

Nicht-invasive Messtechniken im Weinbau

Sobald stressbedingte oder durch Schaderreger ausgelöste Symptome an der Pflanze sichtbar werden, ist es für einen vorbeugenden Schutz meist zu spät. Nur bei frühzeitiger Diagnose können Kulturmassnahmen eingeleitet werden, die qualitative und wirtschaftliche Einbussen vermeiden helfen. Der derzeitige Stand der berührungsfreien (nicht-invasiven) Messung, insbesondere die wärmebildgebende Thermografie und die Fluoreszenz, ermöglicht eine solche Früherkennung. Diese Technologien können zur Bewässerungssteuerung herangezogen werden oder auch den phytosanitären Gesundheitszustand eines Pflanzenbestands bildlich darstellen.

MANFRED STOLL, BEATE BERKELMANN-LÖHNERTZ,
HANS-PETER SCHWARZ, MATTHIAS FRIEDEL UND
SUSANNE TITTMANN, FORSCHUNGSANSTALT GEISENHEIM (D)
manfred.stoll@fa-gm.de

Die weltweite Verknappung bei den Ressourcen Wasser und Energie sowie die damit einhergehenden deutlichen Preiserhöhungen führten in jüngster Zeit zu einem verstärkten wirtschaftlichen Interesse besonders an der Einführung Wasser sparender Bewässerungssysteme. Wissenschaftliche Arbeiten kamen zudem zum Schluss, dass in obst- und weinbaulichen Kulturen das Auftreten eines mässigen Wassermangels zur Reduktion des vegetativen Wachstums und sogar einer Verbesserung der Kohlenhydratverteilung führen kann.

Ebenso muss die zunehmende öffentliche Diskussion über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln als Faktor angesehen werden, der den Bedarf an exakten Krankheitsprognosen vorantreibt. Es hat sich gezeigt, dass Änderungen des physiologischen Zustands einer Pflanze schon lange vor dem Ausbruch einer Krankheit erkennbar sind. Anhand dieser Indikatoren können bereits vor dem Auftreten der Symptome Rückschlüsse auf

einen bevorstehenden Krankheitsausbruch gezogen werden (Chaerle und van der Straeten 2001). In der praktischen Anwendung kann dies dazu benutzt werden, Pflanzenschutzmassnahmen effizienter zu gestalten und Epidemien vorzubeugen.

Die Messgrössen

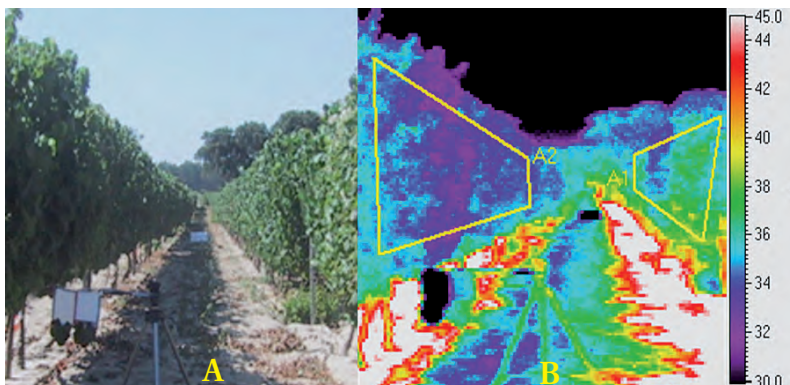
Aufgrund der komplexen Zusammenhänge lässt sich der Zustand einer Pflanze nicht anhand einer einzigen Messgrösse, eines Bodenwasser- oder Umgebungsparameters erfassen, sondern es ist ein genaues Abwägen der spezifischen Messtechniken oder gar eine Kombination verschiedener Möglichkeiten erforderlich.

Allen berührungslosen Messtechniken gemeinsam ist die Nutzung elektromagnetischer Strahlung. Während das menschliche Auge nur einen sehr engen Wellenbereich im sichtbaren Spektrum wahrnimmt, können Detektoren auch im kurzwelligen UV- oder im langwelligen Bereich (Infrarot oder Mikrowelle) Signale aufnehmen. Da diese Verfahren berührungslos arbeiten, beeinflussen sie das System Pflanze/Umgebung nicht. Des Weiteren arbeiten diese Techniken «bildgebend». So können sie auch grössere Bereiche erfassen. Die Messserien basieren nicht auf sehr zeitintensiven Punktmessungen und erlauben dadurch, aussagekräftige Zeitverläufe in der Entwicklung des Rebbestands zu erfassen.

