

ISBN 978-3-8186-2037-0



9 783818 620370



Deutsches

Weinbau Jahrbuch



2024



Deutsches Weinbau Jahrbuch 2024

Gegründet 1949 von Dr. B. Götz, Freiburg
und Dr. W. Madel, Staufen

Fortgeführt ab Jahrgang 1995 bis 2008 von
Dir. a. D. Dr. Günter Schruft, Freiburg

Herausgeber:
Prof. Dr. Manfred Stoll, Geisenheim
Prof. Dr. Hans-Reiner Schultz, Geisenheim

75. Jahrgang

Die in diesem Buch enthaltenen Empfehlungen und Angaben sind von den Autoren mit größter Sorgfalt zusammengestellt und geprüft worden. Eine Garantie für die Richtigkeit der Angaben kann aber nicht gegeben werden. Autoren und Verlag übernehmen keine Haftung für Schäden und Unfälle. Bitte setzen sie bei der Anwendung der in diesem Buch enthaltenen Empfehlungen Ihr persönliches Urteilsvermögen ein.

Der Verlag Eugen Ulmer ist nicht verantwortlich für die Inhalte der im Buch genannten Websites.

Anmerkung zur Schreibweise (Gendering): Gendergerechtigkeit und Inklusion sind bei uns gelebte Praxis – bei der Auswahl unserer Themen, bei der Recherchearbeit, in der Gestaltung. Unsere Texte meinen alle. Damit unsere Inhalte jedoch gut lesbar bleiben, verzichten wir in diesem Werk auf die jeweilige Mehrfachnennung oder Anpassung der Schreibweise bestimmter Bezeichnungen an die weibliche, männliche oder diverse Form.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2024 Eugen Ulmer KG

Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)

E-Mail: info@ulmer.de

Internet: www.ulmer.de

Projektmanagement: Pia Fehrenbach

Lektorat: Dr. Andrea Schürg

Herstellung: Silke Reuter

Umschlagentwurf: Eugen Ulmer Verlag

Zeichnungen und Satz: Bernd Burkart; www.form-und-produktion.de

Druck und Bindung: Pustet, Regensburg

Printed in Germany

ISSN 0343-3714

ISBN 978-3-8186-2037-0 (print)

ISBN 978-3-8186-2163-6 (PDF)

Autoren

- Baus, O. Geisenheim (Anhang)
Bleyer, G. Freiburg (126)
Brandstätter, I. Klosterneuburg,
Österreich (19)
Brömser, A. Offenbach (136)
Deimling, D. Heilbronn (38)
Dreßler, M. Ludwigshafen (85)
Düker, A. Neustadt (100)
Eder, R. Klosterneuburg,
Österreich (47)
Fenschel, E. Klosterneuburg,
Österreich (19)
Fischer, F. Freiburg (126)
Fuchs, R. Freiburg (126)
Göbel, R. Geisenheim (92)
Götz, G. Neustadt (175)
Häfner, L. Bielefeld (29)
Hanak, K. Klosterneuburg,
Österreich (73)
Hanf, J. Geisenheim
(110, 118, 184, 192)
Heinisch, J. Osnabrück (13)
Huber, B. Freiburg (126)
Janssen, W. Offenbach (136)
Kassemeyer, H. Freiburg (126)
Korntheuer, K. Klosterneuburg,
Österreich (47)
Kottmann, I. Geisenheim (192)
Kramer, M. Geisenheim (184)
Krause, R. Schallstadt (126)
Lühling, J. Klosterneuburg,
Österreich (47)
Mehofer, M. Klosterneuburg,
Österreich (73)
Orzessek, D. Bernburg (144)
Philipp, C. Klosterneuburg,
Österreich (47)
Plückhahn, B. Offenbach (136)
Raatz, L. Bernburg (144)
Regner, F. Klosterneuburg,
Österreich (19)
Regnery, D. Bernkastel-Kues (65)
Richter, B. Geisenheim (118)
Rüby, W. Regensburg (151)
Rüdiger, J. Mannheim (57)
Sari, S. Klosterneuburg,
Österreich (47)
Schmuckenschlager, B. Klosterneuburg,
Österreich (73)
Schuhmacher, S. Freiburg (126)
Schulz, F. Geisenheim (110)
Steiger, M. Freiburg (126)
Stoll, M. Geisenheim (Anhang)
Töpfer, R. Siebeldingen (157)
Trapp, O. Siebeldingen (157, Anhang)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

PROF. DR. HANS-REINER SCHULTZ UND PROF. DR. MANFRED STOLL 7

Fachbeiträge

JÜRGEN J. HEINISCH

Die Apiculatus-Hefe *Hanseniaspora uvarum*:
Vom Wein zur Wissenschaft – und zurück? 13

FERDINAND REGNER, ERICH FERSCHL UND IDA BRANDSTÄTTER

Prophylaxe gegen Frostschäden im Weinbau 19

LUTZ HÄFNER

In den Sand gesetzt? Der Weinbau auf Sandböden als Doppelstrategie
gegen die Reblaus und die Verwüstung südrussländischer Steppengebiete
im 19. und frühen 20. Jahrhundert 29

DANIEL DEIMLING

Zur Zukunft des deutschen Weinbaus 38

CHRISTIAN PHILIPP, SEZER SARI, KARIN KORNTHEUER, JELKA LÜHRING UND REINHARD EDER

Beitrag zur Authentifizierung von Weinen mit Zusatz
von önologischen Tanninen im Vergleich zum Einsatz
von Eichenholzchips oder Barriquelagerung 47

JENS RÜDIGER

Cross-Marketing im Weintourismus 57

DANIEL REGNERY

Minimaler Aufwand und trotzdem hohe Qualität? –
Erfahrungen mit dem Nichtheftsystem auf der Basis des Kordonschnittes 65

MARTIN MEHOFFER, BERNHARD SCHMUCKENSLAGER UND KAREL HANAK

Einfluss der Stammhöhe auf Ertrag und Qualität der Rebsorte Zweigel 73

MARC DRESSLER

Innovation – Perspektiven schaffen in einem
zunehmend fordernden Marktumfeld Wein 85

ROBERT GÖBEL	
Pausen als Instrument zur Effizienzsteigerung	92
ANDREAS DÜKER	
Potenzial der teilautonomen Bodenbewirtschaftung mit dem Vineyard Pilot Assistant	100
FREDERIK NIKOLAI SCHULZ UND JON H. HANF	
(Selbst-)Regulierung: Die deutsche Weinbranche im Zeichen neuer alkoholpolitischer Bestrebungen	110
BARBARA RICHTER UND JON H. HANF	
Management von Unternehmenskooperationen – Einblicke in eine Befragung deutscher Weinproduzenten	118
GOTTFRIED BLEYER, MARIO STEINGER, DR. STEFAN SCHUHMACHER, RENÉ FUCHS, HANNS-HEINZ KASSEMEYER, FRANK FISCHER, BERNHARD HUBER UND RONALD KRAUSE	
Langfristige Entwicklung und Validierung von Pflanzenschutzstrategien auf der Grundlage des Prognosemodells „VitiMeteo Plasmopara“ gegen den Falschen Mehltau der Weinrebe	126
BIANCA PLÜCKHAHN, ANDREAS BRÖMSER UND WOLFGANG JANSSEN	
Bringt die globale Erwärmung ein höheres Risiko für Spätfrostschäden?	136
DIETER ORZESSEK UND LINHARDT RAATZ	
Probleme bei der Sicherung der Weinqualität in neuen Weinanbaugebieten, dargestellt am Lehr- und Versuchsweinberg der Hochschule Anhalt in Bernburg	144
WOLFGANG RÜBY	
Der Bayerwein, eine Renaissance?	151
REINHARD TÖPFER UND OLIVER TRAPP	
Klimawandel und Nachhaltigkeit führen zu einem Wandel im Rebsortenspiegel	157
GERD GÖTZ	
Vetter Kilians Erbe	175
MICHAEL PAUL KRAMER UND JON H. HANF	
Die Rolle von Wissenstransfer bei der Technologie-Akzeptanz: Warum manche Technologien erfolgreicher sind	184
ISABEL KOTTMANN UND JON H. HANF	
Welche Bedeutung haben Geschäftsreisen in der Weinbranche?	192

