IVES Technical Reviews
rebe & wein

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2023.7514

Die ungewisse Entwicklung des Risikos von Frühjahrsfrösten in Weinbergen des 21. Jahrhundert

Benjamin Bois[1,2], Catinca Gavrilescu[1], Sébastien Zito[3] Yves Richard[1], Thierry Castel[1]

[1] Biogéosciences UMR 6282 CNRS uB, Université Bourgogne-Franche-Comté, 6 Boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France
[2] IUVV, Université Bourgogne-Franche-Comté, 2 rue Claude Ladrey, 21000 Dijon, France
[3] EGFV, Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France

Aufgrund des Klimawandels führen die milderen Winter des 21. Jahrhunderts zu einem früheren Austrieb der Reben, was das Risiko von Schäden durch Frühjahrsfröste erhöht. Die Vorhersagen von diesen Frösten sind allerdings mit hoher Unsicherheit behaftet. Hier stellen wir noch einmal die Faktoren vor, die für die Bewertung des Risikos von Frostschäden wichtig sind. Des Weiteren diskutieren wir die Grenzen von Simulationen, welche auf Studien in der Weinbauregion Chablis (Burgund, Frankreich) basieren.

Risikofaktoren

Frühjahrsfröste richten Schäden an Reben an, wenn die folgenden zwei Bedingungen erfüllt sind: es herrschen Minustemperaturen und es handelt sich um eine frostempfindliche Pflanze, wodurch diese verwundbar wird. Diese Verwundbarkeit der Rebe ist dynamisch. Sie hängt von den Temperaturen der vorangegangenen Tage ab, an die sich die Pflanze anpasst. Insbesondere während der vegetativen Ruhezeit ist die Rebe, dank einer höheren Konzentration an löslichen Zuckern in den ruhenden Knospen und den leitenden Gefäßen, relativ frostresisten[1]. Zu Beginn des Herbstes widerstehen die latenten Knospen Temperaturen in der Größenordnung von -10 °C, und in der Mitte des Winters sogar bis zu -25 °C (Abbildung 1a). Danach nimmt die Kälteresistenz langsam ab und erreicht kurz vor Knospenbruch -5 °C (Abbildung 1b). Junge Rebtriebe vertragen allerdings nur Temperaturen bis maximal -2 °C[6].

Im Winter bis zum Knospenbruch erhöht Feuchtigkeit auf den Knospen - durch Regen, geschmolzenen Schnee oder hohe Luftfeuchtigkeit - deren Frostempfindlichkeit um 3 bis 4 °C (Abbildung 1b)[2]. Dadurch kann den Trieben kurz nach Knospenaufbruch (BBCH-Stadium 09) unter feuchten Bedingungen und bei einer Temperatur von -3 °C schwerer Schaden zugefügt werden, während die Folgen unter trockenen Bedingungen vernachlässigbar sind.

Sehr klimaempfindliche Modelle führen zu widersprüchlichen Ergebnissen

Um die unterschiedliche Frostempfindlichkeit im Laufe der Zeit, je nach phänologischem Stadium und je nachdem wie oft die Knospen feucht oder trocken sind, zu simulieren, haben wir ein dynamisches Modell (FergSec) entwickelt. Dieses Modell ist an der Washington State Universität (WSU) für eine höhere Frostempfindlichkeit (+3,5 °C) unter feuchten Bedingungen (FergHum) weiterentwickelt worden[2]. Wir haben das Gefrierrisiko zudem mithilfe eines einfachen binären Ansatzes simuliert, welcher in früheren Publikationen verwendet wurde[3]. Dieser Ansatz geht davon aus, dass die Rebe nur nach dem Austrieb frostgefährdet ist. Das Datum des Knospenbruchs wurde durch verschiedene, mehr oder weniger komplexe, phänologische Modelle vorhergesagt (GDD5, BRIN, Fenovitis und SU)[4], mit oder ohne Berücksichtigung der Kältesumme, die zur Beendigung der Knospenruhe erforderlich ist. Das Frostrisiko wurde dann unter Verwendung des binären Ansatzes für jedes Modell berechnet und verglichen, wobei das Datum des Knospenbruchs für die verschiedenen Modelle variierte.

Jede der sechs Methoden (dynamisch: FergSec, FergHum; binär: GDD5, BRIN, Fenovitis, SU), die zur Erfassung der Frostanfälligkeit von Weinreben verwendet wurden, simuliert angemessen Frostschäden in Chablis im Zeitraum 1964-2020 (in 81 % bis 90 % der Fälle im Vergleich zu den direkten Beobachtungen).

