



# Ursachen und Vermeidung von Gärstörungen

**Gärstörungen sind eine alljährliche Realität, wenn es um die Erzeugung trockener Weine geht. Zur Vermeidung frühzeitiger Gärstopps spielen nicht nur die Hefe, sondern auch ihre Nährstoffversorgung, die Schärfe der Mostvorklärung und die Temperatur eine erhebliche Rolle. Volker Schneider, Bingen, berichtet über allbekannte Zusammenhänge und neuere Erkenntnisse.**

**G**ärstörungen sind eine weltweite Realität. Sie treten bevorzugt in weißen Mosten auf. Was einst eine fast normale Erscheinung war, nämlich die vollständige Endvergärung, kann ohne flankierende Maßnahmen inzwischen nicht mehr als Selbstverständlichkeit erwartet werden. Zu stark haben sich die Rahmenbedingungen in der Weißweibereitung verändert. Dabei spielen die Schärfe der Mostvorklärung, die Temperatur, die Nährstoffversorgung der Hefe und letztlich die Hefe selbst eine Rolle.

Ist eine Gärung zum vorzeitigen Stillstand gekommen, erfordert ihre Reaktivierung fast immer eine Zweitbeimpfung mittels Gäransatz, der dem Kellerwirt viel Zeit und Geduld abverlangt. Dennoch ist dieses Unterfangen nicht immer von Erfolg gekrönt. Selbst wenn der verbliebene Restzucker mit einigem Aufwand noch vollständig vergoren werden kann, bleiben solche schleppenden, durchgequälten oder gar reaktivierten Gärungen selten ohne Einbußen für die Qualität. Deshalb ist die Vermeidung von Gärstörungen einfacher und billiger als ihre nachträgliche Behebung.

Besonders gravierend können die Konsequenzen ausfallen, wenn im Verlauf einer über Wochen oder Monate verschleppten Gärung ein unkontrollierter BSA einsetzt. Der BSA, als solcher nicht unbedingt negativ, birgt in Anwesenheit von unvergorenem Restzucker die Gefahr erhöhter Gehalte an flüchtiger Säure in sich. Die allermeisten Probleme mit flüchtiger Säure haben ihre direkte Ursache in hängen gebliebenen Gärungen. Restsüße, trübe und ungeschwefelte Jungweine, die über Wochen und Monate vor sich hin gären, stellen ein ideales Kulturmedium für Bakterien dar, die teilweise erstaunlich kälteresistente Populationen entwickeln können. Ob diese tatsächlich zur Bildung von flüchtiger Säure aus Zucker führen, ist stark vom einzelnen Bakterienstamm und weniger stark vom pH-Wert abhängig.

Tendenziell wird zur Vermeidung von Gärstörungen der Schwerpunkt einseitig auf die Auswahl einer bestimmten Hefe gelegt. Dabei wird gern übersehen, dass die Gärleistung einer jeden Hefe ihre natürlichen Grenzen an den Bedingungen des Gärmediums findet. Sicher findet man beachtliche Unterschiede zwischen den Hefen, doch Überlebenskünstler gibt es unter ihnen nicht. Trotzdem werden häufig irrationale Anforderungen an die Hefen gestellt, welche sie unter Stressbedingungen kaum erfüllen können.

## URSACHEN VON GÄRPROBLEMEN

Es ist in der Tat etwas wenig, den vorgeklärten Most mit der einen oder anderen Hefe zu beimp-

fen und zu erwarten, dass diese ihre Aufgabe bis zum vollständigen Durchgären erfüllt. Sie wird dies nicht tun, solange die Rahmenbedingungen nicht stimmen. Doch gerade diese Bedingungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten immer weiter vom Optimum entfernt und erklären die zunehmende Häufigkeit von Gärstörungen. Die Ursachen sind weinbaulicher als auch keller technischer Art, natürlichen Ursprungs oder hausgemacht. Auf jeden Fall erfordern sie eine rationale Analyse.