Anhang: Statistiken, Tabellen, Verzeichnisse

DER WEINBAU IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 2022	200
1. Ertragsreblächen 2022 in ha	200
2. Wein und Mosternte 2022 in hl	201
3. Weinerzeugung Weißwein 2022 in hl	202
4. Weinerzeugung Rotwein 2022 in hl	203
In Deutschland zugelassene Keltertrauben- und Unterlagsrebsorten	204
Keltertraubensorten in Deutschland	210
Rebschutzmittel-Verzeichnis	213
Mittel gegen Pilzkrankheiten (Fungizide)	213
Mittel gegen tierische Schädlinge (Insektizide, Akarizide)	217
Mittel gegen Beikräuter (Herbizide)	218
Anschriften der Zulassungsinhaber bzw. Vertriebsunternehmen	
Auswahl deutschsprachiger Weinfachzeitschriften.	219
Branchenrelevante Anschriften	221
1. Verbände und Organisationen	221
2. Prüfstellen für die amtliche Prüfung der Qualitätsweine und Sekte	231
3. Weinbau-Einrichtungen des Bundes und der Länder	232
4. Weinbau-Einrichtungen des deutschsprachigen Auslandes	238
5. Deutschsprachige Weinbruderschaften	243
6. Weinmuseen in Deutschland	248
Verzeichnis der Inserenten	256

Vorwort

75. Auflage des Deutschen Weinbaujahrbuchs

Über den Zeitraum von siebeneinhalb Jahrzehnten hat sich eine wertvolle und umfangreiche Schriftenreihe zu vielen Wein-Themen angesammelt. Dafür danken wir unseren Vorgängern in der Herausgeberschaft, namentlich Dr. Bruno Götz, Dr. Walde-mar Madel und Dr. Günther Schruft, die sich über Jahre mit sehr viel Leidenschaft um die Zusammenstellung kümmerten. Dabei war das Anliegen aller Herausgeber in der Auswahl der Beiträge stets von fachlicher Natur. So konnte das Weinbaujahrbuch seinen Platz für Schülerinnen und Schüler, Studierende, die Praxis sowie Fachleute von Schulen, Lehr- und Versuchsanstalten sowie Hochschulen behaupten und fand als Mittler zwischen Wissenschaft, Technik und Praxis ein fortlaufend positives Echo. Darüber hinaus gilt unser Dank den Verlagshäusern des Tannwaldverlags GmbH (Freiburg) und des Ulmer Verlags (Stuttgart) sowie den Autorinnen und Autoren, die immer ein professionelles Format garantierten und durch ihre Beiträge aktuelle und zukunftsorientierte Themen in 2.008 Fachbeiträgen (!) aufgriffen.

Als mit dem Jahrgang 1950 der „Weinbau-Kalender“ als Vorläufer des Weinbaujahrbuchs erstmalig erschien, war es ein wesentliches Ziel, den Winzerinnen und Winzern die neuesten Erkenntnisse und interessante Berichte aus den verschiedensten Gebieten in kurzen Aufsätzen zu vermitteln und so zu einem „guten Freund“ von Winzerinnen und Winzern zu werden. Der Titel „Weinbau-Kalender“ täuschte, denn es war von Anbeginn nicht nur ein Kalender, sondern ein echtes Fachbuch. Fünfzehn Jahre nach dem ersten Erscheinen wurde der Kalender zum „Deutschen Weinbaujahrbuch“ umgetauft, ohne den fachlichen Rahmen der Informationen vom Weinberg, über den Keller, die Vermarktung oder die Weingeschichte zu ändern.

Die Themen der Beiträge zeigen den stürmischen Verlauf der wissenschaftlichen, praktischen und technischen Entwicklung und viele der Beiträge, die bereits vor Jahrzehnten die Forschung beschäftigten, haben in keinem Bereich der Prozesskette bis heute an Aktualität verloren. In einer der ersten Veröffentlichungen durch Landwirtschaftsrat Engelhardt (Weinbau-Kalender 1950) postulierte dieser damals die Forderung: „der Erhalt des Ertrages, die Verminderung des Aufwandes und die Verbesserung der Qualität ermäßigen den Gestehungspreis und erleichtern den Absatz des Weines“. Dieser Appell hat bis in die Gegenwart nicht an Aktualität verloren und beschäftigt Anbau, Verarbeitung und Vermarktung bis heute. Inhaltlich wurden die Themen des deutschen Weinbaujahrbuchs auch um die Weingeschichte bzw. die Weinkultur oder den Weintourismus erweitert, um eine breitere Schicht interessierter Leser anzusprechen. Seit Anbeginn war es auch ein Anliegen, einen umfänglichen Überblick über statistische Daten des Anbaus, der Trauben- und Weinernte sowie der Rebsortenentwicklung chronologisch fortzuschreiben beziehungsweise mit dem Verzeichnis der Verbände,

Lehr- und Versuchsanstalten oder Fachzeitschriften den gesamten Berufsstand abzubilden oder die jeweils aktuell für den Anbau zugelassenen Handelspräparate, die für die Bekämpfung der verschiedensten Schaderreger zur Verfügung stehen, zu listen.

Alle Herausgeber sehen sich einer Tradition verpflichtet und hoffen, durch die Auswahl der Beiträge aus den verschiedensten Belangen der Weinbaulandschaften auch weiterhin die Kontinuität der vergangenen 75 Jahren aufrechtzuerhalten, um Wissen zusammenzuführen und für eine interessierte Leserschaft zugänglich zu machen. Das Ansehen, das das Deutsche Weinbaujahrbuch im deutschsprachigen Raum genießt, ist das Verdienst der Autorinnen und Autoren und fußen auf der kollegialen Zusammenarbeit, auch mit dem Ulmer Verlag, die auch in Zukunft erhalten bleiben möge.

Die Herausgeber

Prof. Dr. Hans Reiner Schultz und Prof. Dr. Manfred Stoll

Das Weinjahr 2022

Nach dem eher kühlen und feuchten Jahrgang 2021 brachte 2022 in Deutschland eine Rückkehr zu Verhältnissen, die im Zeichen der Erderwärmung stehen. Das Jahr zählt seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 zu einem der zwei wärmsten Jahre. Bei 10,5 Grad Celsius Jahresmitteltemperatur war es gleichauf mit dem Jahr 2018 und bescherte darüber hinaus einen Sonnenscheinrekord von bundesweit über 2100 Stunden. Im Vergleich zur Referenzperiode (1961–1990) ist es in Deutschland inzwischen 1,7 Grad Celsius wärmer geworden und alle Kalendermonate lagen über dem Mittelwert. Mit einem Niederschlagsdefizit von etwa 15 Prozent war es im Jahr 2022 sehr trocken (Der Deutsche Wetterdienst). Dazu kam eine potenzielle Jahres-Verdunstungsrate von fast 900 mm, ein Rekord, der insbesondere gegenüber den Durchschnittswerten der Referenzperiode (664 mm) deutlich macht, wie die gestiegenen Temperaturen den Wasserverbrauch beeinflussen.