Danach wurde mithilfe von räumlich verfeinerten („disaggregierten", Auflösung 8 km) Klimadaten aus 14 Klimamodellen (RCP8.5/CMIP5-Szenario) das Frostrisiko für die Jahre 2050 und 2100 berechnet[5]. Die für die sechs Methoden erhaltenen Ergebnisse sind unterschiedlich, teilweise sogar widersprüchlich. Je nach verwendetem Modellierungsansatz prognostizierten wir eine Zunahme oder eine Abnahme der Häufigkeit an Frostjahren (Abbildung 2).

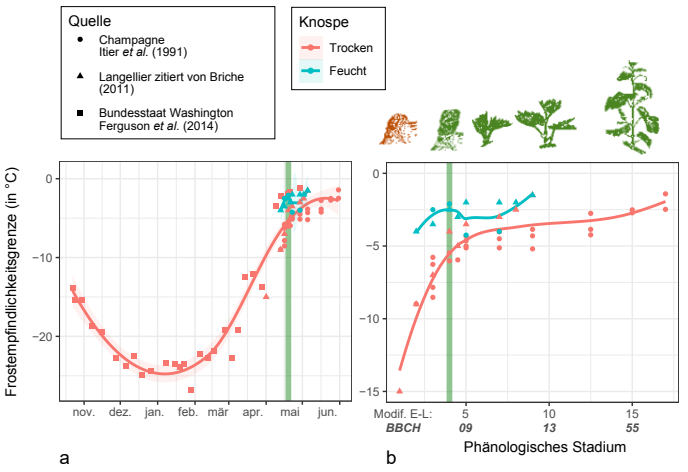


ABBILDUNG 1. Die Entwicklung der Frostempfindlichkeit von Chardonnay-Reben während der vegetativen Ruhe bis zum Ende des Frühjahrs (a) mit Fokus auf die Zeit von der Knospenruhe am Ende des Winters bis zum „gespreizte Einzelblüten" (BBCH 57) Stadium. (b). Die phänologischen Stadien sind gemäß der modifizierten Eichhorn-Lorenz-Skala (Modif. E-L) und der BBCH-Skala dargestellt. Der Knospenbruch (Stadium 4 Modif. E-L/ 07 BBCH) ist durch einen grünen, vertikalen Balken hervorgehoben. Die Daten stammen von Literaturangaben aus der Champagne[7,8] für trockene und befeuchtete Knospen, und aus dem Bundesstaat Washington, USA[2]. Die Beobachtungen in der Champagne wurden mit denen in den USA synchronisiert, indem die Daten für den in den beiden Studien berichteten Knospenbruch abgeglichen wurden (Graph in (a)). Da die anderen phänologischen Stadien für den Bundesstaat Washington nicht explizit beschrieben sind, sind diese Daten nicht in Grafik (b) dargestellt.

Eine Reihe von Ungewissheiten

Warum gibt es derartige Diskrepanzen bei den Frostrisikovorhersagen? Die binären Modelle reagieren sehr empfindlich auf das vorhergesagte

Dieses Werk steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International.

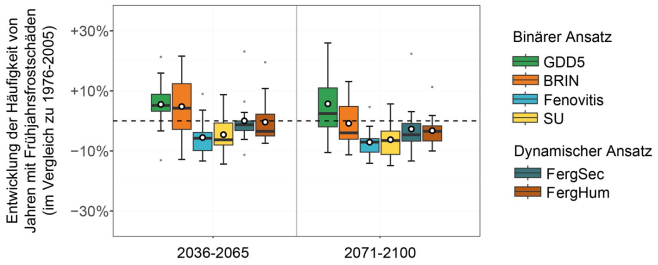


ABBILDUNG 2. Die Häufigkeit von Jahren mit Frostschäden für die Region Chablis (Burgund, Frankreich) in den Jahren 2050 und 2100 in Vergleich zum Zeitraum 1976-2005. Die Boxplots zeigen die Verteilung der Abweichungen, die für 14 verschiedene Klimamodelle (RCP8.5/CMIP5-Szenario) berechnet wurden. Der weiße Punkt in der Mitte jeder Box zeigt den durchschnittlichen Unterschied in der Häufigkeit von Frostjahren an, und der horizontale schwarze Balken den Median. Jede Box entspricht einem der sechs Ansätze, mit denen Frühjahrsfrostempfindlichkeitsmodelle berechnet wurden.