**Stickstoff:** In der Anfangsphase der Gärung vermehrt sich die Hefe um ein Vielfaches. Zum Aufbau ihrer Biomasse und zur Synthese ihrer Enzyme benötigt sie Stickstoff, sei es in der Ammonium- als auch in der Aminoform. Die optimale Versorgung mit hefeverwertbarem Stickstoff steht deshalb im Vordergrund der Überlegungen, obgleich sie längst nicht alle Probleme lösen kann. Der hefeverwertbare Stickstoff wird im deutschen Sprachraum inzwischen meist vereinfacht als NOPA (nitrogen by ortho-phthalaldehyde) angegeben. Dieser Wert umfasst nur die  $\alpha$ -Aminosäuren ohne Prolin und Ammonium. Die durchschnittlichen NOPA-Gehalte der Moste betragen nur noch einen Bruchteil dessen, was in den 1970er Jahren üblich war. Wesentlichste Ursache sind die seitdem eingetretenen klimatischen Veränderungen hin zu geringeren und anders verteilten Niederschlägen sowie höherer UV-Strahlung. Da NOPA im Most gelöst vorliegt, hat die Mostvorklärung keinen Einfluss auf seinen Gehalt. Die Bentonitbehandlung der Moste führt jedoch zu einer Minderung um 10-20%.

Zu einer reibungslosen Endvergärung sind mindestens 150 mg/l NOPA erforderlich, zur Vermeidung von Bockern oder vollständigen Vergärung hochgradiger Moste sogar noch höhere Werte. Viele Moste enthalten das gerade notwendige Minimum. In trockenreifen Jahrgängen, bei starkem Fäulnisbefall oder zurückhaltender N-Düngung ist eine Garantie auf dieses Minimum keineswegs gegeben. Defizite können durch Zugabe von Gär Salz und komplexen Hefenährstoffen ergänzt werden.

**Mostvorklärung:** Zum Zuckertransport durch die Zellwand bedient sich die Hefe einer Reihe membrangebundener Transport-Enzyme, deren Aktivität durch Sterole kontrolliert wird. Diese sind Überlebensfaktoren. In der Endphase der Gärung halten sie die Durchlässigkeit der Zellmembran gegenüber Zucker und Alkohol aufrecht. Liegen sie im Mangel vor, bricht der Stoffaustausch zwischen Hefezelle und umgebender Flüssigkeit zusammen. Die Hefe enthält selbst Sterole und kann weitere aus dem Most aufnehmen. Die natürlichen Sterole des Mostes sind jedoch überwiegend an Trubpartikel gebunden. Durch die Mostvorklärung werden sie stark gemindert.

Die Leistungsfähigkeit der modernen Klärtechniken wie Enzymierung und Flotation führte zu einer nie gekannten Schärfe der Mostvorklärung. Drückt man den Klärgrad des Mostes in NTU (nephelometric turbidity units) aus, genügen Werte von 50-100 NTU den qualitativen Ansprüchen an zeitgemäße Weißweine, während bei solchen von unter 20 NTU mit Gärstörungen gerechnet werden muss. Dank leistungsfähiger Klärenzyme kommt

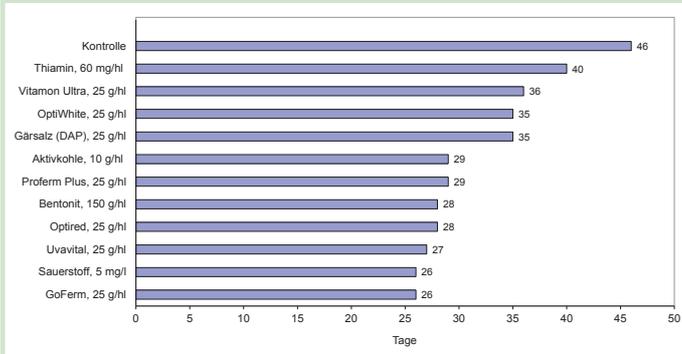


Kontrolle der Gärführung.

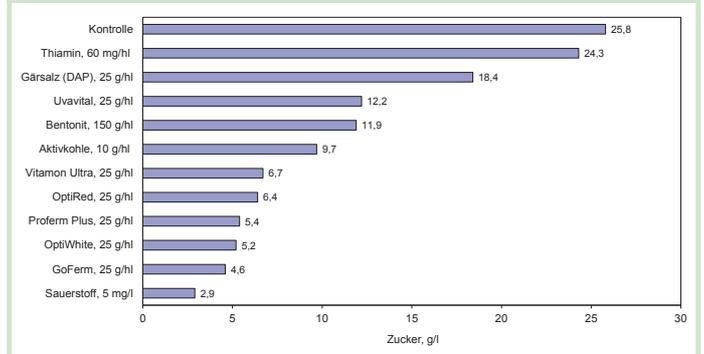
Foto: DLR



**Abbildung 1: Einfluss von Hefenährstoffen auf die Gärdauer bei Hefestamm EC 1118** Zugabe nach 35% Vergärung  
Gärbedingungen: 213 g/l Zucker, 126 mg/l NOPA, 15 °C, 20 NTU, Inokulationsrate 10 g/hl



