

Statistische Beziehungen zwischen Witterungsdaten und dem Auftreten von Krankheiten und Schädlingen im Weinbaugebiet Württemberg/Deutschland

WALTER K. KAST, DIETMAR RUPP, HANNS-CHRISTOPH SCHIEFER und LOTHAR TRÄNKLE

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau
D-74189 Weinsberg, Traubenplatz 5
E-mail: Walter.Kast@lvwo.bwl.de

Langjährige Datenreihen über das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen an Reben sowie entsprechende Temperatur- und Niederschlagsdaten wurden einer Korrelations- und Regressionsanalyse unterzogen. Das Auftreten des Rebenmehltaus (Uncinula necator) scheint wesentlich von den Bedingungen (tiefste Temperatur, Niederschläge) im Winter und den Temperaturen im August des Vorjahres sowie im Juli des Bezugsjahres abzuhängen. Der Befall durch Phomopsis viticola scheint weniger von der Stärke der Vorjahresinfektionen als von den Temperaturen im Winter abzuhängen. Hohe Temperaturen im Winter und hohe Niederschläge im Mai dürften die wichtigsten Faktoren sein. Bei Botrytis cinerea (Sauerfäule) war der Befall nicht von der Niederschlagsmenge in der Reife-phase abhängig, aber deutlich von der Niederschlagsmenge im Juni. Dies deutet entweder auf eine große Bedeutung latenter Infektionen und/oder auf einen wesentlichen Einfluss der Beerengröße und der Kompaktheit der Trauben hin. Bei Peronospora (Plasmopara viticola) scheinen die Niederschläge im August ein wichtiger Faktor zu sein. Die Korrelationen deuten aber auch auf Einflüsse der Witterung im September des Vorjahres und im April hin, möglicherweise wird hier die Oosporenkeimung determiniert. Der Befall durch Kräuselmilben (Calepitrimerus vitis) scheint von der Temperatur im August, der Befall durch den Einbindigen Traubenwickler (Eupoecilia ambiguella) von der Witterung im März abzuhängen. Das Auftreten des Springwurms (Sparganothis pilleriana) wird wahrscheinlich von der Temperatur im August des Vorjahres beeinflusst.

Schlagwörter: *Plasmopara viticola, Uncinula necator, Botrytis cinerea, Phomopsis viticola, Eupoecilia ambiguella, Calepitrimerus vitis, Sparganothis pilleriana, Temperatur, Niederschlag, Korrelation.*

Statistical relations between weather data and the occurrence of pests and diseases in the viticultural area Württemberg/Germany. Many years' data about the occurrence of grapevine diseases and pests as well as corresponding temperature and rainfall data were analyzed by correlations and regressions. Powdery mildew (Uncinula necator) disease severity was correlated to winter conditions (absolute minimum of temperature and the amount of rainfall) and to the temperatures of last year's August and those of July in the relevant year. The effect of the infection intensity of the preceding year on Phomopsis viticola disease severity was small but this fungus was favoured by higher temperatures during the winter period and rainfall in May. Botrytis sour rot was not correlated to the conditions during the ripening period but significantly to the rainfall in June. This indicates for high relevance of latent infections and/or of the growth conditions of berries and the compactness of grapes. Downy mildew (Plasmopara viticola) disease severity was correlated best to the rainfall in August. Correlations indicate for effects of the conditions in September of the preceding year and in April on Oospore germination. The second generation of tortrix moth (Eupoecilia ambiguella) seems to be favoured by cool and rainy conditions in March, pyralid caterpillar (Sparganothis pilleriana) by cooler conditions and grape rust mite (Calepitrimerus vitis) by warmer conditions in August of the preceding year.

Key words: *Plasmopara viticola, Uncinula necator, Botrytis cinerea, Phomopsis viticola, Eupoecilia ambiguella, Calepitrimerus vitis, Sparganothis pilleriana, temperature, rainfall, correlation.*

*Relations statistiques entre les données météorologiques et l'apparition de maladies et de parasites dans la région viticole du Wurtemberg/Allemagne. Des données sur l'apparition de maladies et de parasites de la vigne recueillies au cours de plusieurs années ainsi que des données relatives aux températures et aux précipitations ont fait l'objet d'une analyse de corrélation et de régression. L'apparition de l'oidium (*Uncinula necator*) semble dépendre dans une large mesure des conditions (température la plus basse, précipitations) en hiver et des températures au mois d'août de l'année précédente ainsi que des températures du mois de juillet de l'année de référence. Il semble que l'infestation par l'excoriose (*Phomopsis viticola*) dépend moins de l'intensité des infections de l'année précédente que des températures hivernales. Des températures élevées en hiver et des précipitations importantes en mai semblent être les facteurs principaux. En ce qui concerne la pourriture aigre (*Botrytis cinerea*) l'infestation n'était pas due à la quantité des précipitations pendant la véraison mais, selon toute évidence, à la quantité des précipitations en juin. Cela laisse supposer soit une grande importance des infections latentes, soit une influence essentielle de la taille des baies et de la compacité des raisins. Pour le mildiou (*Plasmopara viticola*), les précipitations du mois d'août semblent être un facteur essentiel. Cependant, les corrélations laissent également supposer une influence des conditions météorologiques du mois de septembre de l'année précédente et du mois d'avril. La germination des oospores est probablement déterminée au cours de ces mois. L'infestation par l'acariose (*Calepitrimerus vitis*) semble être dépendante de la température en août. L'apparition du cochylis (*Eupoecilia ambiguella*) semble être déterminée par la situation météorologique en mars. L'apparition de la pyrale de la vigne (*Sparganothis pilleriana*) est probablement influencée par la température au mois d'août de l'année précédente.*

Mots clés: *Plasmopara viticola, Uncinula necator, Botrytis cinerea, Phomopsis viticola, Eupoecilia ambiguella, Calepitrimerus vitis, Sparganothis pilleriana, température, précipitation, corrélation*

Lufttemperaturen und atmosphärisches Wasser spielen bei der Epidemiologie aller Krankheiten und Schädlinge der Rebe eine entscheidende Rolle. Eine sehr große Zahl von Publikationen beschreibt Ergebnisse von Laborexperimenten, bei denen unter kontrollierten Bedingungen die Einflüsse von konstanten Temperaturen und von Nässe (Niederschlag, Benetzungszeiten) sowie Luftfeuchte auf Rebkrankheiten und -schädlinge untersucht wurden. Schwierigkeiten bereitet die Übertragung solcher Labordaten auf Freilandverhältnisse u. a. dadurch, dass im Freiland keine konstanten, sondern im Tages- und Jahreslauf veränderliche Verhältnisse herrschen.