Durch die Trockenheit und die vielen Sonnenscheinstunden gab es deutlich weniger Probleme mit Pilzkrankheiten und in Flächen, in denen rechtzeitig der Ertrag reduziert wurde, waren die Reben bei der Hitze etwas entlastet. Bereits Mitte August zeigten die Beeren erstaunliche Oechsle-Grade, so etwa am Kaiserstuhl, wo am 17. August vereinzelt Grauburgunder mit über 90° Oechsle gemessen wurde. Schon in der letzten Augustwoche wurden fast überall in Deutschland Trauben für Sektgrundwein gelesen. In den ersten Septembertagen begann die Lese des Spätburgunders für Rotwein, die Riesling-Lese schloss in den südlichen Regionen fast unmittelbar daran an. In vielen Anbaugebieten war der Jahrgang von ausgezeichneter Qualität. Trotzdem war das Jahr voller Herausforderungen, denn extreme Wetterlagen häuften sich und sorgten insbesondere in Junganlagen für starken Trockenstress und bei vielen weißen Rebsorten für teilweise erhebliche Sonnenbrandschäden. Rebflächen mit Begrünung und teilweiser Beschattung reagierten weniger empfindlich auf die Hitze.

Extreme Wetterlagen betrafen aber nicht nur den hiesigen Anbau. Besonders hart hat es die Winzer im Bordeaux getroffen, wo Spätfröste im April bereits für große Schäden sorgten und zwei Hagelstürme im Frühsommer rund 14.000 Hektar der Rebflächen zerstörten.

Konsum: bei Wein reduziert, Sekt bleibt stabil

Der Pro Kopf Konsum von Wein ist im Zeitraum 2021 bis 2022 um 4 Prozent auf 23,1 Liter zurückgegangen. Dabei blieb der Schaumweinkonsum mit 3,2 Litern stabil, während der Stillweinkonsum sich auf 19,9 Liter reduzierte. Nach Einschätzung des Deutschen Weininstituts (DWI) ist dies auf den demographischen Wandel und ein verändertes Konsumverhalten in der Gesellschaft zurückzuführen.

[Weinwirtschaft 4, 2023]

Deutlicher Rückgang bei der Qualitätsweinprüfung

Die Anstellungszahlen bei der Qualitätsweinprüfung sind im Jahr 2023 in Rheinland-Pfalz deutlich zurückgegangen. Insbesondere die Kellereien sowie Genossenschaften stellten mit 1,45 bzw. 0,33 Mill. Hektoliter rund 9,5 bzw. 15,4 Prozent weniger Wein im Vergleich zum Vorjahr zur Prüfung an. Deutlich geringer (4,7 %) fielen die Rückgänge bei den Weingütern aus. Auch zwischen den Weinarten gab es Unterschiede. Bei Rotwein lagen die Rückgänge bei 14 Prozent, während die Zahl der Anstellungen bei Weiß- und Roséwein jeweils um 7 Prozent abfiel. Aufgrund dieser Unterschiede stieg der Weißweinanteil bei den Gesamtanstellungen zur Qualitätsweinprüfung auf 72 Prozent an. Die Anstellungszahlen zur Qualitätsweinprüfung werden zum einen durch die Erntemengen beeinflusst, sie gelten aber auch als Indikator des Absatzpotenzials.

[Weinwirtschaft 16, 2023]

Mehr internationale Sorten und mehr Piwis

Der Anteil von internationalen Rebsorten an der Anpflanzung im deutschen Weinbau hat sich im Zeitraum von 2012 bis 2022 deutlich verändert. Den größten prozentualen Zuwachs verzeichnete hierbei der Sauvignon Blanc, der in diesem Zeitraum von 734 Hektar auf 1923 Hektar anstieg. Die Rebsorte Chardonnay legte im gleichen Zeitraum von 1496 Hektar auf 2731 Hektar zu und liegt mittlerweile auf Platz sechs der meist angebaute Weißweinsorten. Bei den roten Rebsorten profitierten insbesondere Merlot (+59 %, 2022: 886 ha) und Cabernet Sauvignon (+43 %, 2022: 483 ha), Cabernet Franc (+260 %, 2022: 117 ha) und Syrah (+167 %, 2022: 123 ha).

Pilzwiderstandsfähige Rebsorten wie Regent (1618 ha), Cabernet Blanc (260 ha), Solaris (207 ha), Souvignier Gris (205 ha), Muscaris (117 ha) und andere sind derzeit auf einer Rebfläche von rund 2800 Hektar angepflanzt und zeigen auch durch viele weitere neu in die Sortenliste aufgenommene Rebsorten eine große Sortenvielfalt.

[Statistisches Bundesamt]

Gesunde Böden

Die Europäische Kommission hat die EU-Bodenstrategie für 2030 vorgelegt. Deren Vision ist, dass sich bis 2050 alle Bodenökosysteme in der EU in einem gesunden Zustand befinden und somit widerstandsfähiger sind. Als guten Zustand bezeichnet die Kommission gesunde Böden, die sich in einem guten chemischen, biologischen und physikalischen Zustand befinden und dauerhaft möglichst viele Ökosystemdienstleistungen beziehungsweise Bodenfunktionen erfüllen.

Dem Boden wird eine Schlüsselfunktion für die großen Herausforderungen unserer Zeit in der Anpassung an den Klimawandel, als Grundlage für gesunde Wasserressourcen, für die Steigerung der Bodenbiodiversität und damit für die Gesundheit von Menschen, Tieren sowie Pflanzen zuerkannt. Ziel ist es in allen Landnutzungsformen jährlich 310 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (alle Treibhausgase werden in CO₂-Äquivalente umgerechnet um eine „Währung“ zu haben) zu speichern.

[<https://www.bmu.de/themen/bodenschutz/europaeische-bodenschutzpolitik>]

Mengenregulierung

Beim Blick über die Grenze bewirkte das Jahr 2022, dass für die jährlich angepasste, vermarktbare Champagnermenge nur eine geringere Erntemenge freigegeben wurde: Der Ertrag für den Jahrgang 2022 wurde im Vergleich zum Vorjahr von 12.000 kg pro Hektar auf 11.400 kg pro Hektar reduziert.

[Weinwirtschaft 15, 2023]

Weniger Kork aus Portugal

Mit einem Wert von ca. 20 Mill Euro kommen sechs Prozent der Korkexporte aus Portugal nach Deutschland, wobei das Volumen seit Jahren sinkt. Laut Zahlen der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG), die Flaschen der Bundesweinpriemierung als Datengrundlage auswertet, ist der Korkverschluss-Anteil von 45 Prozent im Jahr 2011 auf 30 Prozent im Jahr 2021 gesunken. Hingegen haben Schraubverschlüsse ihren Anteil verdoppelt und werden mittlerweile bei 65 Prozent der Weine verwendet. Ein Segment behält sich die fast ausschließliche Verwendung von Korkverschlüssen vor: Premium-Weine sind zu mehr als 90 Prozent mit Naturkorken verschlossen.

Anmerkung der Herausgeber: Da Naturkorken eine deutlich bessere Ökobilanz haben als Schraubverschlüsse, bleibt abzuwarten, ob dieser Trend auch in Zukunft anhalten wird.

[Weinwirtschaft 17, 2023]

Neues aus der EU

Mit der Verordnung (EU) 2117/2021 wurden einheitliche Regelungen für die Erzeugung entalkoholisierter Weine für das Gebiet der EU geschaffen. Im Rahmen der Rechtsänderung wurde es allerdings versäumt die „Entalkoholisierung“ als für Wein zulässiges oenologisches Verfahren in die sogenannte Öko-Verordnung aufzunehmen. Dies hat zur Folge, dass nach geltendem EU-Recht eine Entalkoholisierung mit den Vorgaben einer ökologischen Erzeugung von Weinen nicht übereinstimmt. Eine erforderliche Korrektur wird im zweiten Quartal 2024 erfolgen. Bis dahin gelten Übergangsregeln (Info Deutscher Weinbauverband).

