewonnenen Erkenntnissen weiterentwickelt werden?

Versuche zur Wirkungsdauer von Fungiziden

Zur Bestimmung von Behandlungsintervallen für Fungizide gegen Falschen Rebenmehltau im Weinbau sind Daten über den Zeitraum ihrer biologische Wirksamkeit (Wirkungsdauer) von entscheidender Bedeutung. Nach der Applikation ist ein Wirkstoff verschiedenen Einflussfaktoren ausgesetzt, die seine biologische Wirksamkeit mindern. Die wichtigsten Faktoren sind Umwelteinflüsse wie Regen und UV-Licht sowie der Verdünnungseffekt durch das Wachstum der Rebe. In den Studien des Staatlichen Weinbauinstitutes wurde der vorbeugende (protektive) Anteil der Wirkungsdauer eines Fungizids unter natürlichen Bedingungen in der Laubwand einer Ertragsrebanlage untersucht. Exemplarisch für diese Untersuchungen (1998 bis 2002) werden im Folgenden die Ergebnisse aus der vergangenen Vegetationsperiode dargestellt.

Im Jahr 2002 wurden die Versuche an Ertragsreben der Sorte Müller-Thurgau durchgeführt. Die Applikation erfolgte im Entwicklungsstadium 19-53. Um die Wirkungsdauer an den bereits zum Zeitpunkt der



Applikation vorhandenen Blättern zu prüfen, wurde nach einer Behandlung mit den Fungiziden FOLPAN 80 WDG (Folpet), MELODY MULTY (Iprovalicarb + Tolyfluanid) und EQUATION PRO (Cymoxanil + Famoxadone) jeweils nach 0, 6, 11, 14, 20, 27, 34 und 41 Tagen versucht, Blätter der einzelnen Varianten mit *P. viticola* zu inokulieren (Abb. 1). Die Schutzwirkung der Fungizide auf neu gebildete Blättern wurde ebenfalls ab dem 6. Tag nach der Applikation mitgeprüft.

In Abbildung 2 ist die Wirkungsdauer der geprüften Fungizide an den zum Zeitpunkt der Applikation vorhandenen Blättern dargestellt. Unmittelbar nach der Applikation (Tag 0) konnten alle geprüften Fungizide einen vollständig Schutz der Laubwand sicherstellen. Bereits am 6. Tag wurde bei FOLPAN 80 WDG (Folpet) und EQUATION PRO (Cymoxanil + Famoxadone) deutlicher und bei MELODY MULTY (Iprovalicarb + Tolyfluanid) geringer Befall festgestellt. Am 11. Tag war der Befall bei allen Fungiziden auf ähnlichem Niveau und veränderte sich im Verhältnis zur Kontrolle nicht mehr bis zum 41. Tag. Mit MELODY MULTY (Iprovalicarb + Tolyfluanid) konnte am 6. Tag auf Grund seiner systemischen Eigenschaften noch eine Wirkung erzielt werden. Bei EQUATION PRO (Cymoxanil + Famoxadone) und FOLPAN 80 WDG (Folpet) war dies nicht zu erwarten. EQUATION PRO (Cymoxanil + Famoxadone) wird innerhalb weniger Tage in der Rebe abgebaut und FOLPAN 80 WDG (Folpet) hat keine systemischen Eigenschaften. Wir analysierten auch, an welcher Blattposition (Insertionshöhe) der Befall auftrat, und konnten feststellen, dass hauptsächlich die jüngsten Blätter, die zum Zeitpunkt der Applikation vorhanden waren, am stärksten befallen waren. Die älteren Blätter waren fast befallsfrei. Dieser Befund ist erklärbar: Die jüngeren Blätter haben nach der Applikation ein schnelles Grössenwachstum, der Fungizidbelag wird ausgedünnt beziehungsweise es entstehen grössere unbehandelte Blattbereiche wo *P. viticola* infizieren kann. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse dieser Analyse für das Fungizid FOLPAN 80 WDG dargestellt. Blätter, die nach der Applikation von der Rebe gebildet werden, konnten mit keinem der geprüften Fungizide hinreichend geschützt werden (Abb. 4). In den Vorjahren erzielten wir ähnliche Ergebnisse.

Für die Peronospora-Bekämpfung sind diese Erkenntnisse von erheblicher Bedeutung. Sie zeigen, dass der Neuzuwachs für die Behandlungsintervalle entscheidender ist als der Wirkungsverlust von Fungizide durch Umwelteinflüsse!