**Abbildung 2: Einfluss von Hefenährstoffen auf den Endvergärungsgrad bei Hefestamm Uvaferm CM** Zugabe nach 35% Vergärung  
Gärbedingungen: 213 g/l Zucker, 126 mg/l NOPA, 15 °C, 20 NTU, Inokulationsrate 10 g/hl



es häufig vor, dass sowohl Absetzenlassen als auch Flotation Resttrubgehalte von nur 2-3 NTU liefern. Damit sind Gärprobleme fast vorprogrammiert. Man kann ihnen entgegenwirken, indem man einen Teil des abgetrennten Mosttrubes wieder zurückgibt, um normale Verhältnisse herzustellen. Grundsätzlich spielt es keine große Rolle, auf welche Art man den Most vorklärt. Entscheidend ist das Ergebnis, gemessen als Resttrub und praktischerweise ausgedrückt als NTU. Eine weitere Verbreitung dieser einfachen Messung wäre hilfreich und würde beitragen, zahlreiche Gärprobleme im Vorfeld zu vermeiden.

Sterole kann man dem Most auch in Form von Hefezellrinden und inaktiven Hefen zugeben. Durch eine ausreichende Versorgung können selbst filtrierte Moste mit entsprechendem Aufwand vollständig vergoren werden. Daraus geht hervor, dass nach einer scharfen Mostvorklärung weniger die innere Oberfläche als der Mangel an Sterolen für Gärstörungen verantwortlich ist. Die Hefe ist auch in der Lage, sie selbst zu synthetisieren, sofern sie durch die Verfügbarkeit von Sauerstoff dazu angeregt wird.

**Sauerstoff:** Während langer Zeit wurde die Gärung als ein rein anaerober Prozess angesehen, weil sie in der Tat bis zu einem gewissen Grad ohne Sauerstoff abläuft, dieser im gärenden Most nie nachzuweisen ist und die Tradition sogar ein Fernhalten von Sauerstoff durch den Gärspond gebietet. Erlaubt man jedoch eine passive Sauerstoffaufnahme des gärenden Mostes, ergibt sich eine zügigere und vor allem bessere Endvergärung. Dies ist der Grund, warum die Gärung im Holzfass, durch die ihm eigene Sauerstoffaufnahme, reibungsloser verläuft als im Tank. In identischen Tanks gärt der Most besser durch, wenn die Gärung im offenen Behälter mit Kopfraum statt ohne Kopfraum abläuft. Diese Beobachtungen belegen, dass im Kopfraum eines gärenden Mostes trotz der Entbindung von Kohlensäure noch geringe Mengen an Sauerstoff vorliegen, die über die Oberfläche des Mostes der Hefe zugeführt und durch Zutritt von Luft ständig ergänzt werden.

In einem weiteren Versuch wurde die Frage gestellt, welche von zwölf verschiedenen Hefen einen filtrierten Most mit 15,5% potenziellem Alkohol vollständig vergären können. Bei ausreichender

Luftzufuhr waren alle Hefen in der Lage, diese Gärleistung zu vollbringen. Man ersieht daraus, dass die Gärung, obgleich unter anaeroben Bedingungen möglich, durch Sauerstoff stimuliert wird. Diese Tatsache machen sich die Brauer durch das klassische Belüften ihrer Würze zunutze. Hintergrund ist die bereits erwähnte Synthese von Sterolen, die durch Sauerstoff induziert wird. Vor der Gärung durch oxidative Mostverarbeitung aufgenommener Sauerstoff ist in diesem Zusammenhang absolut wirkungslos, da er sofort enzymatisch an Phenole gebunden wird, so dass er für die Hefe nicht mehr zur Verfügung steht.

**Temperatur:** Kühle Vergärung ergibt Weine mit stärkerer Aromatik, aber die bei unter 18 °C zusätzlich gewonnenen Gäraromen sind empfindlich, kurzlebig und überleben kaum den ersten Sommer im ungekühlten Flaschenlager. Unkontrolliert niedrige Gärtemperaturen sind eine der häufigsten Ursachen vorzeitigen Gärstopps. Eine feste untere Grenztemperatur für reibungsloses Durchgären lässt sich nicht angeben, da in der Praxis stets mehrere Faktoren zusammenwirken. Mit einer gewissen Toleranz wird aber bei Temperaturen von unter 15 °C ein vollständiges Durchgären unwahrscheinlich, weil in diesem Bereich die Temperatur zum entscheidendsten Faktor wird. Dabei kommt Unterschieden von nur 1 °C, für das menschliche Empfinden kaum relevant, eine erhebliche Bedeutung für die Hefe zu. Die systematische Ausstattung der Gärgebinde mit Thermometern schärft das Bewusstsein für diese Problematik. Selbst sogenannte Kaltgärhefen weisen nur eine begrenzte Kälteresistenz auf. Der Begriff „Kaltgärhefe“ ist relativ, denn jede Hefe kann bei Temperaturen um und knapp unter 15 °C gären, wenn alle anderen Faktoren stimmig sind.

