

Falscher Rebenmehltau – Grundlagen zur Prognose

In den meisten Reblagen erfolgt die Bekämpfung des Falschen Mehltaus durch regelmässige vorbeugende Behandlungen. An verschiedenen Orten in der Schweiz werden seit 1990 Versuche durchgeführt, um die Bekämpfung gezielt anhand der Daten von Warngeräten, in Verbindung mit der epidemiologischen Entwicklung des Pilzes anzusetzen. Die Genauigkeit der Messungen des Warngeräts Luft HP-100 liegt innerhalb der geforderten Toleranzgrenzen, ausser für die Temperatur-Maxima-Werte im Sommer. Die Anzeige der Primärinfektion bleibt kritisch wegen fehlenden biologischen Kenntnissen. Eine Vernetzung der Warngeräte eröffnet neue Möglichkeiten, aktuelle Wetter- und Prognosedaten über Internet abzufragen.

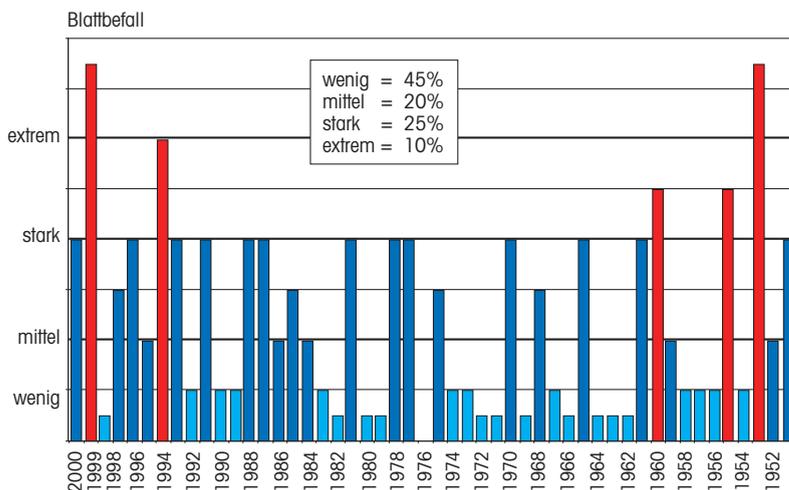
WERNER SIEGFRIED UND EDUARD HOLLIGER, Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil
OLIVIER VIRET UND BERNARD BLOESCH, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, Nyon

Der aus Nordamerika nach Frankreich eingeschleppte Falsche Rebenmehltau (*Plasmopara viticola* [Berk. & Curt.] Berl. & de Toni) breitete sich von 1878 extrem schnell über Europa aus und wurde zu einem der gefährlichsten Schaderreger der Weinrebe (*Vitis vinifera* L.). *P. viticola* ist ein obligat biotropher Pilz aus der Klasse der Oomyceten (Pearson et Goheen, 1988), ist hoch spezialisiert auf Rebenarten und kommt in geringerem Ausmass auch auf vielen amerikanischen Reben (*V. labrusca*, *V. riparia* u. a.) und Interspezifischen Sorten vor.

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts stand mit der Bordeaux-Brühe ein wirksames Mittel zur Bekämpfung des Falschen Mehltaus zur Verfügung. Trotz grosser Fortschritte in der Bekämpfung und hoher Wirkungssicherheit dank dem Einsatz von modernen, kurativ und protektiv wirkenden Mitteln werden bis heute in erster Linie vorbeugende Behandlungen in