Des Weiteren wurde am 28.09.2023 die Zutatenangabe für „Säureregulatoren“ geändert sowie im August eine Einschränkung der Verwendung von Phthalaten (Weichmacher bei der Herstellung von Kunststoffen, insbesondere PVC) verfügt. Da es keine spezifische Verordnung hierzu für alkoholische Getränke gibt, greifen die spezifischen Migrationsgrenzwerte für Lebensmittel.

Der Europäische Rechnungshof (EuRH) kommt in einem am 27.09.2023 vorgelegten Sonderbericht zu dem Schluss, dass die Gelder für die GAP (Gemeinsame Agrarpolitik) - Umstrukturierungen und das System für Rebpflanzungen oftmals nicht zielführend eingesetzt werden. Nachbesserungsbedarf sieht der EuRH insbesondere bei den Umweltzielen der GAP.

EU-Krisendestillation

Die EU hat für die Agrarbranche die Krisenreserve geöffnet und für die Weinbranche die Krisendestillation ermöglicht. Das europäische Recht sieht hier die Möglichkeit vor, Rotwein und Roséwein subventioniert zu destillieren, wenn für eine Region in Deutschland eine Krise nachgewiesen wird. Das BMEL steht im Austausch mit den Verbänden, um Ablauf, Kontrolle und Voraussetzungen zu regeln.

[Info Deutscher Weinbauverband]

Update Glyphosat

Die EU-Kommission hatte sich ursprünglich bemüht, die Zulassung des Herbizidwirkstoffes Glyphosat zu verlängern (Ablauf der Zulassung 15. Dezember 2023). Unter den EU-Ländern hatte es im November 2023 keine gemeinsame Position für die weitere Zulassung von Glyphosat gegeben. Daher konnte die EU-Kommission entscheiden – und kündigte eine Verlängerung der Zulassung um weitere zehn Jahre an. Es werde aber neue Auflagen und Einschränkungen geben. Zuvor hatten sich in einem EU-Berufungsausschuss weder genug Vertreterinnen und Vertreter der EU-Staaten für noch gegen einen weiteren Einsatz des Mittels ausgesprochen. Bei der Abstimmung war eine qualifizierte Mehrheit von 15 der 27 EU-Länder erforderlich, um den Vorschlag entweder zu unterstützen oder zu blockieren.

Weinrecht

Aufbauend auf das 11. Gesetz zur Änderung des Weingesetzes wurde nach einer Verbändeanhörung die 13. Verordnung zur Änderung weinrechtlicher Bestimmungen in den Bundesrat eingebracht und in der Sitzung vom 29.09.2023 angenommen. Das geänderte Gesetz enthält eine erforderliche Verordnungsermächtigung für das BMEL zur Umsetzung des nationalen GAP-Strategieplans; die Weiterführung der Beschränkung des Prozentsatzes für Neuanpflanzungen (2024–2026), wie bisher 0,3 %; sowie die Festlegung zur Wiederpflanzungsgenehmigung für Erzeuger auf sechs Jahre nach der Rodung.

Die Apiculatus-Hefe *Hanseniaspora uvarum*: Vom Wein zur Wissenschaft – und zurück?

Von Prof. Dr. Jürgen J. Heinisch
Universität Osnabrück, Fachbereich Biologie/Chemie, AG Genetik
jheinisc@uos.de

Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten ist jedem seriösen Weinbauern und Kellermeister die Verwendung von Starterkulturen der Wein-, Bier- und Bäckerhefe (wissenschaftlicher Name *Saccharomyces cerevisiae*) für die Mostgärung geläufig. Fast genauso lang spaltet sich die Gemeinschaft der Weintrinker in die Befürworter dieser Praxis und die der Spontangärung, die auf den Zusatz der Reinzuchthefe verzichtet. Während erstere die hohe Reproduzierbarkeit der Weinqualität und die „Reinheit“ im Geschmack ins Feld führen, plädieren letztere für die erhöhte Aromavielfalt und „Vollmundigkeit“, wenn sogenannte „Nicht-*Saccharomyces*-Hefen“ (auch als unkonventionelle Hefen bezeichnet) aus der natürlichen Hefeflora der Trauben die Chance erhalten, verstärkt zur Mostgärung beizutragen. An der Schnittstelle dieser Extreme steht die Apiculatus-Hefe *Hanseniaspora uvarum* (früher *Kloeckera apiculata*), die selbst beim Zusatz von Reinzuchthefer häufig den ersten Tag der Mostgärung dominiert und dabei durch die Bildung vieler Aromastoffe wesentlich zur Qualität des fertigen Weines beiträgt. Mehr als ein Jahrzehnt haben wir uns deshalb, unter anderem gefördert durch drei Stipendien des Forschungsrings des Deutschen Weinbaus, in Osnabrück mit der Untersuchung der Biologie und der Erbeigenschaften (Genetik) dieser Hefe befasst. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die dabei erzielten wissenschaftlichen Fortschritte und die möglichen zukünftigen Auswirkungen in der Praxis der Weinbereitung und anderer biotechnologischer Anwendungen gegeben werden.



Prof. Dr. Jürgen J. Heinisch

Aussehen und Stoffwechselleistungen von *Hanseniaspora uvarum*

Ihren Namen hat die Gruppe der Apiculatus-Hefen von der zitronenförmigen Form der Zellen im Mikroskop, die sie von anderen Hefen mit ovaler Form unterscheiden (Abb. 1A). Dies beruht auf der Art der Vermehrung durch abwechselnde Knospung an den Polen der Zelle, wobei, wie auch bei der Weinhefe *S. cerevisiae*, nach der

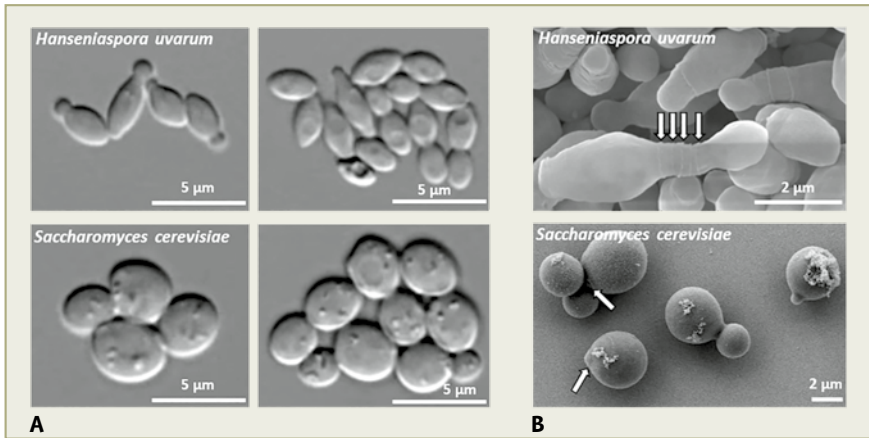


Abb. 1: Mikroskopische Aufnahmen knospender Zellen von *H. uvarum* im Vergleich zur Wein-, Bier- und Bäckerhefe *S. cerevisiae*. A) Lichtmikroskopische Aufnahmen von Zellen auf Nährmedium-Platten vor (linke Spalte) und nach zwei Stunden (rechte Spalte) Wachstum bei 30 °C. Die Aufnahmen sind einem kurzen Zeitraffer-Film entnommen, der auf unserer Homepage (<https://www.genetik.uni-osnabrueck.de>) und auf YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=qFN9oZe5VIM&t=11s>) zu sehen ist. B) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Einige der nach der Abschnürung einer Knospe auf der Oberfläche der Mutterzelle verbleibenden Narben sind mit Pfeilen gekennzeichnet. Die Aufnahmen wurden freundlicherweise von Kai Jürgens und Prof. Dr. Achim Paululat (AG Zoologie, Fachbereich Biologie/Chemie, Universität Osnabrück) zur Verfügung gestellt.