**Fungizidrückstände:** Ihre toxische Wirkung auf die Hefe ist nachgewiesen, doch leider liegen zu wenige Informationen über ihre reale Konzentration in den Mosten vor. Nach der Gärung sind sie verschwunden, da sie von der Hefe adsorbiert werden. Zur Minderung von Fungiziden kann sich nach später Abschlusspritzung in trockenen Jahren eine Mostbehandlung mit 10 g/hl Aktivkohle als sinnvoll erweisen. Geringe Mengen an Aktivkohle zum Most gehen nicht zu Lasten der Aromatik, da ein großer Teil der Adsorptionsfläche

der Kohle durch Mostschmutz in Anspruch genommen wird.

### KOMMERZIELLE HEFENÄHRSTOFFE

Der Handel hält zahlreiche Hefenährstoff-Präparate bereit, deren mannigfaltige Handelsbezeichnungen selten Aufschluss über ihre reale Zusammensetzung geben. Viele davon sind Kombinationspräparate, deren Handelsnamen geläufiger sind als die darin enthaltenen Nährstoffe im eigentlichen Sinn. Deshalb bedürfen sie einer Einteilung nach Kategorien. Zusätzlich kommen vereinzelt mikrobiologisch inerte Stoffe wie Bentonit und Cellulose während der Gärung zur Anwendung, um die innere Oberfläche scharf vorgeklärter Moste zu vergrößern und die Entbindung hefetoxischer Kohlensäure zu erleichtern. Man unterscheidet:

- **Einfaches Gärsalz**, welches in Form von Diammoniumhydrogenphosphat (DAP), Diammoniumsulfat (DAS) oder einer Mischung beider in den Handel kommt. Die höchst zulässige Dosis beträgt 100 g/hl und liefert ca. 200 mg/l

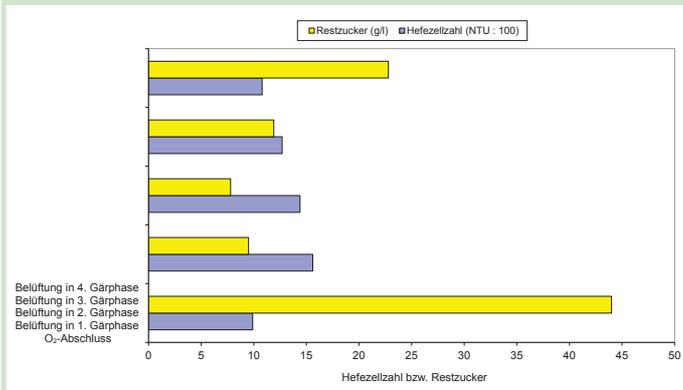


Stürmische Gärung – hier werden wertvolle flüchtige Weinhaltstoffe ausgegast.

Foto: Irma Treis



**Abbildung 3: Einfluss der Belüftung gärender Moste auf Hefezellzahl und Endvergärungsgrad in Abhängigkeit von der Gärphase**  
Mittelwerte aus zwei Hefen in zwei Mosten



N als reinen Ammoniumstickstoff. Es handelt sich um die billigste Form der Nährstoffversorgung der Hefe. Weil der Ammoniumstickstoff schnell von der Hefe verstoffwechselt wird und wenig nachhaltige Wirkung zeigt, geht der Trend zu komplexeren, anspruchsvolleren und teureren Hefenährstoffen. Diese können wiederum starke Stickstoffdefizite allein nicht beheben, so dass das einfache Gär Salz weiterhin seine Existenzberechtigung hat. Dies gilt insbesondere dann, wenn während der Gärung ein Bockser auftritt, der nach Zugabe von ca. 20 g/hl Gär Salz innerhalb kürzester Zeit verschwindet. Bei Einsatz von DAP sollte jedoch die zulässige Höchstmenge von 100 g/hl keineswegs ausgeschöpft werden, weil das darin enthaltene Phosphat das Eisen instabilisiert, so dass schon geringste Eisengehalte zu einer Eisentrübung im Wein führen können. Daher sollte bei hohen Dosagen eine Mischung aus DAP und DAS vorgezogen werden. Selbst Gär Salz ist nicht gleich Gär Salz!