Wachstumsmodell bei Reben

Zweck unserer weiteren Forschungsarbeiten war es, ein Werkzeug zu finden, mit dem sich das Wachstum der Rebe (Zuwachs) berechnen lässt. Damit kann indirekt die effektive Wirkungsdauer eines Fungizids in einer Rebanlage bestimmt werden. Bisher ging der Zuwachs als reiner Erfahrungswert in die Peronospora-Prognose ein. Bereits Anfang der neunziger Jahre beschrieb Prof. Hannes Schultz vom Fachbereich Weinbau der Forschungsanstalt Geisenheim ein Wachs-

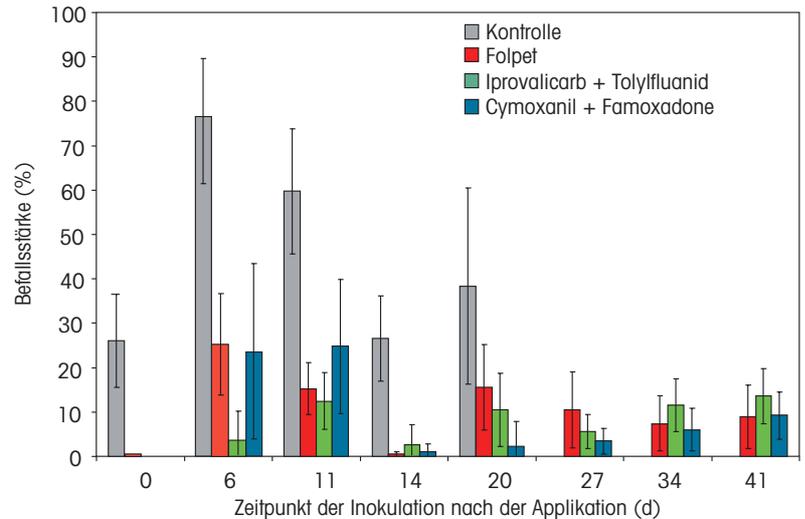


Abb. 2: Wirkungsdauer auf zum Zeitpunkt der Behandlung vorhandenen Blättern; Freiburg, Loretohöhe, Müller-Thurgau, 2002.

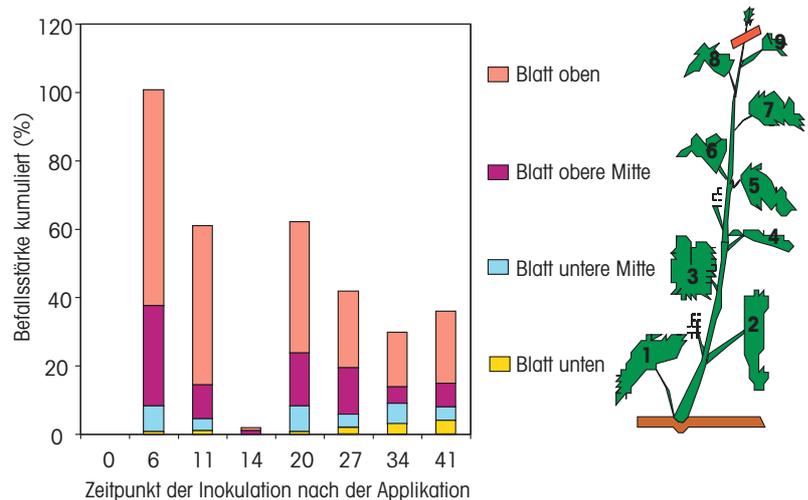


Abb. 3: Befall mit *P. viticola* auf verschiedenen Blättern zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Applikation. Die Blätter waren mit FOLPAN 80 WDG behandelt. Freiburg, Loretohöhe, Müller-Thurgau, 2002.