mehr oder weniger regelmässigen Intervallen durchgeführt. Abbildung 1 zeigt das Auftreten des Falschen Mehltaus während der letzten 50 Jahre in Wädenswil. In dieser Zeitspanne trat der Pilz in 10% der Jahre extrem stark, in fast der Hälfte der Jahre mittel bis stark und in 45% der Jahre nur relativ schwach in Erscheinung. Diese grossen Unterschiede im Auftreten hatten bis jetzt nur geringen Einfluss auf die Behandlungsfrequenz. Je nach Witterung und Auftreten sind in der Regel 7 bis 10 Behandlungen nötig. Seit einigen Jahren werden grosse Anstrengungen unternommen, um Alternativen zum wiederholten und häufigen Einsatz von Fungiziden zu entwickeln. Auf der einen Seite wurden für den biologischen Anbau Alternativen zu chemisch synthetischen Präparaten gesucht, auf der anderen Seite wurden die Prognosemöglichkeiten weiterentwickelt. Die Erfahrungen der letzten Jahre im biologischen Rebbau mit den Präparaten auf Basis von Gesteinsmehl und schwefelsaurer Tonerde sowie mit Kupferpräparaten zeigen die Grenzen der Bekämpfungsmöglichkeiten bei den Europäersorten klar auf. Trotz häufiger Behandlungen in kurzen Intervallen kann der Falsche Mehltau in Jahren mit starkem Befallsdruck mit diesen Mitteln nicht ausreichend bekämpft werden. Zudem zeigen die Präparate bei wiederholtem Einsatz negative Auswirkungen auf die Raubmilben (Flugschrift 124) und das Kupfer reichert sich in der oberen Bodenschicht so stark an, dass Schäden an Wurzeln entstehen können. Dank neuen Fungizidgruppen (z. B. Strobilurine) mit Wirkstoffen, die sowohl von der Wirkungsbeurteilung als auch vom Umweltverhalten her als sehr günstig eingestuft werden, wurden qualitative Verbesserungen erzielt. Mit den modernen Präparaten wird bedeutend weniger Wirkstoff ausgebracht, der Abbau auf Pflanzen und im Boden ist sehr gut untersucht und die Umwelt wird dank geringerer Toxizität bedeutend weniger belastet. Trotz dieser positiven Entwicklung auf Seiten der Pflanzenschutzmittel konnte die Anzahl der Behandlungen gegen Falschen Mehltau nicht wesentlich gesenkt werden, da das Risiko

Abb. 1: Auftreten des Falschen Rebenmehltaus von 1951 bis 2000 in Wädenswil. Auswertungen und Beobachtungen Ende August bis Mitte September. Jahre aufgeteilt nach Befallsstufen.



von reduzierten Spritzfolgen zu hoch eingeschätzt wird. Eine weiteren Reduktion der Anzahl Behandlungen wird in Zukunft nur möglich sein mit dem Anbau von widerstandsfähigen neuen Sorten (interspezifische Reben) oder mit einer weiteren Verbesserung der Prognose für die wichtigsten Pilzkrankheiten. In den letzten Jahren wurden verschiedene Prognose-Modelle für den Falschen Mehltau entwickelt, die alle die Witterungsbedingungen und die Lebensweise des Falschen Mehltaus berücksichtigen. Das Verständnis der Biologie des Schaderregers stellt dabei den Schlüssel für die Weiterentwicklung und Verbesserung der Prognose dar. Basierend auf den bisherigen Kenntnissen zur Biologie wurden von verschiedenen Herstellern von Kleinwetterstationen (Luft, Metos, Adcon, Paar, Biomat) Prognose-Modelle entwickelt. In der vorliegenden Arbeit wird anhand des überarbeiteten Lebenszyklus des Falschen Mehltaus auf die Möglichkeiten und Grenzen einer Prognose eingegangen. In einem weiteren Artikel werden dann die Erfahrungen mit der Prognose am Beispiel der beiden Standorte Wädenswil und Perroy am Genfersee dargestellt.