Distanz nicht problemlos

Die Aussagekraft der Messungen hängt allerdings von zahlreichen Faktoren ab, die sich aus der Entfernung zur Zielfläche (Satellit, Luftaufnahme, bodenbürtige Aufnahme) oder den sich ändernden Umgebungsbedingungen ergeben. Auch sind – trotz zunehmendem Fortschritt hinsichtlich Auflösung und Aufnahmefrequenz – insbesondere im Weinbau Luft- oder Satellitenaufnahmen

Abb. 1: Fotografi-sche (A) und Wärmebild-Aufnahme (B) einer Rebzeile zur Bestimmung der Transpirations-rate eines Rebbestands.



Grenzen gesetzt, da aufgrund der Entfernung sowie der Reihenkultur nur ein kleiner, oberer Teil der Laubwand erfasst wird, während der wichtige Bereich der Traubenzone unberücksichtigt bleibt. Dies wird wohl auch in Zukunft eine bodennahe, traktormontierte Datenerfassung beziehungsweise Messungen «von Hand» erforderlich machen. Durch Kombination verschiedener Messtechniken können wichtige Informationen über qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe zusammenkommen, was den räumlichen Unterschieden entsprechende, präzise Anbaumassnahmen ermöglicht.

Infrarot-Thermografie

In den pflanzenbaulichen Forschungsbereich der Infrarot-Thermografie-Anwendung fallen ökophysiologische, phytopathologische und ökologische Fragestellungen. Bei der Regulierung des Wasserhaushalts spielen Spaltöffnungen an der Blattunterseite der Rebenblätter eine wichtige Rolle. Über ihren Öffnungszustand wird sowohl die Aufnahme des für die Assimilation notwendigen Kohlendioxids als auch die für den Nährstofftransport wichtige Wasserabgabe reguliert. Die Reduktion der Spaltöffnungsweite erhöht den Grenz Widerstand und limitiert den Gasaustausch mit der Atmosphäre. Dies hat eine Änderung der Blatttemperatur zur Folge. Diese Information kann zur Beurteilung des Wasserhaushalts und damit zur Bewässerungssteuerung herangezogen werden (Abb. 1; Jones et al. 2002, Jones et al. 2009).

Die Früherkennung von Krankheiten stellt andere Anforderungen an die Untersuchungs- und Auswertungsmethoden. Unsere Arbeiten konzentrieren sich auf *Plasmopara viticola*, den Erreger des Falschen Mehltaus, der bei Reben sowohl Blätter als auch Trauben befällt. Die durch die Spaltöffnungen der Blätter eindringenden Pilzhyphen (Abb. 2) beeinflussen ebenfalls die Wasserabgabe und dadurch, lokal begrenzt, die Blatttemperatur. Die Ergebnisse zeigen, dass Infektionen mit *Plasmopara viticola* zu Unregelmässigkeiten in der Oberflächentemperatur führen, anhand derer bereits lange vor Ablauf der Inkubationszeit und damit vor dem Auftreten von Symptomen ein Befall festgestellt werden kann (Stoll et al. 2008 a).

Bedarfsgerechter Pflanzenschutzmitteleinsatz als Ziel

Obwohl dem vorbeugenden Schutz gegen Krankheiten und ihrer Früherkennung ein immer höherer Stellenwert zuteil wird, gehört der Rebbau nach wie vor zu den Landwirtschaftszweigen mit häufigen Fungizidanwendungen. Es ist deshalb ein dringendes Anliegen, die fachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und ihre ökologische Effizienz durch möglichst zielgerichtete Applikation weiter zu verbessern. Auch der Weinbau muss sich der Herausforderung einer zunehmend eingeschränkten Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln stellen (EU-Pflanzenschutzverordnung). Der strikt bedarfsorientierte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln könnte hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten. Es gibt Möglichkeiten zur Verwendung der Wärmebildtechnologie in diesem Gebiet (Abb. 3; Stoll et al. 2008 b).