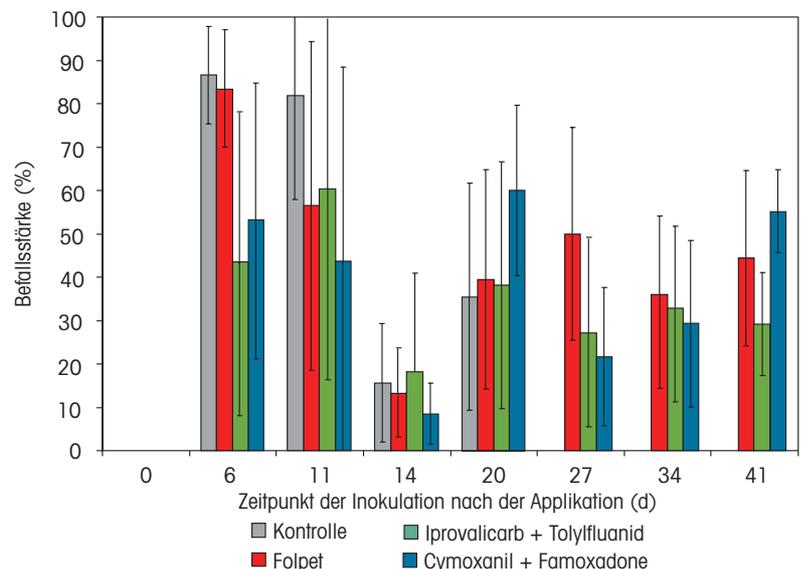


Abb. 4: Wirkungsdauer auf zum Zeitpunkt der Behandlung nicht vorhandenen Blättern; Freiburg, Loretohöhe, Müller-Thurgau, 2002.



Abb. 5: Vergleich zwischen dem Wachstumsmodell (FA Geisenheim) und der tatsächlichen Blattentwicklung; Freiburg, Schlierberg, Müller-Thurgau, 2001.

tumsmodell für die Rebsorte Riesling. Mit diesem Modell lassen sich Blattanzahl und Blattflächen je Haupttrieb anhand von Wetterdaten simulieren. Im Jahre 1999 wurde für die flächenmässig bedeutenden Sorten Müller-Thurgau und Blauer Spätburgunder entsprechende Wachstumsmodelle von Prof. Hannes Schultz (FA Geisenheim) mit Unterstützung des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg angepasst. Wir überprüften die Modelle seit dem Jahr 2000. Sie zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Wachstum in der Rebanlage (Abb. 5) und erwiesen sich somit als brauchbares Werkzeug für den Rebschutz.

Bestimmung der Wirkungskdauer mit Hilfe des Wachstumsmodells

Bei den so genannten Zuwachsversuchen, die wir am Weinbauinstitut in den Jahren 2001 und 2002 durchführten, arbeiteten wir mit dem oben genannten Wachstumsmodell.

Versuch 2001

Das Ziel des Versuchs war es, die Anzahl der Blätter je Haupttrieb zu bestimmen, die sich nach einer Behandlung bei permanent starkem Infektionsdruck entfalten können, bevor die nächste Applikation not-

wendig ist. Während der Versuchsdauer wurde zusätzlich zu den natürlichen Niederschlägen elfmal künstlich beregnet, um einen zusätzlichen Infektionsdruck zu erzeugen; insgesamt fielen 500 bis 600 mm Niederschlag in nur drei Wochen. Der Versuch umfasste fünf Varianten. Variante 1 war die unbehandelte Kontrolle, Variante 2 wurde immer behandelt, wenn nach dem Wachstumsmodell 2 Blätter entfaltet waren, Variante 3 wenn 3 Blätter entfaltet waren, Variante 4 wenn 4 Blätter entfaltet waren und Variante 5 wenn 8 Blätter entfaltet waren. Die Behandlungen wurden mit dem protektiven Fungizid Polyram WG durchgeführt.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen: Die Kontrolle zeigte an fast allen Blättern einen sehr starken Befall. Variante 2 und Variante 3 wiesen einen sehr geringen Befall auf. Bei Variante 4 war eine deutliche Befallszunahme zu sehen. In Variante 5 war der Befall ähnlich wie in der unbehandelten Kontrolle. Die Resultate legen den Schluss nahe, dass ein Zuwachs von 2 bis 3 Blättern je Haupttrieb zwischen zwei Behandlungen – selbst bei extremem Infektionsdruck – akzeptabel ist.

Versuch 2002

In der Saison 2002 wurde dann mit dem Parameter der Blattfläche je Haupttrieb weitergearbeitet, da die Blattfläche das Wachstum von Blättern, die zum Zeitpunkt der Behandlung vorhanden sind, mit berücksichtigt. In diesem Versuch sollte die maximal akzeptable Blattfläche (Neuzuwachs) zwischen zwei Behandlungen bestimmt werden. Wie im Vorjahr wurden die Versuchspartellen künstlich beregnet, um einen permanent starken Infektionsdruck zu provozieren. Der Versuch beinhaltete insgesamt sechs Varianten. Variante 1 war die unbehandelte Kontrolle. Variante 2 wurde immer dann behandelt, wenn das Wachstumsmodell einen Zuwachs von 320 cm² Blattfläche berechnete, Variante 3 bei einem Zuwachs von 400 cm² Blattfläche, Variante 4 bei einem Zuwachs von 533 cm² Blattfläche, Variante 5 bei einem Zuwachs von 800 cm² Blattfläche und Variante 6 bei einem Zuwachs von 1600 cm² Blattfläche. Die Behandlungen erfolgten wie im Vorjahr mit Polyram WG.