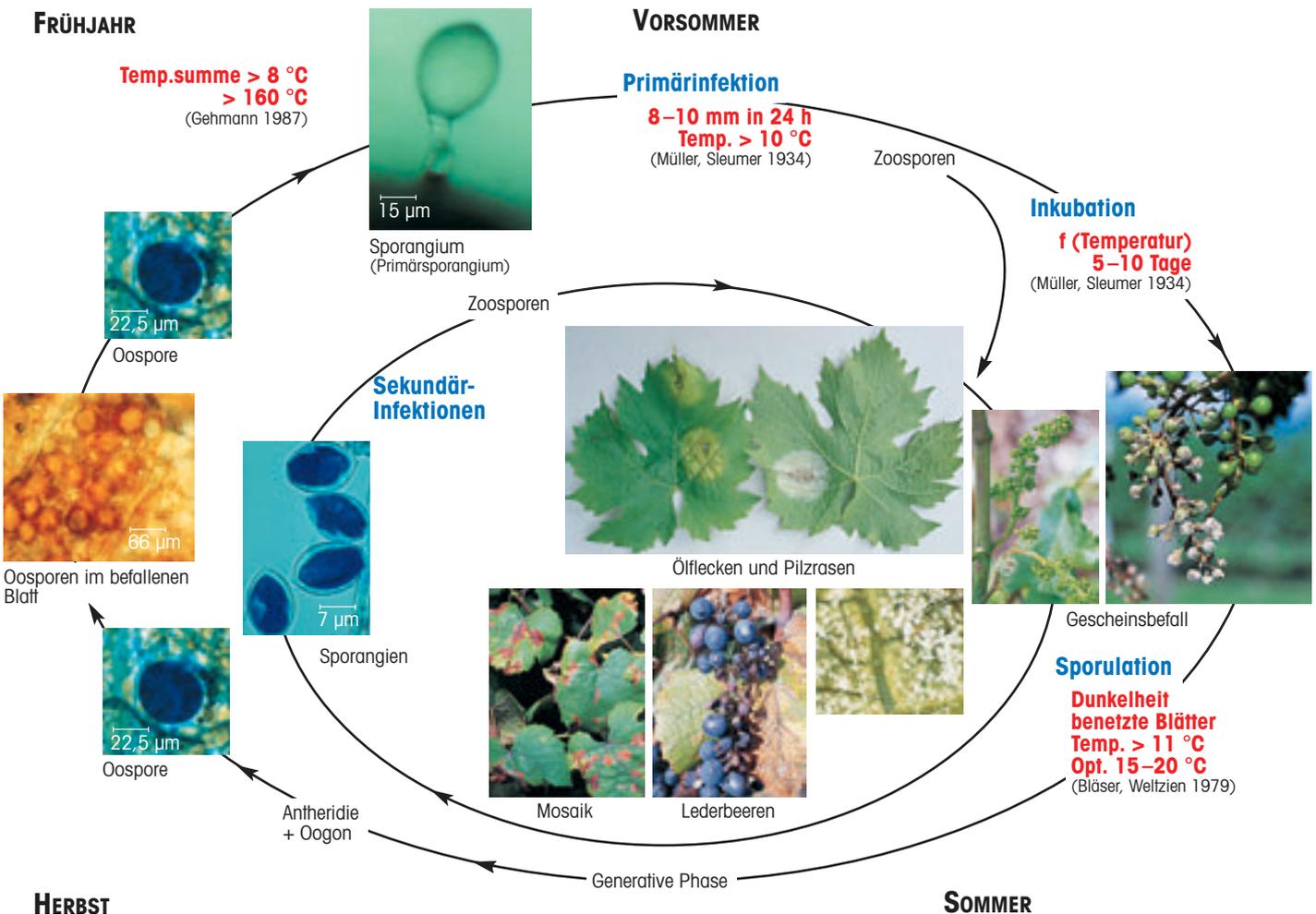
Primärinfektionen

Der Entwicklungskreislauf von *P. viticola* (Abb. 2) spielt sich in verschiedenen Phasen ab. Der Pilz überwintert mit den geschlechtlich gebildeten Winter-

sporen (Oosporen) in den abgefallenen Blättern am Boden. Im Frühjahr keimen die Oosporen und es bilden sich an der Blattoberfläche mikroskopisch kleine Kapseln (Sporangien), die Schwärmersporen (Zoosporen) enthalten. Diese gelangen mit Regenspritzern auf die Blattunterseite, wo sie über die Spaltöffnungen ins Blatt eindringen. Die Reifung und die Keimung der Oosporen ist abhängig von der Temperatur und den Niederschlägen. Nach Gehmann (1987) reifen die Oosporen, wenn die Tagesdurchschnittstemperaturen über 8 °C liegen. Sie sind keimbereit, wenn die Summe der Tagesdurchschnittswerte > 8 °C, vom 1. Januar an gemessen, 160 bis 170 °C erreicht hat.

Von diesem Zeitpunkt an sind Primärinfektionen möglich, wenn heftige Niederschläge von 8 bis 10 mm in 24 Stunden fallen und die Temperatur über 10 °C liegt. Dabei schwärmen die Zoosporen dank ihren Geisseln in Regentropfen zu den Spaltöffnungen, wo sie sich als Zyste einkapseln, bevor sie keimen und ins Blattinnere eindringen. Primärinfektionen sind bei uns in den Monaten Mai bis Juli möglich. Nach unseren Beobachtungen scheinen jedoch vor allem die ersten Primärinfektionen im Mai und Juni epidemiologisch bedeutsam zu sein. Sobald erste sporulierende Ölflecken vorhanden sind, werden auf diesen wenigen Flecken bedeutend mehr Sporangien mit Zoosporen gebildet als in den Primärsporangien am Boden.