Zu der Prüfung von Hypothesen, der Verifizierung von biologischen Zusammenhängen, die unter Laborbedingungen ermittelt worden sind, kann die Berechnung statistischer Beziehungen durch Ex-Post-Datenanalysen gesammelter Freilanddaten genutzt werden. Außerdem können diese statistischen Beziehungen dazu verwendet werden, Hinweise auf bisher nicht beachtete biologische Zusammenhänge zu gewinnen. Letztendlich kann durch Berechnung von Trends (Regressionen) mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf das Verhalten eines Systems in der Zukunft geschlossen werden. Dieser Ansatz kann für die Entwicklung von Prognosemodellen genutzt werden.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Interpretierbarkeit von Ex-Post-Datenanalysen häufig zweifelhaft ist (SOKAL und ROHLF, 2003). Oft sind die biologischen

Zusammenhänge wesentlich komplexer, als sie bei unkritischer Betrachtungsweise eingeschätzt werden (KAST, 1989). Mögliche Fehler sind durch Inhomogenitätskorrelationen zu interpretieren. Eine fehlende oder nicht signifikante statistische Beziehung ist in keinem Fall ein Beleg dafür, dass die Phänomene biologisch unabhängig sind. Mögliche Ursache für eine fehlende Korrelation ist oft eine zu ungenaue Erfassung der Daten und damit zu hohe Fehlervarianz (KAST, 1989).

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, umfangreiche vorhandene Datenbestände unter Berücksichtigung dieser Probleme kritisch zu analysieren und, soweit möglich, zu den drei genannten Zwecken „Prüfung von Hypothesen“, „Gewinnung von Hinweisen für weitere Forschung“ und „Modellentwicklung“ zu nutzen.

Material und Methoden

Seit 1947 werden an der LVWO Weinsberg lückenlose Wetteraufzeichnungen geführt. Von 1947 bis 1983 wurde die Wetterstation als Klimahauptstation des Deutschen Wetterdienstes betrieben. 1987 wurde auf ein elektronisches Messsystem umgestellt, der Messpunkt blieb jedoch derselbe. Für die Auswertung standen die monatlichen Mittelwerte der Temperatur sowie die Monatssumme der Niederschläge zur Verfügung. Festgehalten war auch die tiefste gemessene Temperatur im Winter des Bezugsjahres (Periode November Vorjahr bis Februar Bezugsjahr).

Erfahrene Weinbaufachleute bewerteten seit 1953 jeweils im Oktober des Bezugsjahres das Auftreten der Krankheiten und Schädlinge auf der Gemarkung Weinsberg nach folgendem Schema:

- 0 = kein Auftreten
 1 = sehr geringes Auftreten (< 5 % Befallshäufigkeit)
 2 = gering (5 bis 10 % Befallshäufigkeit)
 3 = mittel (10 bis 25 % Befallshäufigkeit)
 4 = stark (25 bis 50 % Befallshäufigkeit)
 5 = extrem (50 % Befallshäufigkeit)

Für die Auswertung konnte das Auftreten folgender Schaderreger (= Variablen) verwendet werden:

1. Oidiumbefall von 1953 bis 2002
2. Phomopsisbefall von 1975 bis 2002
3. Botrytisbefall (Sauerfäule) von 1957 bis 2002
4. Peronosporabefall von 1953 bis 2002
5. Kräuselmilbenbefall von 1956 bis 2002
6. Traubenwicklerbefall (2. Generation) von 1955 bis 2002
7. Springwurmbefall von 1955 bis 2002

Zur Berechnung der Korrelationen und multiplen Regressionen wurde das Programm „Plabstat“ (UTZ, 1997) eingesetzt. Für die Berechnung der multiplen Regressionen wurden diejenigen Datensätze verwendet, die signifikant korreliert waren ($p < 5\%$), sowie in Einzelfällen weitere, bei denen ein biologischer Zusammenhang naheliegend war. Schrittweise wurden diejenigen Variablen ausgeschlossen, die am wenigsten zum Modell beitrugen, bis bei allen verbleibenden Variablen die Irrtumswahrscheinlichkeit $< 5\%$ betrug.

Ergebnisse und Diskussion

Analyse der Zeitreihe

Bei einzelnen Witterungsmerkmalen bestehen die aus der Klimadiskussion bekannten klaren Trends, die bei der weiteren Analyse beachtet werden müssen. Signifikant angestiegen ist die Temperatur in den Monaten Januar, März, Juni, August und vor allem im September. Das absolute Minimum ist ebenfalls tendenziell angestiegen. Vermehrte Niederschläge im März, Oktober und November stehen einer signifikanten Abnahme im August gegenüber. Die Befallsbewertung aller untersuchten Krankheiten und Schädlinge weist dagegen keinen Trend auf. Ihr Auftreten wurde auch durch die dra-

Tabelle 1:

Witterungstrend = Korrelationen zwischen den Jahren und Wetterdaten in der Periode 1953 bis 2002 in Weinsberg/Germany

Monat	Temperatur Monatsmittel	Monatliche Niederschlagssumme
Januar	0,37**	0,10 n.s.
Februar	0,26 n.s.	0,07 n.s.
März	0,29*	0,34*
April	0,26 n.s.	0,07 n.s.
Mai	0,16 n.s.	0,02 n.s.
Juni	0,35*	-0,14 n.s.
Juli	0,13 n.s.	0,14 n.s.
August	0,35*	-0,32*
September	0,68**	0,15 n.s.
Oktober	0,07 n.s.	0,28*
November	0,25 n.s.	0,31*
Dezember	0,16 n.s.	0,19 n.s.