Abschnürung der Tochterzellen Narben an der Oberfläche der Mutterzelle zurückbleiben. Bei *H. uvarum* führt dies zur Anordnung der Narben in aufeinanderfolgenden Ringen an beiden Knospungspolen (Abb. 1B). Insgesamt sind die Zellen deutlich kleiner als die von *S. cerevisiae*, vermehren sich schneller und erreichen deutlich höhere Zelldichten bei Temperaturen zwischen 20–30 °C. Allerdings reagieren sie deutlich empfindlicher auf Wärme und wachsen schon sehr schlecht bei 37 °C.

Im Gegensatz zu anderen im Most vorkommenden Vertretern der Gattung *Hanseniaspora*, wie etwa *H. vineae* oder *H. osmophila*, trägt *H. uvarum* nur wenig zur Alkoholbildung bei. Ihre Bedeutung liegt vielmehr in der Produktion verschiedener Esterverbindungen, die das Aromaprofil des Weines erheblich verändern. Viele dieser Verbindungen werden als positiv eingestuft und erhöhen die sensorische Vielfalt. Einige andere, allen voran der sogenannte „Uhu-Ester“ (Ethylacetat), werden allerdings auch sehr schnell unangenehm. Darüber hinaus bilden verschiedene Stämme von *H. uvarum* auch übermäßige Mengen an Essigsäure, die ebenfalls den Wein verderben können (siehe Van Wyk et al., 2023 für einen umfassenden Überblick). Ausgangspunkt unserer Überlegungen war deshalb, ein genaues Verständnis der Stoffwechselwege, die zu diesen Produkten führen, zu erlangen und die Möglichkeit, ihre Bildung durch genetische (aber möglichst nicht gentechnische) Veränderungen zu beeinflussen. Die Herstellung von Reinzuchtulturen solcher *H. uvarum*-Stämme

sollte es dann erlauben, in Verbindung mit herkömmlichen Starterkulturen von *S. cerevisiae* eine bessere Kontrolle der Mostgärung zu gewährleisten. Ein Problem dabei könnte die deutlich höhere Empfindlichkeit von *H. uvarum* gegen die gängige Praxis der Schwefelung darstellen, die den Beitrag solcher Reinzuchtkulturen zum Aromaprofil wieder schmälern würde.

Bedeutung von *Hanseniaspora uvarum* im Wein und darüber hinaus

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stellt *H. uvarum* in den ersten Tagen der Mostgärung sowohl im spontanen Ansatz als auch beim Zusatz von Starterkulturen häufig die zahlenmäßig am meisten vertretene Hefeart dar. Sie trägt damit zwar erheblich zur sensorischen Vielfalt bei, kann sich aber auch negativ auf die Weinqualität auswirken. Tatsächlich konnten wir *H. uvarum* in den letzten zehn Jahren in unseren Praktika fast ausnahmslos immer von Beeren aus Deutschland, Spanien und Italien isolieren und als vorherrschende Art bestimmen. Zusammen mit Proben von Kollegen und Kolleginnen im In- und Ausland umfasst unsere Sammlung so mittlerweile mehr als einhundert verschiedene Isolate, die sich unter anderem in der Säure- und Alkoholproduktion unterscheiden.

Außer im Traubenmost wird *H. uvarum* häufig auch bei der Produktion von Apfelwein gefunden und kann auch von vielen anderen Früchten isoliert werden. Sogar in exotischen Rohstoffen, wie etwa in der Verarbeitung von Kakao- und Kaffeebohnen, wurde diese Hefe nachgewiesen. Dies unterstreicht ihre Bedeutung weit über die Weinbereitung hinaus und macht die Untersuchung der zugrunde liegenden biologischen Mechanismen umso interessanter. Darüber hinaus wird die Möglichkeit ihres Einsatzes in der biologischen Kontrolle von Schädlingen, wie etwa dem Pilzbefall oder als Lockstoff für Fallen zur Eindämmung der Kirschesigfliege (*Drosophila suzukii*) erkundet. Eine gute Zusammenfassung solcher alternativen Anwendungen findet sich in Van Wyk et al. (2023).

Genom und Gene: Die Geburt der Molekularbiologie von *Hanseniaspora uvarum*

Angesichts der Vielfalt der zur Verfügung stehenden natürlichen Isolate mussten wir zunächst einen geeigneten *H. uvarum*-Stamm als Untersuchungsobjekt wählen. Um die Ergebnisse weltweit vergleichbar und jederzeit nachvollziehbar zu machen, entschieden wir uns für einen Typstamm, der aus deutschen und internationalen Sammlungen angefordert werden kann (DSM 2768 = CBS 2584 = NRRL 115). Dieser wurde zunächst durch natürliche Selektion so angepasst, dass er in Flüssigkulturen im Gegensatz zum Ausgangsstamm Einzelzellen bildet und so für Laborexperimente geeignet ist (Langenberg et al., 2017). Mithilfe moderner Sequenziermethoden konnten wir dann fast das gesamte Erbgut (das Genom) dieser Hefe entschlüsseln und über 4000 der für Proteine kodierenden Gene zuordnen („annotieren“). Diese verteilen sich auf sieben Chromosomen unterschiedlicher Größe, die in jeweils

zweifacher Kopie im diploiden *H. uvarum*-Genom vorliegen. Darin konnten wir die für alle Glykolyseenzyme kodierenden Gene identifizieren sowie Gene, deren Produkte zur Bildung von Aromastoffen beitragen (z. B. *ATF1*, das für eine Alkohol-Acetyltransferase kodiert). Interessanterweise scheint aber ein *SSU1*-Gen zu fehlen, das in *S. cerevisiae* für einen Sulfiteporter kodiert und wesentlich für die Sulfitresistenz der im Wein verwendeten Stämme verantwortlich ist.

Die Genomsequenz ergab auch interessante Einblicke in die Evolution von *H. uvarum*. So lassen sich die verschiedenen Hefearten grob in zwei Gruppen unterteilen, nämlich solche, bei denen vor etwa 100 Millionen Jahren eine Verdopplung des Genoms stattfand (WGD aus dem Englischen für „Whole Genome Duplication“, zu denen *S. cerevisiae* und ihre nahen Verwandten zählen), und solche, bei denen dies nicht der Fall war. Unsere Analysen zeigten, dass *H. uvarum* im Stammbaum der Hefearten kurz vor diesem Ereignis einzuordnen ist, also noch keine Genomverdopplung erfahren hat.

Unabhängig davon bildete die Genomsequenzierung letztlich die Grundlage für molekulargenetische Arbeiten an dieser Hefe. Ein weiterer Meilenstein wurde dann in Geisenheim gelegt, indem erstmals DNA gezielt in *H. uvarum* eingebracht werden konnte (Badura et al., 2021). Beide Kopien („Allele“) des *ATF1*-Gens konnten hier erfolgreich aus dem Genom entfernt und durch die Resistenz gegen das Antibiotikum Hygromycin ersetzt werden. Die so etablierte Transformationsmethode mithilfe der Elektroporation konnten wir wiederum nutzen, um zum einen eine vereinfachte chemische Methode zu entwickeln und zum anderen weitere Mutanten und Plasmide herzustellen, die sowohl die Transformation mit bestimmten Genen als auch die Herstellung von neuen Mutanten deutlich erleichtern (Heinisch et al., 2023).

Mithilfe dieser Techniken wird es in Zukunft deutlich einfacher sein, die Bedeutung bestimmter Enzyme und ganzer Signal- und Stoffwechselwege für die Weinbereitung und andere biotechnologische Anwendungen schnell zu untersuchen und in die gewünschte Richtung zu lenken.

Ein Weg zurück zur Anwendung?