Abbildung 6 zeigt den Blattbefall am 1. Juli 2002. In der Kontrolle war 60% der Blattfläche befallen, was nach zirka drei Wochen zum Blattfall in der Parzelle führte (Abb. 7). Die Varianten 2 und 3 wiesen mit 0,6 beziehungsweise 6% einen relativ geringen Befall auf. In der Variante 4 waren mit 15%, in der Variante 5 mit 18% und in der Variante 6 mit 44% deutliche Befallsanstiege zu verzeichnen. Wir gehen nach diesen Resultaten davon aus, dass auch bei hohem Infektionsdruck zwischen zwei Behandlungen ein Zuwachs von 300 bis 400 cm² Blattfläche pro Haupttrieb ohne Risiko möglich ist.

Bodeninfektionen

Die Erstbesiedlung der Rebe im Frühjahr (Primärinfektion) durch *P. viticola* erfolgt über Zoosporen, die von im Boden überwinterten Dauersporen (Oospo-

Abb. 6: Peronospora – Blattbefall, Zuwachsversuch; Boniturdatum 1.7.2002, Entwicklungsstadium 77–79 BBCH (Traubenschluss); Freiburg, Schlierberg, Müller-Thurgau.

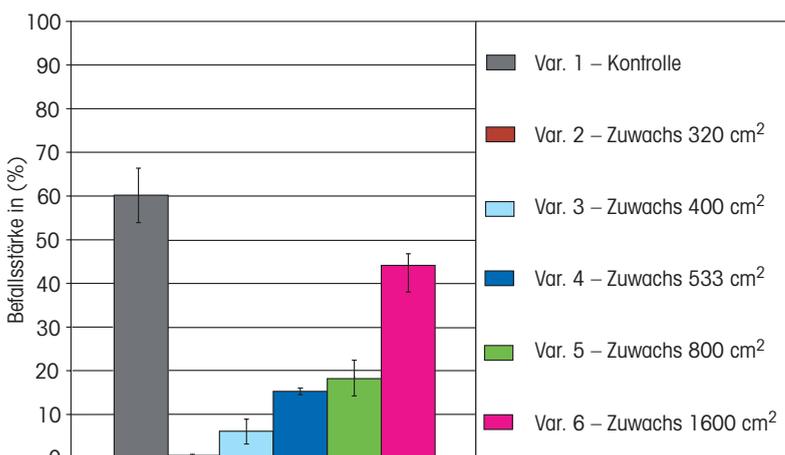




Abb. 7: Falscher Rebenmehltau – Blattbefall. (Foto: Werner Siegfried, FAW)

ren) gebildet werden (Tabelle). Diese Zoosporen gelangen bei Regen auf die grünen Reborgane und infizieren das Gewebe. Bisher ist man davon ausgegangen, dass Primärinfektionen nur in einem kurzen Zeitraum im Frühjahr stattfinden. An einigen Forschungsanstalten wurde intensiv über die Bedingungen für Bodeninfektionen und ihre Bedeutung für die Epidemie gearbeitet. Die Studien der SLFA Oppenheim, der FA Geisenheim, der RAC Changins und der ETH Zürich zeigten jedoch, dass Bodeninfektionen bei entsprechender Witterung vom Austrieb bis weit in den Sommer möglich sind. Diese müssen neben den Sekundärinfektionen zusätzlich berücksichtigt werden.