Datum des Knospenbruchs. Der Fehler liegt bei +/– 5-12 Tagen, je nach Modell und Rebsorte. Den dynamischen Modellen (FergSec, FergHum), die darauf abzielen, die Entwicklung der Frostempfindlichkeit der Knospen originalgetreuer zu reproduzieren, fehlt es an Robustheit, da die Stichprobe von Knospen für die Kalibrierung aus nur einer einzigen Weinregion stammte. Für genauere Modelle sind mehr Proben aus anderen Weinbauregionen zur Messung der Kälteresistenz der Knospen (z. B. in idealerweise transportierbaren Kühlkammern[6]) nötig.

Dazu kommen noch Unsicherheiten im Zusammenhang mit Klimadaten: nicht standardgemäße Klimamessstandorte (Über- oder Unterschätzung der Frostintensität); Messstandorte, die nicht repräsentativ für die Weinbergsbedingungen sind; Unterschiede in den Klimamodellen; Unsicherheiten bei den Prognosen, usw.

Fazit

Für den Weinbau der Zukunft ist es von grundlegender Bedeutung, die Auswirkungen des Klimawandels zu bewerten, insbesondere wegen des relativ langen Zeitraumes, der von der Anpflanzung bis zur ersten Ernte (nach 3-4 Jahren) und optimalen Produktion (nach 10-15 Jahren) verstreichen kann. Bei der Simulation von Phänomenen, die sehr empfindlich auf kleine Schwankungen reagieren, kann eine Reihe von geringen Unsicherheiten zu teilweise sehr ungenauen Vorhersagen führen. Dies wurde in diesem Artikel anhand der Risiken im Zusammenhang mit Frost demonstriert, gilt aber auch für komplexere Systeme wie z. B. Klima-Pflanzen-Pathogen-Beziehungen (um den Risikoverlauf durch Krankheiten oder Schädlinge abzuschätzen). Aus unserer Studie zur Frostresistenz von Reben wird klar, dass es notwendig ist, die existierenden Modelle durch mehr Daten aus Feld- oder Laborversuchen zu verbessern.

Es ist jedoch nicht sinnvoll, die Ergebnisse von Simulationen als nutzlos zu verwerfen, nur weil sie mit einer hohen Unsicherheit behaftet sind. Im Gegenteil, es ist essenziell, den Grad der Unsicherheit zu kennen, da er ein wesentliches Element des strategischen Denkens im Rahmen des Risikomanagements ist. ■

Danksagung: *Die in diesem Artikel vorgestellten Studien wurden mit finanzieller Unterstützung der Region Bourgogne-Franche Comté durchgeführt.*

Basiert auf dem wissenschaftlichen Konferenzartikel "Frost risk projections in a changing climate are highly sensitive in time and space to frost modelling approaches." (Proceedings of the 14th International Terroir congress and 2nd ClimWine symposium, IVES Conferences Series, 2022).

1 Hamman, R. A., Dami, I.-E., Walsh, T. M., & Stushnoff, C. (1996). Seasonal Carbohydrate Changes and Cold Hardiness of Chardonnay and Riesling Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47(1), 31-36. https://doi.org/10.5344/ajev.1996.47.1.31

2 Ferguson, J. C., Moyer, M. M., Mills, L. J., Hoogenboom, G., & Keller, M. (2014). Modeling Dormant Bud Cold Hardiness and Budbreak in Twenty-Three Vitis Genotypes Reveals Variation by Region of Origin. *American Journal of Enology and Viticulture*, 65(1), 59-71. https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13098

3 Sgubin, G., Swingedouw, D., Dayon, G., García de Cortázar-Atauri, I., Ollat, N., Pagé, C., & van Leeuwen, C. (2018). The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 250-251, 226-242. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.253

4 Les références aux 4 modèles sont présentées dans Gavrilescu, C., Zito, S., Richard, Y., Castel, T., Morvan, G., & Bois, B. (2022).

5 Gavrilescu, C., Zito, S., Richard, Y., Castel, T., Morvan, G., & Bois, B. (2022).

6 Flura, D., Itier, B., Brun, O., Durand, B., & Masson, S. (1991). Mise au point de chambres de refroidissement pour l'étude de la gélivité des bourgeons. Application au cas de la vigne. *Agronomie*, 11(5), 383-386. https://doi.org/10.1051/agro:19910505

7 Briche, E. (2011). Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100) [Thèse de doctorat]. Université Paris-Diderot - Paris VII.

8 Itier, B., Flura, D., Brun, O., Luisetti, J., Gaignard, J. L., Choisy, C., & Lemoine, G. (1991). Analyse de la gélivité des bourgeons de vigne. Expérimentation in situ sur le vignoble champenois. *Agronomie*, 11(3), 169-174.