Absolutes Temperaturminimum 0,37**

* / ** bzw. n.s.: Irrtumswahrscheinlichkeit 5 %, / 1 %, bzw. nicht signifikant

stischen Veränderungen der Bewirtschaftung der Rebflächen und durch die Entwicklung neuerer Pflanzenschutzmittel sowie neuer Technik nicht wesentlich verändert. Trotz des mehrfachen Wechsels des Beobachters ist das Bewertungsschema offensichtlich ausreichend genau, um signifikante Beziehungen zu den Witterungsdaten zu ermöglichen.

Oidium

Der Befall durch den Echten Rebenmehltau ist am deutlichsten mit den Temperaturen in der Winterphase korreliert (Tab. 2). Nach wärmeren Wintern (höhere Minimumtemperaturen, höhere Temperaturen im Januar/Februar) wurde, teilweise hochsignifikant, tendenziell mehr Mehлтаubefall festgestellt. Wie schon bei KAST (1996) beschrieben, kommt dabei neben dem unmittelbar vorangehenden Winter auch den Bedingungen des ein Jahr zurück liegenden Winters eine wichtige Bedeutung zu. Bereits HILL (1990) ist der statistische Zusammenhang zwischen den winterlichen Temperaturen und dem Oidiumbefall im Anbaugbiet Rheinhessen aufgefallen. Bisher ließ sich keine befriedigende biologische Erklärung für das Phänomen finden. Versuche zur Einwirkung tiefer Temperaturen auf von Oidium befallene Rebknospen im Labor konnten einen Einfluss auf die Überwinterung des Pilzes nicht belegen (HILL et al., 1995).

Weitere signifikante Beziehungen bestehen auch zu den Niederschlägen im Januar (Tab. 1). Nach niederschlagsreichem Januar wurde tendenziell weniger Mehлтаubefall festgestellt.

Tabelle 2:
Korrelationen zwischen dem Auftreten von Krankheiten und Schädlingen und Witterungswerten

Merkmal	N	Temperatur																							
		Vorjahr Monat Nr.						Bezugsjahr Monat Nr.																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
Oidium	49	0,25	0,40**	0,28*	0,25	0,03	0,22	0,00	0,20	0,41**	0,03	0,08	0,13	0,34*	0,20	0,17	0,37*	0,19	0,00	0,35*	0,28*	0,04	-0,03		
Phomopsis	38	-0,38*	0,01	-0,18	-0,20	-0,40*	-0,20	-0,19	-0,01	0,02	-0,12	-0,49**	0,32	-0,03	-0,44**	-0,50**	-0,23	-0,30	-0,02	-0,20	-0,14	-0,08	-0,20	0,11	-0,17
Sauerfäule	27	-0,13	-0,18	-0,23	0,11	-0,20	0,02	0,03	0,18	0,07	0,07	-0,25	0,00	0,16	-0,26	-0,07	0,23	0,07	-0,16	-0,22	-0,08	-0,03	0,01	-0,12	0,02
Peronospora	43	-0,28	0,15	0,08	-0,11	-0,33*	0,04	0,13	-0,09	0,15	0,05	-0,38**	-0,04	-0,11	-0,01	-0,22	-0,14	-0,19	-0,01	-0,25	-0,16	-0,04	-0,37*	-0,13	0,03
Kräuselmilbe	31	0,40*	-0,07	-0,10	-0,10	0,09	0,08	0,30	-0,17	0,14	0,08	0,33	-0,01	0,02	0,00	0,36*	0,02	0,31*	-0,02	0,13	-0,12	0,42*	0,51**	0,30	0,10
Traubenwickler	38	-0,18	-0,27	-0,14	-0,40**	-0,27	-0,10	-0,20	-0,23	-0,20	-0,22	0,16	-0,12	0,23	-0,24	-0,24	-0,12	-0,49**	0,29	0,03	-0,18	0,06	-0,15	0,38*	0,05
Springwurm	38	-0,13	-0,26	-0,03	-0,23	-0,17	-0,10	-0,15	0,22	-0,05	-0,51**	-0,18	-0,02	-0,01	-0,38*	-0,31	0,13	-0,10	-0,08	-0,04	0,16	-0,19	-0,37*	-0,08	0,00

Merkmal	N	Monatssummen der Niederschläge																						
		Vorjahr Monat Nr.						Bezugsjahr Monat Nr.																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
Oidium	49	-0,06	0,06	-0,01	-0,12	-0,21	-0,05	0,05	-0,25	0,16	0,08	-0,07	0,24	-0,36*	-0,20	-0,16	-0,17	-0,07	0,03	0,08	-0,10	-0,03	0,24	0,24
Phomopsis	38	0,40*	-0,05	0,04	0,08	0,28	-0,14	-0,33	0,19	0,38*	0,25	0,06	-0,33	-0,13	0,32	-0,06	-0,11	0,47**	0,08	0,20	0,07	-0,42**	-0,13	-0,13
Sauerfäule	27	-0,19	-0,18	-0,10	-0,07	-0,18	-0,17	-0,21	0,03	-0,10	-0,16	-0,04	-0,22	0,21	-0,11	-0,07	0,24	-0,18	0,40*	-0,24	0,14	0,11	0,25	0,25
Peronospora	43	0,13	-0,07	0,11	0,01	0,11	-0,05	-0,25	-0,04	-0,01	-0,19	-0,19	0,15	-0,02	-0,22	-0,16	0,33*	0,24	0,19	0,03	0,40**	0,03	-0,01	-0,01
Kräuselmilbe	31	-0,18	-0,01	-0,07	0,05	-0,20	-0,22	0,09	0,00	-0,08	0,01	0,32	-0,09	-0,01	0,11	-0,03	0,10	0,21	-0,17	-0,02	0,04	-0,06	0,11	0,11
Traubenwickler	42	0,25	0,10	0,05	-0,22	0,08	0,13	-0,16	0,28	-0,06	0,22	0,00	-0,11	0,09	-0,01	0,31*	0,05	0,18	-0,02	-0,03	-0,20	-0,12	-0,26	-0,26
Springwurm	38	0,04	0,03	0,08	-0,04	-0,10	-0,06	-0,13	0,34*	0,03	-0,27	-0,05	-0,19	-0,11	0,16	0,04	0,01	-0,17	-0,26	-0,30	0,27	-0,36*	-0,13	-0,13