- **Thiamin**, von dem 60 mg/hl zugesetzt werden dürfen. Es handelt sich um ein Vitamin (B<sub>1</sub>), dessen natürliche Konzentration durch Botrytisbefall bis auf ein Zehntel verringert werden kann. Eine Thiamin-Unterversorgung wird zum begrenzenden Faktor für den Abbau von 2-Ketosäuren, die SO<sub>2</sub> binden. Zugabe von Thiamin bewirkt eine Minderung des SO<sub>2</sub>-Bedarfs, hat aber weniger Bedeutung für die Gärkinetik. Für Moste aus faulem Lesegut ist der Einsatz unerlässlich, um Schwefelfresser zu vermeiden.
- **Gär Salz + Thiamin als Kombinationspräparate**, z. B. Vitamon Combi, Gär Salz Plus, Thiazote PH, Nutriferm.
- **Hefezellrinde** in Dosagen bis 30 g/hl. Sie wirken einerseits durch Adsorption mittelkettiger Fettsäuren, die die Hefe als toxisches Nebenprodukt ausscheidet, und andererseits durch Versorgung des Gärmediums mit Sterolen. Unter diesem doppelten Aspekt sind sie ein Ersatz für eine ungenügende Sauerstoffversorgung der Hefe. Ist der physiologische Sauerstoffbedarf der Hefe nämlich gestillt, akkumuliert sie weniger der toxischen mittelkettigen Fettsäuren, sondern verarbeitet sie weiter zu ge-

wünschten langkettigen Fettsäuren, die als Sterole wirken.

### KRITERIEN ZUM EINSATZ VON HEFENÄHRSTOFFEN

Die Entwicklung geht hin zu komplexen Nährstoffpräparaten auf Basis von Hefezellrinden und inaktiven Hefen, welche die gärende Hefe mit einem breiten Spektrum von Mikro- und Makronährstoffen einschließlich organischem Stickstoff versorgen. Bei starkem Stickstoffmangel im Most können sie jedoch einfaches Gär Salz mit seinem hohen Gehalt an Ammoniumstickstoff nicht vollständig ersetzen. Sie wirken eher komplementär. Für eine reibungslose Vergärung sind mindestens 150 mg/l NOPA erforderlich, zur Vermeidung von Bocksern sogar noch mehr. Dabei ist eine starke Abhängigkeit von der Hefe zu beachten; es gibt Hefen mit geringem und andere mit hohem NOPA-Bedarf. Die Ermittlung des NOPA-Gehaltes auf breiterer Basis wäre der Praxis sehr dienlich, um Hefenährstoffe weniger pauschal einsetzen zu können. Eine Überversorgung mit NOPA kann die Gärung außer Kontrolle geraten lassen, während Heferindenpräparate vereinzelt zu Lasten der Aromatik gehen können. Hefenährstoffe können naturgemäß nur auf die Hefe einwirken, welche tatsächlich vorliegt. Bei einer Dosage vor Gärbeginn werden sie durch wilde Hefen aufgezehrt, bei Dosage gegen Gärnde kann sie die Hefe nicht mehr umsetzen. Bester Zeitpunkt zu ihrem Einsatz ist das Ende der Vermehrungsphase. Dies entspricht dem zweiten Viertel der Gärung, wenn ungefähr ein Drittel des ursprünglichen Zuckers vergoren ist. Eine Ausnahme bildet Goferm, welches nach Herstellerangaben bereits beim Rehydrieren der Hefe eingesetzt werden kann.

### VERGLEICH VON HEFENÄHRSTOFFEN

Anhand eines deutlich unterversorgten (126 mg/l NOPA) und scharf vorgeklärten (50 NTU) Mostes wurde die Wirkung von verschiedenen Hefenährstoffpräparaten, Bentonit, Aktivkohle und Sauerstoff auf zwei Hefestämme bei 10 g/hl Einsatz und 15 °C ermittelt. Die Zugabe erfolgte in empfohlenen bzw. praxisüblichen Mengen jeweils nach Vergärung von 35% des ursprünglich vorhandenen Zuckers.

wünschten langkettigen Fettsäuren, die als Sterole wirken.