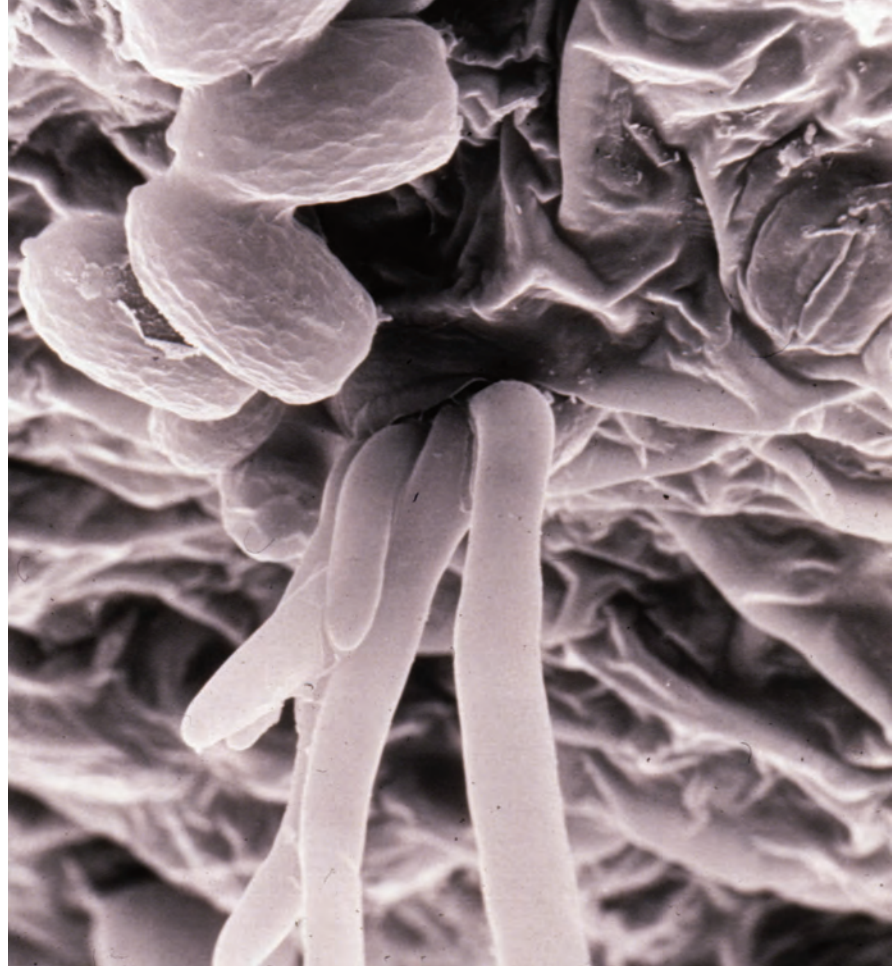


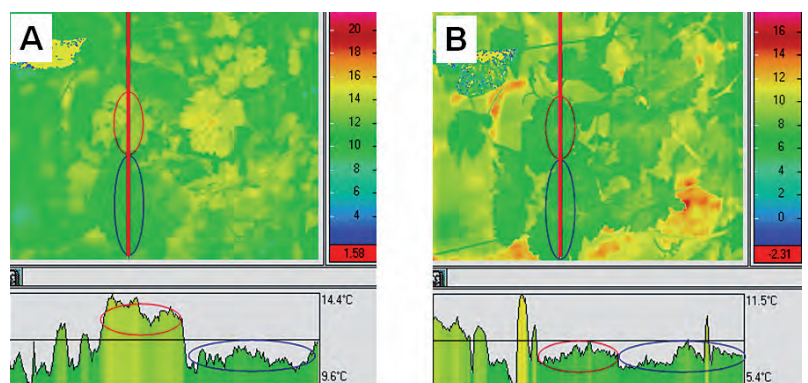
Abb. 2: Austretendes Myzel des Falschen Mehltaus verstopft eine Spaltöffnung auf der Unterseite eines Rebenblatts. (Foto: ZVG SZOW)

Fluoreszenz

Mittels Fluoreszenzmessung können die Fotosynthesevorgänge am lebenden Blatt verfolgt und auch durch UV-Strahlung induzierte Veränderungen der Polyphenolgehalte im Blatt- oder Fruchtgewebe erfasst werden. Das Messprinzip beruht darauf, dass nur ein Teil des eingestrahlichten Lichts für die Fotosynthese verwendet werden kann, während die restliche Energie in Form von Wärme oder Chlorophyllfluoreszenz abstrahlt und so «verloren geht». Stressbedingungen wirken sich negativ auf die Effizienz der fotosynthetischen Elektronentransportkette aus, was zu stärkerer Fluoreszenz führt. Durch zusätzliche sättigende Lichtimpulse lassen sich über die Kinetik des Elektronentransports sowohl Rückschlüsse auf die Fotosynthese ziehen, als auch auf Veränderungen in den epidermalen Zellschichten oder bei den Inhaltsstoffen nachweisen (Pfündel et al. 2006).

Abb. 3: Qualitative Bestimmung der Pflanzenschutzapplikation zur exakten Abgrenzung der Zielfläche.

A: vor der Applikation mit Variation der Blatttemperatur; B: nach der Applikation.