Wie auch bei der häufig als Modellorganismus genutzten Hefe *S. cerevisiae* können die Erkenntnisse, die mit solchen gentechnischen Analysen gewonnen werden, danach durchaus auch die Herstellung natürlicher Varianten mithilfe klassischer, nicht-gentechnischer Ansätze erleichtern und beschleunigen. Dies könnte bei der Verringerung der Essigsäurebildung, aber auch bei der Erhöhung der Produktion gewünschter Aromakomponenten eingesetzt werden. Im ersten Fall könnten z. B. zunächst mit gentechnischen Methoden die Enzyme für Aldehyd-Dehydrogenasen ausgeschaltet werden, die zur Essigsäure führen. Es bliebe zunächst zu untersuchen, ob dies nicht zur ungewollten Anhäufung anderer negativer Produkte im Most führt, bevor mit klassischen Methoden ähnliche Mutanten für die Weinproduktion erzeugt werden. Umgekehrt könnten wir gentechnisch durch die Verwendung starker Kontrollelemente („Promotoren“) die Auswirkungen der Überproduktion

bestimmter Enzyme auf den Aromastoffwechsel testen. Auch hier könnte sich an die Untersuchungen des resultierenden Aromaprofils die Erzeugung entsprechender Mutanten mit nicht-gentechnischen Ansätzen anschließen.

In anderen Bereichen, wie zum Beispiel bei der Erzeugung Sulfid-resistenter *H. uvarum*-Stämme, zeichnet sich ab, dass solche klassischen Methoden wohl nicht zum gewünschten Ergebnis führen werden. Grund dafür ist das oben erwähnte Fehlen eines *SSU1*-Genes im Erbmateriale von *H. uvarum*. Da die hohe Expression dieses Gen als Hauptursache für die Sulfidresistenz von *S. cerevisiae*-Weinhefestämmen angesehen wird, bietet sich eher die Möglichkeit an, das Gen aus dieser Hefe in *H. uvarum* einzusetzen. Erste Ergebnisse aus unserem Labor deuten an, dass dieser Ansatz tatsächlich erfolgreich sein könnte, obwohl er nicht auf natürlicher Selektion beruht.

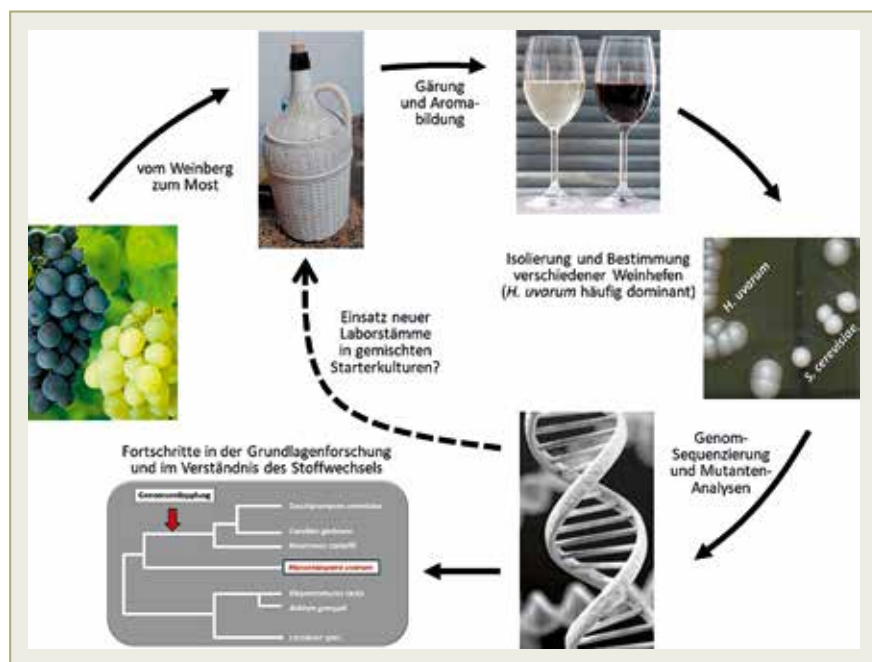


Abb. 2: Schematische Übersicht zu den Inhalten dieses Artikels. Auf Trauben und im Most (es empfiehlt sich, den Korken vor der Gärung durch einen Gäraufsatz zu ersetzen) findet man häufig *H. uvarum* als die vorherrschende Hefeart, die wesentlich zur Weinqualität beiträgt. Diese kann durch Vereinzelausstriche auf Nährmedium-Platten isoliert werden (rechts; große, glänzende Kolonien im Vergleich zu den kleineren, matten Kolonien von *S. cerevisiae*). Die Genomsequenzierung eines Typstamms erlaubt nicht nur die Einordnung in einen Stammbaum verschiedener Hefearten, sondern letztlich auch die Entwicklung von Methoden zur gezielten Herstellung und Analyse von Mutanten. Die so gewonnenen Erkenntnisse könnten in Zukunft für die Züchtung neuer Stämme verwendet werden, die in gemischten Starterkulturen zusammen mit *S. cerevisiae* für die kontrollierte Mostgärung eingesetzt werden könnten (gestrichelter Pfeil).

Auch in anderer Hinsicht könnte sich der Einsatz gentechnisch veränderter *H. uvarum*-Stämme für die Weinproduktion als sinnvoll erweisen und ist es wert, in Betracht gezogen zu werden, wenn sich die zur Zeit noch vorherrschenden Bedenken beim Verbraucher zerstreuen sollten. So trägt *S. cerevisiae* wesentlich zur Bildung von Ethylcarbamat im Wein bei, das im Verdacht steht krebserregend zu sein (Schehl et al., 2007). Durch die Entfernung des *CARI*-Gens konnten wir hier dessen Konzentration bei der Spirituosenherstellung deutlich verringern. Da *H. uvarum* den Anfang der Mostgärung dominiert, ist anzunehmen, dass auch sie zur Ethylcarbamat-Produktion beiträgt und eine entsprechende Manipulation käme sicher der Gesundheit des Verbrauchers zugute.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die große Bedeutung von *H. uvarum* für die Weingärung zunächst das Interesse geweckt hat, die Biologie und Genetik dieser Hefe auch wissenschaftlich näher zu untersuchen. Hieraus haben sich entscheidende Erkenntnisse für die Grundlagenforschung ergeben und zur Entwicklung von Methoden zu ihrer gezielten Veränderung geführt. Diese werden in Zukunft sicher zu weiteren Fortschritten im Verständnis dieser Hefe und zu ihrer Etablierung als ein weiteres wichtiges Modellsystem führen. Andererseits sollte dieser letzte Abschnitt gezeigt haben, dass durchaus auch Erkenntnisse gewonnen wurden, die eine Rückkehr genetisch (wenn auch noch nicht gentechnisch) veränderter Stämme in die Weingärung in Form von Co-Starterkulturen sinnvoll erscheinen lassen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 2 noch einmal schematisch dargestellt.

Literatur

- Badura, J.; Van Wyk, N.; Brezina, S.; Pretorius, I. S.; Rauhut, D.; Wendland, J.; Von Wallbrunn, C. (2021): Development of genetic modification tools for *Hanseniaspora uvarum*. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 1943. doi: 10.3390/ijms22041943
- Heinisch, J. J., Murra, A., Jürgens, K., Schmitz, H.-P. (2023): A versatile toolset for genetic manipulation of the wine yeast *Hanseniaspora uvarum*. *Int. J. Mol. Sci.* 24, 1859. doi: 10.3390/ijms24031859
- Schehl, B., Senn, T., Lachenmeier, D., Rodicio, R. and Heinisch, J. J. (2007): Contribution of the fermenting yeast strain to ethyl carbamate generation in stone fruit spirits. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 74, 843–850. doi: 10.1007/s00253-006-0736-4
- Van Wyk, N., Badura, J., Von Wallbrunn, C., Pretorius, I. S. (2023): Exploring future applications of the apiculate yeast *Hanseniaspora*. *Crit. Rev. Biotechnol.* 23,1–20. doi:10.1080/07388551.2022.2136565

Prophylaxe gegen Frostschäden im Weinbau

Von Hr Di Dr. Ferdinand Regner, Erich Ferschl und Ida Brandstätter
Höhere Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg
Ferdinand.Regner@weinobst.at



Hr Di Dr. Ferdinand Regner



Erich Ferschl

Im mitteleuropäischen Weinbau haben Frost und die Bekämpfung von Frostschäden eine lange Tradition. Während in früheren Zeiten, z. B. in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts vor allem Winterfrost die Reben schädigte, waren es zuletzt vorwiegend Frühjahrsfröste, die herbe Ertragseinbußen verursachten. Der Klimawandel dürfte die Winterfrostgefahr massiv reduziert, aber das Potenzial für Spätfrost zumindest nicht verringert haben. 2021 gab es vor allem in Frankreich und Italien gewaltigen Schaden durch Spätfrost. Hierzulande hatte man das Glück, dass die Reben zu diesem Zeitpunkt noch nicht so weit ausgetrieben waren. Aber in vielen Jahren entstanden im österreichischen Weinbau Spätfrostschäden in Millionenhöhe.