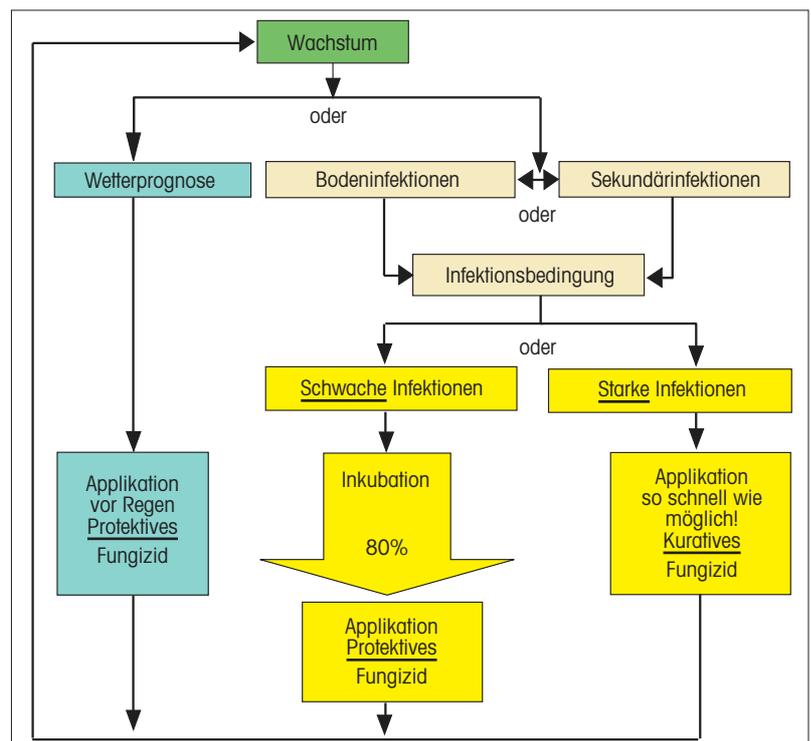
Weiterentwicklung der Peronospora-Prognose

Das Konzept für die Weiterentwicklung der Peronosporaprogno des Staatlichen Weinbauinstituts Freiburg beinhaltet die Integration aller neuen Erkenntnisse, die für die Kontrolle der Krankheit von Bedeutung sind. Die neueren Erkenntnisse zur Biologie des Falschen Rebenmehltaus, zur Wirkungsdauer von Fungiziden und zur Modellierung des Rebwachstums wurden in unsere Kaskade für die Entscheidungen bei der Peronospora-Bekämpfung integriert. Das Modell ist als Entscheidungshilfe gedacht und soll die Abschätzung der Notwendigkeit einer Behandlung erleichtern und verbessern.

Betrachten wir den Regelkreis (siehe Abb. 8) ab der Infektionsbedingung. Anhand der Witterungsdaten werden die Bedingungen für das Auftreten von Boden- oder Sekundärinfektionen fortlaufend berechnet. Wenn dann die Bedingungen für eine der beiden Möglichkeiten erfüllt (vergl. Tabelle) sind, dann hat eine Infektion stattgefunden. Jetzt wird entschieden – derzeit noch anhand von Erfahrungswerten – ob es sich um eine schwache oder starke Infektion handelt (vergl. Tabelle). Wenn schwache Infektionen abgeschätzt werden, dann wird die Inkubationszeit mit Hilfe der Temperatur berechnet. Bei 80% Inkubationsfortschritt, bevor Sporulationen möglich sind, erfolgt eine Behandlung mit einem protektiv wirkenden Fungizid. Werden starke Infektionen abge-

schätzt, wird die Behandlung so schnell wie möglich durchgeführt, sobald die Rebanlage befahrbar ist. In diesem Fall muss ein Fungizid mit kurativen Eigenschaften eingesetzt werden, um die erfolgten starken Infektionen zu erfassen. Unmittelbar nach der Behandlung wird das Wachstumsmodell aktiviert und mithilfe der Temperatur die Entwicklung neuer ungeschützter Blattfläche berechnet. Ist eine kritische Blattfläche von 320 cm² bis 400 cm² pro Haupttrieb (zirka 2000 m²/ha) zugewachsen, können Infektionen auf dieser ungeschützten Blattfläche stattfinden. Ab diesem Zeitpunkt muss folglich wieder nach den Bedingungen für Boden- beziehungsweise Sekundärinfektionen oder die Wettervorhersage beachtet werden. Ist beispielsweise in wenigen Tagen ein Tiefdruckgebiet angekündigt, ist es sinnvoll unmittelbar vor dem Einsetzen der Niederschläge mit einem preiswerten Kontaktfungizid zu behandeln.

Abb. 8: Weiterentwicklung der Peronospora-Prognose.