Abb. 2: Entwicklungskreislauf des Falschen Rebenmehltaus (*Plasmopara viticola*).



Sekundärinfektionen

Die Zeitspanne zwischen dem Eindringen der Zoosporen ins Blatt und dem Auftreten der Symptome (Ölflecken) wird als Inkubation bezeichnet. Sie ist abhängig vom Temperaturverlauf und vom Alter der Rebenblätter und dauert gemäss der Kurve von Müller & Sleumer (1934) zwischen 4 und 15 Tagen. Nach Ablauf der Inkubation kommt es zum Ausbruch, der so genannten Sporulation auf der Blattunterseite. Der Ausbruch d. h. die Bildung von Sporangienträgern und Sporangien kann jedoch nur stattfinden, wenn die von Bläser (1978) beschriebenen Bedingungen gegeben sind: Sporulationen sind nur während der Nacht möglich, gleichzeitig müssen die Blätter benetzt sein oder die Luftfeuchtigkeit muss > 95% und die Temperatur über 11,5 °C liegen. In Wädenswil wurden gelegentlich auch schwache Sporulationen bei Temperaturen von 10 °C beobachtet. Die beim Ausbruch gebildeten Sporangien (weisslicher Pilzrasen) werden vom Regen und Wind weiterverbreitet und sind somit verantwortlich für die Sekundärinfektionen. Untersuchungen von Hill (1989) zeigten, dass das Ausmass der Sporulation temperaturabhängig ist. Zwischen 15 und 20 °C werden am meisten Sporangien gebildet. Das Sporenangebot, die herrschenden Witterungsbedingungen und die Anfälligkeit der Rebsorte sind somit ausschlaggebend für die Stärke der Sekundärinfektionen. Nach Bläser & Weltzien (1979) ist die Lebensdauer der Sporangien stark abhängig von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Je höher die Temperatur und je tiefer die Luftfeuchtigkeit, umso schneller verlieren die Sporangien respektive Zoosporen ihre Keimfähigkeit und sterben ab. In neueren Untersuchungen von Kast und Stark-Urnau (1999) wird jedoch gezeigt, dass die Sporangien eine bedeutend länger Lebensdauer aufweisen als bisher angenommen. Bis zu sieben Tage nach ihrer Bildung können aus den Sporangien bei Benetzung noch Zoosporen freigesetzt werden und Infektionen sind sogar während neun Tagen möglich. Auch scheinen die Sporangien nach diesen Untersuchungen bedeutend weniger empfindlich auf Trockenheit zu reagieren als früher angenommen. Bei 22 °C aufbewahrte Sporangien zeigten nach neun Tagen auch bei 30% Luftfeuchtigkeit noch eine beachtliche Infektionsfähigkeit.

Sekundärinfektionen sind während der langen Zeitspanne von Ende Mai bis Ende Oktober möglich. In der ersten Vegetationshälfte sind in erster Linie die Hauptblätter, Gescheine und Trauben gefährdet. Im August und September entwickelt sich der

Falsche Mehltau bei entsprechendem Infektionsdruck bevorzugt auf den Geizen.

In stark befallenen Blättern bilden sich im Spätsommer Oosporen. Der Pilz überdauert in unseren Breitengraden den Winter ausschliesslich in abgestorbenen Blättern in Form dieser dickwandigen, widerstandsfähigen Behälter. Eine Überwinterung als Mycel oder als Sporangien wurde bis jetzt nicht beschrieben.

Kleinwetterstationen und Warngeräte

Erste Versuche mit verschiedenen Typen von Warngeräten im Weinbau wurden 1990 vorgenommen (Siegfried et al. 1992). Aufgrund der Vergleichsversuche, der Erfahrungen im Praxiseinsatz und des Preis-Leistungs-Verhältnisses wurden für das Messnetz der Forschungsanstalten Wädenswil und Changins ab 1992 Warngeräte vom Typ HP-100 der Firma Luftt angeschafft (Abb. 4). Das Gerät besteht aus einer Zentraleinheit mit Bedienungstastatur, Anzeigefenster (Display), Schnittstellen für Drucker und Datenübertragung sowie den externen Sensoren. Es stehen zwei Versionen, entweder mit Netzanschluss oder mit Solarstromversorgung zur Auswahl. Die Solarstromversion hat den Vorteil, dass das Gerät unabhängig von der Infrastruktur (Strom, Telefonanschluss) betrieben werden kann.