N = Zahl der zur Verfügung stehenden Wertepaare, * bzw. ** = Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5% bzw. ≤ 1%

festgestellt. Dieses Merkmal ist mit keinem anderen korreliert, so dass Fehler durch Inhomogenität der Daten und parallele Trends weitgehend ausgeschlossen werden können. Eine mögliche Erklärung des Zusammenhangs lieferten HILL et al. (1995). In Untersuchungen zur Überwinterung des Mehltaus in den Knospen wurde festgestellt, dass nach 16-stündigem Tauchen von Stecklingsholz in Wasser die Zahl der mehltauinfizierten Stecklinge um 51 % reduziert war. Die Autoren vermuten deshalb, dass nasse Witterung im Winter das Überwinterungspotenzial reduziert.

Weitere Korrelationen bestehen zu den Temperaturen im Juli und August. Diese Korrelationen lassen sich relativ leicht mit den bekannten Zusammenhängen zwischen der Temperatur und der Mehltauentwicklung erklären (DELP, 1953; CHELEMI and MAROIS, 1991). Da unter mitteleuropäischen Bedingungen in der Regel die höchsten Temperaturen im Optimumsbereich des Pilzes liegen, ist eine positive Korrelation zu erwarten. Auffällig ist jedoch, dass auch eine positive, hoch signifikante Korrelation zur Temperatur im August des Vorjahres besteht (Tab. 2). Da Mehltau periodisch auftritt, können diese Korrelationen möglicherweise durch ein Zeitreihenphänomen verursacht sein. Zum Überwinterungspotenzial in den Knospen (PEARSON und GÄRTEL, 1985) dürften günstige Bedingungen im August nicht mehr beitragen, da die Besiedlung der Knospen in der Regel wesentlich früher erfolgt. Ein möglicher biologischer Zusammenhang könnte aber in einer vermehrten Bildung von Kleistothecien bei trocken-warmer Witterung im August gesehen werden. Diese Interpretation würde allerdings bedeuten, dass der Beitrag dieser Überwinterungsform zur Epidemie des Oidiumserregers im Anbaugebiet Württemberg bisher stark unterschätzt wird.

Die mit dem Auftreten von Oidium signifikant korrelierten Variablen sind teilweise auch untereinander korreliert und weisen signifikante zeitliche Trends (Korrelation mit dem Merkmal Jahre) auf (Tab. 3). Deshalb wurde mit der multiplen Regressionsmethode ein Modellansatz mit dem Faktor Jahre berechnet (Tab. 4). Zu den wichtigen Einflussfaktoren neben einem Jahrestrend zählen nach dieser Analyse die Merkmale Minimumtemperatur der beiden voran gegangenen Jahre, die Temperaturen im August des Vorjahres und des

Tabelle 3:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von Oidium korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Oidiumauftreten (0 - 5)									
2 Jahre	0,15								
3 Abs. Temp.-Min. Bezugsjahr	0,25	0,32*							
4 Abs. Temp.-Min. Vorjahr	0,40**	0,37**	-0,06						
5 Mittl. Temp. Jan. Vorjahr	0,42*	0,28*	0,15	0,56**					
6 Mittl. Temp. Feb. Vorjahr	0,28*	0,25	0,28*	0,40**	0,17				
7 Mittl. Temp. Aug. Vorjahr	0,41**	0,68**	0,22	0,60**	0,40**	0,38**			
8 Mittl. Temp. Juli Bezugsjahr	0,35*	0,35*	0,27	0,08	0,25	-0,01	0,29*		
9 Mittl. Temp. Aug. Bezugsjahr	0,28*	0,68**	0,58**	0,24	0,15	0,27	0,51**	0,48**	
10 Niederschlag Jan. Bezugsjahr	-0,36**	-0,16	-0,05	-0,07	-0,24	-0,09	-0,17	-0,10	-0,20

* bzw. **: signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 bzw. < 1 %

Juli im Bezugsjahr sowie die Niederschläge im Januar.

Phomopsis

Beim Befall durch den Phomopsispilz müssen zwei Symptomgruppen unterschieden werden. Zunächst befallt der Erreger die grünen Pflanzenteile. Die größten Schäden verursacht der Pilz in der Phase des Rebenaustriebs bis etwa 10 cm Triebblänge. Die Ausbreitung erfolgt extrem lokal. Aus diesem Grund sind nahezu ausschließlich basale Teile der Triebe im stammnahen Bereich betroffen. Zum Zeitpunkt der Bewertung für die vorliegende Untersuchung sind ausschließlich die dabei verursachten Symptome, Nekrosen und Aufplatzungen an Trieben, Blattstielen und am Stielgerüst der Trauben sowie verkrüppelte oder zerstörte Blätter vorhanden. Im Winter wächst der Erreger in der Borke und verursacht ab März zunehmende Ausbleichungen (Weißrütigkeit). In dieser Phase entwickelt sich das Befallspotenzial für das Folgejahr. Diese Symptome sind in der Befallsbewertung der vorliegenden Untersuchung nicht erfasst.