Parameter, mit denen im Prognosemodell gearbeitet wird.**Bodeninfektionen**

Phase	Bedingungen
Reifung der Oosporen	• Reife Oosporen sind zu Vegetationsbeginn der Rebe immer vorhanden.
Keimung des Oosporangiums	• Feuchte > 80% während 8 h
Ausbreitung Oosporangium/Zoosporen	• > 3 mm Niederschlag innerhalb 6 h
Infektion	• infizierbares Gewebe der Rebe • Temperatur 3-29 °C; Optimum 22-25 °C • Blattfeuchte (tropfbar flüssiges Wasser) • Blattnässe × Temperatur ≥ 50 °C h

Sekundärinfektionen

Phase	Bedingungen
Infektion	• infizierbares Gewebe der Rebe (ca. 1500–2000m ² /ha) • Temperatur 3-29 °C; Optimum 22-25 °C • Blattfeuchte (tropfbar flüssiges Wasser) • Blattnässe × Temperatur > = 50 °C h
Inkubationszeit	• Temperatur 8-30 °C, Optimum 22-25 °C
Sporulation (Ausbruch)	• Nach Ablauf der Inkubation • Temperatur 12 °C • rel. Luftfeuchte >92% oder Blattnässe • Dunkelheit

schwache Infektionen (Erfahrungswerte)

- Grenzbedingungen für Sporenverteilung und Infektionen
- Blattnässe x Temperatur < 100 °C h
 - Niederschläge < 5mm/d
 - Tauinfektionen

starke Infektionen (Erfahrungswerte)

- optimale Bedingungen für Sporenverteilung und Infektionen
- Blattnässe x Temperatur > 200 °C h
 - Niederschläge > 10mm/d
 - heftige Gewitter

Ausblick

Die Weiterentwicklung des Freiburger Prognosemodells zur Bekämpfung des Falschen Rebenmehltaus muss sich im praktischen Weinbaubetrieb Freiburg erst noch bewähren. Dafür werden derzeit die Voraussetzungen geschaffen. Das Staatliche Weinbauinstitut Freiburg beauftragte in Kooperation mit den Schweizer Forschungsanstalten Wädenswil und Changins die Firma Geosens, Ebringen, das Modell in ein Computerprogramm umzusetzen. Die Software wird derart gestaltet, dass neue Erkenntnisse, zum Beispiel zu der Biologie von *P. viticola*, schnell und einfach in das Programm integriert werden können. Neu an diesem Konzept ist auch, dass das Programm nicht mehr an eine bestimmte Wetterstation und bestimmte Hersteller gebunden sein wird. Es soll Wetterdaten von verschiedensten Stationen und Standorten verrechnen können. Geplant ist, das Programm in der ersten Phase der Weinbauberatung und in der zweiten Phase der Winzerschaft über das Internet bereitzustellen. Mit dieser Weiterentwicklung wollen wir der Praxis mittelfristig ein innovatives Hilfsmittel zur Verfügung stellen, mit dem die Kontrolle des falschen Rebenmehltaus noch gezielter und sicherer möglich ist.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Prof. Hannes Schultz vom Fachbereich Weinbau der Forschungsanstalt Geisenheim für seine Unterstützung mit dem Wachstumsmodell.

RÉSUMÉ**Nouveaux développements dans la lutte contre le mildiou**

*Des études menées par l'Institut de viticulture de l'Etat à Fribourg en Brisgau au sujet de la durée active des fongicides ont montré que les feuilles des vignes d'un vignoble de rendement qui sont présentes au moment de l'application bénéficient d'une protection très durable contre *P. viticola*. Au contraire, les jeunes feuilles en phase de croissance et celles qui se forment après l'application ne sont pratiquement pas, voire pas du tout protégées. Il s'ensuit que la croissance de la vigne a plus d'influence sur la durée d'action des fongicides que les propriétés de dégradation des principes actifs. Une prochaine étape a consisté à reporter sur des cépages locaux un modèle de croissance existant qui simule le nombre de feuilles et la superficie des feuilles par pousse principale à l'appui de données météorologiques. Ce modèle de croissance permet maintenant de déterminer indirectement la durée d'action effective d'un fongicide dans un vignoble. En l'état actuel des connaissances, le seuil de tolérance en cas de forte pression permanente par les agents infectieux est au maximum de 1500 à 2400 m² de superficie de feuilles non protégée ou de deux à trois feuilles non protégées entre deux traitements d'un vignoble. Ces enseignements concernant la durée d'action des fongicides sont pris en compte dans un modèle existant de mesures phytosanitaires pour le contrôle du mildiou. Les conditions sont actuellement mises en place pour que ce modèle puisse être utilisé dans la consultation et mis à la disposition des vigneron. L'Institut de viticulture de l'Etat, en association avec les stations fédérales de recherche à Wädenswil et Changins, a confié à la société Geosens à Ebringen le soin de convertir le modèle en programme informatisé.*