Im Weinbau wurden Untersuchungen der Chlorophyllfluoreszenz bereits dazu verwendet, den Reifegrad in Trauben weisser Rebsorten zu bestimmen (Kolb et al. 2006). Weiter besitzt die Methode das Potenzial, Stressreaktionen zu erkennen (Anhalt et al. 2010) oder Entwicklungen im Verlauf der Anthocyanbildung bei der Traubenreife zu erfassen. So lassen sich Weinberge kartieren und damit vor der Lese Aussagen über Qualitätsunterschiede innerhalb der Parzelle treffen (Agati et al. 2008).

Fazit

Durch Kombination verschiedener Techniken und der Erfassung von Wellenlängenbereichen ausserhalb des sichtbaren Spektrums können Informationen über den physiologischen Zustand der Reben sowie ihrer qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe zugänglich gemacht werden. Dies wird in Zukunft dazu beitragen, im Rebberg räumliche Unterschiede und stressbedingte Reaktionen der Pflanzen frühzeitig zu erkennen und so den Forderungen nach einer höheren ökologischen Präzision im Anbau nachzukommen. ■

Literatur

- Agati G., Traversi M.L. and Z.G. Cerovic: Chlorophyll Fluorescence Imaging for the non-invasive assessment of anthocyanins in whole grape (*Vitis vinifera* L.) bunches. *Photochem. and Photo-biol.* 84, 1431–1434, 2008.
- Anhalt U.C.M., Schoedl K. und A. Forneck: Rieslingklone zeigen Variabilität in der UV-B Stressresistenz. In: *Das Deutsche Weinbaujahrbuch* (Schultz H.R. und Stoll M., Eds.). Ulmer, Stuttgart, 2010.
- Chaele L. and van der Straeten D.: Seeing is believing: imaging techniques to monitor plant health. *Biochim. Biophys. Acta (BBA) – Gene Structure and Expression* 1519 (3), 153–166, 2001.
- Jones H.G., Serraj R., Loveys B.R., Xiong L., Wheaton A. and A.H. Price: Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *J. Func. Plant Biol.* 36, 978–989, 2009.
- Jones H.G., Stoll M., Santos T., de Sousa C., Chaves M.M. and Grant O.M.: Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *J. Exptl. Bot.* 53 (378), 2249–2260, 2002.
- Kolb C.A., Wirth E., Kaiser W.M., Meister A., Riederer M. and Pfuendel E.E.: Non-invasive evaluation of the degree of ripeness in grape berries (*Vitis vinifera* L. cv. Bacchus and Silvaner) by Chlorophyll Fluorescence. *J. Agric. Food Chem.* 54, 299–305, 2006.
- Pfündel E.E., Agati G. and Cerovic Z.G.: Optical Properties of Plant Surfaces. In: Riederer M. and Müller C. (eds.): *Biology of the Plant Cuticle*. Ann. Plant Rev., Vol. 23. Blackwell Publishing, Oxford, 2006.
- Stoll M., Schultz H.R. and Berkelmann-Loehnertz B.: Exploring the sensitivity of thermal imaging for *Plasmopara viticola* pathogen detection in grapevines under different water status. *J. Funct. Plant Biol.* 35, 281–288, 2008 a.
- Stoll M., Schultz H.R., Baecker G. and Berkelmann-Loehnertz B.: Early pathogen detection under different water status and the assessment of spray application in vineyards through the use of thermal imagery. *Precision Agriculture* 9 (6), 407–417, 2008 b.

Techniques de mesure non-invasives dans la viticulture

R É S U M É

Le dépistage précoce de symptômes de stress dans le vignoble est un prérequis pour pouvoir déclencher à temps des mesures adéquates en réponse à un signal physiologique (stress de la sécheresse) ou d'origine pathogène (infections par des champignons). Le dépistage revêt aussi une importance grandissante dans une perspective de gestion de ressources de plus en plus coûteuses comme l'eau (et l'énergie), mais aussi dans l'intérêt d'une utilisation ciblée des fongicides dans la viticulture que réclame une collectivité soucieuse de l'environnement. La thermographie infrarouge et la

spectroscopie de fluorescence, deux méthodes encore en développement, sont aujourd'hui des pistes privilégiées pour la mesure non-invasive (sans contact) de tels paramètres de stress, en partie même à grande distance. Le (télé-)dépistage consiste encore pour l'essentiel à interpréter par l'imagerie la température du feuillage ou la fluorescence de la chlorophylle. Les deux approches livrent des enseignements sur l'état hydrique de la vigne ou des déroulements de la photosynthèse dus au stress et permettent aussi d'augurer la présence de composants spécifiques.