Keine Korrelation wurde für die Bewertungen aufeinander folgender Jahre gefunden. ($r = 0,04$). Diese fehlende statistische Beziehung ist zwar kein Beweis dafür, dass der Befall im Vorjahr keine Auswirkungen auf den aktuellen Befallsdruck hat. Da aber z.B. für den Niederschlag im Mai ein hoch signifikanter Zusammenhang festgestellt wurde (Tab. 2), ist eine zu hohe Fehlervarianz als alleinige Ursache auszuschließen. Deshalb ist zu vermuten, dass der Einfluss des Vorjahresbefalls zumindest in Relation zu den Witterungsfaktoren relativ unbedeutend ist.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Zusammenhänge sind die Korrelationen zur Niederschlagssumme des Monats Mai des Bezugsjahres (Tab. 2) biologisch leicht zu interpretieren: Hohe Niederschläge in diesem Zeitraum verursachen verstärkte Phomopsis-Symptome. Sowohl der erhöhte Infektionsdruck als auch das langsame Wachstum und damit die länger dauernde Phase einer geringen Distanz der hochanfalligen Triebspitze zur Sporenquelle könnten dazu beitragen. Der Phomopsisbefall ist des weiteren negativ mit dem absoluten Temperaturminimum und positiv mit den

Tabelle 4:

Ergebnisse der schrittweisen Eliminierung von Variablen im Rahmen der Berechnung multipler Regressionen bei Oidium

Variable	Regressionskoeffizient ± Standardabweichung	Standardisierter Regressionskoeffizient
y = 1 Oidiumauftreten (0 - 5)	88,938 ± 0,147	-
x = 2 Jahre	-0,046 ± 0,015	-0,44
x = 3 abs. Temperaturmin. Bezugsjahr	0,088 ± 0,036	0,27
x = 4 abs. Temperaturmin Vorjahr	0,146 ± 0,042	0,44
x = 7 Mittlere Temperatur August Vorjahr	0,289 ± 0,167	0,28
x = 8 Mittlere Temperatur Juli Bezugsjahr	0,261 ± 0,093	0,30
x = 10 Niederschlag Januar Bezugsjahr	-0,021 ± 0,006	-0,37

Bestimmtheitsmaß: 60 %

Tabelle 5:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von Phomopsis korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Phomopsisaufreten (0 - 5)	-										
2 Jahre	0,30										
3 Abs. Temp. Min. Bezugsjahr	-0,38*	0,28									
4 Mittl. Temp. März Vorjahr	-0,40*	0,16	0,12								
5 Mittl. Temp. Sept. Vorjahr	-0,49**	0,04	0,43*	0,06							
6 Mittl. Temp. Dez. Vorjahr	-0,44*	0,27	0,37*	0,14	0,43*						
7 Mittl. Temp. Jan. Bezugsjahr	-0,50**	0,14	0,76**	0,13	0,58**	0,33					
8 Niederschlag Januar Vorjahr	0,40*	0,25	-0,41*	-0,26	-0,04	-0,21	-0,45*				
9 Niederschlag Mai Vorjahr	-0,28	0,14	-0,30	-0,42*	-0,20	-0,24	-0,47**	0,33			
10 Niederschlag Sept. Vorjahr	0,38*	0,23	-0,19	-0,90	-0,37	-0,10	-0,13	0,30	0,05		
11 Niederschlag Mai Bezugsjahr	0,47**	0,03	-0,18	-0,17	-0,02	-0,27	-0,24	0,61**	0,25	0,09	
12 Niederschlag Sept. Bezugsjahr	-0,42*	0,10	0,03	0,21	0,21	0,27	0,24	0,01	-0,08	-0,20	0,12

* bzw. **: signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 bzw. < 1 %

Temperaturen im Januar (signifikant) und den Monaten Februar sowie März des Bezugsjahres und im Dezember des Vorjahres korreliert. Für diese Korrelationen könnte ein biologischer Zusammenhang zu der Entwicklung des Befallspotenzials bestehen. Höhere Temperaturen im Dezember und Januar bieten dem Pilz vermutlich bessere Möglichkeiten zum Wachstum in der Borke und damit zu einer größeren Zahl von Pykno-sporen. Diese Variablen und die Temperatur im März des Vorjahres sind untereinander korreliert, so dass im Rahmen der multiplen Regressionsrechnung bei der Variablenselektion nur das Temperaturminimum übrig bleibt (Tab. 6). Der mathematische Zusammenhang zwischen den Temperaturen im Winter legt folgende Hypothese nahe: Wärmere Bedingungen im Winter fördern den Befall durch Phomopsis. Das sich entwickelnde Potenzial (Weißrutigkeit) dürfte weitgehend unabhängig von der Stärke der vorhandenen Infektionen sein und im Wesentlichen von den winterlichen Bedingungen abhängen.

Weitere Korrelationen bestehen zu den Bedingungen im September, der Vorjahrestemperatur und dem Nie-

derschlag im Bezugsjahr. Für diese mathematischen Beziehungen bietet sich bisher keine biologische Erklärung an. Für die Vorjahrestemperatur im September kann ein Zeitreihenproblem als Ursache angenommen werden. Diese Variable ist signifikant mit biologisch erklärbaren Variablen korreliert (Tab. 5). Bei den Niederschlagssummen im September des Bezugsjahres, kurz vor der Bewertung des Befalls, bestehen solche Korrelationen nicht. Hier wäre eventuell ein Ansatzpunkt für weitere Forschungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen höheren Niederschlägen im September und niedrigeren Befallsbewertungen.

Unter Verwendung der interpretierbaren Variablen, die vor der Infektionsperiode im Mai zur Verfügung stehen, wurde dann unter der schrittweisen Eliminierung der Faktoren mit dem geringsten Beitrag folgendes Modell entwickelt:

$$\text{Phomopsisgefahr (0 - 5)} = 2,90 - 0,17 \times (T_{12} + T_1)$$

wobei T₁₂ bzw. T₁ die mittlere Temperatur im Dezember bzw. Januar sind. Das Modell hat zwar nur ein Be-

Tabelle 6:

Ergebnisse der schrittweisen Eliminierung von Variablen im Rahmen der Berechnung multipler Regressionen bei Phomopsis

Variable	Regressionskoeffizient ± Standardabweichung	Standardisierter Regressionskoeffizient
y = 1 Phomopsisaufreten (0 - 5)	-99,075 ± 0,122	-
x = 2 Jahre	0,052 ± 0,014	0,40
x = 3 absolutes Temperaturminimum	-0,068 ± 0,031	-0,28
x = 5 Mittlere Temperatur September Vorjahr	-0,199 ± 0,093	-0,26
x = 11 Niederschlag Mai Bezugsjahr	0,012 ± 0,003	0,41
x = 12 Niederschlag September Bezugsjahr	-0,019 ± 0,004	-0,50

Bestimmtheitsmaß 75 %

Tabelle 7:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von *Peronospora* korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5	6
1 Peronosporaaufreten (0 - 5)						
2 Jahre	-0,20					
3 Mittlere Temperatur März Vorjahr	-0,33*	0,29				
4 Mittlere Temperatur September Vorjahr	-0,38*	0,09	0,05			
5 Mittlere Temperatur August Bezugsjahr	-0,37*	0,71**	0,36*	0,18		
6 Niederschlag April Bezugsjahr	0,33*	-0,12	-0,11	-0,02	0,16	
7 Niederschlag August Bezugsjahr	0,40**	-0,45**	-0,10	-0,17	0,58**	0,04

* bzw. **: signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 bzw. < 1 %

stimmtheitsmaß von 29 %. Dieser Wert ist aber höher als der Einfluss der Niederschläge im Mai (Bestimmtheitsmaß 16 %).