Frost ist aber kein Schicksal, dem man völlig ausgeliefert ist. Es gibt mittlerweile eine ganze Palette an Möglichkeiten, mit denen Frostschäden verhindert oder zumindest abgeschwächt werden können. Natürlich sind auch betriebswirtschaftliche Überlegung anzustellen und so kann nicht eine besonders kostspielige Methode verwendet werden, um den Ertrag einer Grundwein-Produktion zu sichern. Obwohl in den einfachen Lagen üblicherweise ein höheres Risiko für Spätfrost besteht.

Traditionelle Methoden

Welche Methoden gelten als traditionelle und werden schon sehr lange benützt, um Spätfrost unbeschadet zu überdauern? Bei der Wirkung gegen Spätfrost sind diese Überlegungen nach wie vor aktuell und sollten Berücksichtigung finden. Die Lagen und Sortenauswahl sind dabei besonders wichtig, aber der Spielraum für den einzelnen Winzer ist oft nicht wirklich gegeben. Auf den zur Verfügung stehenden Flächen und in den vorhandenen Weinbaufluren nützt es insbesondere jenen Sorten, die gut zu verkaufen sind. Viele der traditionellen Sorten sind aufgrund ihres frühen Austriebes eher stärker Spätfrost-gefährdet als z. B. die spät austreibenden Sorten Rheinriesling oder Cabernet Sauvignon. Auch die Reberziehung nimmt Einfluss auf die Frostgefährdung. Je höher der Bereich der jungen Triebe, desto leichter überstehen sie einen Spätfrost. Dabei haben aber 20 cm Unterschied in der Stammhöhe, sofern keine Bodennähe gegeben ist, für die Praxis wenig Relevanz. Entscheidender sind Kulturmaßnahmen wie ein später Rebschnitt, eine kurz gehaltene Begrünung und eine ausreichende Kalium-Versorgung. So konnte beim Frost 2012 im Mai beobachtet werden, dass genau dort der Frostschaden begann, wo im Weingarten noch nicht gemulcht worden war. In Junganlagen gilt es als gute Weinbauliche Praxis, die Reben über den Winter anzuhäufeln. Dadurch haben sie mehr Schutz vor Frost und überleben auch massive Spätfröste besser. Über die Methodik des Räucherns gibt es sehr diverse Aussagen und wenig überprüfbare Daten bezüglich Wirksamkeit. Tatsache ist, dass die Temperaturerhöhung nicht relevant ist und um die Ausstrahlung der Wärme zu verhindern bereits vor Absinken der Temperatur in den Minusbereich begonnen werden müsste. Was in der Regel aber nicht passiert. Aber der Schattierungseffekt bei Sonnenaufgang bringt eine Nuance mehr Überlebenschance. Ob dies die negativen Effekte der Luftverschmutzung und Gefahrensituationen aufwiegt, wird immer mehr in Zweifel gezogen. Folglich ist das Räuchern – gesellschaftlich betrachtet – keine akzeptierte Methode des Pflanzenschutzes mehr. Abdeckungen wurden früher in den Stockkulturen mit Stroh oder Kartonhüten ausgeführt und sind heute mit Frostschutzvlies zumindest kleinräumig möglich, aber nur mit hohem Personaleinsatz ausführbar. Großflächig erscheint diese Art von Schutz nicht umsetzbar.

Investitionen in die Frostbekämpfung

Mit der Größenzunahme der Betriebe stieg auch der Wunsch nach mehr Produktionssicherheit und gleichzeitig auch die Bereitschaft, für Frostbekämpfung mehr zu investieren. Dabei gibt es zwei wesentliche Gruppen von Methoden. Jene, die hohe Investitionskosten verursachen, aber dann im Betrieb mit geringerem Aufwand aktivierbar sind, und die Methoden mit hohem personellen und finanziellen Aufwand. Zu den wirklich kostspieligen Anschaffungen gehören Windturbinen aller Art. Sie wirken vor allem dann, wenn in höheren Schichten die Luft deutlich wärmer ist und durch die Verwirbelung die Ausbildung eines Kaltluftsees unterbunden wird, also bei Strahlungsfrösten. In der Regel kann mit einem Gerät eine Fläche von

mehreren Hektar betrieben werden. Nicht unwesentlich ist auch die Art des Antriebes und die Beweglichkeit des Gerätes, um es für verschiedene Kulturen nützen zu können. Stationäre Geräte könnten auch mit Strom betrieben werden und sind im Betrieb günstiger als mobile. Möglich wäre mittlerweile auch eine temperaturabhängige, digitale Inbetriebnahme durch Sensoren und eine davon abhängige Schaltung.

Ebenfalls kostenintensiv sind Heizdrähte aus Widerstandskabeln (Abb. 1), die um den Kordon oder Fruchtbogen gewickelt werden und im aktiven Zustand Wärme an die berührten Rebteile und die Umgebungsluft abgeben. Neben der Verkabelung sind es vor allem der Anschluss oder die Erzeugung der Elektrizität, die kostentreibend wirken. Bei den aktuellen Strompreisen würden enorme Kosten entstehen. Um eine realistische Vorstellung zu bekommen, welche Energie notwendig ist, kann der laufende Meter Widerstandskabel mit 15 Watt Energieverbrauch angenommen werden und mit der Gesamtlänge aller zu schützenden Rebstöcke berechnet werden. Folglich muss mit einer Versorgung von 60 kW pro ha schon gerechnet werden. Bei einer Entnahme aus dem Netz kommen dann noch Aufschläge wegen Spitzenverbrauch dazu. Würden viele Winzer in einer Gegend auf dieses System setzen, würden vermutlich die Zuleitungen und die Verfügbarkeit der Strom-Kapazität überfordert. Auch bei diesen Systemen ist eine volle Automatisierung möglich.

Günstiger von der Investition ist eine Frostberegnung. Dabei könnte auch eine bestehende Infrastruktur einer Beregnungsanlage genutzt werden. Der wesentliche Punkt dabei ist eine ausreichende Verfügbarkeit von Wasser. Vor Absinken der Temperatur in den Frostbereich muss mit der Besprenkelung begonnen werden und erst nach Erreichen einer Tautemperatur kann sie beendet werden. Das kann aber auch



Abb. 1: Spätfrostschäden beim Austrieb.

bedeuten, dass mehrere Tage beregnet werden muss. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn ein Konvektionsfrost vorliegt. Generell um Wasser sparend zu agieren, werden Mikrosprinkler empfohlen. Im Obstbau ist die Frostberegnung eine sehr erfolgreich eingesetzte Methode. Im Weinbau mangelt es sehr oft an der Infrastruktur und der Wasserverfügbarkeit.