Messungen der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Blattbenetzung und Niederschläge werden alle zwölf Minuten vorgenommen. Am Display sind die aktuellen Werte ablesbar. Die Stunden- und Tageswerte der letz-

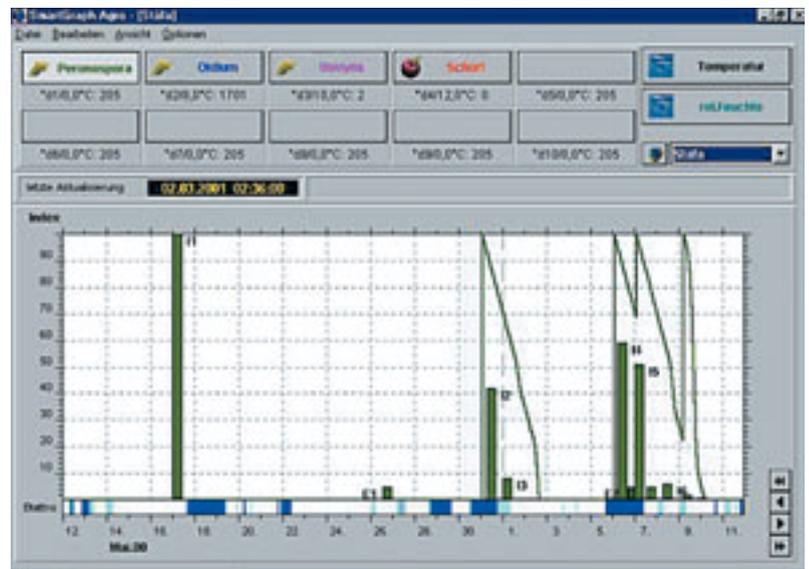


Abb. 3: Stäfa 2000: Grafische Darstellung der Primär- und Sekundärinfektionen im Smartgraph-Programm auf dem PC.

Messgenauigkeit von HP-100 im Vergleich zur Referenzstation MeteoSchweiz. Standort Wädenswil, Messperiode Juli–August 2000.

	Tagesdurchschnittstemperatur	Temperatur Minimum	Temperatur Maximum	Niederschlag
Durchschnittliche Abweichung HP-100 zu Referenzstation	+ 0,1 °C	– 0,7 °C	1,4 °C	+ 4%
Grösste gemessene Abweichung	+ 0,9 °C	– 1,3 °C	+ 4,5 °C	+ 9%



Abb. 4: Warngerät und Kleinwetterstation Lufft HP-100 mit Solarstromversorgung, Zentraleinheit und Drucker.

ten 21 Tage können über einen Drucker als Tabelle oder Grafik ausgedruckt werden. Das im Gerät integrierte Plasmopara-Modell berechnet den Zeitpunkt der ersten möglichen Primärinfektion, zeigt aktuell immer den Stand der Inkubationszeit sowie Datum und Stärke von Sekundärinfektionen an. Die Daten können auch mit Modem und Telefon oder per Funkmodem (GSM-Natelitechnik) auf einen PC übertragen werden. Die dafür erforderliche Übertragungs- und Auswertungs-Software Smartgraph wurde von der Firma Lufft in Zusammenarbeit mit den Forschungsanstalten Wädenswil und Changins entwickelt. Mit Smartgraph werden zur Zeit 30 Warngeräte zentral von Wädenswil aus täglich abgefragt. Auf dem PC können Wetter- und Prognosedaten in übersichtlicher Form als Tabellen und Grafiken (Abb. 3) dargestellt und ausgedruckt werden.

Zur Überprüfung der Messgenauigkeit der Warngeräte werden die Messwerte mit den Angaben von offiziellen Messstationen der MeteoSchweiz in Wädenswil und Changins überprüft. In der Tabelle sind die Resultate eines Messvergleichs dargestellt.