Botrytis (Sauerfäule)

Für Sauerfäule lagen Bewertungen von 28 Jahren vor. Lediglich eine signifikante Korrelation wurde gefunden. Die Niederschlagssumme im Juni, dem Monat, in dem im Wesentlichen die Reblüte abläuft, ist positiv mit dem Befall durch Sauerfäule korreliert ($r = 0,40^*$). Es ist bekannt, dass der Botrytiserreger latente Infektionen bereits während der Blüte setzen kann, die häufig von abgestorbenen Blütenteilen ausgehen (McCLELLAN und HEWITT, 1973; JARVIS, 1977; PEZET und PONT, 1986). Diese Infektionen werden zunächst durch Bildung von Korkzellen abgewehrt und kommen erst bei reifen Trauben und feuchter Witterung wieder zum Ausbruch. Eine wichtige Rolle spielen in der Reifephase Spannungen in den Trauben, die zu Rissen führen, insbesondere bei kompakten Traubensorten. Gute Wasserversorgung in der Phase des Beerenwachstums führt zu größeren Beeren und kompakteren Trauben (EIBACH, 1981). Diese sind wesentlich anfälliger für frühe Fäulnis (= Sauerfäule), insbesondere auch weil in diesem Fall durch Spannungen Risse am Beerenansatz

entstehen können, wo in der Regel auch die latenten Infektionen zu finden sind.

Die Fehlervarianz aller Niederschlagsdaten ist dieselbe. Die geringen, nicht signifikanten Korrelationen der Niederschlagsmessungen während der Reifephase (September, Oktober) bei gleichzeitiger Signifikanz der Werte des Blütezeitraums deuten deshalb darauf hin, dass die Bedeutung dieser frühen Infektionen bisher eher unterschätzt wurde. Hohe Niederschläge im Juni fördern vermutlich entweder die latenten Infektionen oder vergrößern die Botrytisgefahr über das verstärkte Wachstum der Beeren. Möglicherweise spielen beide Faktoren zusammen.

Peronospora

Durch Untersuchungen zur Genetik der Population des Erregers *Plasmopara viticola* haben sich die Vorstellungen über den Lebenszyklus dieses Pilzes deutlich verändert (GESSLER et al., 2003). Ursprünglich ging man allgemein von einer geringeren Zahl bodenbürtiger - von Oosporen ausgehenden - Infektionen und einer nachfolgenden ungeschlechtlichen Ausbreitung aus. Die genetische Analyse der Peronosporapopulationen zeigte jedoch, dass die Ölflecken eine große genetische Variabilität aufweisen (SEIDEL et al., 1998) und demnach die Sekundärausbreitung eine bedeutend geringere Rolle spielen

Tabelle 8:

Ergebnisse der schrittweisen Eliminierung von Variablen im Rahmen der Berechnung multipler Regressionen bei *Peronospora*

Variable	Regressionskoeffizient ± Standardabweichung	Standardisierter Regressionskoeffizient
y = 1 Peronosporaaufreten (0 - 5)	6,157 ± 0,174	-
x = 3 Mittlere Temperatur März Vorjahr	-0,160 ± 0,077	-0,26
x = 4 Mittlere Temperatur September Vorjahr	-0,291 ± 0,117	-0,31
x = 6 Niederschlag April Bezugsjahr	-0,014 ± 0,006	0,28
x = 7 Niederschlag August Bezugsjahr	-0,013 ± 0,005	0,32

Bestimmtheitsmaß 75 %

Tabelle 9:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von Kräuselmilben korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5
1 Auftreten von Kräuselmilben (0 - 5)					
2 Jahre	0,27				
3 absolutes Temperaturminimum Bezugsjahr	0,40*	0,47**			
4 Mittlere Temperatur Januar Bezugsjahr	0,36*	0,40*	0,67**		
5 Mittlere Temperatur Juli Bezugsjahr	0,42*	0,34	0,36	0,16	
6 Mittlere Temperatur August Bezugsjahr	0,51**	0,77**	0,63**	0,45*	0,57**

* bzw. **: signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 bzw. < 1 %

muss als bisher angenommen (GESSLER et al., 2003).

Die Weinsberger Peronospora-Befallsbewertungen waren hoch signifikant positiv korreliert mit den Niederschlägen im August und negativ mit den Temperaturen (Tab. 2). Da diese beiden Witterungsdaten untereinander eng korreliert sind (Tab. 7), entfällt der Faktor Temperatur bei der Variablenselektion im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse (Tab. 8). Da die Niederschlagsmenge für oosporenbürtige Infektionen eine größere Bedeutung hat als für die Bildung von Sekundärsporangien, bei der hohe Luftfeuchte oder Tau bereits ausreichend ist, wäre eine solche Korrelation eher im Zeitraum Mai und Juni zu erwarten, in dem Oosporen keimbereit sind. Die enge Korrelation in den Niederschlägen im August unterstützt möglicherweise die Hypothese über „Sporangien-Ferntransport mit niederschlagsreichen Wetterfronten“ (KAST, 1997; KAST und BOROWKA, 2000). In dieser Untersuchung wurde ein großer Teil der außerhalb der Rebfläche nachgewiesenen Sporangien im August im Zusammenhang mit Niederschlägen gefunden, auch in Phasen, in denen vor Ort keine Sporulation stattgefunden haben dürfte.