Dienstleistung-Frostschutz

In manchen Weinbaugebieten wurden schon Hubschrauber zur Luftverwirbelung erfolgreich eingesetzt. Voraussetzung ist auch bei diesem Ansatz, dass es sich um einen Strahlungsfrost handelt und in höheren Luftschichten wärmere Luftmassen verfügbar sind. Die Flugzeit ist auf jene Zeiten beschränkt, wo ausreichend Sicht vorhanden ist. Fällt also die Temperatur schon in den Nachtstunden und deutlich unter den Gefrierpunkt, kann der Einsatz unmöglich oder auch vergebens sein. Der Vorteil bei diesem Verfahren ist, dass die Entscheidung, ob geflogen wird, sehr spät getroffen werden kann. Die hohen Kosten (Abrechnung pro Minute ca. € 25) relativieren sich insofern, als keine sonstigen Investitionen anfallen. Die Flächenleistung für einen Hubschrauber kann sich unter günstigen Bedingungen auf 50 ha ausdehnen, hängt aber auch von der Temperaturdifferenz in höheren Luftschichten ab. Betriebswirtschaftlich ist das sicher eine interessante Alternative zu den Windmaschinen.

Thermischer Schutz

Mittlerweile ist die Beheizung von Weingärten mit fossilen oder biogenen Brennstoffen zur Frostbekämpfung bei einigen Betrieben etabliert. Das dazu nötige Wissen wurde mehrfach veröffentlicht und das Geschäft mit den Heizkerzen läuft gar nicht schlecht. Kurzfristig sind sie dann vor einer Frostnacht aber meist Mangelware. Daher erscheint es nötig, sich rechtzeitig damit auszustatten. Der Aufwand, um eine Frostnacht auf diese Weise entschärfen zu können, ist nicht unerheblich. Im günstigen Fall reichen 200 Kerzen pro ha und Nacht und damit entstehen Kosten von mehreren Tausend Euro. Mehrere Frostnächte bedeuten dann für eine Fläche einen betriebswirtschaftlichen Verlust anstatt eines Gewinnes. Die Möglichkeiten, den Einsatz durch Temperatursensoren treffsicherer zu machen, wird schon umgesetzt. Damit die



Abb. 2:
Ofen zur Frostbeheizung mit fossilen Brennstoffen.

Frostbekämpfung nur angeworfen wird, wenn es ohne Maßnahmen Schäden geben würde, braucht es eine exakte Temperaturmessung, eine laufende Datenübertragung und eine regional bezogene Warnmeldung (am einfachsten auf das Mobiltelefon übertragen). Messeinheiten wurden errichtet und Programme entwickelt. Eine Frostwarnung kann aber nur nach einem entsprechenden Ereignis überprüft werden. Gemäß dem Klimaschutz sollte kein fossiles CO₂ mehr freigesetzt werden. Folglich wurden fossile Brennstoffe durch biogene ersetzt. Dabei kamen Pellets, Briketts und Hackgut zum Einsatz. Allerdings reicht dann nicht ein bloßer Kübel als Heizofen, sondern es muss durch gezielte Luftzufuhr ein gleichmäßiger Verbrennungsvorgang möglich sein. So ein Ofen wurde entwickelt, und damit die Wärme nicht zu schnell nach oben entweicht, wurde ein Hut als Abdeckung verwendet. Die Öfen sind damit deutlich teurer als die Einwegkübel, haben aber den Vorteil der biogenen Brennstoffwahl und gleichmäßigeren Wirkung. Wichtig war aber auch, dass sie handlich zu bedienen sind und nach erfolgtem Einsatz platzsparend gestapelt werden können (Abb. 2). Bei den aktuellen Preisen für Pellets sind die Kosten leider nicht mehr zu vernachlässigen. Pellets brennen gleichmäßiger ab als Hackgut und Briketts und wären zu bevorzugen.

Chemischer, physikalischer und biologischer Frostschutz

Unter diesem Thema lassen sich diverse Substanzen zusammenfassen, die, kurzfristig ausgebracht, eine Frostschädigung trotz tiefer Temperatur verhindern können. Die Schädigung durch Frost stellt einen komplexen Vorgang dar, bei dem sich im pflanzlichen Gewebe Eis bildet, wodurch den Zellen Wasser entzogen wird. Die entstandenen Eiskristalle schädigen mechanisch die Zellwände, indem sie die Zellwände sprengen. Dieser Vorgang führt zum Zelltod. Die kurzen, grünen Triebteile erfrieren bei -1 bis -2 °C. Infolgedessen werden die Triebe und Gescheine schlaff, bald braunschwarz und vertrocknen schließlich. In Jung- und Ertragsanlagen kann das bis zum Totalausfall der Rebe führen.

In Frostnächten, in denen die Temperatur nur einige Stunden und nicht zu tief unter den Gefrierpunkt fällt, erscheint es sinnvoll, gegen den Frost anzukämpfen. Die gemachten Beobachtungen, dass bei Frost nur bestimmte Knospen geschädigt werden, aber andere überleben, ermutigt, solche Ansätze zu verfolgen. Allerdings wäre es eine Illusion zu glauben, dass damit sehr tiefe Temperaturen kompensiert werden können. Vielmehr ist zu erwarten, dass sich das Ausmaß des Schadens reduzieren lässt, aber dennoch Verluste entstehen.

Um Substanzen und ihre Wirkung auf Reben im Frostfall beurteilen zu können, wurde ein Frostschrank verwendet. Es lässt sich zwar kein Strahlungsfrost wie im Freiland simulieren, aber für die Erprobung reicht auch ein bewegungsarmer Konvektionsfrost aus. Als Rebmateriale kamen Stecklinge in Form von Topfreben zum Einsatz (Abb. 3). Die Substanzen, die bisher erprobt wurden, lassen sich entweder in reine chemische Substanzen oder komplexere Mischungen einteilen. Es geht dabei nicht nur um die Applikation einer Lösung, sondern auch um deren Konzentration sowie die Einwirkzeit, bevor der Frost auftritt. Folgende Substanzen wurden getestet



Abb. 3: Rebstecklinge nach der Behandlung im Frostschrank.

und dabei zumindest gelegentlich eine Abschwächung der Schäden bewirkt: Syneco AF5, Natriumhydrogencarbonat, Zinkchelate, Harnstoff, Super fifty® und Crop Aid®.

Austriebsverzögerung

Eine weitere Möglichkeit, die schon in der Praxis angewendet wurde, stellt die Entwicklungsverzögerung mittels Öl-Applikation dar (Abb. 4). Die Ergebnisse aus Übersee haben sich hierzulande nicht ganz so optimal reproduzieren lassen. Die Verzögerung konnte im günstigen Fall eine Woche ausmachen, manchmal auch nur wenige Tage. Dennoch liegt damit ein geeignetes Instrument vor, die Entwicklung beim Austrieb zu verlangsamen. Steigerungsversuche ergaben dann aber Probleme mit Phytotoxizität bis zum völligen Ausbleiben des Austriebs. Unangenehm ist sicher auch die sehr frühe Entscheidung des Einsatzes. Das kann dazu führen, dass sich wenige Tage später herausstellt, dass die Maßnahme gar nicht notwendig gewesen wäre. Die Kosten der doppelten Applikation sind außerdem nicht zu vernachlässigen.

Die wahrscheinlich billigste Variante der Austriebsverzögerung kann über den Rebschnitt erfolgen. Einige Winzer haben diesen Ansatz schon in ihr Repertoire aufgenommen und schon erste Erfolge beobachtet. Dabei geht es primär um eine höhere Augenanzahl, die bei einer Teilschädigung immer noch eine ausreichende Triebanzahl ermöglicht. Das betrifft sowohl die Frostrute als auch die Minimalschnitt-Kultur. Beide Varianten haben sich in der Praxis schon einen Platz erkämpft. Eine Möglichkeit wäre auch, statt der Frostrute mehrere Ruten am Kopf zu belassen