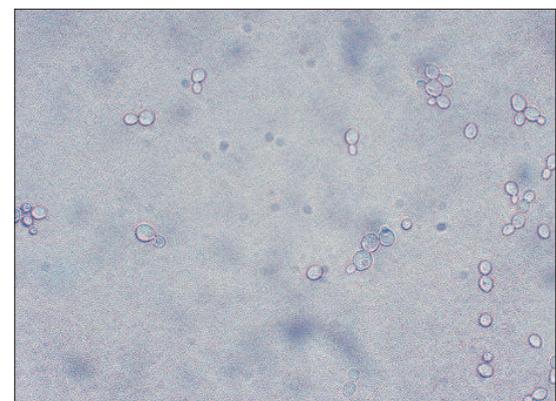
- **Inaktive Hefen** zur Versorgung mit Aminostickstoff und Mikroelementen; nur in Verbindung mit Hefezellrinde.
- **Hefezellrinde + inaktive Hefen als Kombinationspräparate**, z. B. Goferm, Optiwhite, Optired, Vitadrive.
- **Gär Salz + Hefezellrinde + inaktive Hefen + Thiamin als Kombinationspräparate**, z. B. Proferm Plus, Uvavital, Fermaid, Vitamon Ultra, Nutriferm Plus.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse bei Hefestamm EC 1118 als Gärdauer bis zur vollständigen Endvergärung (< 3 g/l Zucker) aller Varianten. Während die Kontrolle erst nach 46 Tagen vergoren war, konnte eine ganze Reihe von Nähr- und Zusatzstoffen die Gärdauer um ca. 40% verkürzen. Die zweite Hefe, Uvaferm CM, konnte hier keine der Varianten vollständig vergären. Abbildung 2 gibt die Resultate als Restzucker nach Gärstillstand wieder. Der Restzucker von 26 g/l in der Kontrollvariante konnte durch mehrere Nähr- und Zusatzstoffe auf weniger als 7 g/l verringert werden. Unabhängig davon, ob man die Effizienz der Nähr- und Zusatzstoffe als Gärdauer oder Restzucker bemisst, lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen: Die Kontrolle vergärt stets am schlechtesten, und Zusatz von Thiamin allein verbessert diese Situation kaum. Zusatz von Goferm (25 g/hl) und Sauerstoff (5 mg/l) nach 35% Vergärungsgrad ergab bei beiden Hefen den höchsten Wirkungsgrad. Alle weiteren Präparate zeigten einen positiven Effekt, der jedoch deutlich vom Hefestamm abhängig war. Diese Wechselwirkung mit der Hefe verbietet eine absolute Qualitätseinstufung der Präparate.

Interessant ist, dass auch physiologisch inerte Produkte wie Bentonit und Aktivkohle die Gärleistung beider Hefen verbesserten. In beiden Fällen spielt die durch die Vergrößerung der inneren Oberfläche erleichterte CO<sub>2</sub>-Entbindung eine Rolle, bei Aktivkohle möglicherweise auch die Adsorption gärhemmender Fungizidrückstände. In die gleiche Richtung wirken kurzfasrige, pulverförmige Cellulose (2-5 g/hl) sowie grobe Kieselgur und Perlite (20-30 g/hl), wobei höhere Aufwandsmengen oder feine Guren mit der Hefe zu einem festen Depot sedimentieren und kontraproduktiv wirken.

### EFFEKTE VON SAUERSTOFF

Da Sauerstoff nahezu unbeschränkt zur Verfügung steht, wurde seine herausragende Wirkung auf das Gärverhalten näher untersucht. Zunächst stand der Zeitpunkt der Sauerstoffdosage im Vordergrund. Dazu wurden zwei Moste in unterschiedlichen Phasen der Gärung vergleichbar belüftet. Als Kontrollen diente die Vergärung bei absolutem Sauerstoffabschluss. Abbildung 3 zeigt, dass die Kontrollen bei durchschnittlich 44 g/l



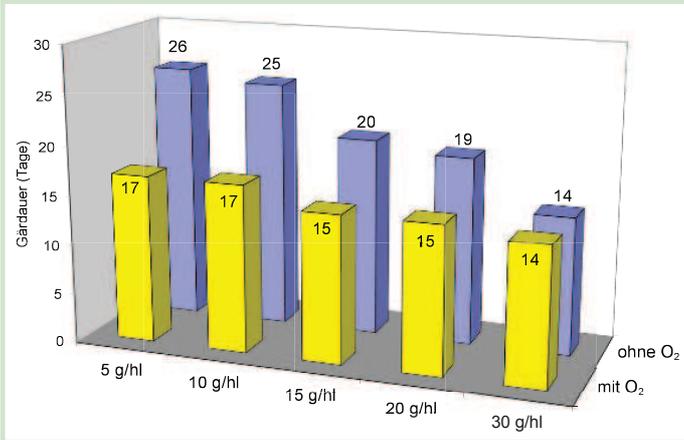
Sprossende *Saccharomyces*-Hefezellen.