Weitere signifikante Korrelationen wurden zu den Niederschlägen im April des Bezugsjahres (positiv) und zum März des Vorjahres (negativ) gefunden. Die Niederschlagsmenge im April fördert vermutlich die Keimung der Oosporen, da gut durchfeuchtete Böden für

diesen biologischen Prozess eine wesentliche Voraussetzung darstellen. Ob bereits im März und im September des Vorjahres ein Einfluss der Temperaturen auf das Keimverhalten der Oosporen möglich ist, könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Aus den vorhandenen Daten lässt sich folgendes Modell aus den zu Beginn der Saison zur Verfügung stehenden Daten errechnen:

Peronosporagefahr (0-5) =

7,84 - 0,18 x Temperatur im März des Vorjahres

- 0,34 x Temperatur im September des Vorjahres

+ 0,14 x Niederschläge im April des Bezugsjahres

Das Modell hat zwar ein Bestimmtheitsmaß von 33 %; seine Nutzung ist jedoch wegen der fehlenden biologischen Erklärung für die Einflüsse von Temperaturen zusätzlich fehlerbehaftet.

Kräuselmilben

Kräuselmilben verursachen Schäden hauptsächlich in zwei Perioden, während des Rebenaustriebs durch verkrüppelte und gestauchte Triebe und im August durch Berostungen und sternförmige Aufhellungen an den Geiztriebblättern (KAST, 1992; REES und SCHRUF, 1994). In dem analysierten Datensatz war der Kräuselmilbenbefall positiv korreliert mit dem absoluten Temperaturminimum und den Temperaturen im Januar, Juli und

Tabelle 10:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von Traubenwickler korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5
1 Traubenwicklerbefall (0 - 5)					
2 Jahre	-0,18				
3 Mittlere Temperatur Februar Vorjahr	-0,40**	0,25			
4 Mittlere Temperatur März Bezugsjahr	-0,49**	0,32*	0,42**		
5 Mittlere Temperatur September Bezugsjahr	0,38*	0,02	-0,03	0,14	
6 Niederschlag März Bezugsjahr	0,30*	0,16	0,06	0,12	0,00

Tabelle 11:

Ergebnisse der schrittweisen Eliminierung von Variablen im Rahmen der Berechnung multipler Regressionen bei Traubenwickler

Variable	Regressionskoeffizient	Standardisierter Regressionskoeffizient
y = 1 Traubenwicklerbefall (0 - 5)	-1,929 ± 0,128	-
x = 4 Mittlere Temperatur März Bezugsjahr	-0,310 ± 0,058	-0,59
x = 5 Mittlere Temperatur September Bezugsjahr	0,347 ± 0,089	0,43
x = 6 Niederschlag März Bezugsjahr	0,013 ± 0,004	0,34

Bestimmtheitsmaß 55 %

August (Tab. 9). Alle diese Temperaturvariablen sind untereinander eng korreliert, sie steigen im Auswertungszeitraum signifikant an. Bei der Variablenselektion im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse scheiden alle Variablen bis auf das Temperaturmittel im August aus. Ein wesentlicher Einfluss der Bedingungen im Januar bei der tiefsten Temperatur ist deshalb eher unwahrscheinlich.

Die enge Korrelation zwischen den Befallsbewertungen und den Temperaturen muss auch unter dem Aspekt betrachtet werden, dass die Schäden im August dem Bewerter eher in Erinnerung sind als die Schäden beim Austrieb. Möglicherweise werden die Blattbewertungen, die insbesondere bei Trockenheit sichtbar werden (KAST, 1992), bei der Bewertung übermäßig beachtet.

Traubenwickler

Die Befallswerte beim Einbindigen Traubenwickler (2. Generation) waren hoch signifikant negativ korreliert mit der Durchschnittstemperatur im März und auch signifikant mit den Niederschlägen desselben Monats (positiv) (Tab. 2). Alleine diese beiden Variablen erklären einen großen Teil der Variabilität der Befallsdaten (Bestimmtheitsmaß: 38 %). Bei der Variablenselektion im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse

ergeben sich für diese beiden Variablen hohe standardisierte Regressionskoeffizienten (Tab. 10). Dies könnte darauf hindeuten, dass hier eine entscheidende Phase für die Population des Traubenwicklers liegt. Feuchtkalte Bedingungen scheinen in dieser Periode positiv für den Schädling zu sein. In diesem Punkt dürften gezielte Untersuchungen sinnvoll sein. Eine weitere, hoch signifikant korrelierte Variable ist die Temperatur im Februar des Vorjahres. Diese Variable ist aber eng korreliert mit den Temperaturen im März und scheidet im Rahmen der Variablenselektion bei der multiplen Regressionsanalyse aus (Tab. 11). Hier ist am ehesten ein Zeitreihenproblem als Ursache denkbar.

Eine weitere positive Korrelation wurde zu den Temperaturmittelwerten im Monat September berechnet. Hier ist ein biologischer Zusammenhang aber unwahrscheinlich, da der Schaderreger sich in diesem Zeitraum bereits weitgehend in der Diapause befindet. Eine dritte Generation wurde bei *Eupoecilia ambiguella* in Württemberg bisher nicht beobachtet.