Die Tagesdurchschnittstemperaturen des HP-100 stimmen gut mit den Angaben der Referenzstation überein und liegen innerhalb der Toleranzgrenzen. Bei den Maxima- und Minima-Werten mussten zum Teil grössere Abweichungen festgestellt werden. Bei starker Sonneneinstrahlung zeigte das HP-100 kontinuierlich zu hohe Werte. Die grösste Abweichung betrug 4,5 °C, die durchschnittliche Abweichung lag mit 1,4 °C nicht mehr im Toleranzbereich. Die Angaben zu Luftfeuchtigkeit und Niederschlägen stimmten sehr gut mit den Referenzmessungen überein. Als erste Massnahme zur Verbesserung der Temperaturmessung rüstet der Hersteller seit 2000 alle Geräte mit einem Kunststoffstrahlenschutz anstelle des bisherigen aus Aluminium aus.

Schlussfolgerungen

Die Kenntnisse zur Lebensweise des Falschen Mehltaus sind zum Teil noch lückenhaft. Weitere Untersuchungen zur Oosporenreife und Primärinfektion könnten einen entscheidenden Fortschritt bringen.

Arbeiten dazu sind u. a. an der Eidgenössischen Forschungsanstalt in Changins (RAC) im Gange.

Trotzdem können mit dem zur Verfügung stehenden Prognose-Modell, welches im HP-100 integriert ist, die Behandlungen gezielter und somit sparsamer angesetzt werden.

HP-100 Geräte sind in der Ostschweiz seit 1990 mit gutem Erfolg im Einsatz. Sie eignen sich als Einzelgeräte für einzelne Betriebe oder ganze Gemeinden und können dank Modem oder GSM-Technik auch von einer zentralen Stelle aus für den überregionalen oder nationalen Warndienst eingesetzt werden.

Die Vernetzung von Kleinwetterstationen und Warngeräten sowie die Verbreitung von täglich aktualisierten Wetter- und Warnmeldungen über Internet eröffnen neue Perspektiven im Pflanzenschutz. In einem Pilotprojekt der Forschungsanstalten Wädenswil und Changins werden bereits in diesem Jahr Wetter- und Prognosedaten von einigen Standorten über Internet abrufbar sein.

Literatur

- Bläser M.: Untersuchung zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben, *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni. Dissertation, Universität Bonn, 1978.
- Bläser M. und Weltzien H.C.: Epidemiologische Studien an *Plasmopara viticola* zur Verbesserung der Spritzterminbestimmung. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz 86 (8), 489-498, 1979.
- Gehmann K.: Untersuchungen zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni. Dissertation, Universität Hohenheim, 1987.
- Hill G.K.: Effect of temperature on sporulation efficiency of oilspots caused by *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt, ex de Bary) Berl. & de Toni in vineyards. Viticulture and Enological Science 44, 86-90, 1989.
- Kast W.K. und Stark-Urnau M.: Survival of sporangia from *Plasmopara viticola*, the downy mildew of grapevine. Vitis 38 (4), 186-186, 1999.
- Müller K. und Sleumer M.: Biologische Untersuchungen über die Peronosporakrankheit des Weinstockes mit besonderer Berücksichtigung ihrer Bekämpfung nach Inkubationszeitmethode. Landwirtschaftliches Jahrbuch 79, 502-573, 1934.
- Siegfried W., Bosshard E. und Schüepp H.: Erste Erfahrungen mit Plasmopara-Warngeräten im Weinbau. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 128, 142-150, 1992.
- Flugschrift Nr. 124. Pflanzenschutzempfehlungen für den Rebbau 2001. Forschungsanstalt Wädenswil.

RÉSUMÉ

Mildiou – les bases du pronostic

Quel que soit le terroir, la méthode classique pour lutter contre le mildiou consiste à appliquer régulièrement des traitements préventifs. En divers endroits de Suisse, des essais sont entrepris depuis 1990 pour mettre en place une lutte ciblée sur la base conjuguée de données recensées par des appareils d'alerte et l'évolution épidémiologique du champignon. La précision des mesures de l'appareil d'alerte Lufft HP-100 se situe dans les tolérances exigées, sauf pour la température. L'affichage de l'infection primaire reste problématique faute de connaissances biologiques suffisantes. Une mise en réseau des appareils d'alerte ouvre de nouvelles possibilités d'accès aux données météorologiques et de pronostic par Internet.