Foto: A. Rosch



**Abbildung 4: Einfluss von Inokulationsrate (g/hl) und Sauerstoffdosage auf die Gärdauer**

Mittelwerte aus zwei Hefen (Lalvin QA 23 und AWRI R 2). Sauerstoffdosage = 5 mg/l O<sub>2</sub> bei 35% Vergärungsgrad. (15 °C, 50 NTU, 211 g/l Zucker, 200 mg/l NOPA)

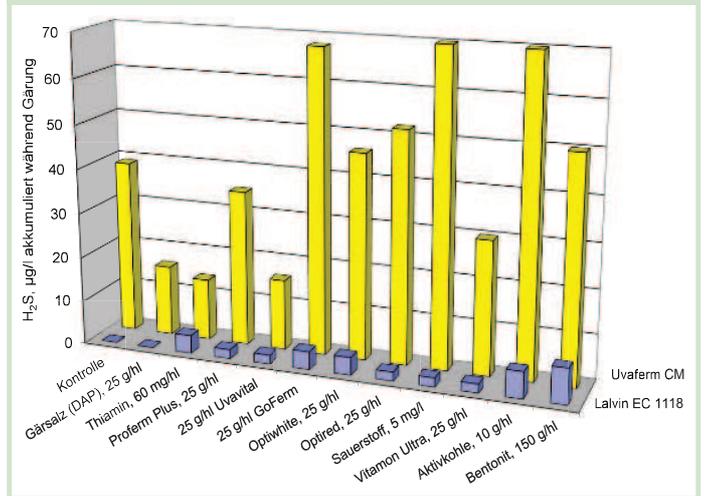


Restzucker zum Gärstillstand kamen. Sauerstoffzufuhr ergab stets ein um ein Vielfaches geringeren Restzucker, wobei der Effekt bei der Belüftung im zweiten Gärviertel am ausgeprägtesten war und zu trockenen Weinen führte. Belüftung im dritten und vierten Gärviertel erwies sich als deutlich weniger effektiv, weil der physiologische Status der Hefe in dieser späten Gärphase bereits festgeschrieben ist. Der verbleibende Restzucker steht in Zusammenhang mit der erreichten Zellzahl. Die Sauerstoffversorgung der Hefe verbessert nicht nur die Gärleistung der einzelnen Zelle, sondern trägt auch zu ihrer Vermehrung bei. Mehr Hefe bedeutet weniger Restzucker bzw. eine schnellere Endvergärung. Diese Zusammenhänge gehen aus Abbildung 4 hervor: In den sauerstofffreien Gärvarianten nimmt die Gärdauer mit zunehmender Hefedosage über einen Bereich von 5 bis 30 g/hl kontinuierlich ab. Eine Sauerstoffgabe von nur 5 mg/l O<sub>2</sub> bei 35% Vergärungsgrad nivelliert die Gärdauer unabhängig von der Hefedosage mit der Folge, dass mit einer geringen Hefeinsaats (5 g/hl) annähernd die gleiche Gärrate wie mit einer hohen Einsaat (30 g/hl) erreicht wird.

**EINFLUSS AUF BÖCKSERBILDUNG**

Hefeernährung, Gärleistung und Hefezellzahl können nicht losgelöst von der Neigung zur Bildung von Bocksern betrachtet werden. Bockser sind die direkte Antwort der Hefe auf eine ungenügende Stickstoffversorgung. Während der Gärung sind sie überwiegend auf Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) zurückzuführen, der später zu komplexeren Schwefelverbindungen wie Mercaptanen weiter reagiert. Die H<sub>2</sub>S-Bildung während der Gärung ist ein Maß für die Neigung des Weins zur späteren Ausbildung von Bockser. Der Einfluss verschiedener Nähr- und Zusatzstoffe auf die H<sub>2</sub>S-Bildung der Hefe geht aus Abbildung 5 hervor. Zwei unterschiedliche Hefen – EC 1118 als Hefe mit geringem NOPA-Bedarf bzw. geringer H<sub>2</sub>S-Bildung sowie Uvaferm CM als Vertreterin mit hohem NOPA-Bedarf – folgten dabei ei-