Springwurm

Der Befall durch Springwurm war am engsten (negativ) korreliert mit der mittleren Temperatur im August des Vorjahres (Tab. 10): Weitere Temperaturvariablen (De-

Tabelle 12:

Korrelationen zwischen den mit dem Auftreten von Springwurm korrelierten Witterungsfaktoren im für die Berechnungen verwendeten Datensatz

Variable	1	2	3	4	5	6
1 Springwurmbefall (0 - 5)						
2 Jahre	-0,49**					
3 Mittlere Temperatur August Vorjahr	-0,51**	0,63**				
4 Mittlere Temperatur Dezember Vorjahr	-0,36*	0,22	0,19			
5 Mittlere Temperatur August Bezugsjahr	-0,37*	0,67**	0,43**	0,19		
6 Niederschlag August Vorjahr	0,34*	-0,35*	-0,56**	-0,16	-0,12	
7 Niederschlag September Bezugsjahr	-0,36*	0,34*	0,42**	0,25	0,10	-0,15

* bzw. **: signifikant, Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 bzw. < 1 %

zember Vorjahr, August Bezugsjahr und die Niederschläge im August des Vorjahres und September des Bezugsjahres) weisen ebenfalls signifikante Korrelationen auf. Diese sind jedoch alle mit der Temperatur im August des Vorjahres korreliert. Alle genannten Variablen sind mit der Variablen „Jahre“ korreliert. Bei der Variablen-selektion im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse bleibt diese Variable deshalb als einzige signifikant. Ein Zeitreihenproblem kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Die einzige Untersuchung über Einflüsse von Temperaturen auf den Springwurmwickler befasst sich mit Auswirkungen auf die Diapause (RUSS, 1969). Höhere Temperaturen während der Embryonalentwicklung führen nach dieser Untersuchung zu besserer Widerstandsfähigkeit der Larven gegen tiefe Temperaturen im Winter. RUSS (1969) weist jedoch darauf hin, dass bei höheren Temperaturen die Überlebenschancen der Jungraupen geringer werden, da sie ja diese Phase ohne Nahrungsaufnahme überleben müssen. Die vorliegenden Daten unterstützen diese Aussage.

Literatur

- CHELLEMI, D.Q. and MAROIS, J.J. 1991: Sporulation of *Uncinula necator* on grape leaves as influenced by temperature and cultivar. *Phytopathology* 81: 197-201
- DELP, C. (1953): Some environmental factors which influence the development of grape powdery mildew fungus, *Uncinula necator* (Schw.). Burr. - Ph. D. Thesis, University of California, Davis/USA, 1953
- EIBACH, R. (1981): Die Beziehung zwischen Gaswechsel, Ertrag und Mostqualität der Rebe bei unterschiedlicher Wasserversorgung. - Diss. Univ. Hohenheim, 1981
- GESLER, C., RUMBOU, A., GOBBIN, D., LOSKILL, B., PERTOT, I., RAYNAL, M. and JERMINI, M. 2003: A change in our conception of lifecycle of *Plasmopara viticola*. Oosporic infections versus asexual reproduction in epidemics. *Bulletin OILB/Srop* 26(8): 13-16
- HILL, G.K. 1990: The influence of annual weather patterns on epidemics of *Uncinula necator* in Rheinhessen. *WeinWiss.* 45: 43-46
- HILL, G.K., SPIES, S. and HERRMANN, J. (1995): The influence of external factors on the survival rate of the mycelium of *Uncinula necator* in infected buds. IOBC Working Group „Integrated Control in Viticulture“, Freiburg, 7.-10. 3. 1995
- JARVIS, W.R. 1977: *Botryotinia* and *Botrytis* species: taxonomy, physiology and pathogenicity. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa Monograph No. 15: 9-10
- KAST, W.K. 1990: Kleines Lexikon der biometrischen Fachbegriffe für Leser von Versuchsberichten. *Dt. Weinbau-Jb.* 41: 161-163
- KAST, W.K. 1992: Kräuselmilbenbekämpfung : Auswirkungen auf Ertrag und Qualität. *Rebe und Wein* 45(3): 96.
- KAST, W.K. 1997: Oidium - aus der Vergangenheit die Zukunft vorhersagen. *Dt. Weinbau-Jb.* 48: 133-138
- KAST, W.K. 1998: Untersuchungen zur Sporangienausbreitung beim Peronosporaerreger *Plasmopara viticola*. *Dt. Weinbau-Jb.* 49: 195-200
- KAST, W.K. and BOROWKA, R. (2000): Investigations on the dispersal of downy mildew sporangia (*Plasmopara viticola*. Berl. & de Toni). In: MAGAREY, P.A., TSCHIRPIG, K.L., EMMETT, R.W., CLARK, K. and MAGAREY, R. (Eds.): Third Int. Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew. South Austral. Res. Develop. Inst. Series Rep. 50: 45-46
- McCLELLAN, W.D. and HEWITT, W.B. 1973: Early Botrytis rot of grapes : time of infection and latency of *Botrytis cinerea* Pers. in *Vitis vinifera* L. *Phytopathology* 63: 1151-1157
- PEARSON, R.C. and GAERTEL, W. 1985: Occurrence of hyphae of *Uncinula necator* in buds of grapevine. *Plant Disease* 69: 149-151
- PEZET, R. et PONT, V. 1986: Infection florale et latence de *Botrytis cinerea* dans les grappes de *Vitis vinifera* (var. Gamay). *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 18: 317-322
- REES, P. and SCHRUFF, G. 1994: Influence of leaf-rusting by the grapevine rust mite (*Calepitrimerus vitis* (Nal.)) on the content of chlorophyll and on the photosynthesis. *WeinWiss.* 49(4): 168-169
- RUSS, K. 1969: Untersuchungen über die Wirkung verschieden hoher Temperaturen auf die Manifestation der Diapause des Springwurmwicklers (*Sparganothis pilleriana* Schiff.) (Lepidoptera, Tortricidae). *Pflanzenschutzber.* (Wien) 39(7/8): 101-16
- SEIDEL, M., GEMMICH, A.R., HERMANN, J.V., HILL, G.K., KAST, W.K. and LORENZ, D. (1998): Studies on the genetic variability of *Plasmopara viticola* by RAPD. In: MAGAREY, P.A., TSCHIRPIG, K.L., EMMETT, R.W., CLARK, K. and MAGAREY, R. (Eds.): Third Int. Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew. South Austral. Res. Develop. Inst. Series Rep. 50: 92-94
- SOKAL, R.R. and ROHLF, F.J. (2003): *Biometry : the principles and practice of statistics in biological research.* - New York: Freeman, 2003
- UTZ, H.F. (1997): *Plabstat. Ein Computerprogramm zur statistischen Analyse von pflanzenzüchterischen Experimenten. Version 2N.* Institut für Pflanzenzüchtung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim. - Stuttgart, 1997

Manuskript eingelangt am 18. August 2004