**Abbildung 5: Einfluss von Hefenährstoffen auf die Bildung von H<sub>2</sub>S während der Gärung**  
Dosage bei 35% Vergärungsgrad



nem ähnlichen Grundmuster. Im Vergleich mit der Kontrolle führte die Zugabe von Gärnsalz und allen Kombinationspräparaten, die Gärnsalz enthalten (Proferm Plus, Uvavital, Vitamon Ultra), zu einer niedrigeren H<sub>2</sub>S-Bildung. Nährstoffe auf Basis von Hefezellrinden und inaktiven Hefen ohne Gärnsalz (Goferm, Optiwhite, Optired) sowie Sauerstoff, Bentonit und Aktivkohle erhöhten hingegen die H<sub>2</sub>S-Bildung. Ursache ist die Stimulierung des Hefewachstums durch die letztgenannten, ohne dass die höhere Zellzahl mit einer entsprechenden Verbesserung des Stickstoffangebots einhergeht. Damit gerät die einzelne Hefezelle unter stärkeren Stickstoffstress, auf den sie mit einer vermehrten H<sub>2</sub>S-Synthese reagiert. Der komplexe Aminostickstoff, den die Gärnsalzf freien Hefenährstoffe enthalten, genügt offensichtlich nicht, den N-Bedarf der stärker wachsenden Biomasse zu befriedigen. Deshalb sollten sie, trotz ihrer unbestrittenen Vorteile, unter dem spezifischen Aspekt der Bockserbildung nur in Verbindung mit einer zusätzlichen Dosage von Gärnsalz eingesetzt werden. Umgekehrt ist einfaches Gärnsalz in seiner qualitativen Beschränkung auf das Ammonium nicht ausreichend, starke Nährstoffdefizite in Mosten aus gestressten Anlagen aufzuheben.

**EINSATZ VON SAUERSTOFF IN DER PRAXIS**

Mit der gezielten Dosage von Sauerstoff in die Gärung wurde vor zwei Jahrzehnten ein wesentlicher Durchbruch bei der Behebung chronischer Gärprobleme erzielt. Sie erfolgt in Verbindung mit einem Zusatz von Gärnsalz, wenn 25-50% des Zuckers vergoren sind. Im deutschen Sprachraum ist das Verfahren noch wenig bekannt, weil es in Unkenntnis der Zusammenhänge mit einer Oxidation des Weins in Verbindung gebracht und emotional abgelehnt wird. Die Sauerstoffmenge, die eine im Most heranwachsende Hefe zu einer reibungslosen Gärung benötigt, beläuft sich mit einer gewissen Abhängigkeit vom Hefestamm auf 5-10 mg/l O<sub>2</sub>. Darüber

hinaus kann die Hefe ungleich höhere Mengen verarbeiten, die gärungsphysiologisch irrelevant bleiben. Die vollständige und spontane Zehrung des Sauerstoffs durch die Hefe erklärt, warum im gärenden Most kein gelöster Sauerstoff nachweisbar ist. Oxidationsschäden werden so verhindert. Im Gegensatz zu manchen Heferindenpräparaten verhält sich der Sauerstoff sogar absolut aromaneutral.

Die klassischen Fritten, wie sie zum Auffrischen mit Kohlensäure eingesetzt werden, sind zu grobporig, um den Sauerstoff auf geeignete Weise vollständig im gärenden Most zu lösen. Da der überwiegende Anteil durch Kohlensäure ausgewaschen wird, muss mit einer vielfachen Gasmenge gearbeitet werden, wobei der Überschuss wirkungslos entweicht. Als Provisorium funktioniert das Verfahren dennoch, wenn Sauerstoff unter ständiger Aufsicht während 10-15 Minuten so langsam zudosiert wird, dass ein spontanes Überschwappen vermieden wird. Der maximal mögliche Gasfluss, an der Druckarmatur zu regulieren, muss sich an der im Most erzeugten Turbulenz orientieren. Die Verwendung von Luft statt reinem Sauerstoff provoziert geradezu ein Überschaumen. Erst die neueren Anlagen zur Mikrooxygenierung von Rotwein schufen die Möglichkeit, die geringen Mengen an Sauerstoff problemlos, gezielt und verlustfrei zum gärenden Most zudosieren zu können.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Zu niedrige Temperatur, zu scharfe Mostvorklä- rung und ungenügende Nährstoffversorgung der Hefe sind die häufigsten Ursachen von Gärstörungen. Die einzelnen Nährstoffpräparate wirken unterschiedlich in Abhängigkeit von Most und Hefe. In Hinblick auf den Endvergärungsgrad erwies sich der Zusatz von Sauerstoff allen Nährstoffpräparaten überlegen. Seine Dosage sollte in Verbindung mit Gärnsalz im zweiten Viertel der Gärung erfolgen. Zusatz handelsüblicher Nährstoffe auf Basis von Hefezellrinden und inaktiver Hefe wirken in die gleiche Richtung. ■